



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Ανάπτυξη ευφύων υπολογιστικών μεθόδων για την  
αξιολόγηση και τη βελτίωση της υγείας και της ασφάλειας των  
εργαζομένων σε νοσοκομεία – θεραπευτήρια**

**Διδακτορική Διατριβή**

**Κυριάκος Δ. Κοκλώνης**



Το έργο αυτό διατίθεται με άδεια Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 (CC BY-NC-ND)

Προκειμένου να δείτε αντίγραφο της άδειας επισκεφθείτε: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.el>

Αθήνα, Ιούλιος 2021





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Ανάπτυξη ευφρών υπολογιστικών μεθόδων για την  
αξιολόγηση και τη βελτίωση της υγείας και της ασφάλειας των  
εργαζομένων σε νοσοκομεία – θεραπευτήρια**

Διδακτορική Διατριβή

**Κυριάκος Δ. Κοκλώνης**

Εγκρίθηκε από την Επταμελή Εξεταστική Επιτροπή την ...19/07/21...

Δημήτριος Κουτσούρης

Επιβλέπων Καθηγητής ΕΜΠ

Γεώργιος Ματσόπουλος

Καθηγητής ΕΜΠ

Δημήτριος Φωτιάδης

Καθηγητής Πανεπιστημίου

Παναγιώτης Τσανάκας

Καθηγητής ΕΜΠ

Παναγιώτης Μπαμίδης

Καθηγητής ΑΠΘ

Θεμιστοκλής Έξαρχος

Καθηγητής Ιόνιου

Πανεπιστημίου

Ιωάννης Κουμπούρος

Επίκουρος Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Αθήνα, Ιούλιος 2021



Κυριάκος Δ. Κοκλώνης  
Διδάκτωρ Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Κυριάκος Δ. Κοκλώνης, 2021  
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η ανάπτυξη ενός ευφυούς συστήματος αξιολόγησης και βελτίωσης της Υγείας και της Ασφάλειας των Εργαζομένων στα Νοσοκομεία, λαμβάνοντας υπόψη τον αυξημένο πολυδιάστατο επαγγελματικό κίνδυνο που χαρακτηρίζει την εργασία στο συγκεκριμένο πεδίο, αλλά και τις δυνατότητες που προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες και ειδικότερα οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης στο συγκεκριμένο τομέα. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική επισκόπηση σχετικά με τις εφαρμογές ηλεκτρονικών «εργαλείων» και μηχανικής μάθησης στον τομέα της Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας στο χώρο της υγείας. Στη συνέχεια, παρουσιάστηκε μεθοδολογία για την υλοποίηση του προτεινόμενου συστήματος, με βάση δεδομένα συμβάντων και ατυχημάτων καθώς και μελέτης εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου Νοσοκομείου της χώρας. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν επέδειξαν υψηλή προγνωστική αξία συγκρινόμενοι με τις αναφορές του Τεχνικού Ασφαλείας. Με την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος δίνεται η δυνατότητα για την αντίληψη της πιθανότητας να λάβει χώρα ένα συμβάν ή ατύχημα σε ένα τμήμα του Νοσοκομείου, καθώς και την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας ενδεχόμενων παρεμβάσεων στο συγκεκριμένο τομέα από τη Διοίκηση του Νοσοκομείου. Επίσης, προτάθηκαν «εργαλεία» διαχείρισης της μυοσκελετικής καταπόνησης και κατανομής κόστους παρεμβάσεων Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας, με την πιλοτική τους εφαρμογή να επιδεικνύει πρακτικότητα και λειτουργικότητα.

**Λέξεις – Κλειδιά:** Υγεία και Ασφάλεια στην Εργασία, Νοσοκομείο, Συμβάν, Ατύχημα, Τρύπημα, Μυοσκελετική Διαταραχή, Μηχανική Μάθηση

## **Abstract**

The present thesis deals with the development of an intelligent system for evaluating and improving the Safety and Health of Hospital Workers, considering the increased multidimensional occupational risk that characterizes work in this field, but also the possibilities offered by modern technologies and in particular the machine learning algorithms. For this purpose, a literature review was conducted on the applications of electronic "tools" and machine learning in the field of Occupational Safety and Health and particularly in the health sector. Then, a methodology for the implementation of the proposed system was presented, based on data from incidents and accidents as well as reports of occupational risk assessment of a reference hospital. The algorithms used showed high predictive value compared to the reports of the Safety Engineer. With the implementation of the proposed system, it is possible to perceive the possibility of an event or accident taking place in a department of the Hospital, as well as the evaluation of the effectiveness of possible interventions. Also, "tools" were proposed to manage musculoskeletal disorders and cost allocation of Occupational Health and Safety interventions, with their pilot application demonstrating practicality and functionality.

**Keywords:** Occupational Safety and Health, Hospital, Incident, Accident, Needlestick, Musculoskeletal Disorder, Machine Learning

## Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω θερμές ευχαριστίες στον επιβλέποντα μου, Καθηγητή ΕΜΠ Δημήτρη Κουτσούρη, γιατί μου έδωσε την ευκαιρία να δώσω στην εργασιακή μου πραγματικότητα μια ακαδημαϊκή διάσταση μέσω της παρούσας διατριβής. Επίσης, γιατί πέρα από την αφετηρία της διαδρομής, με υποστήριξε με τις συμβουλές, γνώσεις και διαρκή ηθική συμπαράστασή του σε όλο το εύρος της.

Θέλω να ευχαριστήσω πραγματικά από τα βάθη της καρδιάς μου, την Δρ. Ουρανία Πετροπούλου (ΕΔΙΠ ΕΜΠ) για την ουσιαστική, επιστημονική και ψυχολογική υποστήριξη της, καθ' όλη τη διάρκεια αυτού του ερευνητικού ταξιδιού.

Εξέχοντα ρόλο στην εκπόνηση της παρούσας διατριβής διαδραμάτισε η διαρκή και ουσιαστική συνεργασία μου με το προσωπικό του ΓΑΝΠ Μεταξά. Ιδιαίτερα, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Ιατρό Εργασίας Βασιλική Μπαμπάλη, στην Προϊσταμένη Τμήματος Ποιότητας και Εκπαίδευσης Μαρία Βασταρδή, στη Νοσηλεύτρια Ελέγχου Λοιμώξεων Ευτυχία Κουλουκάκου, στην Επόπτρια Δημόσιας Υγείας Ασπασία Γάτσιου, στο Διευθυντή Τεχνικής Υπηρεσίας Παναγιώτη Τσανέ και στον Προϊστάμενο Τεχνικού Τμήματος Σταμάτη Φιλιππάκη.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω επίσης στον Καθηγητή ΕΜΠ Γεώργιο Ματσόπουλο και στον Καθηγητή Πανεπιστημίου Ιωαννίνων Δημήτριο Φωτιάδη, για τη βοήθεια που μου πρόσφεραν σε ότι χρειάστηκα καθώς και για τη συμμετοχή τους στην Τριμελή Συμβουλευτική Επιτροπή της διατριβής μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή ΕΜΠ Παναγιώτη Τσανάκα, τον Καθηγητή ΑΠΘ Παναγιώτη Μπαμίδα, τον Καθηγητή Ιόνιου Πανεπιστημίου Θεμιστοκλή Έξαρχο και τον Επίκουρο Καθηγητή ΠΑ.Δ.Α Ιωάννη Κουμπούρο για τη συμμετοχή τους στην Επταμελή Συμβουλευτική Επιτροπή της διατριβής μου.

Ευχαριστώ επίσης όλους τους συναδέλφους και μέλη του Εργαστηρίου Βιοϊατρικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ για τη συνεργασία όλα αυτά τα χρόνια και τη συνεχή τους υποστήριξη και συμπαράσταση.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου για την απεριόριστη στήριξη, υπομονή και ενθάρρυνση που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια της διδακτορικής μου έρευνας.

# Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	5
Abstract.....	6
Ευχαριστίες.....	7
Πίνακας Περιεχομένων .....	8
Κατάλογος Εικόνων .....	14
Κατάλογος Σχημάτων.....	15
Κατάλογος Πινάκων.....	16
Συντομογραφίες.....	18
1 Εισαγωγή .....	23
1.1 Πρόλογος.....	24
1.1.1 Αναγκαιότητα ενασχόλησης με το συγκεκριμένο ζήτημα.....	24
1.1.2 Αντικείμενο Διατριβής.....	25
1.1.3 Δομή Διατριβής.....	26
2 Περιγραφή Υφιστάμενης Κατάστασης .....	27
2.1 Σύγχρονη Κατάσταση των Θεραπευτηρίων .....	28
2.2 Στατιστικά στοιχεία εργατικών ατυχημάτων .....	30
2.3 Οι ιδιαιτερότητες του εγχώριου νοσοκομειακού τομέα στο πεδίο ΥΑΕ .....	37
3 Επαγγελματικός Κίνδυνος.....	39
3.1 Βασικές Έννοιες .....	40
3.2 Μεθοδολογία Ανάλυσης Επικινδυνότητας .....	43
3.2.1 Ταξινόμηση κινδύνων .....	43
3.2.2 Στάδια εκτίμησης κινδύνου .....	49
3.2.3 Υπολογισμός της επικινδυνότητας .....	53
4 Μέθοδοι Μηχανικής Μάθησης για την Υποστήριξη του Συστήματος.....	58
4.1 Εξόρυξη γνώσης.....	59



4.2	Θεωρία Bayes .....	60
4.2.1	Naïve Bayes.....	62
4.2.2	Δίκτυα Bayes.....	64
4.3	Ταξινόμηση κοντινότερου γείτονα .....	65
4.4	Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα .....	67
5	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	70
5.1	Μελέτες και εφαρμογές στον τομέα ΥΑΕ.....	72
5.1.1	Αναζήτηση .....	72
5.1.2	Ηλεκτρονικές εφαρμογές στον τομέα ΥΑΕ .....	73
5.1.3	Μελέτες .....	76
5.1.3.1	Bayesian Δίκτυα.....	76
5.1.3.2	Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (Artificial Neural Networks-ANNs) .....	77
5.1.3.3	Συνελκτικά Νευρωνικά Δίκτυα (Convolutional Neural Networks-CNNs) 84	
5.1.3.4	Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία .....	86
5.1.3.5	Στατιστική Ανάλυση .....	87
5.1.3.6	Λοιπές Μελέτες.....	88
5.2	Μελέτες για συστήματα ΥΑΕ ειδικότερα στον τομέα της υγείας.....	116
5.2.1	Αναζήτηση .....	116
5.2.2	Ηλεκτρονικά «Εργαλεία».....	117
5.2.3	Μελέτες .....	130
6	Μεθοδολογία.....	140
6.1	Δεδομένα .....	141
6.2	Σχεδιασμός του συστήματος.....	141
6.2.1	Ροή πληροφορίας .....	141
6.2.2	Δομικό διάγραμμα του συστήματος.....	143
6.2.3	Μεταβλητές.....	146

6.2.4	Εισαγωγή τιμών επικινδυνότητας .....	152
6.3	Χρησιμοποιούμενο Λογισμικό .....	154
6.4	Εφαρμοζόμενα μοντέλα .....	155
6.5	Εκπαίδευση, επικύρωση και αξιολόγηση των μοντέλων .....	157
7	Παρουσίαση και Ανάλυση Αποτελεσμάτων .....	160
7.1	Σύνολο δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές) .....	161
7.1.1	Εφαρμογή Naïve Bayes .....	161
7.1.1.1	Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation_80 .....	161
7.1.1.2	Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation_20 .....	163
7.1.1.3	Εφαρμογή Naïve Bayes – 10-fold cross validation .....	164
7.1.2	Εφαρμογή BayesNet .....	165
7.1.2.1	Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation_80 .....	165
7.1.2.2	Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation_20 .....	167
7.1.2.3	Εφαρμογή BayesNet – 10-fold cross validation .....	168
7.1.3	Εφαρμογή k-nn .....	169
7.1.3.1	Εφαρμογή k-nn – Hold out validation_80 .....	169
7.1.3.2	Εφαρμογή k-nn – Hold out validation_20 .....	171
7.1.3.3	Εφαρμογή k-nn – 10-fold cross validation .....	172
7.1.4	Εφαρμογή NN .....	173
7.1.4.1	Εφαρμογή NN – Hold out validation_80 .....	173
7.1.4.2	Εφαρμογή NN – Hold out validation_20 .....	176
7.1.4.3	Εφαρμογή NN – 10-fold cross validation .....	177
7.2	Σύνολο δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές) – ατυχημάτων .....	178
7.2.1	Εφαρμογή Naïve Bayes .....	178
7.2.1.1	Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation_80 .....	178
7.2.1.2	Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation_20 .....	180
7.2.1.3	Εφαρμογή Naïve Bayes – 10-fold cross validation .....	181

7.2.2 Εφαρμογή BayesNet .....	182
7.2.2.1 Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation_80 .....	182
7.2.2.2 Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation_20 .....	184
7.2.2.3 Εφαρμογή BayesNet – 10-fold cross validation .....	185
7.2.3 Εφαρμογή k-nn.....	186
7.2.3.1 Εφαρμογή k-nn – Hold out validation_80.....	186
7.2.3.2 Εφαρμογή k-nn – Hold out validation_20.....	188
7.2.3.3 Εφαρμογή k-nn – 10-fold cross validation.....	189
7.2.4 Εφαρμογή NN .....	190
7.2.4.1 Εφαρμογή NN – Hold out validation_80 .....	190
7.2.4.2 Εφαρμογή NN – Hold out validation_20 .....	191
7.2.4.3 Εφαρμογή NN – 10-fold cross validation .....	192
7.3 Σύνολο δεδομένων συμβάντων (μία μεταβλητή) – ατυχημάτων .....	193
7.3.1 Εφαρμογή Naïve Bayes.....	193
7.3.1.1 Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation_80.....	193
7.3.1.2 Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation_20.....	194
7.3.1.3 Εφαρμογή Naïve Bayes – 10-fold cross validation.....	195
7.3.2 Εφαρμογή BayesNet .....	196
7.3.2.1 Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation_80 .....	196
7.3.2.2 Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation_20 .....	197
7.3.2.3 Εφαρμογή BayesNet – 10-fold cross validation .....	198
7.3.3 Εφαρμογή k-nn.....	199
7.3.3.1 Εφαρμογή k-nn – Hold out validation_80.....	199
7.3.3.2 Εφαρμογή k-nn – Hold out validation_20.....	201
7.3.3.3 Εφαρμογή k-nn – 10-fold cross validation.....	202
7.3.4 Εφαρμογή NN .....	203
7.3.4.1 Εφαρμογή NN – Hold out validation_80 .....	203

7.3.4.2	Εφαρμογή NN – Hold out validation_20.....	204
7.3.4.3	Εφαρμογή NN – 10-fold cross validation.....	205
7.4	Σύνολο δεδομένων συμβάντων (μία μεταβλητή).....	206
7.4.1	Εφαρμογή Naïve Bayes .....	206
7.4.1.1	Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation_80 .....	206
7.4.1.2	Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation_20 .....	207
7.4.1.3	Εφαρμογή Naïve Bayes – 10-fold cross validation .....	208
7.4.2	Εφαρμογή BayesNet .....	209
7.4.2.1	Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation_80 .....	209
7.4.2.2	Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation_20 .....	210
7.4.2.3	Εφαρμογή BayesNet – 10-fold cross validation .....	211
7.4.3	Εφαρμογή k-nn .....	212
7.4.3.1	Εφαρμογή k-nn – Hold out validation_80 .....	212
7.4.3.2	Εφαρμογή k-nn – Hold out validation_20 .....	214
7.4.3.3	Εφαρμογή k-nn – 10-fold cross validation .....	215
7.4.4	Εφαρμογή NN.....	216
7.4.4.1	Εφαρμογή NN – Hold out validation_80.....	216
7.4.4.2	Εφαρμογή NN – Hold out validation_20.....	217
7.4.4.3	Εφαρμογή NN – 10-fold cross validation.....	218
7.5	Εφαρμογή σεναρίων ελέγχου .....	224
8	Πρόσθετα «Εργαλεία» Αξιολόγησης – Βελτίωσης.....	232
8.1	Βάση δεδομένων για αξιολόγηση και διαχείριση μυοσκελετικής καταπόνησης..	233
8.1.1	Το πρόβλημα των μυοσκελετικών διαταραχών στο νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας .....	233
8.1.2	Η μέθοδος βασικών δεικτών - Key Item Method .....	234
8.2	Υποστήριξη λήψης απόφασης σχετικά με το κόστος παρέμβασης για μείωση της επικινδυνότητας.....	237
8.2.1	Διαχείριση κόστους ΥΑΕ .....	237

8.2.1.1	Επισκόπηση εφαρμογών διαχείρισης κόστους ΥΑΕ .....	238
8.2.2	Επίλυση Προβλήματος κατανομής κόστους παρεμβάσεων μείωσης επικινδυνότητας μυοσκελετικών διαταραχών .....	243
8.2.2.1	Γραμμικός Προγραμματισμός.....	244
8.2.2.2	Εκτίμηση της επικινδυνότητας.....	247
8.2.2.3	«Εργαλείο» Κατανομής Κόστους – Cost Allocation Tool (CAT).....	248
8.2.2.4	Συλλογή δεδομένων και εφαρμογή .....	251
8.2.2.5	Εφαρμογή ΚΙΜ πριν τις παρεμβάσεις .....	264
8.2.2.6	Παρεμβάσεις .....	264
8.2.2.7	Επίλυση του προβλήματος .....	265
8.2.2.8	Εφαρμογή ΚΙΜ μετά τις παρεμβάσεις.....	268
8.2.2.9	Σχολιασμός των αποτελεσμάτων .....	269
9	Συμπεράσματα – Σημεία που χρήζουν περαιτέρω έρευνας.....	271
	Βιβλιογραφία .....	276

## Κατάλογος Εικόνων

<b>Εικόνα 5.1:</b> Κεντρική σελίδα του Hospital eTool [99] .....	118
<b>Εικόνα 5.2:</b> Παράδειγμα μιας κατηγορίας του Hospital eTool [99] .....	118
<b>Εικόνα 5.3:</b> Παράδειγμα μιας υποκατηγορίας του Hospital eTool [99] .....	119
<b>Εικόνα 5.4:</b> Κεντρική σελίδα του Occupational Hazards in Long Term Care Nursing Home eTool [100].....	120
<b>Εικόνα 5.5:</b> Παράδειγμα μιας κατηγορίας του Occupational Hazards in Long Term Care Nursing Home eTool [100] .....	120
<b>Εικόνα 5.6:</b> Κεντρική σελίδα του Hospital eTool Expert System - Applicable Standards [101] .....	122
<b>Εικόνα 5.7:</b> Παράδειγμα μιας κατηγορίας του Hospital eTool Expert System - Applicable Standards [101] .....	122
<b>Εικόνα 5.8:</b> Κεντρική σελίδα της βάσης δεδομένων του NIOSH [103] .....	124
<b>Εικόνα 5.9:</b> Παράδειγμα μιας κατηγορίας της βάσης δεδομένων του NIOSH [103] .....	124
<b>Εικόνα 5.10:</b> Κεντρική σελίδα του eTool Occupational Hazards in Hospital Departments [104] .....	126
<b>Εικόνα 5.11:</b> Παράδειγμα μιας κατηγορίας του eTool Occupational Hazards in Hospital Departments [104].....	126
<b>Εικόνα 5.12:</b> Ενδεικτικές κατηγορίες της βάσης δεδομένων του ILO [105] .....	127
<b>Εικόνα 5.13:</b> Κατηγορίες της βάσης δεδομένων του WorkSafe [106] .....	128
<b>Εικόνα 5.14:</b> Alison’s Courses [109] .....	130
<b>Εικόνα 6.1:</b> Το περιβάλλον διεπαφής του λογισμικού WEKA .....	155
<b>Εικόνα 7.1:</b> Παραμετροποίηση ταξινομητή NB για τη συγκεκριμένη εφαρμογή .....	161
<b>Εικόνα 7.2:</b> Παραμετροποίηση ταξινομητή BN για τη συγκεκριμένη εφαρμογή .....	165
<b>Εικόνα 7.3:</b> Παραμετροποίηση ταξινομητή k-NN για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.....	169
<b>Εικόνα 7.4:</b> Παραμετροποίηση ταξινομητή MLP για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.....	174
<b>Εικόνα 8.1:</b> Αρχική οθόνη ηλεκτρονικής εφαρμογής KIM .....	236
<b>Εικόνα 8.2:</b> Κλίμακα αξιολόγησης για τις δραστηριότητες της έλξης και ώθησης φορτίων καθώς και ένα παράδειγμα τιμών βασικών δεικτών .....	236
<b>Εικόνα 8.3:</b> Στιγμιότυπο οθόνης CAT για την αντικειμενική συνάρτηση της επικινδυνότητας.....	250

## Κατάλογος Σχημάτων

<b>Σχήμα 2.1:</b> Προσωπικό θεραπευτηρίων ανά ειδικότητα για τα έτη 2015-2018 [6] .....	28
<b>Σχήμα 2.2:</b> Αριθμός, κλίνες και προσωπικό Κέντρων Υγείας [7].....	29
<b>Σχήμα 2.3:</b> Κατανομή εργατικών ατυχημάτων κατά επαφή – τρόπο τραυματισμού, 2018 [8] .....	37
<b>Σχήμα 3.1:</b> Διαδικασία υλοποίησης και επικαιροποίησης εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου [1].....	52
<b>Σχήμα 4.1:</b> Συνοπτική παρουσίαση τεχνικών εξόρυξης γνώσης.....	60
<b>Σχήμα 4.2:</b> Δομή ενδεικτικού ΔB για την προσέγγιση προβλήματος πιθανότητα διεξαγωγής ενός παιχνιδιού (play) ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες [22] .....	65
<b>Σχήμα 4.3:</b> Μοντέλο Βιολογικού Νευρώνα [24].....	67
<b>Σχήμα 4.4:</b> Μοντέλα μονοστρωματικού και πολυστρωματικού perceptron (MLP) [24]...	68
<b>Σχήμα 6.1:</b> Δομή προτεινόμενου συστήματος.....	145
<b>Σχήμα 7.1:</b> Συγκριτικό διάγραμμα της προβλεπτικής απόδοσης των ταξινομητών για το σύνολο δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές) - ατυχημάτων .....	223
<b>Σχήμα 7.2:</b> Συγκριτικό διάγραμμα της ακρίβειας των ταξινομητών για το σύνολο δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές) - ατυχημάτων .....	224
<b>Σχήμα 7.3:</b> Συγκριτικό διάγραμμα ακρίβειας των ταξινομητών για τα σύνολα δεδομένων συμβάντων – ατυχημάτων με τρεις και μία μεταβλητές αντίστοιχα.....	231
<b>Σχήμα 8.1:</b> Γενικός αλγόριθμος επίλυσης ενός προβλήματος πολυκριτήριου γραμμικού προγραμματισμού [198] .....	247
<b>Σχήμα 8.2:</b> Δομικό διάγραμμα εφαρμογής του Cost Allocation Tool .....	253

## Κατάλογος Πινάκων

<b>Πίνακας 2.1:</b> Θεραπευτήρια ανά νομικό καθεστώς και κατηγορία για τα έτη 2015-2018 [6]	28
<b>Πίνακας 2.2:</b> Μονάδες παροχής υπηρεσιών πρωτοβάθμιας φροντίδας υγείας για τα έτη 2017-2018 [7]	29
<b>Πίνακας 2.3:</b> Μονάδες παροχής υπηρεσιών ψυχικής υγείας έτους 2018 [7]	29
<b>Πίνακας 2.4:</b> Εργατικά ατυχήματα κατά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας της τοπικής μονάδας του εργοδότη που συνέβη το ατύχημα 2017 και 2018 [8]	31
<b>Πίνακας 2.5:</b> Ποσοστά εργαζόμενων που θεωρούν ότι στο χώρο εργασίας είναι εκτεθειμένοι σε παράγοντες επιβλαβείς για την υγεία, κατά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας της επιχείρησης όπου εργάζονται [10]	32
<b>Πίνακας 2.6:</b> Εργατικά ατυχήματα, κατά είδος τραυματισμού, 2017 και 2018 [8]	36
<b>Πίνακας 3.1:</b> Κλίμακα εκτίμησης της επικινδυνότητας (4 κατηγορίες / παράγοντα)	54
<b>Πίνακας 3.2:</b> Διαβαθμίσεις της ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ των συνεπειών	54
<b>Πίνακας 3.3:</b> Διαβαθμίσεις της ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ στην επικίνδυνη κατάσταση	55
<b>Πίνακας 3.4:</b> Διαβαθμίσεις της ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ εκδήλωσης του συμβάντος	55
<b>Πίνακας 3.5:</b> Συντελεστές βαρύτητας ανά παράγοντα επικινδυνότητας	55
<b>Πίνακας 3.6:</b> Κλίμακα της επικινδυνότητας	57
<b>Πίνακας 5.1:</b> Πίνακας αναζητήσεων βιβλιογραφικής ανασκόπησης συστημάτων ΥΑΕ	72
<b>Πίνακας 5.2:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας των προαναφερόμενων μελετών σχετικά με εφαρμογές εξόρυξης γνώσης για συστήματα ΥΑΕ	103
<b>Πίνακας 5.3:</b> Πίνακας αναζητήσεων βιβλιογραφικής ανασκόπησης για συστήματα ΥΑΕ ειδικότερα στον τομέα της υγείας	116
<b>Πίνακας 5.4:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας των προαναφερόμενων μελετών σχετικά με εφαρμογές εξόρυξης γνώσης για συστήματα ΥΑΕ ειδικά στον τομέα της Υγείας	136
<b>Πίνακας 6.1:</b> Μεταβλητές εισόδου του συστήματος	146
<b>Πίνακας 6.2:</b> Μεταβλητές εξόδου του συστήματος	151
<b>Πίνακας 6.3:</b> Παραμετροποίηση μοντέλων στο Weka	156
<b>Πίνακας 7.1:</b> Συνοπτικός πίνακας της προβλεπτικής απόδοσης των ταξινομητών για το σύνολο δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές) - ατυχημάτων	220



<b>Πίνακας 7.2:</b> Πίνακας σεναρίου ελέγχου του συστήματος .....	226
<b>Πίνακας 7.3:</b> Συνοπτικός πίνακας της προβλεπτικής απόδοσης των ταξινομητών για το σύνολο δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές) .....	229
<b>Πίνακας 7.4:</b> Συνοπτικός πίνακας της προβλεπτικής απόδοσης των ταξινομητών για το σύνολο δεδομένων συμβάντων (μία μεταβλητή) - ατυχημάτων .....	230
<b>Πίνακας 8.1:</b> Περιγραφή και κόστος παρεμβάσεων.....	254
<b>Πίνακας 8.2:</b> Πίνακας εφαρμογής CAT .....	256
<b>Πίνακας 8.3:</b> Πίνακας πληρωμών για την επίλυση του προβλήματος.....	268

## Συντομογραφίες

3DSSPP:	3d Static Strength Prediction Program
AAOHN's:	American Association of Occupational Health Nurses
AHP:	Analytic Hierarchy Process
AI:	Artificial Intelligence
AL:	Action Limit
ALARP:	As Low As Reasonable Practicable
ANNs:	Artificial Neural Networks
ANOVA:	Analysis Of Variance Analysis
ANP:	Analytic Network Process
ASR:	Accident Severity Rate
BEA:	Break-Even Analysis
BN:	Bayesian Network
CAT:	Cost Allocation Tool
CBA:	Cost-Benefit Analysis
CBR:	Case-Based Reasoning
CCRBt:	Cochrane Collaboration Risk of Bias
CDC:	Centers For Disease Control And Prevention
CEA:	Cost-Efficiency Analysis
CESMA:	Cost Efficient Safety for Major Accidents
CHEC:	Consensus on Health Economic Criteria
CNNs:	Convolutional Neural Networks
CO <sub>2</sub> :	Διοξείδιο Του Άνθρακα
CTES:	Critical Task Exposure Screening
DAG:	Directed Acyclic Graph
DEMATEL:	Decision-making Trial and Evaluation Laboratory

EU-OSHA:	European Agency For Safety And Health At Work
FMEA:	Failure Mode And Effects Analysis
FRAM:	Functional Resonance Analysis Method
FTA:	Fault Tree Analysis
GDP:	Gross Domestic Product
GNU:	General Public License
HAI:	Healthcare-Associated Infection
HCW:	Healthcare Worker
HEP:	Human Error Probability
HFACS:	Human Factors Analysis And Classification System
HR:	Human Resources
HSA:	Hierarchical Symbolic Analysis
HTA:	Hierarchical Task Analysis
IAQ:	Indoor Air Quality
ICOH:	International Commission On Occupational Health
IFAHP:	Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process
ILO:	International Labor Organization
IM:	Intervention Mapping
IRIS:	Integrated Risk Information System
IRPN:	Improved Risk Priority Number
KDD	Knowledge Discovery in Data
KP:	Knapsack Problem
KPIs:	Key Performance Indicators
LBP:	Low back Pain
LR:	Logistic Regression
LSTM:	Long Short-Term Memory
MAE:	Mean Absolute Error
MAP:	Maximum a Posteriori
MAPE:	Mean Absolute Percentage Error

MCDA:	Multi-Criteria Decision Analysis
MERIT:	Management Evaluation Regarding Itemized Tendencies
ML:	Maximum Likelihood
MLP:	Multilayer Perceptron
MoE:	Magnitude Of Effect
MPL:	Maximum Permissible Limit
MSDs:	Musculoskeletal Disorders
MSP:	Musculoskeletal Pain
NB:	Naïve Bayes
NHSN:	National Healthcare Safety Network
NIHL:	Noise-Induced Hearing Loss
NIOSH:	The National Institute For Occupational Safety And Health
NIS:	National Institute Of Statistics
NLP:	Natural Language Processing
NP:	Neck Pain
OEB:	Occupational Exposure Band
OEL:	Occupational Exposure Limit
OHS:	Occupational Health And Safety
OHSAS18001:	Occupational Health And Safety Assessment Series 18001
OLS:	Ordinary Least Squares
OSHA:	Occupational Safety And Health Administration
OSHMS:	Occupational Safety And Health Management System
OWAS:	Ovako Working Posture Analyzing System
PAHO:	Pan American Health Organization
PATH:	Performance Assessment Tool For Quality Improvement In Hospitals
PE:	Participatory Ergonomics
PEFR:	Peak Expiratory Flow Rate
PF:	Pull Force
PPIs:	Pro-Active Safety Performance Indicators

PRR:	Proportional Reporting Ratio
PSFs:	Performance Shaping Factors
RBF:	Radial Basis Function
RCT:	Randomized Controlled Trial
REBA:	Rapid Entire Body Assessment
RIAAT:	Recording, Investigation And Analysis Of Accidents At Work
RMSE:	Root-Mean-Square Error
RNV3P:	National Occupational Diseases Surveillance And Prevention Network
ROHSEI:	Return on Health, Safety and Environmental Investments
ROI:	Return on Investment
ROR:	Reporting Odds Ratio
RPN:	Risk Priority Number
RTW:	Return to Work
RULA:	Rapid Upper Limb Assessment
SACA:	Systematic Accident Cost Analysis
S-CAT:	Safety Climate Assessment Tool
SEV:	Sevoflurane
SIO:	Safety Investment Optimization
SIRA:	Safety Improve Risk Assessment
SKM:	Self-Organizing Map K-Means
SOII:	Survey of Occupational Injury and Illness
SPAR-H:	Standardized Plant Analysis Risk-Human
SPL:	Sound Pressure Level
SSPP:	Static Strength Prediction Program
STFs:	Slips, Trips, Falls
T-OWA:	Time-Ordered Weighted Averaging Operator
UTAUT:	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology
VR:	Virtual Reality
WDMP:	Workplace Disability Management Program

WMSDs:	Work-Related Musculoskeletal Disorders
WRQOLS:	Work-Related Quality Of Life Scale
WSPA:	Work Style Plus Physical Activity
ΑΕΠ:	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΕΛ.ΙΝ.ΥΑΕ:	Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας
ΕΛ.ΣΤΑΤ:	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΥΑΕ:	Επιτροπή Υγείας και Ασφάλειας των Εργαζομένων
ΙΕ:	Ιατρός Εργασίας
ΜΕΘ:	Μονάδα Εντατικής Θεραπείας
ΣΕΠΕ:	Σώμα Επιθεώρησης Εργασίας
ΤΑ:	Τεχνικός Ασφαλείας
ΤΕΕ:	Τεχνικό Επαγγελματικό Επιμελητήριο
ΤΝΔ:	Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο
ΥΑΕ:	Υγεία και Ασφάλεια στην Εργασία

# 1

## Εισαγωγή

## 1.1 Πρόλογος

Η κατάσταση που επικρατεί σήμερα στα ελληνικά νοσοκομεία παρουσιάζει σοβαρά κενά, τόσο στον τομέα της πρόληψης και της καταγραφής των ατυχημάτων, όσο και σε αυτόν της εκτίμησης του επαγγελματικού κινδύνου. Η εκδήλωση της πανδημίας επιβάρυνε ακόμα περισσότερο το συγκεκριμένο τομέα.

Ο θεσμός του Τεχνικού Ασφαλείας (εφεξής ΤΑ) δεν είναι διαδεδомένος, ενώ τυχόν παρουσία του εξαντλείται σε γενικές τεχνικές συστάσεις και στην τυπική ικανοποίηση των σχετικών νομικών απαιτήσεων. Παράλληλα, εκτός από τη γενικότερη οικονομική ύφεση και τα επακόλουθά της, υφίστανται προβλήματα όπως η έλλειψη συντονισμού και ομοιογένειας, στοιχείων και πληροφόρησης, νορμών που θα εφαρμόζονται από το σύνολο των νοσοκομείων, η δυσλειτουργία και η ανοχή των ελεγκτικών μηχανισμών, καθώς και η έλλειψη της σχετικής κουλτούρας.

Το νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας παρουσιάζει αυξημένη επικινδυνότητα όσον αφορά στην υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων (εφεξής ΥΑΕ). Ζητούμενο αποτελεί η κατά το δυνατό βέλτιστη διαχείριση του περιβάλλοντος εργασίας και των επαγγελματικών κινδύνων που το χαρακτηρίζουν, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η ασφάλεια για το προσωπικό και τους χρήστες (π.χ. ασθενείς, επισκέπτες, προμηθευτές) κάθε εγκατάστασης [1].

### 1.1.1 Αναγκαιότητα ενασχόλησης με το συγκεκριμένο ζήτημα

Η αναγκαιότητα ενασχόλησης με το πεδίο ΥΑΕ προκύπτει από την ποιοτική και την ποσοτική σημασία της έννοιας του επαγγελματικού κινδύνου. Η ποιοτική διάσταση αφορά την άμεση σύνδεση αυτού του κινδύνου και των ενδεχόμενων συμβάντων – ατυχημάτων – ασθενειών με το ύψιστο αγαθό της ανθρώπινης υγείας, ενώ η ποσοτική διάσταση σχετίζεται με ό,τι συνεπάγεται η εκδήλωση των παραπάνω και τις επιπτώσεις τους σε κοινωνικό, επιχειρησιακό – επαγγελματικό και οικονομικό επίπεδο [1]. Ενδεικτική όσον αφορά στο κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο, είναι η επιβάρυνση των ασφαλιστικών οργανισμών εξαιτίας των οικονομικών απωλειών, που σχετίζονται με τη σειρά τους με τη διαχείριση των εργατικών ατυχημάτων και των επαγγελματικών νόσων [2]. Είναι χαρακτηριστικό πως σύμφωνα με παλαιότερη σχετική μελέτη [3], αυτές οι απώλειες σε ευρωπαϊκή κλίμακα υπολογίζονται σε 500 δις ευρώ ετησίως (4% του ευρωπαϊκού ΑΕΠ). Σε πρόσφατη μελέτη



του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Υγεία και την Ασφάλεια (EU-OSHA), η κατάσταση δεν δείχνει να αλλάζει σημαντικά, με τις απώλειες να εκτιμώνται στο 3.9% του Παγκόσμιου Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (Global Gross Domestic Product - GDP) και στο 3.3% του Ευρωπαϊκού. Το ποσοστό αυτό μπορεί να διαφέρει μεταξύ χωρών, ειδικά μεταξύ Δυτικών και μη Δυτικών χωρών και να διαμορφώνεται ανάλογα με τους κύριους κλάδους δραστηριοτήτων, το νομοθετικό πλαίσιο και τη λήψη προληπτικών – διορθωτικών μέτρων [4].

Η ορθή διαχείριση της ΥΑΕ και η σημασία της έχει τονιστεί ιδιαίτερα από τον EU-OSHA, ειδικά σε εποχές οικονομικής ύφεσης όπως η τρέχουσα, λαμβάνοντας υπόψη πως οι ελλείψεις συνθήκες ασφάλειας και υγείας στον χώρο εργασίας κοστίζουν. Απεναντίας, όπως προκύπτει από μελέτες περιπτώσεων, η καλή διαχείριση της επαγγελματικής ασφάλειας και υγείας σε μια επιχείρηση επιφέρει βελτίωση των επιδόσεων και της κερδοφορίας της, οδηγώντας σε:

- βελτίωση της παραγωγικότητας μέσω της μείωσης των απουσιών λόγω ασθένειας,
- μείωση των δαπανών υγειονομικής περίθαλψης,
- παραμονή των μεγαλύτερης ηλικίας εργαζομένων στην αγορά εργασίας,
- βελτίωση της αποδοτικότητας των εργασιακών μεθόδων και τεχνολογιών,
- μείωση του αριθμού των ατόμων που εργάζονται με μειωμένο ωράριο για να φροντίσουν κάποιο μέλος της οικογένειάς τους [5].

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη πως η εργασία καταλαμβάνει ένα μεγάλο κομμάτι της καθημερινότητας, η εξασφάλιση των απαιτούμενων κάθε φορά συνθηκών ΥΑΕ αποτελεί επιτακτική ανάγκη, πόσο μάλλον σε ένα νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας με το αυξημένο επίπεδο και τη διαφορετικότητα των κινδύνων που το διακρίνουν [1].

### **1.1.2 Αντικείμενο Διατριβής**

Στο προαναφερόμενο πλαίσιο, η παρούσα διατριβή πραγματεύεται την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων επιθεωρήσεων και ελέγχων από πλευράς επικινδυνότητας και των στοιχείων συμβάντων – ατυχημάτων στο νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας μέσω τεχνικών υπολογιστικής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης, με σκοπό την ανάπτυξη ενός συστήματος υποστήριξης λήψης απόφασης σχετικά με την αξιολόγηση και τη βελτίωση της υγείας και της ασφάλειας των εργαζόμενων σε νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας.

### 1.1.3 Δομή Διατριβής

Η δομή της παρούσας διατριβής συνοψίζεται στις ακόλουθες ενότητες. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στο σκοπό και το αντικείμενό της και επισημαίνεται η αναγκαιότητα ενασχόλησης με το συγκεκριμένο ζήτημα. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση ΥΑΕ με παράθεση σχετικών στατιστικών στοιχείων επικεντρώνοντας στο νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας και τις ιδιαιτερότητές του. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται η έννοια του επαγγελματικού κινδύνου και οι σχετικές ορολογίες καθώς και η μεθοδολογία εκτίμησής του, ενώ στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική περιγραφή των χρησιμοποιούμενων μεθόδων μηχανικής μάθησης. Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται βιβλιογραφική επισκόπηση των ηλεκτρονικών «εργαλείων», συστημάτων και εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί στον τομέα της Υγείας και της Ασφάλειας της Εργασίας επικεντρώνοντας στο νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το προτεινόμενο σύστημα ως προς το χρησιμοποιούμενο λογισμικό, το δομικό του διάγραμμα και τις μεταβλητές του, με τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του συστήματος να παρουσιάζονται και να αναλύονται στο έβδομο κεφάλαιο. Στο όγδοο κεφάλαιο γίνεται συνοπτική παρουσίαση πρόσθετων «εργαλείων» που μπορούν να συμβάλλουν στο αντικείμενο ενδιαφέροντος της παρούσας διατριβής. Στο ένατο κεφάλαιο εξάγονται συμπεράσματα και επισημαίνονται πεδία που χρήζουν περαιτέρω έρευνας, με τις βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν να παρατίθενται στο τέλος της εργασίας.

# 2

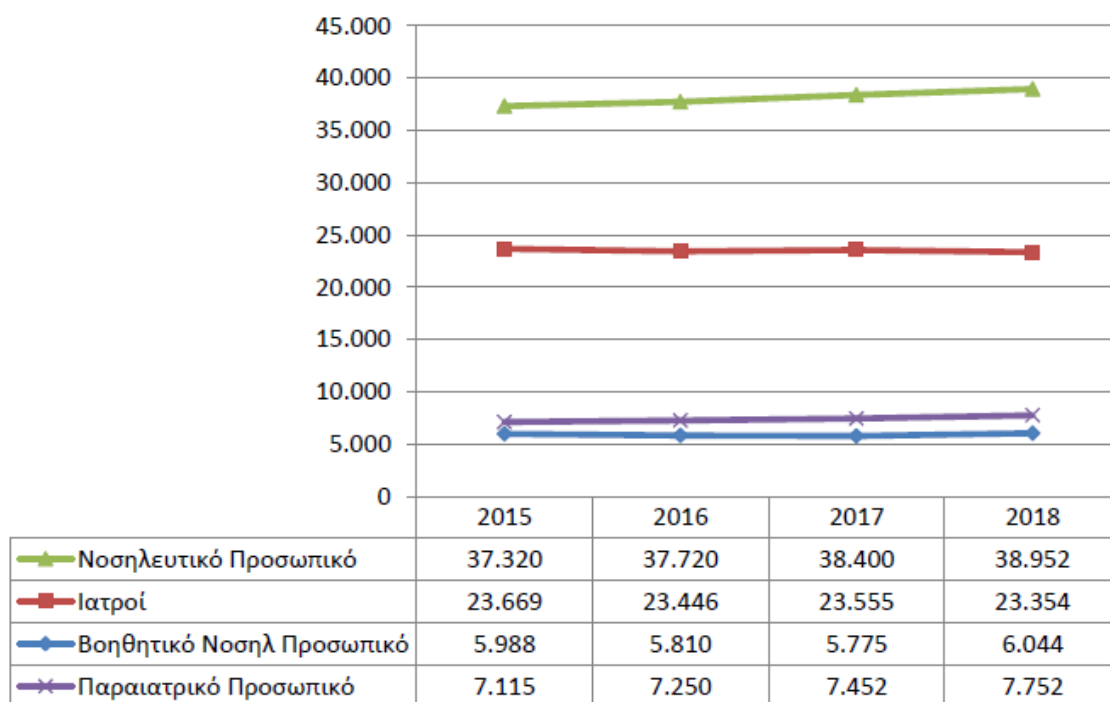
## Περιγραφή Υφιστάμενης Κατάστασης

## 2.1 Σύγχρονη Κατάσταση των Θεραπευτηρίων

Η προαναφερόμενη έννοια της αναγκαιότητας αποτυπώνεται στα τελευταία σχετικά στατιστικά στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, όπως παρουσιάζονται ακολούθως και τα οποία αφορούν τόσο το μέγεθος του κλάδου των θεραπευτηρίων όσο και το πλήθος των εργαζομένων τους [1].

**Πίνακας 2.1:** Θεραπευτήρια ανά νομικό καθεστώς και κατηγορία για τα έτη 2015-2018 [6]

Έτος	Μονάδες ΝΠΙΔ	Μονάδες ΝΠΔΔ	Ιδιωτικές Κλινικές	Σύνολο	Γενικά	Ειδικά	Μικτά
2015	4	124	155	283	172	103	8
2016	5	124	151	280	173	96	11
2017	5	125	147	277	174	92	11
2018	4	123	144	271	171	86	14



**Σχήμα 2.1:** Προσωπικό θεραπευτηρίων ανά ειδικότητα για τα έτη 2015-2018 [6]

**Πίνακας 2.2:** Μονάδες παροχής υπηρεσιών πρωτοβάθμιας φροντίδας υγείας για τα έτη 2017-2018 [7]

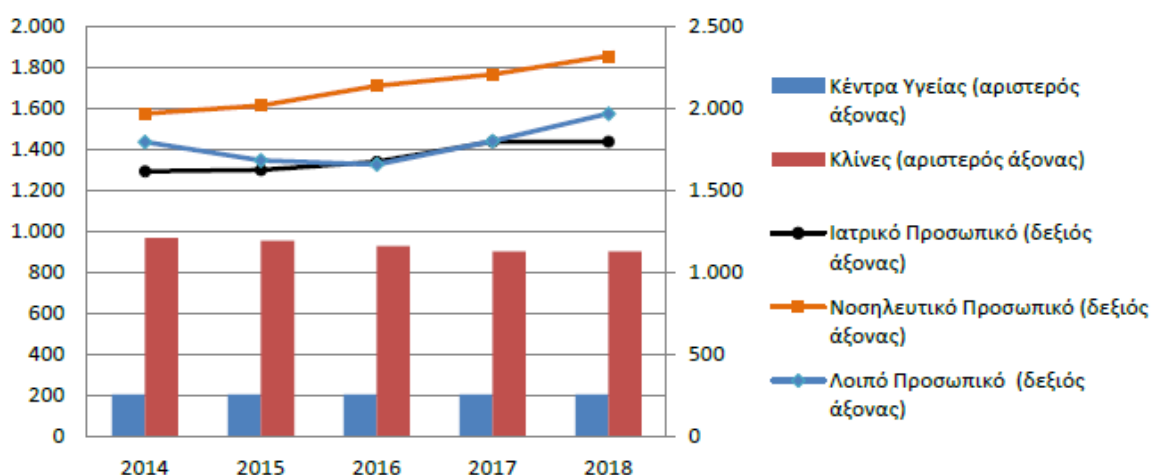
	Κέντρα Υγείας	Μονάδες* Υγείας	Περιφερειακά Ιατρεία	Πολυδύναμα Περιφερειακά Ιατρεία	Ειδικά Περιφερειακά Ιατρεία	Τοπικά Ιατρεία	Λοιπές Μονάδες
2017	204	101	1425	93	49	221	6
2018	204	101	1425	94	49	221	7

\*Μονάδες Υγείας του Πρωτοβάθμιου Δικτύου Υγείας (Π.Ε.Δ.Υ. Ν.4238/2014) οι οποίες βάσει του Ν. 4486/2017 μετονομάζονται σε Κέντρα Υγείας

**Πίνακας 2.3:** Μονάδες παροχής υπηρεσιών ψυχικής υγείας έτους 2018 [7]

Κέντρα Ψυχικής Υγείας Ενηλίκων	33
Κέντρα Ψυχικής Υγείας με Κοινωνικές Υπηρεσίες Ψυχικής Υγείας Παιδιών και Εφήβων*	14
Κέντρα Ψυχικής Υγείας Παιδιών και Εφήβων	12
<b>Σύνολο</b>	<b>59</b>

\*Υβριδικός τύπος δομής που απευθύνεται τόσο σε ενήλικες όσο και σε παιδιά και εφήβους



**Σχήμα 2.2:** Αριθμός, κλίνες και προσωπικό Κέντρων Υγείας [7]

Οι παραπάνω αριθμοί βοηθούν στο να γίνει αντιληπτό το μέγεθος του νοσοκομειακού περιβάλλοντος εργασίας, ένα μέγεθος που παρουσιάζει σταθερότητα στο πέρασμα του χρόνου, με δυναμική μάλιστα αύξησης, ειδικότερα σε ενδεχόμενο στελέχωσης των υποδομών στο πλαίσιο ευρύτερης ενδυνάμωσης του συστήματος υγείας, πόσο μάλλον αν ληφθεί υπόψη το φαινόμενο της πανδημίας και η κατακόρυφη αύξηση της ζήτησης υπηρεσιών υγείας.

## 2.2 Στατιστικά στοιχεία εργατικών ατυχημάτων

Σε μεγαλύτερο βαθμό συνηγορεί υπέρ της αναγκαιότητας ενός συστήματος όπως το προτεινόμενο στην παρούσα διατριβή, ο αριθμός των εργατικών ατυχημάτων που έχουν καταγραφεί στο ευρύτερο και στο συγκεκριμένο περιβάλλον εργασίας. Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί πως υφίσταται ακόμα πλήθος συμβάντων – ατυχημάτων τα οποία δεν έχουν επισήμως καταγραφεί (είτε γιατί η πληροφορία δεν κοινοποιείται από τον ίδιο τον εργαζόμενο ή το τμήμα του, είτε γιατί γίνεται λανθασμένος χαρακτηρισμός του συμβάντος – ατυχήματος σε σχέση με την αναγγελία του στους αρμόδιους φορείς), γεγονός όμως το οποίο δε μειώνει διόλου τον αρνητικό τους αντίκτυπο αλλά αντίθετα τον ενισχύει [1].

Χαρακτηριστικά είναι τα στοιχεία που ακολουθούν στους αντίστοιχους πίνακες σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ, με το 3.4% του συνόλου των καταγεγραμμένων ατυχημάτων να αφορά τις δραστηριότητες που σχετίζονται με την ανθρώπινη υγεία και την κοινωνική μέριμνα (για το 2018) [8] (παρουσιάζοντας μάλιστα αύξηση αφού το αντίστοιχο ποσοστό για το 2017 ήταν 2.7%) [9]. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν επίσης τα ποσοστά που εκφράζουν την αντίληψη – ανησυχία των εργαζόμενων ως προς παράγοντες που αυτοί θεωρούν ότι είναι εκτεθειμένοι στο χώρο εργασίας τους και είναι επιβλαβείς για την υγεία τους. Τα ποσοστά είναι ιδιαίτερα υψηλά, για το σύνολο των εξεταζόμενων παραγόντων που αφορούν μεγάλη πίεση χρόνου ή φόρτου εργασίας στο χώρο εργασίας, έκθεση σε δύσκολες στάσεις ή κινήσεις, βία ή απειλή βίας, παρενοχλήσεις ή εκφοβισμούς στο χώρο εργασίας, έκθεση σε χειρισμό βαρέων φορτίων, σε ισχυρούς θορύβους ή δονήσεις, σε χημικά, σκόνη, αναθυμιάσεις, καπνούς ή αέρια, σε έντονη οπτική συγκέντρωση καθώς και σε κίνδυνο ατυχημάτων.

Πίνακας 2.4: Εργατικά ατυχήματα κατά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας της τοπικής μονάδας του εργοδότη που συνέβη το ατύχημα 2017 και 2018 [8]

Κλάδος οικονομικής δραστηριότητας (NACE αναθ. 2)	2017				2018				Μεταβολή (%)
	Σύνολο	%	ΕΚ των οποίων θανατηφόρα	%	Σύνολο	%	ΕΚ των οποίων θανατηφόρα	%	2018/2017
Σύνολο	4.956	100,0	47	100,0	5.336	100,0	46	100,0	7,7
A Γεωργία, δασοκομία και αλιεία	112	2,3	4	8,5	126	2,4	3	6,5	12,5
B Ορυχεία και λατομεία	96	1,9	1	2,1	73	1,4	0		-24,0
Γ Μεταποίηση	941	19,0	7	14,9	974	18,3	11	23,9	3,5
Δ Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου, ατμού και κλιματισμού	86	1,7	1	2,1	90	1,7	1	2,2	4,7
Ε Παροχή νερού - επεξεργασία λυμάτων, διαχείριση αποβλήτων και δραστηριότητες εξυγίανσης	199	4,0	6	12,8	221	4,1	2	4,3	11,1
ΣΤ Κατασκευές	419	8,5	7	14,9	415	7,8	8	17,4	-1,0
Z Χονδρικό και λιανικό εμπόριο, επισκευή μηχανοκίνητων οχημάτων	1185	23,9	3	6,4	1300	24,4	10	21,7	9,7
Η Μεταφορές και αποθήκευση	501	10,1	10	21,3	556	10,4	1	2,2	11,0
Θ Δραστηριότητες υπηρεσιών παροχής καταλύματος και υπηρεσιών εστίασης	606	12,2	3	6,4	697	13,1	5	10,9	15,0
Ι Ενημέρωση και επικοινωνία	66	1,3	1	2,1	101	1,9	0		53,0
Κ Χρηματοπιστωτικές και ασφαλιστικές δραστηριότητες	35	0,7	0		51	1,0	0		45,7
Λ Διαχείριση ακίνητης περιουσίας	12	0,2	0		16	0,3	1	2,2	33,3
Μ Επαγγελματικές, επιστημονικές και τεχνικές δραστηριότητες	82	1,7	0		117	2,2	1	2,2	42,7
Ν Διοικητικές και υποστηρικτές δραστηριότητες	210	4,2	1	2,1	176	3,3	1	2,2	-16,2
Ξ Δημόσια διοίκηση και άμυνα - Υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση	108	2,2	1	2,1	95	1,8	1	2,2	-12,0
Ο Εκπαίδευση	33	0,7	0		43	0,8	0		30,3
Π Δραστηριότητες σχετικές με την ανθρώπινη υγεία και την κοινωνική μέριμνα	170	3,4	2	4,3	169	3,2	0		-0,6
Ρ Τέχνες, διασκέδαση και ψυχαγωγία	47	0,9	0		69	1,3	0		46,8
Σ Άλλες δραστηριότητες παροχής υπηρεσιών	40	0,8	0		43	0,8	0		7,5
Τ Δραστηριότητες νοικοκυριών ως εργοδοτών, μη διαφοροποιημένες δραστηριότητες νοικοκυριών που αφορούν την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών για ίδια χρήση	6	0,1	0		4	0,1	1	2,2	-33,3
Υ Δραστηριότητες ετερόδικων οργανισμών και φορέων	2	0,0	0		0	0,0	0		-100,0

**Πίνακας 2.5:** Ποσοστά εργαζόμενων που θεωρούν ότι στο χώρο εργασίας είναι εκτεθειμένοι σε παράγοντες επιβλαβείς για την υγεία, κατά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας της επιχείρησης όπου εργάζονται [10]

Αριθμός εργαζόμενων	Ποσοστό (%) εργαζόμενων που θεωρούν ότι:									
	Αντιμετωπίζουν μεγάλη πίεση χρόνου ή φόρτου εργασίας στο χώρο εργασίας	Αντιμετωπίζουν βία ή απειλή βίας στο χώρο εργασίας	Αντιμετωπίζουν παρενοχλήσεις ή εκφοβισμούς στο χώρο εργασίας	Είναι εκτεθειμένοι σε δύσκολες στάσεις ή κινήσεις	Είναι εκτεθειμένοι σε χειρισμό βαρέων φορτίων	Είναι εκτεθειμένοι σε ισχυρούς θορύβους ή δονήσεις	Είναι εκτεθειμένοι σε χημικά, σκόνη, αναθυμιάσεις, καπνούς ή αέρια	Είναι εκτεθειμένοι σε έντονη οπτική συγκέντρωση	Είναι εκτεθειμένοι σε κίνδυνο ατυχημάτων	
Α Γεωργία, δασοκομία & αλιεία	481.054	18,9	0,7	0,8	55,4	44,5	7,5	37,0	4,8	31,2
Β Ορυχεία & λατομεία	10.663	31,8	0,0	2,9	46,8	32,6	63,3	62,6	33,3	70,1
Γ Μεταποίηση	326.845	33,4	1,2	2,1	37,9	30,4	22,4	27,8	20,7	33,3
Δ Παροχή ηλεκτρ. ρεύματος-φυσικού αερίου-ατμού-κλιματισμού	26.540	28,0	1,9	4,8	31,0	12,3	14,7	21,1	30,6	39,2
Ε Παροχή νερού-διαχ. λυμάτων, αποβλήτων-δραστ.εξυγ/νσης	22.935	23,8	3,1	5,8	33,8	26,5	21,9	45,2	9,0	31,3
ΣΤ Κατασκευές	165.362	18,0	1,2	1,5	54,1	42,2	24,4	40,6	14,7	50,6
Ζ Χονδρικό-λιανικό εμπόριο-επισκευή	639.040	27,5	2,4	2,4	25,4	23,5	5,2	11,0	10,9	17,1



	Αριθμός εργαζόμενων	Ποσοστό (%) εργαζόμενων που θεωρούν ότι:								
		Αντιμετωπίζουν μεγάλη πίεση χρόνου ή φόρτου εργασίας στο χώρο εργασίας	Αντιμετωπίζουν βία ή απειλή βίας στο χώρο εργασίας	Αντιμετωπίζουν παρενοχλήσεις ή εκφοβισμούς στο χώρο εργασίας	Είναι εκτεθειμένοι σε δύσκολες στάσεις ή κινήσεις	Είναι εκτεθειμένοι σε χειρισμό βαρέων φορτίων	Είναι εκτεθειμένοι σε ισχυρούς θορύβους ή δονήσεις	Είναι εκτεθειμένοι σε χημικά, σκόνη, αναθυμιάσεις, καπνούς ή αέρια	Είναι εκτεθειμένοι σε έντονη οπτική συγκέντρωση	Είναι εκτεθειμένοι σε κίνδυνο ατυχημάτων
οχημάτων & μοτοσυκλετών										
Η Μεταφορά & αποθήκευση	172.393	39,9	9,2	6,3	30,9	16,6	19,2	16,7	30,3	47,9
Θ Υπηρεσίες παροχής καταλύματος & υπηρεσιών εστίασης	263.705	34,0	2,2	5,5	32,4	14,5	4,4	11,2	5,2	15,1
Γ Ενημέρωση & επικοινωνία	76.520	38,6	1,0	1,9	15,0	1,1	2,3	1,5	43,6	6,9
Κ Χρηματοπιστωτικές & ασφαλιστικές δραστηριότητες	110.544	50,2	3,5	4,7	6,4	0,4	0,0	1,8	32,6	2,3
Λ Διαχείριση ακίνητης περιουσίας	2.256	35,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0
Μ Επαγγελματικές, επιστημονικές & τεχνικές δραστηριότητες	193.470	36,2	1,4	3,4	9,3	0,9	2,3	4,3	33,1	4,7
Ν Διοικητικές &	59.818	32,5	8,1	6,6	23,0	8,1	1,9	18,6	13,4	21,3

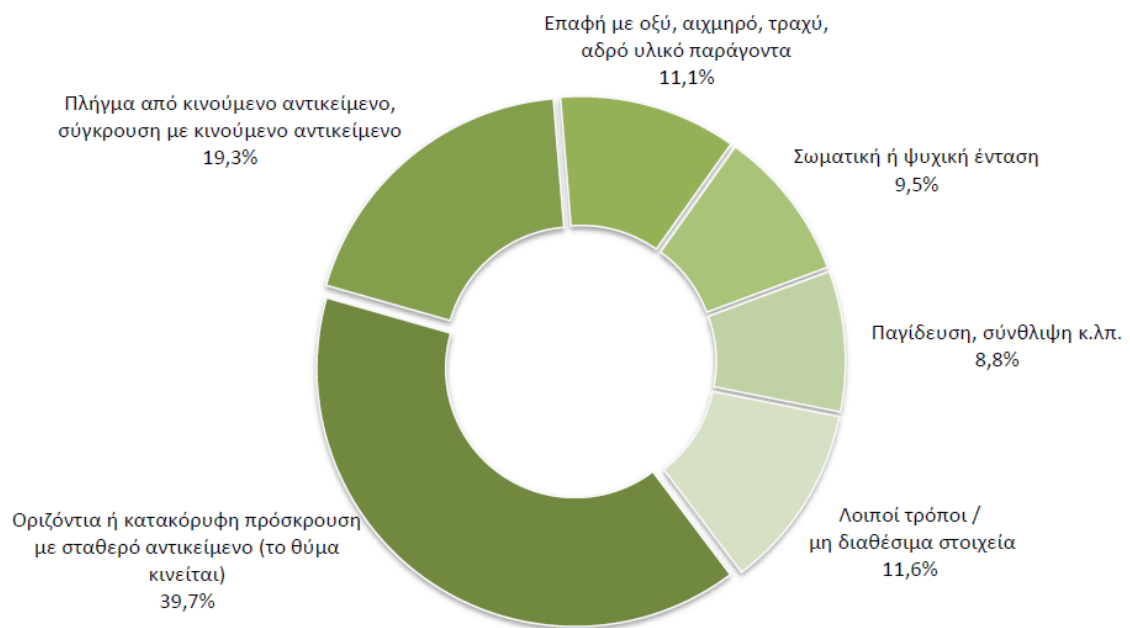
	Αριθμός εργαζόμενων	Ποσοστό (%) εργαζόμενων που θεωρούν ότι:								
		Αντιμετωπίζουν μεγάλη πίεση χρόνου ή φόρτου εργασίας στο χώρο εργασίας	Αντιμετωπίζουν βία ή απειλή βίας στο χώρο εργασίας	Αντιμετωπίζουν παρενοχλήσεις ή εκφοβισμούς στο χώρο εργασίας	Είναι εκτεθειμένοι σε δύσκολες στάσεις ή κινήσεις	Είναι εκτεθειμένοι σε χειρισμό βαρέων φορτίων	Είναι εκτεθειμένοι σε ισχυρούς θορύβους ή δονήσεις	Είναι εκτεθειμένοι σε χημικά, σκόνη, αναθυμιάσεις, καπνούς ή αέρια	Είναι εκτεθειμένοι σε έντονη οπτική συγκέντρωση	Είναι εκτεθειμένοι σε κίνδυνο ατυχημάτων
υποστηρικτικές δραστηριότητες										
Ξ Δημόσια διοίκηση & άμυνα-υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση	323.006	32,2	9,6	7,0	15,8	6,7	8,7	12,8	23,6	24,6
Ο Εκπαίδευση	277.423	16,4	1,4	2,6	6,8	0,6	2,4	3,3	15,4	4,0
Π Δραστηριότητες ανθρώπινης υγείας & κοινωνικής μέριμνας	217.126	38,0	3,4	4,0	22,8	10,1	1,5	9,8	17,2	16,2
Ρ Τέχνες, διασκέδαση & ψυχαγωγία	40.628	17,1	5,6	6,0	17,6	8,0	4,6	8,9	15,4	14,2
Σ Άλλες δραστηριότητες παροχής υπηρεσιών	70.860	26,0	1,2	2,4	31,8	5,4	2,6	18,0	15,3	8,9
Τ Δραστηριότητες νοικοκυριών ως εργοδοτών	53.396	11,7	0,4	2,9	42,9	15,9	0,0	21,2	1,0	7,5

	Αριθμός εργαζόμενων	Ποσοστό (%) εργαζόμενων που θεωρούν ότι:								
		Αντιμετωπίζουν μεγάλη πίεση χρόνου ή φόρτου εργασίας στο χώρο εργασίας	Αντιμετωπίζουν βία ή απειλή βίας στο χώρο εργασίας	Αντιμετωπίζουν παρενοχλήσεις ή εκφοβισμούς στο χώρο εργασίας	Είναι εκτεθειμένοι σε δύσκολες στάσεις ή κινήσεις	Είναι εκτεθειμένοι σε χειρισμό βαρέων φορτίων	Είναι εκτεθειμένοι σε ισχυρούς θορύβους ή δονήσεις	Είναι εκτεθειμένοι σε χημικά, σκόνη, αναθυμιάσεις, καπνούς ή αέρια	Είναι εκτεθειμένοι σε έντονη οπτική συγκέντρωση	Είναι εκτεθειμένοι σε κίνδυνο ατυχημάτων
Υ Δραστηριότητες ετερόδικων οργανισμών & φορέων	1.421	0,0	0,0	0,0	16,9	9,9	0,0	9,1	16,9	25,9
ΣΥΝΟΛΟ	3.535.005	28,8	3,0	3,3	29,0	19,3	8,3	17,2	16,4	21,8

Μια παραστατική εικόνα για το «τι μπορεί να συμβεί» σε ένα χώρο εργασίας μπορεί να αποδοθεί με τα στατιστικά στοιχεία που ακολουθούν και σχετίζονται με τα εργατικά ατυχήματα κατά είδος τραυματισμού και την κατανομή τους. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί το σύνολο των περιπτώσεων είναι δυνατό να λάβει χώρα εντός του περιβάλλοντος εργασίας σε ένα θεραπευτήριο.

**Πίνακας 2.6:** Εργατικά ατυχήματα, κατά είδος τραυματισμού, 2017 και 2018 [8]

Είδος τραυματισμού	2017				2018				Μεταβολή (%)
	Σύνολο	%	ΕΚ των οποίων θανατηφόρα	%	Σύνολο	%	ΕΚ των οποίων θανατηφόρα	%	2017/2018
<b>Σύνολο</b>	<b>4.954</b>	<b>100,0</b>	<b>47</b>	<b>100,0</b>	<b>5.336</b>	<b>100,0</b>	<b>46</b>	<b>100,0</b>	<b>7,7</b>
Τραύματα και επιφανειακές κακώσεις	1.930	39,0	3	6,4	2.171	40,7	3	6,5	12,5
Κατάγματα	1.910	38,6	9	19,1	2.042	38,3	9	19,6	6,9
Εξαρθρήματα, διαστρέμματα και εξαρθρώσεις	636	12,8	0		690	12,9	0		8,5
Ακρωτηριασμοί (απώλεια μελών του σώματος)	134	2,7	0	0,0	121	2,3	1	2,2	-9,7
Διάσειση και εσωτερική κάκωση	130	2,6	26	55,3	129	2,4	24	52,2	-0,8
Εγκαύματα, ζεματίσματα και κρουπαγήματα	119	2,4	1	2,1	134	2,5	1	2,2	12,6
Δηλητηριάσεις και λοιμώξεις	11	0,2	1	2,1	5	0,1	1	2,2	-54,5
Πνιγμός και ασφυξία	3	0,1	2	4,3	6	0,1	4	8,7	100,0
Αποτελέσματα ήχου, κραδασμών και πίεσης	3	0,1	0		2	0,0	0		-33,3
Αποτελέσματα ακραίων θερμοκρασιών, φωτός και ακτινοβολίας	2	0,0	0		1	0,0	0		-50,0
Καταπληξία (σοκ)	18	0,4	3	6,4	15	0,3	2	4,3	-16,7
Πολλαπλές κακώσεις	0		0		1	0,0	1	2,2	100,0
Άλλες προσδιοριζόμενες κακώσεις που δεν περιλαμβάνονται αλλού	58	1,2	2	4,3	19	0,4	0		-67,2



**Σχήμα 2.3:** Κατανομή εργατικών ατυχημάτων κατά επαφή – τρόπο τραυματισμού, 2018 [8]

## 2.3 Οι ιδιαιτερότητες του εγχώριου νοσοκομειακού τομέα στο πεδίο ΥΑΕ

Σύμφωνα με σχετική μελέτη (INE- ΓΣΕΕ, 2015) [11] το 10%, περίπου των εργαζομένων στην Ευρωπαϊκή Ένωση απασχολούνται στον κλάδο υγειονομικής περίθαλψης και πρόνοιας, με μεγάλο ποσοστό αυτών να απασχολούνται στα θεραπευτήρια. Επίσης, σύμφωνα με στοιχεία του EU-OSHA, το ποσοστό εργατικών ατυχημάτων στον κλάδο υγειονομικής περίθαλψης στην Ελλάδα είναι κατά 34% υψηλότερο από το μέσο όρο της ΕΕ. Επιπλέον, ο κλάδος αυτός παρουσιάζει το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό επίπτωσης μυοσκελετικών παθήσεων (ΜΣΠ) που οφείλονται στην εργασία, μετά τον κλάδο των κατασκευών.

Αν και στην Ελλάδα υφίσταται ένα αναλυτικό και ικανοποιητικό νομοθετικό πλαίσιο ΥΑΕ, υφίσταται σαφές πρόβλημα εφαρμογής λόγω έλλειψης των σχετικών ελεγκτικών μηχανισμών και της σχετικής κουλτούρας ΥΑΕ από την πλευρά του εργοδότη αλλά και των εργαζομένων.

Ενδεικτικά προβλήματα εφαρμογής είναι ότι η επαφή του εργαζόμενου με τον ΙΕ περιορίζεται συνήθως στην αρχή του εργασιακού του βίου στην επιχείρηση με τυπικές εξετάσεις και λήψη ιστορικού, το γεγονός ότι τα καθήκοντα του ΤΑ περιορίζονται σε απλές τυπικές συμβουλές χωρίς ουσιαστικό έλεγχο των εγκαταστάσεων, του εξοπλισμού και των διαδικασιών καθώς και το ότι πολλές φορές η παροχή πιστοποιήσεων ποιότητας γίνεται με ιδιαίτερες ανοχές από τους αρμόδιους φορείς ελέγχου και την καταγραφή σχετικών μη συμμορφώσεων [12].

Βασικό πρόβλημα όσον αφορά στη λήψη μέτρων ΥΑΕ είναι η μεγάλη μείωση της χρηματοδότησης (60% μείωση την τελευταία τετραετία) στο δημόσιο τομέα και της επιδίωξης μεγιστοποίησης του κέρδους στον ιδιωτικό. Τα περισσότερα εργατικά ατυχήματα που δηλώνονται στον κλάδο της υγείας έχουν να κάνουν με τρυπήματα από βελόνες. Όσον αφορά στην αναγγελία των εργατικών ατυχημάτων, η διαδικασία υπολειπεται εξαιτίας συχνής απόκρυψης του ατυχήματος, εσκεμμένα ή λόγω ανύπαρκτης διαδικασίας κοινοποίησης της πληροφορίας, αλλά και λόγω έλλειψης της σχετικής κουλτούρας. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθούν τα βήματα προόδου ως προς τη συγκεκριμένη διαδικασία, ειδικά από θεραπευτήρια του δημόσιου τομέα. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα σωματεία και οι εκπρόσωποι των εργαζομένων για την ενημέρωση τους αλλά και για την επισήμανση σχετικών προβλημάτων ΥΑΕ. Φαινόμενα, όπως η εντατικοποίηση της εργασίας, η υποστελέχωση, οι ευέλικτες μορφές εργασίας, οι αυξανόμενες απαιτήσεις από τους εργαζομένους και οι νέες τεχνολογίες επηρεάζουν τις συνθήκες εργασίας και κατ' επέκταση την ΥΑΕ, με συχνές αρνητικές εκφράσεις της το άγχος, τα μυοσκελετικά προβλήματα, τη χρόνια κόπωση, την ψυχολογική εξουθένωση (burn out), την κατάθλιψη καθώς και τη μετάδοση αιματογενών νοσημάτων [11].

# 3

## Επαγγελματικός Κίνδυνος

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια συνοπτική καταγραφή των βασικών εννοιών που διέπουν την έννοια του επαγγελματικού κινδύνου εντός του πλαισίου υγείας και ασφάλειας στην εργασία, προκειμένου να είναι ευκολότερη η κατανόηση των κεφαλαίων που θα ακολουθήσουν.

### 3.1 Βασικές Έννοιες

#### *Κίνδυνος*

Στην καθομιλουμένη, η έννοια του κινδύνου εκφράζει το «επικείμενο κακό» καθώς επίσης και την «πιθανή δυσάρεστη έκβαση» ενός συμβάντος. Όταν όμως γίνεται αναφορά στον «επαγγελματικό κίνδυνο», εννοείται ο κίνδυνος για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων ο οποίος προέρχεται από την επαγγελματική έκθεση στους βλαπτικούς παράγοντες του εργασιακού περιβάλλοντος.

Ο επαγγελματικός κίνδυνος εκφράζεται συνήθως ως συνώνυμο της επαγγελματικής «έκθεσης», μπορεί όμως να εκφρασθεί και ως συνώνυμο της «βλάβης» που προκλήθηκε από την έκθεση αυτή. Έτσι, στην πρώτη περίπτωση γίνεται αναφορά σε «κίνδυνο από θόρυβο», εστιάζοντας στην έκθεση του εργαζομένου στον αναφερόμενο κίνδυνο, ενώ στη δεύτερη περίπτωση γίνεται αναφορά σε «κίνδυνο βαρηκοΐας» αντίστοιχα, εστιάζοντας στο αποτέλεσμα της επαγγελματικής έκθεσης, δηλαδή στη βλάβη.

Μπορεί λοιπόν να ειπωθεί ότι ο «επαγγελματικός κίνδυνος» σχετίζεται με την πιθανότητα και τη συχνότητα έκθεσης των εργαζομένων σε κάποια πηγή κινδύνου που βρίσκεται στον εργασιακό χώρο (π.χ. θόρυβος, χημικές ουσίες, χειρωνακτική διακίνηση φορτίων, μονότονη ή επαναληπτική εργασία, απροστάτευτα κινούμενα μέρη μηχανών κ.λπ.), καθώς επίσης και με τη σοβαρότητα των συνεπειών, δηλαδή τη βιολογική βλάβη που μπορεί να προκληθεί από την έκθεση αυτή. Η συνθετική προσέγγιση της πιθανότητας και της συχνότητας έκθεσης καθώς και της σοβαρότητας των συνεπειών, εκφράζεται από την έννοια της επικινδυνότητας που προσδιορίζει το βαθμό του επαγγελματικού κινδύνου.

Σύμφωνα με την Παρ. 6 του Α.43 του Ν.3850/2010 η εκτίμηση του επαγγελματικού κινδύνου πρέπει να «...εντοπίζει τη φύση του κινδύνου, το βαθμό σοβαρότητός του, τη διάρκεια έκθεσης των εργαζομένων σ' αυτόν και τη συχνότητα εμφάνισής του. Επίσης κατά την εκτίμηση πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η καταγραφή και ανάλυση των εργατικών ατυχημάτων και επαγγελματικών ασθενειών, που προβλέπεται στα άρθρα 14 και 17» [13].

Ο κίνδυνος ως συνάρτηση της πηγής κινδύνου, της συχνότητας και των συνεπειών ορίζεται μαθηματικά ως εξής:

$$\text{Κίνδυνος} = f(\text{πηγή κινδύνου, πιθανότητα, συνέπειες})$$



### *Πηγή Κινδύνου*

Μια κατάσταση που κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να γίνει επιζήμια.

### *Ασφάλεια*

Η απάλειψη κάθε κινδύνου. Σημειώνεται βέβαια ότι πολύ λίγες ανθρώπινες δραστηριότητες είναι απολύτως ασφαλείς. Η προσέγγιση της έννοιας θα πρέπει να γίνεται με βάση τον άξονα ότι δεν υπάρχει “απόλυτη ασφάλεια”. Αυτή η δήλωση θα πρέπει να αποτελεί και την βασική αρχή της “εκτίμησης κινδύνου”.

Ως ασφάλεια ορίζεται το αντίστροφο του κινδύνου. Δηλαδή

$$\text{Ασφάλεια} = 1 / \text{Κίνδυνος}$$

### *Εκτίμηση κινδύνου*

Η διαδικασία αξιολόγησης των κινδύνων για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων, που απορρέουν από τις πηγές κινδύνου που υπάρχουν στον χώρο εργασίας.

### *Ποιοτική εκτίμηση κινδύνου*

Ορίζεται ως ο ποιοτικός υπολογισμός του κινδύνου. Ουσιαστικά πρόκειται για τον υπολογισμό της πιθανότητας μια συγκεκριμένη πηγή κινδύνου να καταστεί επιζήμια μέσα σε ορισμένο χρονικό ορίζοντα (εκφράζοντας κάθε φορά την πιθανότητα με όρους ρίσκου = επικινδυνότητας).

### *Ατύχημα*

Ένα αιφνίδιο και ανεπιθύμητο συμβάν, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα τραυματισμό ή δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του προσωπικού, ή καταστροφή περιουσίας, εξοπλισμού, υλικών μιας επιχείρησης – οργανισμού, ή διακοπή των προγραμματισμένων δραστηριοτήτων του, ή επιβάρυνση του περιβάλλοντος, ή επιπτώσεις στον κοινωνικό περίγυρο. Ατύχημα σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία είναι και αυτό το οποίο συμβαίνει κατά την μετάβαση από / προς το χώρο εργασίας, αρκεί να υπάρχει χρονική και χωρική συσχέτιση (π.χ. τροχαίο εκτός των εγκαταστάσεων) ή κατά την παροχή εντεταλμένης υπηρεσίας σε άλλο χώρο.

### *Παρολίγο ατύχημα - Συμβάν*

Συμβάν το οποίο θα μπορούσε να εξελιχθεί σε ατύχημα.

### *Εργατικό Ατύχημα*

Ατύχημα με επιπτώσεις στον άνθρωπο.

Συχνά χρησιμοποιούνται και οι επιμέρους ακόλουθοι όροι όσον αφορά στην κατηγοριοποίηση ενός ατυχήματος.

### *Ατύχημα Α΄ Βοηθειών και ιατρικής περίθαλψης*

Διακοπή από την εργασία για λιγότερο από μια ημέρα και παροχή Α΄ Βοηθειών.

### *Ατύχημα Περιορισμού Ικανότητας – Κοινό ατύχημα*

Απουσία από την εργασία μεγαλύτερη από μία και μέχρι και τρεις ημέρες.

### *Σοβαρό Ατύχημα*

Απουσία από την εργασία μεγαλύτερη των τριών ημερών. Σοβαρά ατυχήματα θεωρούνται και τα μαζικά (όπου τραυματίζονται ένα ή περισσότερα άτομα).

### *Θανατηφόρο Ατύχημα*

Οποιοσδήποτε τραυματισμός ή ασθένεια που συμβαίνει λόγω της εργασίας και κατά την εργασία και προκαλεί θάνατο του εργαζόμενου, ανεξαρτήτως του χρόνου που μεσολάβησε μεταξύ του τραυματισμού ή της ασθένειας και του θανάτου.

### *Μη εργατικό ατύχημα*

Ατύχημα με επιπτώσεις στον εξοπλισμό, υλικά, περιβάλλον και κοινωνικό περίγυρο [1].

## 3.2 Μεθοδολογία Ανάλυσης Επικινδυνότητας

### 3.2.1 Ταξινόμηση κινδύνων

Οι κίνδυνοι που πηγάζουν από κάθε επαγγελματική δραστηριότητα για λόγους τακτοποίησης και καταγραφής, ταξινομούνται σε τρεις μεγάλες ομάδες όπως καταγράφονται ακολούθως [14]. Η ταξινόμηση αυτή λήφθηκε υπόψη για τον καθορισμό των μεταβλητών του συστήματος που παρουσιάζεται στη συνέχεια.

#### **1η ομάδα: Κίνδυνοι για την ασφάλεια ή κίνδυνοι εργατικού ατυχήματος**

Περικλείουν την πιθανότητα να προκληθεί τραυματισμός ή βιολογική βλάβη στους εργαζόμενους, ως συνέπεια της έκθεσης στην πηγή κινδύνου. Η φύση της πηγής κινδύνου καθορίζει την αιτία και το είδος του τραυματισμού ή της βιολογικής βλάβης, που μπορεί να είναι μηχανική, ηλεκτρική, χημική, θερμική κ.λπ. Οι κίνδυνοι αυτοί μπορεί να οφείλονται (ενδεικτικά):

- στις κτιριακές δομές (π.χ. μη τήρηση των πολεοδομικών και υγειονομικών κανονισμών, ανεπάρκεια εξόδων κινδύνου, ολισθηρά δάπεδα, ελλιπής συντήρηση κατασκευών, απουσία προστατευτικών έναντι πτώσης κ.λπ.).
- στον εξοπλισμό εργασίας (π.χ. απουσία προστατευτικών διατάξεων, ύπαρξη επικίνδυνων ζωνών στις μηχανές, ελλιπής συντήρηση, χρήση από μη εκπαιδευμένο προσωπικό κ.λπ.)
- στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις (π.χ. μη τήρηση κανονισμού ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, ελλιπής συντήρηση κ.λπ.)
- σε χρήση εύφλεκτων ή/και εκρηκτικών ουσιών (π.χ. μη τήρηση προδιαγραφών ασφαλούς χρήσης και αποθήκευσης των ουσιών, έλλειψη μέτρων ελέγχου πηγών έναυσης, ελλιπής εξαερισμός, ανεπαρκής εξοπλισμός πυρανίχνευσης - συναγερμού - κατάσβεσης, απουσία διατάξεων ασφαλείας του εξοπλισμού υπό πίεση κ.λπ.)
- σε χρήση άλλων επικίνδυνων ουσιών όπως τοξικές, διαβρωτικές κ.λπ. (π.χ. μη τήρηση προδιαγραφών ασφαλούς χρήσης και αποθήκευσης των ουσιών με βάση το δελτίο δεδομένων ασφαλείας προϊόντων)
- σε φυσικούς παράγοντες (π.χ. απόσπαση προσοχής εργαζόμενου λόγω υψηλού θορύβου ή κακού φωτισμού).

Αναλυτικότερα οι κίνδυνοι της ομάδας αυτής έχουν ως εξής:

Κτιριακές δομές. Κίνδυνοι για τους χρήστες από ελλείψεις, μη συμμορφώσεις, κακοτεχνίες ή διάφορα προβλήματα στις κτιριακές δομές, όπως:

- ύψος χώρου εργασίας,
- εμβαδόν χώρου εργασίας,
- όγκος χώρου εργασίας,
- φωτισμός (φυσικός, τεχνητός και κινδύνου),
- δάπεδα (ολισθηρά, ανώμαλα),
- τοίχοι (ελεύθεροι ή με ράφια, μηχανήματα κ.λπ.),
- πατάρια (υποστύλωση),
- ψευδοροφές (προορισμός χρήσης, υποστύλωση, φορτία),
- έξοδοι (σε ικανοποιητικό αριθμό σε σχέση με τα άτομα),
- πόρτες (σε ικανοποιητικό αριθμό σε σχέση με τα άτομα),
- υπόγεια (μέγεθος, ανανέωση αέρα),
- διάδρομοι (εμπόδια, κατάλληλος φωτισμός),
- σήμανση ασφαλείας στους χώρους εργασίας.

Μηχανές. Κίνδυνοι για τους χρήστες από ελλείψεις στην ασφάλεια των μηχανών και των εγκαταστάσεων, όπως:

- προφυλακτήρες στα όργανα εκκίνησης των μηχανών,
- προφυλακτήρες στον μηχανισμό μετάδοσης της κίνησης,
- προφυλακτήρες στην επιφάνεια εργασίας των μηχανών,
- προφυλακτήρες στα όργανα χειρισμού των μηχανών,
- σήμα ασφαλείας CE,
- μέτρα ασφαλείας κατά την χρήση ανυψωτικών μηχανημάτων,
- μέτρα ασφαλείας κατά την χρήση οχημάτων μεταφοράς υλικών,
- μέτρα ασφαλείας κατά την χρήση ανελκυστήρων ατόμων ή φορτίων,
- μέτρα ασφαλείας κατά την χρήση συσκευών υπό πίεση ή κυκλωμάτων,
- μέτρα ασφαλείας κατά την πρόσβαση σε κλιμακοστάσια, φρεάτια, δεξαμενές, σιλό κ.λπ.

Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Κίνδυνοι που προέρχονται από τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, όπως:

- ακαταλληλότητα εγκαταστάσεων,
- ακαταλληλότητα χρήσης,
- ακαταλληλότητα εγκαταστάσεων σε εκρήξιμες ατμόσφαιρες,
- έλλειψη μέτρων ασφαλείας κατά την χρήση των εγκαταστάσεων,
- έλλειψη μέτρων ασφαλείας κατά τις εργασίες συντήρησης των εγκαταστάσεων,
- επικίνδυνες ουσίες από ηλεκτρικά στοιχεία (π.χ. υγρά από γεννήτριες ή μπαταρίες).

Κίνδυνοι από την έλλειψη μέτρων ασφαλείας, κατά τη χρήση και μετακίνηση επικινδύνων ουσιών, όπως:

- διαβρωτικές ουσίες,
- καυστικές ουσίες,
- ερεθιστικές ουσίες,
- οξειδωτικές ουσίες,
- τοξικές ουσίες,
- εκρηκτικές ουσίες.

Πυρκαγιές – εκρήξεις. Κίνδυνοι από πυρκαγιές – εκρήξεις, που προέρχονται από:

- παρουσία και χρήση εύφλεκτων υλικών,
- παρουσία και χρήση ακατάλληλων ερμαρίων (κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, στήριξη, αερισμός κλπ.) για εναπόθεση εύφλεκτων και εκρήξιμων υλικών,
- αποθήκευση εύφλεκτων και εκρήξιμων υλικών σε ακατάλληλους χώρους (κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, αερισμός, θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία κ.λπ.),
- έλλειψη κατάλληλων συστημάτων πυρανίχνευσης και πυρασφάλειας, έλλειψη κατάλληλης σηματοδότησης.

Κίνδυνοι για την ασφάλεια των εργαζομένων που προέρχονται από ελλείψεις στην ενημέρωση, πληροφόρηση και εκπαίδευση από την επιχείρηση.

## 2η ομάδα: Κίνδυνοι για την υγεία

Περικλείουν την πιθανότητα να προκληθεί αλλοίωση στη βιολογική ισορροπία των εργαζομένων (ασθένεια), συνέπεια της επαγγελματικής έκθεσης σε φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς βλαπτικούς παράγοντες του εργασιακού περιβάλλοντος.

Οι κίνδυνοι αυτοί μπορεί να οφείλονται σε:

- χημικούς παράγοντες (π.χ. υπέρβαση Οριακών Τιμών Έκθεσης),
- φυσικούς παράγοντες (π.χ. υπέρβαση Οριακών Τιμών Έκθεσης)
- βιολογικούς παράγοντες (π.χ. παρουσία βιολογικών ρύπων)

Αναλυτικότερα, συμπεριλαμβάνονται χημικοί παράγοντες, όπως :

- σωματιδιακοί ρύποι ή αερολύματα,
- σκόνες / ίνες,
- καπνοί,
- νέφη (ομίχλες),
- αερόμορφοι ρύποι,
- αέρια,
- ατμοί,

φυσικοί παράγοντες, όπως :

- θόρυβος,
- δονήσεις ή κραδασμοί,
- χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες,
- υγρασία,
- ακτινοβολίες,
- φωτισμός,
- αερισμός,

βιολογικοί παράγοντες, όπως :

- βακτηρίδια,
- μύκητες,
- ιοί,
- πρωτόζωα,
- μετάζωα, κ.λπ.

### **3η ομάδα: Κίνδυνοι εργονομικοί ή εγκάρσιοι (για την υγεία και την ασφάλεια)**

Χαρακτηρίζονται από την αλληλεπίδραση της σχέσης εργαζόμενου και οργάνωσης εργασίας στην οποία είναι ενταγμένος. Οι αιτίες αυτών των κινδύνων εντοπίζονται στην ίδια τη δομή της παραγωγικής διαδικασίας, που οδηγεί στην αναγκαστική προσαρμογή του ανθρώπου στις απαιτήσεις της εργασίας. Ο σχεδιασμός των επεμβάσεων για την πρόληψη ή/και την προστασία των εργαζομένων από αυτούς τους κινδύνους πρέπει να στοχεύει σε μία δυναμική ισορροπία μεταξύ του ανθρώπου και του εργασιακού περιβάλλοντος, με βασική συντεταγμένη την προσαρμογή της εργασίας στον άνθρωπο, προσαρμογή που προϋποθέτει τη γνώση των φυσιολογικών αλλά και παθολογικών μηχανισμών του ανθρώπινου οργανισμού. Οι κίνδυνοι αυτοί μπορεί να οφείλονται:

- στην οργάνωση εργασίας (π.χ. εντατικοποίηση, μονοτονία, βάρδιες κ.λπ.),
- σε ψυχολογικούς παράγοντες (π.χ. άτυπες μορφές εργασίας, ηθική παρενόχληση κ.λπ.),
- σε εργονομικούς παράγοντες (π.χ. μη εργονομικός σχεδιασμός της θέσης εργασίας κ.λπ.),
- σε αντίξοες συνθήκες εργασίας (π.χ. εργασίες με ακατάλληλο εξοπλισμό, εργασίες σε αντίξοες κλιματολογικές συνθήκες κ.λπ.).

Αναλυτικότερα οι κίνδυνοι αφορούν:

οργάνωση της εργασίας, όπως:

- φθοροποιός εργασία (ωράριο εργασίας, βάρδιες, νυκτερινή εργασία κ.λπ.),
- εργασιακές σχέσεις (μερική απασχόληση, κατ' αποκοπή αμοιβή, κατ' οίκον εργασία, φυλετικός καταμερισμός της εργασίας κλπ.),
- παρουσία κινδύνων για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων,
- έλλειψη προγραμμάτων επέμβασης για την προστασία και πρόληψη του επαγγελματικού κινδύνου,
- χειρωνακτική διακίνηση φορτίων,
- εργασία σε οθόνες οπτικής απεικόνισης,
- χωροταξική διάταξη των στοιχείων της παραγωγικής διαδικασίας,

ψυχολογικούς παράγοντες, όπως:

- ρυθμοί παραγωγής, διαλείμματα, επαναληπτικότητα, μονοτονία, έλεγχος, ένταση κ.λπ.
- σχέσεις μεταξύ συναδέλφων και μεταξύ εργαζομένων και προϊστάμενων,

- σύγχυση ή σύγκρουση ρόλων,
- παρουσία βλαπτικών παραγόντων όπως θορύβου, κακού φωτισμού και δύσκολων θερμικών συνθηκών,
- ακατάλληλη διάταξη των χώρων και έντονα χρωματικά ερεθίσματα (χρώμα των τοίχων και των αντικειμένων),
- παρουσία κινδύνων και έλλειψη προγραμμάτων επέμβασης για την προστασία και πρόληψη του επαγγελματικού κινδύνου,

εργονομικούς παράγοντες, όπως:

- ακατάλληλος εξοπλισμός εργασίας,
- προβληματική διάταξη της παραγωγικής διαδικασίας,
- έλλειψη ενημέρωσης των εργαζομένων σχετικά με την χρήση των διακινούμενων πληροφοριών (εξερχόμενων, εισερχόμενων),
- ιεραρχική επικοινωνία δια μέσου «κοινοποιήσεων»,
- έλλειψη συλλογικής (ομαδικής) εργασίας,
- σύγχυση στις οδηγίες που αφορούν στην εκτέλεση καθήκοντος,
- ελλείψεις στην ενημέρωση και πληροφόρηση των εργαζομένων, για τις διαδικασίες παραγωγής και τον προγραμματισμό της παραγωγής,
- μη συμμετοχή των εργαζομένων στις αποφάσεις που σχετίζονται άμεσα με την παραγωγική διαδικασία και τον προγραμματισμό της παραγωγής,
- ακατάλληλος σχεδιασμός θέσεων εργασίας,
- υπερβολικές απαιτήσεις της εργασίας (μνήμης, προσοχής κ.λπ.),

αντίξοες συνθήκες εργασίας, όπως:

- εργασίες με ζώα,
- εργασίες σε υποβαρικό ή υπερβαρικό περιβάλλον,
- εργασίες σε αντίξοες κλιματολογικές συνθήκες,
- εργασίες με ακατάλληλο εξοπλισμό,
- ακατάλληλα ατομικά μέσα προστασίας,
- ελλείψεις στην ενημέρωση και πληροφόρηση των εργαζομένων για τους κινδύνους που διατρέχουν κατά την εργασία τους,
- βίαιη επανένταξη στην εργασία μετά από αναρρωτική ή άλλη άδεια,
- ένταξη σε ακατάλληλες εργασίες ατόμων με ειδικές ανάγκες.



### 3.2.2 Στάδια εκτίμησης κινδύνου

Η διαδικασία εκτίμησης του επαγγελματικού κινδύνου ακολουθεί βασικές ενέργειες που οδηγούν στον εντοπισμό των πηγών κινδύνου, την εξακρίβωση, καθώς και τον ποσοτικό και ποιοτικό προσδιορισμό των βλαπτικών παραγόντων του εργασιακού περιβάλλοντος [14], [15].

#### 1. Εντοπισμός των πηγών κινδύνου (πρώτη φάση)

Αυτή η φάση περιλαμβάνει μια επιμελημένη και πλήρη καταγραφή της παραγωγικής διαδικασίας των υπό εξέταση χώρων ή θέσεων εργασίας.

Η καταγραφή αφορά:

- Την παραγωγική διαδικασία και ροή, την περιγραφή της παραγωγικής τεχνολογίας, των μηχανών, των εγκαταστάσεων, των χρησιμοποιούμενων υλών και ουσιών, των διαδικασιών συντήρησης των μηχανών και των εγκαταστάσεων, την επεξεργασία και διάθεση των αποβλήτων καθώς και την εσωτερική και εξωτερική διακίνηση των φορτίων και των προϊόντων.
- Τον προορισμό χρήσης των χώρων εργασίας (π.χ. εργαστήρια, γραφεία, αποθήκες κ.λπ.).
- Τα κτιριακά χαρακτηριστικά του εργασιακού χώρου (αντισεισμική προστασία, επιφάνεια, χωρητικότητα, ανοίγματα κ.λπ.).
- Τα χαρακτηριστικά των εργαζομένων στα υπό εξέταση τμήματα της παραγωγικής διαδικασίας (αριθμός εργαζομένων, φύλο, βάρδιες εργασίας, εργασιακή ηλικία κ.λπ.).
- Τις πληροφορίες που προέρχονται από την ιατρική παρακολούθηση, εάν και εφόσον παρέχεται, καθώς και αυτές που σχετίζονται με τα εργατικά ατυχήματα και τις επαγγελματικές ασθένειες.

Αυτή η καταγραφή της παραγωγικής διαδικασίας και του τεχνολογικού κύκλου παρέχοντας μια ολοκληρωμένη γνώση των παραγωγικών δραστηριοτήτων, επιτρέπει τον εντοπισμό των πηγών κινδύνου για την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων. Για να επιτευχθεί μια ουσιαστική και όχι τυπική καταγραφή των παραγωγικών διαδικασιών είναι απαραίτητη η άντληση πληροφοριών από τους εργαζόμενους σχετικά με τις πραγματικές συνθήκες που επικρατούν στον εργασιακό χώρο.

## **2. Εξακρίβωση των κινδύνων έκθεσης (δεύτερη φάση)**

Η εξακρίβωση των κινδύνων έκθεσης αποτελεί εκείνη τη διαδικασία η οποία επιτρέπει να προσδιοριστούν ποιοτικά οι βλαπτικοί παράγοντες στους οποίους εκτίθενται οι εργαζόμενοι. Ως εκ τούτου εξετάζεται και καταγράφεται:

- Ο τρόπος λειτουργίας (π.χ. χειροκίνητη, αυτοματοποιημένη, μηχανική, μικτή κ.λπ.), καθώς και η μορφή της παραγωγικής δραστηριότητας.
- Η οργάνωση της παραγωγικής δραστηριότητας στο υπό εξέταση εργασιακό περιβάλλον (π.χ. χρόνος παραμονής στον εργασιακό χώρο, ταυτόχρονη ύπαρξη άλλων δραστηριοτήτων κ.λπ.).
- Η λήψη ή μη μέτρων προστασίας και πρόληψης για την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων.
- Η άποψη των εργαζομένων για τις συνθήκες που επικρατούν στον εργασιακό χώρο στον οποίο εργάζονται καθώς και οι αναφορές τους για τις επιπτώσεις των βλαπτικών παραγόντων στην κατάσταση της υγείας τους (μέσω της εργατικής υποκειμενικότητας).

Στην υλοποίηση της συγκεκριμένης κατεύθυνσης ο ρόλος της Επιτροπής Υγείας και Ασφάλειας των Εργαζομένων (ΕΥΑΕ) ή των εκπροσώπων των εργαζομένων σε θέματα ΥΑΕ είναι ιδιαίτερα σημαντικός.

## **3. Εκτίμηση των κινδύνων έκθεσης (τρίτη φάση)**

Η εκτίμηση των κινδύνων έκθεσης που καταγράφηκαν και εξακριβώθηκαν στις δύο προηγούμενες φάσεις ανάλυσης του εργασιακού περιβάλλοντος (φάση 1η και φάση 2η), υλοποιείται δια μέσου:

- του ελέγχου της εφαρμογής των κανόνων ασφάλειας (π.χ. των μηχανών),
- του ελέγχου των «αποδεκτών» για την υγεία και ασφάλεια συνθηκών εργασίας (σχετικά με τη φύση των κινδύνων, τη χρονική διάρκεια, τον τρόπο υλοποίησης και τη μορφή των παραγωγικών δραστηριοτήτων), αναφορικά με την κείμενη νομοθεσία,
- του ποσοτικού προσδιορισμού των βλαπτικών παραγόντων του εργασιακού περιβάλλοντος και των επιπτώσεών του στην υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων, με τη διεξαγωγή τόσο στοχευμένων μετρήσεων όσο και στοχευμένων ιατρικών εξετάσεων. Ο ποσοτικός προσδιορισμός αποτελεί ένα ιδιαίτερα κρίσιμο στάδιο κάθε διαδικασίας εκτίμησης του επαγγελματικού κινδύνου.

#### **4.Λήψη Μέτρων**

Στο στάδιο αυτό πρέπει να εξετάζεται και να αποφασίζεται ποια μέτρα πρέπει να ληφθούν για την εξάλειψη ή την πρόληψη ή την μείωση των κινδύνων, με στόχο πάντα να εξασφαλίζεται στους εργαζόμενους η προστασία που απαιτείται τουλάχιστον από την νομοθεσία για την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων. Για την εξέταση και την απόφαση για το ποια μέτρα θα ληφθούν, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω θεμελιώδεις γενικές αρχές για την πρόληψη των κινδύνων κατά σειρά προτεραιότητας:

- Να αποφεύγονται οι κίνδυνοι.
- Να αντικαθίσταται το επικίνδυνο από το μη επικίνδυνο ή το λιγότερο επικίνδυνο.
- Να καταπολεμούνται οι κίνδυνοι στην πηγή τους.
- Πρώτα να λαμβάνονται μέτρα ομαδικής προστασίας και μετά μέτρα ατομικής προστασίας.
- Να προσαρμόζεται η εργασία στον άνθρωπο.
- Να επιδιώκεται η συνεχής βελτίωση του επιπέδου προστασίας.

Επισημαίνεται ότι όταν πρόκειται να ληφθούν μέτρα πρόληψης, αυτά θα πρέπει να βελτιώνουν το επίπεδο προστασίας που εξασφαλίζεται στους εργαζόμενους όσον αφορά στην ασφάλεια και υγεία. Είναι αναγκαίο να ιεραρχούνται οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν για την εξάλειψη ή την πρόληψη των κινδύνων. Η ιεράρχηση αυτή πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη σοβαρότητα του κινδύνου, τις πιθανές συνέπειες ενός ατυχήματος, τον αριθμό των ατόμων που πλήττονται και τον αναγκαίο χρόνο για την λήψη μέτρων πρόληψης.

Ορισμένα προβλήματα δεν μπορούν να λυθούν άμεσα. Είναι πιθανόν ένα πρόγραμμα ιεράρχησης να πρέπει να συμπεριλάβει μέτρα που μπορούν να ληφθούν βραχυπρόθεσμα ως μέρος ενός σταδιακού προγράμματος για την εξάλειψη ή τη μείωση των κινδύνων μακροπρόθεσμα. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι, εφόσον είναι δυνατόν, αποφάσεις τέτοιου είδους να λαμβάνονται κατά τη φάση σχεδιασμού ή απόκτησης νέων διεργασιών, εγκαταστάσεων, προϊόντων και διαδικασιών. Ασφαλώς έχει πάντοτε μεγάλη σημασία οι προφυλάξεις να εφαρμόζονται και να διατηρούνται σωστά με επιθεωρήσεις, ελέγχους ή άλλες διοικητικές διαδικασίες.

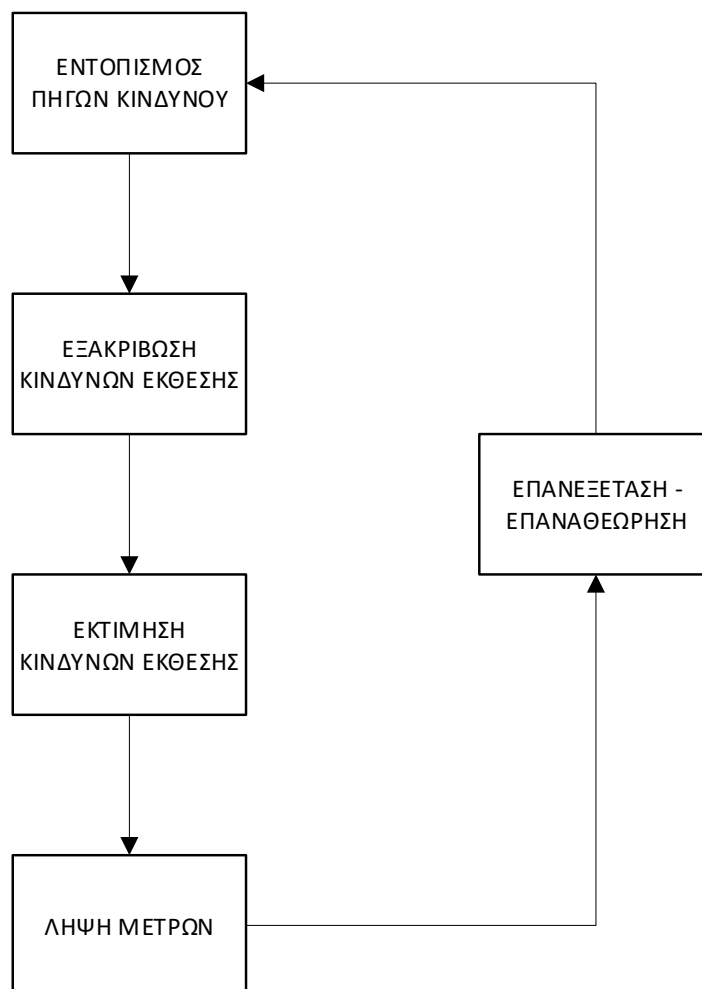
#### **5. Επανεξέταση και επαναθεώρηση**

Η εκτίμηση κινδύνου είναι στην ουσία μία αέναη δραστηριότητα και πρέπει συνεχώς να επανεξετάζεται και αναθεωρείται, ακολουθώντας τις μεταβολές στον εργασιακό χώρο

και τις εξελίξεις. Στους λόγους που συντελούν στην αναγκαιότητα αυτή συμπεριλαμβάνονται:

- Τα μέτρα προφύλαξης που εισάγονται για την μείωση των κινδύνων μπορεί να επηρεάζουν την διαδικασία εργασίας.
- Η εκτίμηση με την πάροδο του χρόνου μπορεί να μην ισχύει επειδή τα στοιχεία ή οι πληροφορίες στις οποίες στηρίχθηκε δεν είναι πλέον έγκυρα.
- Με την πάροδο του χρόνου μπορεί τα μέτρα πρόληψης και προστασίας που είναι σε ισχύ να κρίνονται πλέον ακατάλληλα και ανεπαρκή.
- Η διερεύνηση ατυχημάτων και παρ' ολίγον ατυχημάτων μπορεί να αποκαλύψει την ανάγκη αλλαγών έτσι ώστε να προληφθούν παρόμοια ατυχήματα.

Η συνολική διαδικασία παρουσιάζεται στο διάγραμμα που ακολουθεί



**Σχήμα 3.1:** Διαδικασία υλοποίησης και επικαιροποίησης εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου [1]

### 3.2.3 Υπολογισμός της επικινδυνότητας

Για την εκτίμηση της επικινδυνότητας παρατίθεται η προσέγγιση, που συνίσταται στην αναλυτική εκτίμηση καθενός από τους παράγοντες που διαμορφώνουν την επικινδυνότητα. Η μέθοδος αυτή είναι η πλέον ενδεικνυόμενη για την γενική εκτίμηση των επαγγελματικών κινδύνων και είναι σύμφωνη με το «Υπόμνημα για την εκτίμηση των επαγγελματικών κινδύνων» της Γενικής Διεύθυνσης DG V της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Directorate-General for Employment in Labor Relations and Social Affairs - DG V) [16]. Επίσης, έχει προταθεί από σχετική ημερίδα του Τεχνικού Επαγγελματικού Επιμελητηρίου (ΤΕΕ) (Νοέμβριος 2001: Ασφάλεια και Υγεία στην Εργασία – Η πρόληψη του Εργασιακού Κινδύνου στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Εβδομάδας «Επιτυχία σημαίνει κανένα ατύχημα») [17].

Ως βάση για την εκτίμηση της επικινδυνότητας χρησιμοποιούνται οι αναλυτικοί πίνακες που είναι το αποτέλεσμα της φάσης εντοπισμού των κινδύνων. Οι πίνακες αυτοί συμπληρώνονται με τις ακόλουθες 3 στήλες για τον καθένα από τους εξής παράγοντες:

- Σοβαρότητα των συνεπειών του πιθανού κινδύνου / προβλήματος (σχετική αριθμητική έκφραση).
- Συχνότητα έκθεσης στην επικίνδυνη κατάσταση ή εμφάνισης της επικίνδυνης ενέργειας (σχετική αριθμητική έκφραση)
- Πιθανότητα εμφάνισης της επικίνδυνης ενέργειας ή κατάστασης (εκτίμηση που στηρίζεται στην ανάλυση ασθενειών και ατυχημάτων της επιχείρησης, καθώς και στην εμπειρία).

Τελευταία είναι η στήλη της επικινδυνότητας, η τιμή της οποίας προκύπτει από τη συνεκτίμηση των τριών παραγόντων Σοβαρότητα – Έκθεση – Πιθανότητα.

Η κλίμακα εκτίμησης της επικινδυνότητας καθώς και οι διαβαθμίσεις που προτείνονται εξαρτώνται από την «ευαισθησία» με την οποία επιλέγεται να καταγραφεί η επικινδυνότητα.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η κλίμακα που χρησιμοποιείται και η οποία έχει τέσσερις κατηγορίες διαβάθμισης των συνεκτιμώμενων παραγόντων.

**Πίνακας 3.1:** Κλίμακα εκτίμησης της επικινδυνότητας (4 κατηγορίες / παράγοντα)

<b>ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ =</b>	<b>ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ</b>	<b>X</b>	<b>ΕΚΘΕΣΗ</b>	<b>X</b>	<b>ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ</b>
1. Αμελητέα	1. Αμελητέα		1. Μηδενική		1. Μηδενική
2. Χαμηλή	2. Μέτρια		2. Περιορισμένη		2. Χαμηλή
3. Μέτρια	3. Κρίσιμη		3. Συχνή		3. Μέτρια
4. Υψηλή	4. Καταστροφική		4. Διαρκής		4. Υψηλή
5. Κρίσιμη					

**Πίνακας 3.2:** Διαβαθμίσεις της ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ των συνεπειών

<b>Σοβαρότητα</b>	<b>Συνέπειες</b>
1 Αμελητέα	Μικροτραυματισμός χωρίς απουσία από την εργασία
2 Μέτρια	Τραυματισμός ή ασθένεια, με απουσία από την εργασία
3 Κρίσιμη	Σοβαρός τραυματισμός ή σοβαρή ασθένεια με πιθανότητα μόνιμης βλάβης
4 Καταστροφική	Θάνατος ή πολλαπλοί θάνατοι

Σημείωση: Η μέτρια σοβαρότητα αναφέρεται σε τραυματισμούς ή ασθένειες που συνεπάγονται έως τρεις μέρες απουσία από την εργασία.

**Πίνακας 3.3:** Διαβαθμίσεις της ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ στην επικίνδυνη κατάσταση

Διαβάθμιση	Συχνότητα Έκθεσης
1 Μηδενική	Ο εργαζόμενος εκτίθεται στην επικίνδυνη κατάσταση μία φορά το χρόνο ή σπανιότερα
2 Περιορισμένη	Ο εργαζόμενος εκτίθεται στην επικίνδυνη κατάσταση έως και μία φορά την εβδομάδα
3 Συχνή	Ο εργαζόμενος εκτίθεται στην επικίνδυνη κατάσταση καθημερινά
4 Διαρκής	Ο εργαζόμενος εκτίθεται στην επικίνδυνη κατάσταση σε όλη τη διάρκεια της απασχόλησής του

**Πίνακας 3.4:** Διαβαθμίσεις της ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ εκδήλωσης του συμβάντος

Διαβάθμιση	Πιθανότητα Εκδήλωσης
1 Μηδενική	Μάλλον απίθανο να συμβεί
2 Χαμηλή	Δυνατόν να συμβεί
3 Μέτρια	Πιθανόν να συμβεί
4 Υψηλή	Επίκειται να συμβεί

Για την εκτίμηση της επικινδυνότητας χρησιμοποιούνται για κάθε συνεκτιμώμενο παράγοντα σχετικές αριθμητικές κλίμακες διαβάθμισης όπως παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 3.5:** Συντελεστές βαρύτητας ανά παράγοντα επικινδυνότητας

Σοβαρότητα	Έκθεση	Πιθανότητα
Αμελητέα	1	Μηδενική
Μέτρια	4	Χαμηλή
Κρίσιμη	8	Μέτρια
Καταστροφική	16	Υψηλή

Η τιμή της επικινδυνότητας (Risk - R) υπολογίζεται ως το γινόμενο των συντελεστών βαρύτητας του παραπάνω πίνακα. Η αριθμητική έκφραση των παραγόντων της επικινδυνότητας και η υπολογιζόμενη τιμή της (R) αποτελούν εργαλείο της ανάλυσης για την εκτίμηση των κινδύνων με ομοιογενή τρόπο. Για αυτό το λόγο οι τιμές της επικινδυνότητας (R) δεν πρέπει να ερμηνευθούν ως απόλυτοι αριθμοί, αλλά μόνο σε συνδυασμό με τον πίνακα που ακολουθεί και ο οποίος περιγράφει την ποιοτική κλιμάκωση της επικινδυνότητας από 1 έως 5. Κάθε μία από τις 5 αυτές βαθμίδες επικινδυνότητας συνοδεύεται από τις ληπτές ενέργειες οι οποίες επίσης διαβαθμίζονται αντίστοιχα.



**Πίνακας 3.6:** Κλίμακα της επικινδυνότητας

Τιμή της επικινδυνότητας <b>R</b>	Περιγραφή επικινδυνότητας	Ενέργειες
<b>R&lt;16</b>	Αμελητέα: Η επικινδυνότητα είναι ασήμαντη και δεν ενδέχεται να αυξηθεί στο εγγύς μέλλον χωρίς αλλαγή των συνθηκών εργασίας.	Δεν κρίνεται απαραίτητη η λήψη μέτρων.
<b>16&lt;R&lt;32</b>	Χαμηλή: Η επικινδυνότητα είναι ελεγχόμενη, χωρίς να αποκλείεται η εκδήλωση του ανεπιθύμητου συμβάντος.	Απαιτείται παρακολούθηση και ενέργειες για τη μείωση του κινδύνου. Η άμεση λήψη μέτρων δεν κρίνεται απαραίτητη.
<b>32&lt;R&lt;64</b>	Μέτρια: Η επικινδυνότητα δεν ελέγχεται αποτελεσματικά ή δεν αποκλείεται η εκδήλωση σοβαρού ανεπιθύμητου συμβάντος.	Απαιτείται ο προγραμματισμός λήψης μέτρων μείωσης του κινδύνου.
<b>64&lt;R&lt;128</b>	Υψηλή: Η επικινδυνότητα δεν ελέγχεται αποτελεσματικά και υπάρχει πιθανότητα εκδήλωσης σοβαρού ανεπιθύμητου συμβάντος.	Απαιτείται ο προγραμματισμός ενεργειών για την εξάλειψη του κινδύνου και η άμεση λήψη μέτρων για τον περιορισμό του κινδύνου.
<b>R&gt;128</b>	Κρίσιμη: Υπάρχει πιθανότητα απώλειας ζωής ή επίκειται άμεσα η εκδήλωση σοβαρού ανεπιθύμητου συμβάντος.	Άμεση προτεραιότητα σε ενέργειες εξάλειψης του κινδύνου.

# 4

## Μέθοδοι Μηχανικής Μάθησης για την Υποστήριξη του Συστήματος

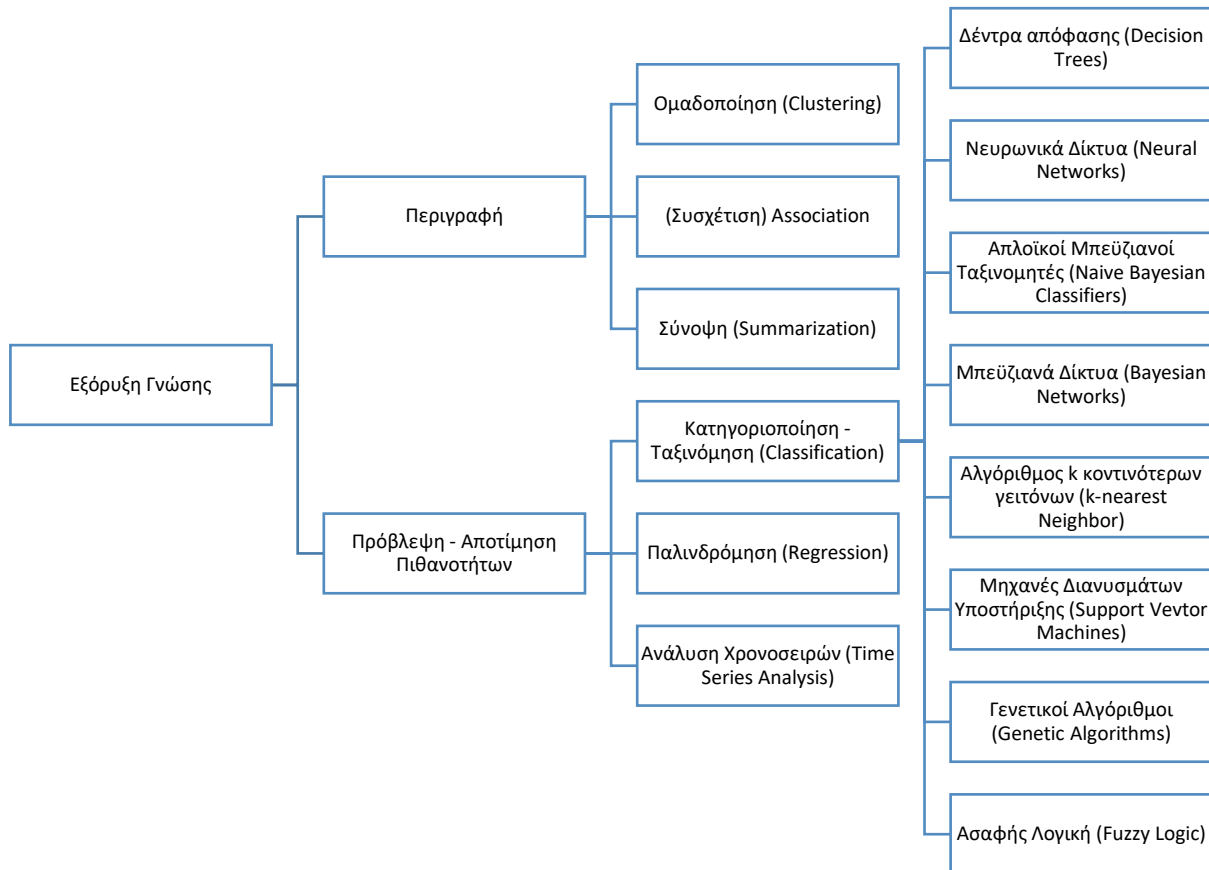
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του προτεινόμενου συστήματος.

*“Today, we are drowning in data and starved for information” (Naisbitt, 1982) [18]*

## 4.1 Εξόρυξη γνώσης

Αποτελεί κοινή διαπίστωση το γεγονός ότι υφίσταται πλήθος δεδομένων σε όλο το φάσμα δραστηριοτήτων, με τη χρησιμότητά τους όμως να αποκτά υπόσταση μόνο αν τα δεδομένα αυτά αναλυθούν, οδηγώντας έτσι στην απόκτηση της σχετικής κάθε φορά γνώσης. Ζητούμενο λοιπόν αποτελεί η ανακάλυψη γνώσης από δεδομένα (Knowledge Discovery in Data – KDD), μια διαδικασία η οποία μπορεί να οριστεί ως μια «μη τετριμμένη διαδικασία για την εξαγωγή έγκυρων, πρωτότυπων, πιθανώς χρήσιμων και οπωσδήποτε κατανοητών προτύπων - μοτίβων (patterns) μέσα στα δεδομένα» [19]. Η διαδικασία εξόρυξης γνώσης (Data Mining) αποτελεί μέρος της ευρύτερης διαδικασίας KDD και αφορά τη χρήση αλγορίθμων και τεχνικών για την εξαγωγή προτύπων - μοτίβων.

Προκειμένου να γίνει περισσότερο κατανοητή η θέση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του προτεινόμενου συστήματος, εντός της ευρύτερης διαδικασίας εξόρυξης γνώσης και για να ανιχνευθούν τυχόν εναλλακτικές - επεκτάσεις του, στο ακόλουθο διάγραμμα αποδίδεται συνοπτικά το ευρύτερο πλαίσιο τεχνικών εξόρυξης γνώσης, με ενδεικτική και όχι εξαντλητική ανάλυση της διαδικασίας κατηγοριοποίησης, η οποία αποτελεί και το πεδίο ενδιαφέροντος της παρούσας εργασίας. Ασφαλώς, η εφαρμογή τους μπορεί να είναι όχι μόνο μεμονωμένη αλλά και συνδυαστική.



**Σχήμα 4.1:** Συνοπτική παρουσίαση τεχνικών εξόρυξης γνώσης

Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιείται η διαδικασία της ταξινόμησης η οποία μπορεί να οριστεί ως «η προσπάθεια πρόβλεψης της κατηγορίας σε ήδη κατηγοριοποιημένα δεδομένα μέσω της δόμησης μοντέλου, βασισμένου σε κάποιες μεταβλητές πρόβλεψης» [20].

## 4.2 Θεωρία Bayes

Η συλλογιστική της συγκεκριμένης θεωρίας βασίζεται στην υπόθεση πως οι ποσότητες που μελετώνται κάθε φορά ακολουθούν πιθανοτικές κατανομές. Η βέλτιστη απόφαση που αφορά το εκάστοτε πρόβλημα μπορεί να προκύψει από αυτές τις κατανομές σε συνδυασμό με την προ υπάρχουσα γνώση και τα παρατηρούμενα δεδομένα. Ένα συχνό πρόβλημα προς επίλυση στη μηχανική μάθηση είναι η εύρεση της καλύτερης υπόθεσης σε ένα χώρο  $H$  με βάση τα γνωστά δεδομένα  $D$ , με τον όρο «καλύτερη» να αποδίδεται ουσιαστικά με τον όρο «πιθανότερη».

Για μια υπόθεση λοιπόν  $h$  το θεώρημα Bayes παρέχει έναν άμεσο τρόπο υπολογισμού της πιθανότητάς της, σύμφωνα με τη σχέση

$$P(h|D) = \frac{P(D|h) P(h)}{P(D)} \quad (4.1)$$

όπου:

$P(h|D)$  είναι η πιθανότητα να ισχύει η υπόθεση  $h$  με βάση τα γνωστά (όπως προέρχονται από την παρατήρηση) δεδομένα  $D$  και καλείται εκ των υστέρων πιθανότητα (posterior probability) της  $h$ .

$P(D|h)$  είναι η πιθανότητα να παρατηρηθούν τα δεδομένα  $D$  σε κάποιο χώρο που η υπόθεση  $h$  ισχύει και λέγεται πιθανοφάνεια (likelihood) των δεδομένων  $D$ , γνωρίζοντας την υπόθεση  $h$  και το ότι αυτή ισχύει.

$P(h)$  είναι η πιθανότητα να ισχύει η υπόθεση  $h$  πριν την παρατήρηση των δεδομένων και λέγεται εκ των προτέρων πιθανότητα (prior probability) της  $h$ .

$P(D)$  είναι η πιθανότητα να παρατηρηθούν τα δεδομένα  $D$  ανεξαρτήτως της υπόθεσης που ισχύει και λέγεται εκ των προτέρων πιθανότητα των δεδομένων  $D$ .

Για την εύρεση λοιπόν της πιθανότερης υπόθεσης σε ένα χώρο υποθέσεων  $H$  με βάση τα γνωστά δεδομένα  $D$ , λαμβάνονται υπόψη τα δεδομένα εκπαίδευσης. Στην περίπτωση αυτή η υπόθεση  $h$  λέγεται μέγιστη εκ των υστέρων (maximum a posteriori - MAP) υπόθεση, με την προαναφερόμενη θεωρία να εφαρμόζεται για κάθε υπόθεση του χώρου  $H$  και να επιλέγεται η μέγιστη.

$$\begin{aligned} h_{MAP} &= \operatorname{argmax}_{h \in H} P(h|D) = \operatorname{argmax} \frac{P(D|h) P(h)}{P(D)} \\ &= \operatorname{argmax}_{h \in H} P(D|h) P(h) \end{aligned} \quad (4.2)$$

(με την πιθανότητα  $P(D)$  να παραλείπεται αφού είναι σταθερή (ανεξάρτητη) για όλες τις εξεταζόμενες υποθέσεις).

Σε περιπτώσεις έλλειψης εκ των προτέρων γνώσης για τις υποθέσεις  $h$  και θεωρώντας πως είναι ισοπίθανες (με τον όρο  $P(h)$  να είναι επομένως σταθερός και να μπορεί να απαλειφεί από την παραπάνω σχέση), η παραπάνω σχέση δίνει την υπόθεση μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood — ML) και διαμορφώνεται ως εξής

$$h_{MAP} = \operatorname{argmax}_{h \in H} P(D|h) \quad (4.3)$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω αναζητείται η πιθανότερη υπόθεση σε ένα χώρο υποθέσεων  $H$  με βάση τα γνωστά δεδομένα  $D$ . Πρακτικά, αυτή η αναζήτηση επεκτείνεται στην περίπτωση της πιθανότερης τιμής μιας συνάρτησης-στόχου ενός νέου στιγμιότυπου με γνωστά δεδομένα (η οποία μπορεί να είναι και η ίδια η MAP). Η ταξινόμηση των διάφορων στιγμιότυπων γίνεται μέσω του βέλτιστου ταξινομητή Bayes (Bayes optimal classifier). Μέσω της συγκεκριμένης προσέγγισης, η πιθανότερη τιμή μιας συνάρτησης-στόχου ενός νέου στιγμιότυπου με γνωστά δεδομένα προκύπτει αν οι προβλέψεις όλων των υποθέσεων σταθμιστούν με την εκ των υστέρων πιθανότητά τους.

Αν υποτεθεί πως το σύνολο τιμών της συνάρτησης – στόχου είναι το πεπερασμένο σύνολο  $V$ , τότε η πιθανότητα  $P(V_j|x, D)$  εκφράζει την πιθανότητα η  $V_j$  να είναι η σωστή τιμή για το στιγμιότυπο  $x$  και δίνεται από τη σχέση:

$$P(V_j|x, D) = \sum_{h \in H} P_h(V_j|x)P(h|D) \quad (4.4)$$

όπου  $P_h(V_j|x)$  είναι η πιθανότητα το στιγμιότυπο  $x$  να έχει την τιμή  $V_j$  σύμφωνα με την υπόθεση  $h$ . Η βέλτιστη τιμή (δηλαδή η πιθανότερη τιμή της συνάρτησης-στόχου ενός νέου στιγμιότυπου με γνωστά δεδομένα  $D$ ) είναι εκείνη που μεγιστοποιεί την  $P_h(V_j|x)$ .

$$V_{opt} = \operatorname{argmax}_{v_j \in V} \sum_{h \in H} P_h(V_j|x)P(h|D) \quad (4.5)$$

#### 4.2.1 Naïve Bayes

Η εφαρμογή του προαναφερόμενου βέλτιστου ταξινομητή Bayes «μειονεκτεί» ως προς την εφαρμογή του για μεγάλους πεπερασμένους χώρους αλλά και την απαίτηση γνώσης ή εκτίμησης πολλών διαφορετικών πιθανοτήτων, όπως της πιθανοφάνειας  $P(D|h)$  των δεδομένων  $D$  και της εκ των προτέρων πιθανότητας  $P(h)$  για κάθε υπόθεση  $h$ . Για την αντιμετώπιση αυτών των μειονεκτημάτων χρησιμοποιείται ο απλοϊκός ταξινομητής Bayes (Naive Bayes classifier - NB), με το πλαίσιο εφαρμογής του να αφορά προβλήματα μάθησης

όπου τα χαρακτηριστικά παίρνουν διακριτές τιμές και η συνάρτηση-στόχος παίρνει τιμές σε ένα πεπερασμένο σύνολο  $V$ . Η προβλεπόμενη τιμή ενός νέου στιγμιοτύπου αναπαρίσταται από το διάνυσμα  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ .

Η ταξινόμηση αυτού του νέου στιγμιοτύπου γίνεται με την ανάθεση της πιθανότερης τιμής  $V_{opt}$  λαμβάνοντας υπόψη την τιμή του στιγμιοτύπου, με την ανάθεση αυτή να εκφράζεται από τη σχέση

$$V_{opt} = \operatorname{argmax}_{v_j \in V} P(v_j | \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) \quad (4.6)$$

η οποία μέσω της εφαρμογής του θεωρήματος Bayes γράφεται ως εξής:

$$\begin{aligned} V_{opt} &= \operatorname{argmax}_{v_j \in V} \frac{P(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n | v_j)}{P(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)} \\ &= \operatorname{argmax}_{v_j \in V} P(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n | v_j) P(v_j) \end{aligned} \quad (4.7)$$

Για την εφαρμογή του ταξινομητή επομένως, θα πρέπει μέσω της εκπαίδευσης να εκτιμηθούν οι πιθανότητες αυτής της σχέσης. Οι πιθανότητες  $P(v_j)$  προκύπτουν από τη συχνότητα εμφάνισης κάθε τιμής  $v_j$  στα δεδομένα. Για τις πιθανότητες  $P(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n | v_j)$  γίνεται η υπόθεση ότι οι τιμές των χαρακτηριστικών είναι ανεξάρτητες με δεδομένη την τιμή του στιγμιοτύπου, με αποτέλεσμα η πιθανότητα της κοινής εμφάνισής τους να προκύπτει από το γινόμενο των επιμέρους πιθανοτήτων εμφάνισης για το καθένα, δηλαδή:

$$P(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n | v_j) = \prod_{i=1}^n P(\alpha_i | v_j) \quad (4.8)$$

με αποτέλεσμα η σχέση για τον υπολογισμό της πιθανότερης τιμής  $V_{opt}$  να διαμορφώνεται ως εξής:

$$V_{NB} = \operatorname{argmax}_{v_j \in V} P(v_j) \prod_{i=1}^n P(\alpha_i | v_j) \quad (4.9)$$

η οποία αποτελεί και τη σχέση με την οποία ο NB προβαίνει στην ταξινόμηση κάθε νέου στιγμιοτύπου. Η εκτίμηση των πιθανοτήτων  $P(v_j)$  και  $P(\alpha_j | v_j)$  γίνεται κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης του ταξινομητή.

Στα πλεονεκτήματα του NB συμπεριλαμβάνονται η απλότητά του (άρα και η ευκολότερη κατανόησή του), καθώς και η ακρίβειά του ακόμα και σε εφαρμογές όπου δεν υφίσταται η ανεξαρτησία των χαρακτηριστικών.

#### 4.2.2 Δίκτυα Bayes

Ο συγκεκριμένος όρος (Bayesian Networks - BNs) αποδίδεται εναλλακτικά με τον όρο δίκτυα πεποίθησης (belief networks) καθώς και με τον όρο πιθανοτικά μοντέλα κατευθυνόμενων ακυκλικών γράφων (ΚΑΓ) (directed acyclic graphs (DAGs)) [21], με την έννοια της πεποίθησης να αναφέρεται στην πιθανότητα του να είναι μια μεταβλητή σε μία συγκεκριμένη κατάσταση [22].

Ένα δίκτυο Bayes (ΔΒ) περιλαμβάνει κόμβους οι οποίοι αναπαριστούν τυχαίες μεταβλητές και κατευθυνόμενους συνδέσμους, οι οποίοι με τη σειρά τους αναπαριστούν εξαρτήσεις μεταξύ των μεταβλητών (γνωστοί και ως πλευρές – edges) [23].

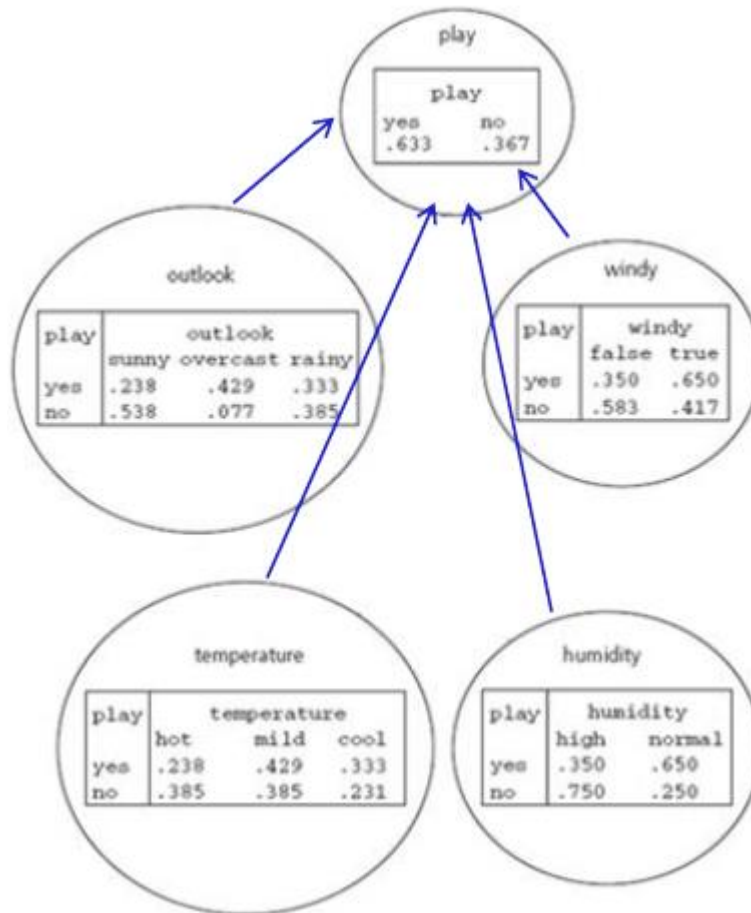
Σε κάθε κόμβο αντιστοιχεί και ένας πίνακας υπό συνθήκη πιθανοτήτων (conditional probability table). Η υπό συνθήκη πιθανότητα καθορίζεται μαθηματικά με τη σχέση  $P(x|p_1, p_2, \dots, p_n)$ , και εκφράζει την πιθανότητα του να βρίσκεται η μεταβλητή  $X$  σε μια κατάσταση  $x$  εάν ο «πατέρας»  $P_1$  βρίσκεται στην κατάσταση  $p_1$ , ο «πατέρας»  $P_2$  στην κατάσταση  $p_2, \dots$ , και ο «πατέρας»  $P_n$  στην κατάσταση  $p_n$ . Σημειώνεται ότι ακόμα και οι κόμβοι που δεν έχουν «πατέρα» έχουν πίνακα υπό συνθήκη πιθανοτήτων για κάθε κατάσταση του κόμβου [22].

Μια παραδοχή των ΔΒ είναι η ανεξαρτησία μεταβλητών που δε συσχετίζονται άμεσα με τη σχέση «γονιός-παιδί». Η παραδοχή αυτή είναι σημαντική γιατί συνεπάγεται τον απλούστερο υπολογισμό της από κοινού συνάρτησης κατανομής πιθανότητας (joint probability distribution function). Ένα ΔΒ χρησιμοποιεί δύο συλλογιστικές συμπερασμού, το συμπερασμό πρόβλεψης (prediction) με τη συλλογιστική από πάνω προς τα κάτω (top-down reasoning), χρησιμοποιώντας τη γνώση που προέρχεται από τους «γονείς» και των κόμβων που συνδέονται με αυτούς, και το συμπερασμό διάγνωσης (diagnosis) με τη συλλογιστική από κάτω προς τα πάνω (bottom-up reasoning) χρησιμοποιώντας τη γνώση των κόμβων «παιδιών» και των κόμβων που συνδέονται με αυτούς [23].

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ενδεικτικά ένα απλό ΔΒ για την προσέγγιση προβλήματος πιθανότητα διεξαγωγής ενός παιχνιδιού (play) ανάλογα με τις καιρικές



συνθήκες (όπως εκφράζονται από τα χαρακτηριστικά outlook, windy, temperature, humidity). Σε κάθε πίνακα για το αντίστοιχο χαρακτηριστικό παρουσιάζεται η κατανομή πιθανότητας που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη των πιθανοτήτων της class για κάθε δοσμένο instance, με το άθροισμα των πιθανοτήτων σε κάθε γραμμή να είναι πάντα 1.



**Σχήμα 4.2:** Δομή ενδεικτικού ΔΒ για την προσέγγιση προβλήματος πιθανότητα διεξαγωγής ενός παιχνιδιού (play) ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες [22]

### 4.3 Ταξινόμηση κοντινότερου γείτονα

Στη συγκεκριμένη στατιστική προσέγγιση (αλγόριθμος nearest neighbor) κάθε δείγμα (αντικείμενο) περιγράφεται από ένα διάνυσμα n-χαρακτηριστικών και θεωρείται ότι αποτελεί σημείο ενός n-διάστατου χώρου. Το κάθε δείγμα προς ταξινόμηση αντιστοιχίζεται σε μία από τις κατηγορίες του προβλήματος με βάση τη στατιστική ανάλυση των χαρακτηριστικών του ως προς τα χαρακτηριστικά γνωστών δειγμάτων.

Η Ταξινόμηση Κοντινότερου Γείτονα είναι μια στατιστική μέθοδος επιβλεπόμενης ταξινόμησης, δηλαδή είναι γνωστές οι κατηγορίες του προβλήματος και ένας αριθμός δειγμάτων που ανήκουν σε αυτές. Ο αλγόριθμος της μεθόδου ταξινομεί ένα νέο άγνωστο δείγμα σε εκείνη την κατηγορία από την οποία απέχει λιγότερο, με βάση μία απόσταση.

Η μέθοδος ταξινόμησης Κοντινότερου Γείτονα περιγράφεται παρακάτω για το πρόβλημα ταξινόμησης σε δύο κατηγορίες (παρόμοια βέβαια επεκτείνεται και σε περισσότερες από δύο κατηγορίες).

Ας θεωρήσουμε δύο κατηγορίες K1, K2 και το προς ταξινόμηση δείγμα ρ. Το δείγμα ρ θα ταξινομηθεί στην κατηγορία η οποία έχει κάποιο δείγμα που να απέχει το λιγότερο δυνατό από αυτό. Μπορεί, δηλαδή, να οριστεί μια συνάρτηση απόφασης  $f(p)$  ως εξής:

$$f(p) = (\text{Μικρότερη απόσταση από K1}) - (\text{Μικρότερη απόσταση από K2})$$

Η απόσταση μεταξύ δύο διανυσμάτων  $x, y$  διάστασης  $n$  μπορεί να είναι:

- Ευκλείδεια Απόσταση  $E = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$
- Τετραγωνική Απόσταση  $S = \max_i |x_i - y_i|$
- ή και κάποια άλλη, όπως απόσταση Hamming, απόσταση Mahalanobis, κ.λπ.

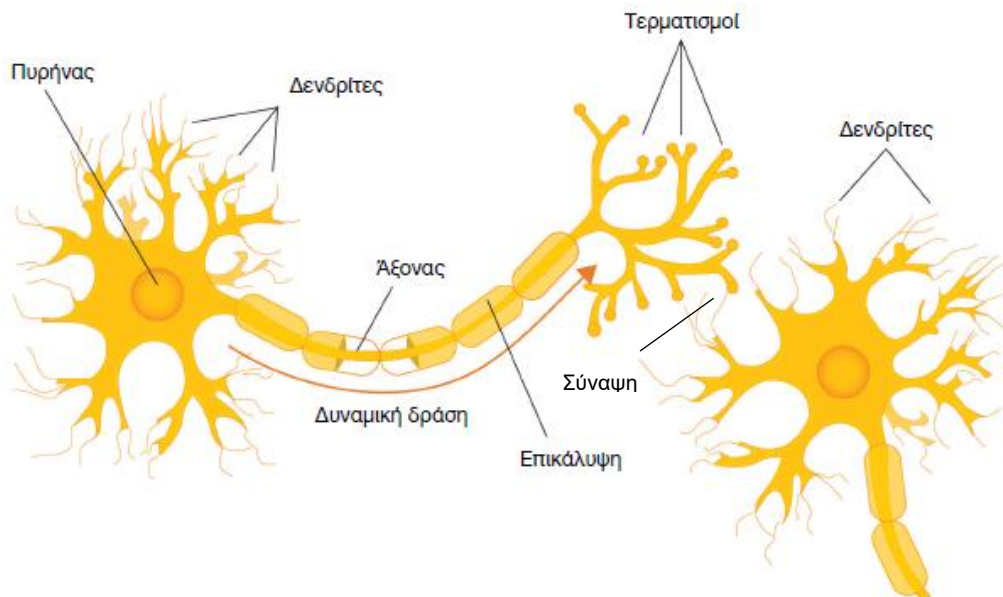
Ο αλγόριθμος υπολογίζει τις αποστάσεις μεταξύ του προς ταξινόμηση δείγματος με όλα τα γνωστά δείγματα και για κάθε κατηγορία κρατά τη μικρότερη. Στη συνέχεια ελέγχει την απόφαση  $f(p)$ :

- Εάν  $f(p) < 0$  τότε το  $p$  ανήκει στην κατηγορία K1
- Εάν  $f(p) > 0$  τότε το  $p$  ανήκει στην κατηγορία K2

Στην πράξη το πρόβλημα δεν είναι τόσο απλό, καθώς οι κατηγορίες K1 και K2 δεν είναι τόσο ξεκάθαρα διαχωρίσιμες, όπως προϋποθέτει το παραπάνω κριτήριο διαχωρισμού. Σε πολλές περιπτώσεις ένα δείγμα μπορεί να ανήκει σε μια κατηγορία αλλά να βρίσκεται πλησιέστερα σε μια άλλη. Προκειμένου να αποφευχθεί η δυσκολία αυτή μετράται η απόσταση του  $p$  από πολλά δείγματα κάθε κατηγορίας, έτσι ώστε η επίδραση οποιουδήποτε διαφορούμενου προτύπου να εξομαλυνθεί. Αυτός ο τρόπος ταξινόμησης ονομάζεται ταξινόμηση k-κοντινών γειτόνων (k-nearest neighbor ή k-nn). όπου  $k$  είναι το πλήθος των γειτονικών προτύπων, ως προς τα οποία μετράται η απόσταση και με βάση τα οποία γίνεται η ταξινόμηση του νέου προτύπου.

## 4.4 Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα

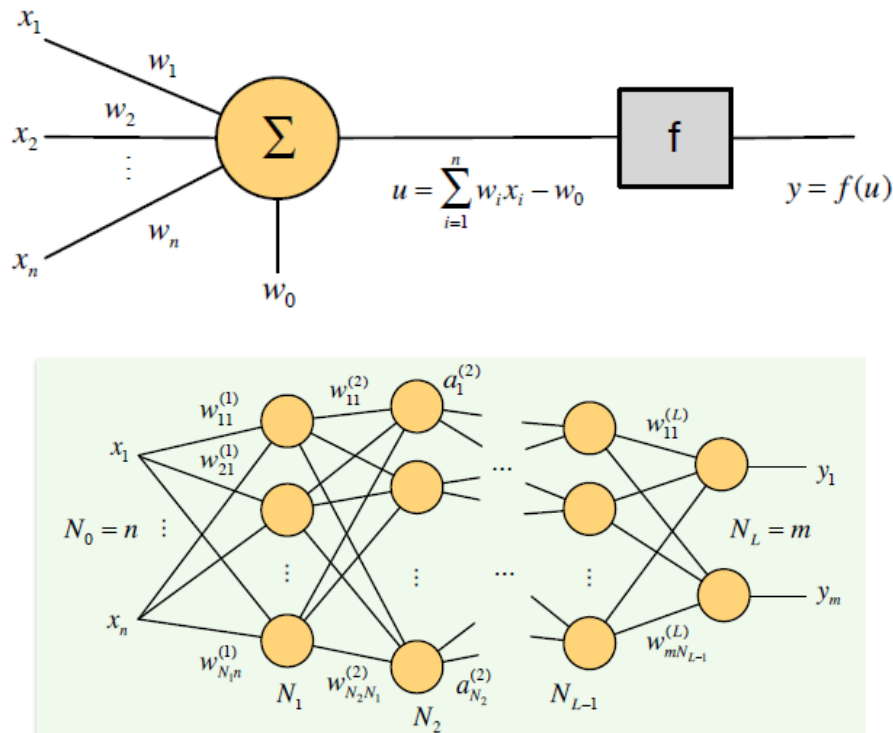
Η βασική λειτουργία των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων (ΤΝΔ) έγκειται στην προσομοίωση των βιολογικών. Το βασικό στοιχείο ενός βιολογικού νευρωνικού δικτύου είναι ο νευρώνας, ένας εξειδικευμένος τύπος κυττάρου ο οποίος αποτελεί τη μονάδα επεξεργασίας πληροφοριών για τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Ο νευρώνας, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα, περιλαμβάνει με τη σειρά του τον πυρήνα (σώμα), τους δενδρίτες (είσοδος των σημάτων), τον άξονα (έξοδος των σημάτων) με τις απολήξεις του (τερματισμοί) και τις συνάψεις (σύνδεση με άλλους νευρώνες, ενισχυτικά ή ανασταλτικά).



Σχήμα 4.3: Μοντέλο Βιολογικού Νευρώνα [24]

Κατά αντιστοιχία το ΤΝΔ ενώνει τεχνητούς νευρώνες, με τις πληροφορίες που μεταφέρονται από κάθε νευρώνα να αποτελούν την είσοδο ( $x_i, i=1, \dots, n$ ), με τα συνδεδεμένα βάρη ( $w_i, i=1, \dots, n$ ), να αποτελούν τους αντίστοιχους συντελεστές βαρύτητας κάθε πληροφορίας. Η πληροφορία διέγερσης ( $u$ ) προκύπτει από τον αθροιστή των πληροφοριών από τις διάφορες συνάψεις λαμβάνοντας υπόψη το κατώφλι ενεργοποίησης, με την τελική πληροφορία  $y$  να προκύπτει από την τιμή της συνάρτησης ενεργοποίησης για την πληροφορία διέγερσης, όπως παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα. Η ένωση πολλών επιπέδων νευρώνων ( $L$ ) οδηγεί στο πολυστρωματικό δίκτυο (MultiLayer Perceptron – MLP), όπου  $N_i$  το πλήθος των νευρώνων στο στρώμα  $i$ ,  $w_{ij}^{(K)}$ , το συναπτικό βάρος από το

νευρώνα  $j$  του στρώματος  $K-1$  στο νευρώνα  $i$  του στρώματος  $K$  και  $a_i$  η ενεργοποίηση νευρώνα  $i$  του στρώματος  $K$ .



**Σχήμα 4.4:** Μοντέλα μονοστρωματικού και πολυστρωματικού perceptron (MLP) [24]

Για την εκπαίδευση του δικτύου ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- Αρχικοποίηση του διανύσματος βαρών.
- Απόδοση τιμής στο βήμα εκπαίδευσης.
- Ορισμός αριθμού εποχών (κύκλος χρήσης των δεδομένων σε κυκλική σειρά).
- Υπολογισμός της εξόδου.

- Έξοδος Νευρώνα

$$\alpha_i^K = f\left(\sum_{j=1}^{N_{K-1}} w_{ij}^K a_j^{K-1} + w_{i0}^K\right) \quad (4.10)$$

- Καταχώρηση στο διάνυσμα

$$[a_1^K, a_2^K, \dots, a_{N_K}^K]$$

- Διάνυσμα εξόδου

$$[a_1^L, a_2^L, \dots, a_m^L]$$

- Προσαρμογή των βαρών στην περίπτωση σφάλματος.
- Επανάληψη μέχρι να μην υφίσταται αλλαγή βαρών (επιστροφή βαρών) ή τη συμπλήρωση του αριθμού εποχών (επιστροφή σφάλματος).

Η μάθηση - εκπαίδευση ενός ΤΝΔ μπορεί να γίνει είτε μέσω επίβλεψης (supervised learning) (δίνεται η επιθυμητή έξοδος και γίνεται προσαρμογή των βαρών ώστε να μειώνεται το σφάλμα – διαφοροποίηση της πραγματικής από την επιθυμητή έξοδο), είτε μέσω βαθμολογημένης ή ενισχυτικής μάθησης (graded learning) (η αξιολόγηση της εξόδου γίνεται βάσει κλίμακας και η προσαρμογή γίνεται μέσω ενίσχυσης), είτε μέσω μάθησης χωρίς επίβλεψη (unsupervised learning) (η επιθυμητή έξοδος δεν είναι γνωστή, με την αυτοπροσαρμογή του δικτύου να γίνεται έτσι ώστε η έξοδος να προσαρμόζεται στην είσοδο μέσω ανάδρασης).

Η τυπική διατύπωση ενός προβλήματος αφορά ένα σύνολο δεδομένων εισόδου  $x$  και επιθυμητής εξόδου  $d$ . Το ζητούμενο είναι η εύρεση όλων των βαρών και των κατωφλίων του δικτύου, έτσι ώστε να ισχύει

$$J = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^p \|d^{(i)} - y^{(i)}\|^2 = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^m (d^{(i)} - y^{(i)})^2 < \varepsilon \quad (4.11)$$

Ανάλογα με τα επίπεδα, τα ΤΝΔ διακρίνονται σε δίκτυα πρόσθιας τροφοδότησης ενός επιπέδου (feedforward) (ένα επίπεδο εισόδου και ένα επίπεδο εξόδου), σε δίκτυα πρόσθιας τροφοδότησης πολλών επιπέδων (με παρουσία «κρυφών» επιπέδων), σε νευρωνικά δίκτυα με δυνατότητα ανάδρασης.

Στα πλεονεκτήματα των MLP συμπεριλαμβάνονται η μη γραμμικότητα, η αναλογικότητα εισόδου-εξόδου, η δυνατότητα παράλληλης λειτουργίας, η προσαρμοστικότητα καθώς και η ανοχή σε τυχόν σφάλματα.

# 5

## Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά ηλεκτρονικά «εργαλεία», συστήματα και εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί στον τομέα της ΥΑΕ. Στόχος δεν είναι μια αναλυτική καταγραφή και παράθεση στοιχείων αλλά η ενδεικτική σκιαγράφηση της υφιστάμενης κατάστασης στο συγκεκριμένο τομέα και η ανάδειξη ελλείψεων και κατευθύνσεων βελτίωσης, ειδικότερα σε σχέση με το προτεινόμενο από την παρούσα εργασία σύστημα. Η διάρθρωση του κεφαλαίου έχει ως εξής: Αρχικά παρουσιάζονται συστήματα και εφαρμογές μηχανικής μάθησης που έχουν εφαρμοστεί γενικότερα στον τομέα ΥΑΕ, κατηγοριοποιημένα ανάλογα με τον αλγόριθμο που χρησιμοποιείται κάθε φορά και στη συνέχεια η αναζήτηση επικεντρώνεται στο τομέα της υγείας και των θεραπειών, με αντίστοιχους συγκεντρωτικούς πίνακες να καταρτίζονται στο τέλος κάθε ενότητας.

Για τη συγκέντρωση του τελικού πλήθους αναφορών, μελετών και δημοσιευμένων άρθρων πραγματοποιήθηκαν σχετικές αναζητήσεις όπως περιγράφονται στους αντίστοιχους πίνακες. Χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι συνδυασμοί από λέξεις – κλειδιά (λογικό AND) προκειμένου να προκύψουν κάθε φορά τα περισσότερα κατά το δυνατό αποτελέσματα του πεδίου ενδιαφέροντος, με αναφορά στο τελικό πλήθος που επιλέχθηκε κάθε φορά. Ως κριτήρια επιλογής ήταν η ελληνική ή αγγλική γλώσσα συγγραφής, το χρονικό διάστημα συγγραφής μετά το 2000, η σχετικότητα των λέξεων-κλειδιών με το εννοιολογικό περιεχόμενο του τίτλου καθώς και η αξιοπιστία της πηγής αναφοράς. Ως κριτήρια αποκλεισμού χρησιμοποιήθηκε η μη σχετικότητα του τίτλου ή του περιεχομένου με το προς αναζήτηση αντικείμενο, η εκτεταμένη αναφορά σε άλλες μελέτες καθώς και η ομοιότητα με άλλες μελέτες.

## 5.1 Μελέτες και εφαρμογές στον τομέα ΥΑΕ

### 5.1.1 Αναζήτηση

Στον πίνακα που ακολουθεί περιγράφεται το πλήθος των αναφορών που τελικά επιλέχθηκαν με τις αντίστοιχες πηγές προέλευσης. Σημειώνεται ότι πραγματοποιήθηκαν επιπρόσθετες αναζητήσεις από τις οποίες προέκυψαν αποτελέσματα τα οποία αποκλείστηκαν σύμφωνα με το προαναφερόμενο πλαίσιο (ενδεικτικά αναφέρονται οι ιστότοποι <https://www.osha.gov/>, <https://osha.europa.eu/en> και το ηλεκτρονικό περιοδικό Workplace Health & Safety) (Περίοδος Αναζήτησης 05-07/04/2019).

**Πίνακας 5.1:** Πίνακας αναζητήσεων βιβλιογραφικής ανασκόπησης συστημάτων ΥΑΕ

Πηγή	Συνδυασμοί Αναζήτησης (Λογικό AND)	Πλήθος τελικής επιλογής
	neural network health safety	9
Google scholar	machine learning health safety	5
	occupational health safety	5
	Weka health safety	5
PubMed	neural network health safety	8
International Journal of Occupational Safety and Ergonomics	neural network health safety	3
	machine learning health safety	4
	occupational health safety	11
	occupational accidents	5
Journal of Health and Safety at Work	“neural network”, “health safety”	1
	occupational health safety	1
Journal of Safety Research	machine learning health safety	2
	occupational health safety	3
	neural network	1



Πηγή	Συνδυασμοί Αναζήτησης (Λογικό AND)	Πλήθος τελικής επιλογής
	health safety	1
Policy and Practice in Health and Safety	occupational accidents	1
Safety	occupational health safety	1
	occupational accidents	2
Sustainability	occupational health safety	2

### 5.1.2 Ηλεκτρονικές εφαρμογές στον τομέα ΥΑΕ

Σε σχετική ηλεκτρονική αναζήτηση [25] οι περισσότερο πρόσφατες εφαρμογές στο συγκεκριμένο τομέα είναι οι ακόλουθες (με το πεδίο να μην περιορίζεται στο νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας αλλά γενικότερα στον τομέα της Υγείας και της Ασφάλειας των επιχειρήσεων):

- *AI Tracker*: Είναι ένα λογισμικό διαχείρισης συμβάντων που διαθέτει πίνακες μετρήσεων, στατιστικά διαγράμματα, αναφορές συμβάντων που έχουν να κάνουν με ασφάλεια, τραυματισμούς και πληρωμές.
- *Victor Opps*: Ειδοποιεί με κλήση για άμεση επίλυση οποιουδήποτε συμβάντος λάβει χώρα σε κάποιο χώρο εργασίας.
- *Hund*: Παρέχει διαχείριση για πολλαπλών χρήσεων συμβάντα και με δυνατότητα χρήσης κάμερας.
- *Compliance 360*: Είναι σχεδιασμένο για να διευκολύνει τη διαχείριση συμβάντων, τη διαχείριση ρίσκου και οικονομικού ελέγχου σε μεγάλες βιομηχανίες.
- *Quentic*: Ασχολείται με συμβάντα που έχουν να κάνουν με τον τομέα ατυχημάτων, τόσο ατομικών όσο και περιουσίας, καθώς και γενικών κινδύνων που μπορεί να προκύψουν.
- *Process MAP Incident Management*: Λειτουργεί διαδικτυακά στο κομμάτι έρευνας, αναφοράς και ανάλυσης τραυματισμών-ασθενειών και ιδιοκτησίας.

- *Squadcast*: Ασχολείται με τη διαχείριση συμβάντων στον τομέα της τεχνολογίας.
- *Incident Management System*: Η πλατφόρμα αυτή βοηθάει στην αυτοματοποίηση των ειδοποιήσεων των συμβάντων από την αρχή έως την επίλυση, βοηθώντας στον περιορισμό του ανθρώπινου σφάλματος.
- *Logic Manager Incident Management*: Εντοπίζει συμβάντα και περιέχει αξιολογήσεις ρίσκων και αυτόματες προειδοποιήσεις.
- *Exidence*: Πρόκειται για διαδοχικές πλατφόρμες με στόχο την πλήρη καταγραφή των κρίσιμων συμβάντων.
- *Safety Dashboard*: Αφορά τις αναφορές συμβάντων για απουσίες, λογιστικό έλεγχο, παράπονα και λοιπές εγγραφές.
- *Spotlight*: Εφαρμογή για αναφορά συμβάντων σε πραγματικό χρόνο από ομάδες εργαζομένων [26].
- *SIGNL4*: Χρησιμοποιείται κυρίως για εργαζόμενους στο αντικείμενο της πληροφορικής.
- *Statuspage*: Ασχολείται με τη γνωστοποίηση των συμβάντων σε μεγάλες εταιρείες όπως το Dropbox.
- *1<sup>st</sup> Incident Reporting*: Λειτουργεί μέσω Cloud για το κομμάτι των συμβάντων.
- *andSafety Hazard and incident*: Προσφέρει επαγγελματική λύση στο κομμάτι της αναφοράς κινδύνων, παρατηρήσεων και συμβάντων. Είναι, επίσης, συμβατό με smartphone και tablet.
- *iFollow*: Πραγματεύεται τη διαχείριση συμβάντων.
- *Incident Management System*: Όλα τα συμβάντα αποθηκεύονται σε ένα κεντρικό χώρο σε πραγματικό χρόνο για πολλούς ανθρώπους σε πολλαπλές τοποθεσίες.
- *MetricStream IT Incident Management*: Είναι ένα λογισμικό για εταιρείες, ώστε να ακολουθούν συνεχόμενες διαδικασίες για τη διαχείριση θεμάτων στο χώρο της εργασίας.
- *SitePatterns*: Περιέχει διαχείριση συμβάντων, παρατηρήσεις για την ασφάλεια, καθημερινές αναφορές και ζητήματα για την πειθαρχία των εργαζομένων.
- *StatusHub*: Αποτελεί εργαλείο για γνωστοποίηση συμβάντων και εκδηλώσεων με στόχο την καλύτερη ενημέρωση του προσωπικού.
- *Swimlane*: Βοηθά οργανισμούς στην αυτοματοποίηση για τη διαχείριση των συμβάντων.
- *VisiumKMS*: Είναι χρήσιμο για να διαχειρίζεται αλλαγές και να μελετάει ρίσκα.

- *WebEOC*: Διαχειρίζεται κρίσεις και προ-σχεδιασμένα συμβάντα.
- *Incident Management Module*: Συλλέγει συμβάντα σε έναν οργανισμό σχετικά με τραυματισμούς, μέρες απουσίας, οχήματα, περιβαλλοντικές διαρροές. Εξετάζονται, επιπλέον, αυτόματα σχετικές φόρμες εγγράφων πριν κατατεθούν στην τοπική ρυθμιστική αρχή.
- *Incident Management Software*: Συλλέγει συμβάντα καλύπτοντας όλες τις λεπτομέρειες για τον χρόνο και τον τόπο που λαμβάνουν χώρα, καθώς και τον αντίκτυπο τους.
- *Healthcare Safetyzone*: Συλλέγει δεδομένα στο τομέα της Υγείας και ασχολείται με την ασφάλεια του ασθενούς.
- *FastFlow Incidence Reporting*: Αποτελεί πρόγραμμα που συλλέγει πληροφορίες διαδικτυακά για συμβάντα που σχετίζονται με την ασφάλεια και την υγεία των ασθενών. Χρησιμοποιείται από νοσοκομεία και επικεντρώνεται στην ασφάλεια των ασθενών, ενώ παράλληλα λειτουργεί και σε μία online πλατφόρμα.
- *Incident Management Patient Safety*: Ειδικεύεται στην ανάλυση, την οργάνωση συμβάντων και ενδεχόμενων ατυχημάτων. Κάθε εργαζόμενος ή ασθενής μπορεί να αναφέρει οποιοδήποτε κίνδυνο ενδεχομένως συναντήσει.

Στα παραπάνω θα πρέπει να προστεθούν και τα ακόλουθα Mobile Apps (εφαρμογές για χρήση σε κινητά τηλέφωνα) τα οποία έχουν κυρίως πληροφοριακό χαρακτήρα.

- Stress Prevention at Work Checkpoints app
- Ergonomic Checkpoints app
- OSHA Safety App
- Audit - Health & Safety Risk Assessment - Safety-Link Mobile App
- Generic Health and Safety Checklist - Safety-Link Mobile App
- NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards Mobile Web Application.

### 5.1.3 Μελέτες

#### 5.1.3.1 Bayesian Δίκτυα

Οι Chan et al. (2018) [27] δημιούργησαν ένα πιθανοτικό σχεσιακό δίκτυο βάσει του μοντέλου Bayes, λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες του κλίματος ασφάλειας και των προσωπικών εμπειριών σε εργασίες επισκευής και συντήρησης ηλεκτρικών και μηχανικών εγκαταστάσεων. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν χρησιμοποιώντας ένα ερωτηματολόγιο έρευνας, στο οποίο συμμετείχαν 155 επαγγελματίες του συγκεκριμένου τομέα. Τα αποτελέσματα του Bayesian δικτύου έδειξαν ότι η συμπεριφορά και οι διαδικασίες όσον αφορά την ασφάλεια ήταν οι σημαντικότεροι παράγοντες για τη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων. Σύμφωνα με τους συγγραφείς το προτεινόμενο Bayesian δίκτυο παρέχει τη δυνατότητα να βρεθεί η πιο αποτελεσματική στρατηγική με την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των πόρων και να μειωθεί η πιθανότητα ενός μεγάλου αριθμού ατυχημάτων σε ηλεκτρικές και μηχανικές εγκαταστάσεις, ελέγχοντας είτε έναν μόνο παράγοντα είτε επιλέγοντας μια συνδυαστική προσέγγιση.

Ο στόχος της μελέτης των Martín et al. (2017) [28] ήταν να περιγράψει μια νέα στρατηγική Bayesian δικτύου στον τομέα της πρόληψης των επαγγελματικών κινδύνων. Η συγκεκριμένη στρατηγική βασίζεται στην εξαγωγή δεδομένων από μια αντίστοιχη βάση που αφορούσε χωματουργικές εργασίες και τον κίνδυνο πτώσης από ύψος και περιλάμβανε περιπτώσεις όπου δε συνέβη ατύχημα, ποσοτικοποιώντας την επιρροή και τις αλληλεπιδράσεις των παραγόντων. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η συγκεκριμένη στρατηγική επιτρέπει επίσης τη μεμονωμένη μελέτη ειδικών τύπων ατυχημάτων, επισημαίνοντας έτσι όχι μόνο τη συσχέτιση αλλά και την αιτιώδη συνάφεια μεταξύ της οργάνωσης της εργασίας και του κινδύνου ατυχημάτων.

Η μελέτη των Ahn, Hur και Jung (2018) [29] αποσκοπούσε στον προσδιορισμό των σχέσεων μεταξύ των μυοσκελετικών διαταραχών που σχετίζονται με την εργασία (Work-related Musculoskeletal Disorders - WMSDs) και των εργασιακών χαρακτηριστικών, αναπτύσσοντας ένα μοντέλο Bayesian δικτύου, η έξοδος του οποίου ήταν η πιθανότητα ενός εργαζομένου να υποφέρει από μυοσκελετική διαταραχή. Αρχικά κατασκευάστηκε ένα εννοιολογικό μοντέλο το οποίο στη συνέχεια δοκιμάστηκε στατιστικά και διορθώθηκε κατάλληλα για να δημιουργηθεί ένα μοντέλο Μπεϋζιανού Δικτύου (Bayesian Network-BN). Οι δοκιμές επιβεβαίωσαν ότι το μοντέλο BN επιτυγχάνει καλύτερη διαγνωστική απόδοση σε σχέση με ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο, μια μηχανή διανυσμάτων υποστήριξης και ένα

σύστημα με δένδρα αποφάσεων ως προς την ανίχνευση των WMSDs έχοντας ως δεδομένα τα εργασιακά χαρακτηριστικά. Επαληθεύτηκε επίσης ότι τα εργασιακά χαρακτηριστικά, όπως το ωράριο εργασίας και ο ρυθμός, επηρεάζουν τη συχνότητα εμφάνισης των WMSDs.

Οι Bertke et al. (2012) [30] ανέπτυξαν και αξιολόγησαν ένα Naive BN για τον προσδιορισμό της αιτιώδους συνάφειας των αξιώσεων αποζημίωσης των εργαζομένων. Περιγράφηκε και αξιολογήθηκε ένας αλγόριθμος αυτόματης κωδικοποίησης που έχει την ικανότητα να κωδικοποιήσει μεγάλο πλήθος αξιώσεων γρήγορα και με ακρίβεια. Ως σύνολο εκπαίδευσης χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο από προηγούμενες αξιώσεις. Το πρόγραμμα αυτόματης κωδικοποίησης ήταν σε θέση να προσδιορίσει αξιώσεις από μυοσκελετικές διαταραχές, γλιστρήματα, παραπατήματα ή πτώσεις (Slips, Trips, Falls-STFs) ή άλλες, με ακρίβεια περίπου 90%. Το πρόγραμμα σύμφωνα με τους συγγραφείς παρέχει μια ακριβή και αποτελεσματική μέθοδο για τον εντοπισμό της αιτίας των αξιώσεων αποζημίωσης των εργαζομένων που σχετίζονται με STF ή MSD. Μπορεί έτσι να χρησιμοποιηθεί από ερευνητές και επαγγελματίες για τη διευκόλυνση στην ανάγνωση και την αναγνώριση της αιτίας των αξιώσεων αυτού του τύπου.

Από τους Nanda et al. (2016) [31] αναπτύχθηκε ένα Bayesian σύστημα υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων χρησιμοποιώντας δεδομένα από την έρευνα Survey of Occupational Injury and Illness (SOII) (2011) με σκοπό την κωδικοποίηση δεδομένων ατυχημάτων στο χώρο της εργασίας. Προέκυψε πως το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να βοηθήσει σε δραστηριότητες επιτήρησης καθώς και πρόληψης για ασφαλέστερους χώρους εργασίας.

### **5.1.3.2 Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (Artificial Neural Networks-ANNs)**

Σκοπός της μελέτης των Ghasemi et al. (2017) [32] ήταν η δημιουργία ενός προγνωστικού μοντέλου μη ασφαλούς συμπεριφοράς στο χώρο εργασίας μέσω ΤΝΔ. Διεξήχθη μια σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση για τους παράγοντες που επηρεάζουν την ασφαλή συμπεριφορά στους χώρους εργασίας και επιλέχθηκαν εννέα παράγοντες - χαρακτηριστικά για να συμπεριληφθούν στη μελέτη. Τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν χρησιμοποιώντας σχετικό ερωτηματολόγιο από διάφορα εργοτάξια. Η προσέγγιση πολλαπλών επιπέδων χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του επιθυμητού νευρωνικού δικτύου. Δοκιμάστηκαν αρκετά μοντέλα με διάφορες αρχιτεκτονικές για να βρεθεί εκείνο με τα καλύτερα χαρακτηριστικά. Επίσης, διεξήχθη ανάλυση ευαισθησίας για να βρεθούν οι παράγοντες με τη μεγαλύτερη επίδραση. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας έδειξαν ότι η γνώση

γύρω από την ασφάλεια, το υποστηρικτικό περιβάλλον και η δέσμευση στη διαχείριση-οργάνωση της εργασίας είχαν την υψηλότερη επίδραση στη συμπεριφορά όσον αφορά την ασφάλεια, ενώ οι επιπτώσεις από την κατανομή των πόρων και την αντίληψη της πίεσης της εργασίας ήταν χαμηλότερες από εκείνες των άλλων παραγόντων. Οι συγγραφείς οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η πολύπλοκη φύση της ανθρώπινης συμπεριφοράς στους χώρους εργασίας και η παρουσία πολλών σημαντικών παραγόντων καθιστούν δύσκολη την επίτευξη ενός μοντέλου με τέλειες επιδόσεις.

Η μελέτη των Soltanzadeh et al. (2016) [33] αποσκοπούσε στην ανάλυση των αιτιών ως προς τη σοβαρότητα των ατυχημάτων και των παραγόντων, για την πρόβλεψη αυτής της σοβαρότητας στις κατασκευαστικές βιομηχανίες. Πρόκειται για μια αναλυτική συγχρονική μελέτη με στόχο την ανάλυση και την πρόβλεψη της σοβαρότητας των ατυχημάτων κατά τα έτη 2009-2013 στις μεγαλύτερες κατασκευαστικές βιομηχανίες στο Ιράν. Τα δεδομένα περιλάμβαναν πληροφορίες από 500 ατυχήματα κατά τη διάρκεια της περιόδου αναφοράς. Οι αναλύσεις δεδομένων έγιναν χρησιμοποιώντας TND, μέσω του λογισμικού Matlab R 2014. Τα ευρήματα έδειξαν ότι ο μέσος όρος ηλικίας και εκπαίδευσης, ο τύπος δραστηριότητας και ο αριθμός των εργαζομένων σε κατασκευαστικές δραστηριότητες, η περιοδική κατάρτιση για την υγεία και την ασφάλεια, το περιεχόμενο και ο δείκτης της κατάρτισης για την υγεία και την ασφάλεια, η αναγνώριση και η εκτίμηση κινδύνου, ο έλεγχος ασφάλειας και τα μέτρα ελέγχου, όπως και τα μέσα – εξοπλισμός ατομικής προστασίας, μπορούν να προσδιοριστούν ως δείκτες και παράγοντες πρόβλεψης του ποσοστού σοβαρότητας των ατυχημάτων στον κατασκευαστικό κλάδο. Ως συμπέρασμα, οι συγγραφείς υπέδειξαν ότι το TND μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα αξιόπιστο εργαλείο για την ανάλυση και την πρόβλεψη των αιτιών των ατυχημάτων στο συγκεκριμένο τομέα.

Από τον Ceylan (2014) [34] αναπτύχθηκαν μοντέλα TND για την εκτίμηση των ατυχημάτων στην εργασία σε εθνική κλίμακα στην Τουρκία. Χρησιμοποιώντας τα μοντέλα αυτά εκτιμήθηκαν ο αριθμός των εργατικών ατυχημάτων, ο αριθμός των θανάτων και ο αριθμός των περιπτώσεων μόνιμης ανικανότητας λόγω εργατικών ατυχημάτων μέχρι το έτος 2025 για τρία διαφορετικά σενάρια. Κατά την ανάπτυξη των μοντέλων, ως παράμετροι - μεταβλητές του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν οι ασφαλισμένοι εργαζόμενοι, ο χώρος εργασίας, το εργατικό ατύχημα, ο θάνατος και οι περιπτώσεις μόνιμης ανικανότητας με δεδομένα εισόδου που αφορούσαν την περίοδο 1970 - 2012. Για το σύνολο εκπαίδευσης χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της περιόδου 1970 – 1999 και ως σύνολο ελέγχου οι τιμές της περιόδου 2000 - 2012. Ο αλγόριθμος διάδοσης της ανατροφοδότησης προς τα εμπρός

χρησιμοποιήθηκε για την εκπαίδευση του δικτύου. Το αποτέλεσμα συγκρίθηκε με τις πραγματικές τιμές και προέκυψε ότι είναι το σύστημα είναι εφαρμόσιμο για το σκοπό αυτό. Οι επιδόσεις όλων των μοντέλων που αναπτύχθηκαν, αξιολογήθηκαν με τη χρήση του μέσου απόλυτου ποσοστιαίου σφάλματος (Mean Absolute Percentage Error-MAPE), του μέσου απόλυτου σφάλματος (Mean Absolute Error-MAE) και της τετραγωνικής ρίζας του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root-Mean-Square Error - RMSE). Η αρχιτεκτονική του νευρωνικού δικτύου 2-5-1 επιλέχθηκε ως η βέλτιστη.

Οι Yi και Chan (2015) [35] παρουσίασαν ένα μοντέλο για την πρόβλεψη της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων στον κατασκευαστικό τομέα. Κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών το 2010 και το 2011, πραγματοποιήθηκαν 39 μετρήσεις πεδίου σε έξι εργοτάξια στο Χονγκ Κονγκ και συλλέχθηκε μια σειρά μετεωρολογικών, προσωπικών και εργασιακών παραμέτρων. Ένα πλήθος 550 συγχρονισμένων συνόλων δεδομένων μετρήθηκαν για τον καθορισμό του μοντέλου και χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευση και την αξιολόγηση μοντέλου TND. Οι μετρήσεις απόδοσης, συμπεριλαμβανομένου του μέσου απόλυτου ποσοστιαίου σφάλματος και της τετραγωνικής ρίζας του μέσου τετραγωνικού σφάλματος, επιβεβαίωσαν ότι το μοντέλο παρουσίασε μεγάλη ακρίβεια, αναδεικνύοντας έτσι το δυναμικό του συγκεκριμένου μοντέλου όσον αφορά στην ενίσχυση της ΥΑΕ στον κατασκευαστικό κλάδο.

Οι Gajbhiye, Waghmare και Parikh (2016) [36] δημιούργησαν μοντέλο TND για τη συσχέτιση των παραγόντων που ευθύνονται για τα βιομηχανικά ατυχήματα με τη σοβαρότητα των ατυχημάτων και των εργατοωρών που χάθηκαν χρησιμοποιώντας το MATLAB. Σύμφωνα με τους συγγραφείς η μελέτη μπορεί να συμβάλει στην ελαχιστοποίηση των βιομηχανικών ατυχημάτων προσδιορίζοντας τους διάφορους παράγοντες που ευθύνονται για βιομηχανικά ατυχήματα και αναπτύσσοντας το συγκεκριμένο μοντέλο.

Ο στόχος της μελέτης των Adedeji et al. (2014) [37] ήταν ο σχεδιασμός μιας φιλικής προς το χρήστη διεπαφής για την προσομοίωση του κόστους που δαπανήθηκε σε ορισμένες παρεμβάσεις ασφάλειας και τον αντίστοιχο αριθμό ατυχημάτων που καταγράφηκαν για περίοδο δεκαέξι ετών, χρησιμοποιώντας μοντέλο TND. Το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε στη συνέχεια για να προβλέψει τον αριθμό των ατυχημάτων, λαμβάνοντας υπόψη τον προϋπολογισμό για τις παρεμβάσεις ασφάλειας για τα επόμενα χρόνια. Η φιλική προς το χρήστη διεπαφή που αναπτύχθηκε μπορεί σύμφωνα με τους συγγραφείς να χρησιμοποιηθεί από κατασκευαστικές βιομηχανίες για την προσομοίωση προϋπολογισμών για τις πιο

συνήθεις παρεμβάσεις ασφάλειας και τον αναμενόμενο αριθμό ατυχημάτων, βάσει ενός επιτυχώς εκπαιδευμένου αλγορίθμου νευρωνικού δικτύου.

Οι Goh και Chua (2013) [38] διεξήγαγαν ανάλυση νευρωνικού δικτύου σχετικά με τον ποσοτικό έλεγχο του συστήματος διαχείρισης ΥΑΕ (Occupational Safety and Health Management System-OSHMS) με δεδομένα ατυχημάτων που ελήφθησαν από την κατασκευαστική βιομηχανία της Σιγκαπούρης. Η ανάλυση είχε ως σκοπό να διερευνήσει μέσω μιας μελέτης περίπτωσης το πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μεθοδολογία νευρωνικών δικτύων για την κατανόηση της σχέσης μεταξύ των στοιχείων του OSHMS και των επιδόσεων ΥΑΕ, εντοπίζοντας τα κρίσιμα στοιχεία του OSHMS, εκείνα δηλαδή που επηρεάζουν σημαντικά τη συχνότητα εμφάνισης και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Προέκυψε πως το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της σοβαρότητας των ατυχημάτων με επαρκή ακρίβεια. Αναλυτικότερα, προέκυψε ότι τα τρία σημαντικότερα στοιχεία του OSHMS στην μελέτη περίπτωσης είναι η διερεύνηση των περιστατικών, η ετοιμότητα έκτακτης ανάγκης και οι ομαδικές συναντήσεις. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η εκμάθηση από περιστατικά, η ύπαρξη καλά προετοιμασμένων στρατηγικών μετριασμού των συνεπειών και η ανοικτή επικοινωνία μπορούν να μειώσουν τη σοβαρότητα και την πιθανότητα ατυχημάτων σε κατασκευαστικά εργοτάξια. Επίσης αποδείχθηκε ότι μια προσέγγιση νευρωνικού δικτύου είναι εφικτή για την ανάλυση εμπειρικών δεδομένων του OSHMS για την εξαγωγή ουσιαστικών πληροφοριών σχετικά με τον τρόπο βελτίωσης της ΥΑΕ.

Οι Patel και Jha (2014) [39] αξιολόγησαν και διαφοροποίησαν τα κατασκευαστικά έργα με βάση το κλίμα ΥΑΕ μέσω της ανάπτυξης ενός μοντέλου TNΔ για την πρόβλεψη του συγκεκριμένου κλίματος. Οι σημαντικές μεταβλητές ως προς το κλίμα ΥΑΕ καθορίστηκαν μέσω ανασκόπησης της βιβλιογραφίας και χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι του συστήματος, με το κλίμα ΥΑΕ να αποτελεί την έξοδό του. Ως δείγμα χρησιμοποιήθηκαν 250 ερωτηματολόγια έρευνας. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ένα νευρωνικό δίκτυο αναστροφής προώθησης τριών στρωμάτων (10-18-1). Το μοντέλο που αναπτύχθηκε παρουσίασε ικανοποιητική απόδοση. Με βάση την ανάλυση ευαισθησίας, η δέσμευση και το εποπτικό περιβάλλον προτείνονται ως οι πιο σημαντικές από τις 10 μεταβλητές του κλίματος ΥΑΕ. Το συγκεκριμένο μοντέλο θα μπορούσε, σύμφωνα με τους συγγραφείς, να αποδειχθεί χρήσιμο για τους πελάτες και τους εργολάβους προκειμένου να αξιολογήσουν και να προβλέψουν το κλίμα ΥΑΕ στα κατασκευαστικά έργα, οδηγώντας έτσι στη καλύτερη διαχείριση ΥΑΕ στο συγκεκριμένο τομέα.



Από τους Abubakar et al. (2018) [40] προτάθηκε και δοκιμάστηκε ένα μοντέλο για την αλληλεπίδραση του οργανωτικού κλίματος ΥΑΕ και αντίστοιχων συμπεριφορών με τα ατυχήματα στο χώρο εργασίας. Χρησιμοποιώντας ΤΝΔ και στοιχεία από 306 εργαζόμενους στη βιομηχανία χύτευσης μετάλλων στην κεντρική Ανατολία, διαπιστώθηκε ότι ένα οργανωτικό κλίμα ΥΑΕ και η υιοθέτηση ασφαλών συμπεριφορών μπορούν να μετριάσουν τα ατυχήματα στο χώρο εργασίας και κατ' επέκταση να ενισχύσουν το κλίμα ΥΑΕ. Ωστόσο, τα αποτελέσματα έδειξαν μια πολύπλοκη σχέση μεταξύ του οργανωτικού κλίματος ΥΑΕ, της ασφαλούς συμπεριφοράς και των ατυχημάτων στο χώρο εργασίας. Προτείνεται από τους συγγραφείς να συζητηθούν οι θεωρητικές και πρακτικές επιπτώσεις υπό το πρίσμα της μείωσης των ατυχημάτων στο χώρο εργασίας.

Η μελέτη των Jain et al. (2019) [41] αποσκοπούσε στην πρόβλεψη της δύναμης έλξης (Pull Force-PF) χρησιμοποιώντας ANNs, στο πλαίσιο της ορθής διαχείρισης χειρωνακτικής διακίνησης φορτίων. Διεξήχθη συγκριτική έρευνα μοντέλων ANNs και παλινδρόμησης αξιολογώντας την ικανότητά τους να προβλέπουν τις τιμές PF. Δεδομένα PF πολλαπλών θέσεων συγκεντρώθηκαν από 200 άτομα σε τρία διαφορετικά ύψη λαβών και θέσεως σώματος. Τα μοντέλα ANN και παλινδρόμησης σχηματίστηκαν χρησιμοποιώντας ένα τυχαίο δείγμα τριών υποσυνόλων (εκπαίδευση 75%, επιλογή 15%, επικύρωση 10%) για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Η σύγκριση των μοντέλων ANN και των μοντέλων παλινδρόμησης έδειξε ότι οι προβλέψεις των μοντέλων ANN είχαν μια ορθά αιτιολογημένη διακύμανση και χαμηλότερες τιμές μέσης τετραγωνικής διαφοράς για τα δεδομένα PF σε τρία ύψη λαβών. Αυτά τα αποτελέσματα συνιστούν, σύμφωνα με τους συγγραφείς, ότι τα ΤΝΔ υπερέχουν των μεθόδων παλινδρόμησης, αναδεικνύοντας το δυναμικό τους στο πλαίσιο εργονομίας στην εργασία και στην προσέγγιση των βιομηχανικών εργασιών υπό το πρίσμα ΥΑΕ.

Σκοπός της μελέτης των Somers, Birnbaum και Casal (2018) [42] ήταν η δοκιμή ενός μη γραμμικού μοντέλου ψυχολογικής ευεξίας στην εργασία. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιήθηκαν ΤΝΔ για τον εντοπισμό και τη χαρτογράφηση μη γραμμικοτήτων μεταξύ της υποστήριξης των εποπτών, του ελέγχου των μεθόδων εργασίας και της ευεξίας των εργαζομένων. Τα ευρήματα επιβεβαίωσαν συμπεράσματα προηγούμενων μελετών σχετικά με το ότι τα ANNs απεικονίζουν αποδοτικότερα μη γραμμικές σχέσεις συγκριτικά με μεθόδους παλινδρόμησης όπως η OLS (Ordinary Least Squares).

Στο ίδιο πνεύμα, ο στόχος της μελέτης των Moayed και Shell (2010) [43] ήταν να αποδείξει ότι τα μοντέλα ΤΝΔ παρουσιάζουν βελτιωμένη απόδοση σε σχέση με τα μοντέλα

λογιστικής παλινδρόμησης (Logistic Regression-LR) Το σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την έρευνα συλλέχθηκε από εργάτες στον κατασκευαστικό κλάδο, χρησιμοποιώντας σχετικό ερωτηματολόγιο. Τα μοντέλα LR και τα μοντέλα ANNs αναπτύχθηκαν χρησιμοποιώντας το ίδιο σύνολο δεδομένων και η απόδοση όλων των μοντέλων συγκρίθηκε χρησιμοποιώντας δείκτη πιθανότητας καταγραφής. Το αποτέλεσμα αυτής της μελέτης έδειξε ότι τα μοντέλα ANNs παρουσίασαν σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα από τα μοντέλα LR για το σύνολο των τύπων των μεταβλητών.

Οι Ung et al. (2006) [44] πρότειναν ένα μοντέλο πρόβλεψης κινδύνου που ενσωματώνει τη θεωρία των ασαφών συνόλων και των ΤΝΔ. Η εφαρμογή του παρουσιάστηκε σε μια μελέτη περίπτωσης που αξιολογούσε την ΥΑΕ σε εργασίες ναυσιπλοΐας εντός των λιμενικών περιοχών. Ως συμπέρασμα προέκυψε ότι η πρόβλεψη κινδύνου με το μοντέλο ANN είναι ικανή να παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα εφόσον τα δεδομένα εκπαίδευσης λαμβάνουν υπόψη μεγάλο εύρος πιθανών περιστάσεων που μπορεί να προκύψουν. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η μελέτη αυτή παρέχει στους επαγγελματίες της αξιολόγησης ασφάλειας ένα νέο και ευέλικτο πλαίσιο μοντελοποίησης κινδύνων χρησιμοποιώντας μια τεχνική βασισμένη σε ασαφή λογική. Το προτεινόμενο πλαίσιο μπορεί να βοηθήσει τη βιομηχανία λιμένων να διαχειρίζεται ορθολογικά την ΥΑΕ σε εργασίες ναυσιπλοΐας εντός των λιμενικών περιοχών.

Οι Liu, Kumagai και Lee (2003) [45] αποσκοπούσαν στη βελτίωση της ΥΑΕ και της ποιότητας των γεωτρήσεων με τη χρήση ηλεκτρονικών αισθητήρων και ΤΝΔ. Οι συνθήκες γεώτρησης ταξινομήθηκαν σε 3 κατηγορίες: εκείνες που θεωρούνται ασφαλείς, εκείνες που απαιτούν προσοχή και εκείνες που παρουσιάζουν κίνδυνο. Οι μεταβλητές εισόδου ήταν το μέγεθος της γεώτρησης, η ταχύτητα τροφοδοσίας, η ταχύτητα ατράκτου και τα χαρακτηριστικά που εξάγονται από τις μετρήσεις της δύναμης διάτρησης. Οι έξοδοι του συστήματος ήταν οι καταστάσεις ασφάλειας. Αυτό το σύστημα ανίχνευσης μπορεί, σύμφωνα με τους συγγραφείς, να φτάσει σε ποσοστό επιτυχίας πάνω από 95%. Επιπλέον, ένας εσφαλμένος προσδιορισμός κατά τη διάρκεια των ηλεκτρονικών δοκιμών ήταν μια προειδοποίηση ενός επόμενου βήματος, σε πλαίσιο αποδεκτό από την άποψη της ασφάλειας και της ποιότητας. Το ηλεκτρονικό σύστημα ανίχνευσης που αναπτύχθηκε μπορεί, σύμφωνα με τους συγγραφείς, να χρησιμοποιηθεί σε πολύπλοκα και απαιτητικά κατασκευαστικά περιβάλλοντα.

Οι Mohammadfam et al. (2015) [46] παρουσίασαν ένα μοντέλο για την πρόβλεψη της σοβαρότητας των εργατικών ατυχημάτων με τη χρήση ΤΝΔ για τον προσδιορισμό των

απειλητικών για την υγεία παραγόντων. Αυτή η αναλυτική μελέτη διεξήχθη σε 10 μεγάλες βιομηχανίες κατασκευών κατά τη διάρκεια μιας δεκαετούς περιόδου (2005-2014). 960 ατυχήματα αναλύθηκαν και μοντελοποιήθηκαν με βάση τη στάθμιση των χαρακτηριστικών από τη θεωρία των ακατέργαστων συνόλων και των ΤΝΔ μέσω των προγραμμάτων RSES και MATLAB 2014. Τα ευρήματα και των δύο μοντέλων έδειξαν ότι η σοβαρότητα των ατυχημάτων (Accident Severity Rate-ASR) συσχετίστηκε με διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων της ατομικής κατάρτισης - εκπαίδευσης, της οργάνωσης της εργασίας και της κατάρτισης για την υγεία και την ασφάλεια και τους παράγοντες διαχείρισης κινδύνου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ANNs ήταν ένα αξιόπιστο εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναλύσει και να μοντελοποιήσει τη σοβαρότητα των εργατικών ατυχημάτων σε χώρους εργασίας μεγάλης κλίμακας, ειδικά αν συνδυαστούν με τη θεωρία των ακατέργαστων συνόλων.

Από τους Novin, Givenchi και Hoveidi (2016) [47] αναπτύχθηκε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την εκτίμηση των κινδύνων από το βενζόλιο σε εργοστάσιο παραγωγής καυσίμων. Η μελέτη διεξήχθη στο Asaluyeh του νότιου Ιράν κατά τα έτη 2013-2014. Η μέθοδος περιλάμβανε ασαφή λογική και ΤΝΔ, με την πρώτη να χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του ρυθμού απορρόφησης και τα δεύτερα για να μειώσουν το θόρυβο των δεδομένων που αφορούν τη συγκέντρωση του βενζολίου. Υπολογίστηκε η πραγματική έκθεση και στη συνέχεια συνδυάστηκε με τους παράγοντες τοξικότητας ενός Ολοκληρωμένου Συστήματος Πληροφόρησης για τον Κίνδυνο (Integrated Risk Information System-IRIS) για την εκτίμηση των πραγματικών κινδύνων για την υγεία. Επιτεύχθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ της μετρούμενης και της προβλεπόμενης συγκέντρωσης βενζολίου (0.941). Το ολοκληρωμένο μοντέλο, σύμφωνα με τους συγγραφείς, είναι ιδιαίτερα ευέλικτο καθώς οι κανόνες πιθανόν να αλλάξουν ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη αλλά και τις οριακές τιμές έκθεσης που ισχύουν κάθε φορά σύμφωνα με τις σχετικές κανονιστικές και ρυθμιστικές διατάξεις, παράγοντας έτσι ρεαλιστικά δεδομένα εκτίμησης κινδύνου.

Οι Moayed και Shell (2010) [48] ανέπτυξαν μια μαθηματική συνάρτηση που μπορεί να χρησιμοποιήσει το αποτέλεσμα μοντέλων ΤΝΔ για να παράγει ένα μέτρο για την αξιολόγηση της άμεσης συσχέτισης μεταξύ έκθεσης και μεταβλητών πιθανής έκβασης. Αυτή η λειτουργία αναφέρθηκε ως η λειτουργία της μεγέθυνσης του αποτελέσματος (Magnitude of Effect-MoE). Οι εμπειρογνώμονες και ειδικοί στον τομέα ΥΑΕ μπορούν, σύμφωνα με τους συγγραφείς, να χρησιμοποιήσουν τη λειτουργία του MoE για να ερμηνεύσουν το κατά πόσο μπορεί μια μεταβλητή έκθεσης να επηρεάσει την μεταβλητή

έκβασης, παρόμοια με το λόγο πιθανοτήτων, η οποία μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας εκτιμώμενες παραμέτρους σε μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης (LR). Η σημασία της μελέτης, σύμφωνα με τους συγγραφείς, είναι ότι μπορεί να εξαλείψει μία από τις αδυναμίες του μοντέλου ANN και να το καταστήσει περισσότερο εφαρμόσιμο στον τομέα ΥΑΕ.

Η μελέτη των Beriha et al. (2012) [49] αποσκοπούσε στην αξιολόγηση των αντιλήψεων των στελεχών ΥΑΕ σχετικά με τα εφαρμοζόμενα πρότυπα στις ινδικές βιομηχανίες, την κατανόηση των επιπέδων εφαρμογής και τον εντοπισμό των σχετικών ελλείψεων. Σε αυτή τη μελέτη, οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν την ανάλυση παραγόντων για την ανάπτυξη ενός μέσου που είναι υπεύθυνο για την αξιολόγηση των προτύπων ΥΑΕ σε τρεις μεγάλους βιομηχανικούς τομείς μέσω μιας ευρείας έρευνας ερωτηματολογίου. Λαμβάνοντας υπόψη τη μη γραμμική σχέση ατυχήματος ή υλικών ζημιών και μεταβλητών εισόδου, υιοθετήθηκε προσέγγιση νευρωνικών δικτύων για την πραγματοποίηση της ανάλυσης ευαισθησίας και τον εντοπισμό σημαντικών ελλειμματικών στοιχείων, ενώ διεξήχθη ανάλυση διερευνητικών παραγόντων σχετικά με τις απαντήσεις στο σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο (προέκυψαν συνολικά 9 παράγοντες με 23 στοιχεία). Ως αποτέλεσμα, οι συγγραφείς αναφέρουν πως, με δεδομένο ότι τα νευρωνικά δίκτυα είναι ικανά να μιμούνται τη διαδικασία της ανθρώπινης γνωστικής συμπεριφοράς, ο μηχανισμός αντιλήψεων των στελεχών ΥΑΕ μπορεί εύκολα να μοντελοποιηθεί μέσω νευρωνικών δικτύων. Επίσης, προσδιορίστηκαν στοιχεία που παρουσιάζουν ελλείμματα κατά τομέα και προτάθηκαν στρατηγικές για τη βελτίωσή τους. Η μελέτη προσφέρει σύμφωνα με τους συγγραφείς νέες κατευθυντήριες οδηγίες για τους ερευνητές προκειμένου να σχεδιάσουν μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία που στοχεύει στη μείωση των κινδύνων ΥΑΕ.

### **5.1.3.3 Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα (Convolutional Neural Networks-CNNs)**

Από τους Fang et al. (2018) [50] αναπτύχθηκε ένα βελτιωμένο περιφερειακό συνελικτικό νευρωνικό δίκτυο (IFaster Regional-CNN) ώστε να χρησιμοποιηθεί για την αυτόματη ανίχνευση της παρουσίας εξοπλισμού βαρέως τύπου σε πραγματικό χρόνο όσον αφορά εργαζόμενους και τέτοιου είδους εξοπλισμό σε εργοτάξια. Η μελέτη περιλάμβανε τη δημιουργία συνόλου δεδομένων εργαζομένων και εξοπλισμού βαρέως τύπου για την εκπαίδευση του CNN, την εξαγωγή χαρτών χαρακτηριστικών από εικόνες, την εξαγωγή μιας

πρότασης περιοχής από τους χάρτες χαρακτηριστικών και την αναγνώριση εξοπλισμού βαρέως τύπου. Για να αξιολογηθεί η ικανότητα του μοντέλου να ανιχνεύει τέτοιου είδους εξοπλισμό – μηχανήματα έργου σε πραγματικό χρόνο, δημιουργήθηκε ένα συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων για την εκπαίδευση των μοντέλων IFaster R-CNN για ανίχνευση εργαζομένων και μηχανημάτων έργου (π.χ. εκσκαφέας). Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι το IFaster R-CNN είναι σε θέση να ανιχνεύσει την παρουσία εργαζομένων και εκσκαφέων με υψηλό επίπεδο ακρίβειας (91% και 95%). Οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι η ακρίβεια της προτεινόμενης μεθόδου εκμάθησης εις βάθος (deep learning) υπερβαίνει την ακρίβεια των σύγχρονων περιγραφικών μεθόδων που αφορούν την ανίχνευση συγκεκριμένων αντικειμένων σε εικόνες.

Οι Ding et al. (2018) [51] ανέπτυξαν ένα νέο υβριδικό μοντέλο εκμάθησης εις βάθος που ενσωματώνει ένα συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο και μια μακρο-βραχυπρόθεσμη μνήμη (Long Short-Term Memory-LSTM) που αναγνωρίζει αυτόματα μη ασφαλείς εργασιακές συμπεριφορές. Το προτεινόμενο μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σύμφωνα με τους συγγραφείς για τον εντοπισμό ανασφαλών ενεργειών, τη συλλογή δεδομένων κίνησης και βίντεο τοποθεσίας, την εξαγωγή των οπτικών χαρακτηριστικών από τα βίντεο χρησιμοποιώντας μοντέλο CNN και την αλληλουχία των χαρακτηριστικών μάθησης που επιτρέπονται από τη χρήση μοντέλων LSTM. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, προέκυψε πως το υβριδικό μοντέλο (CNN + LSTM) που αναπτύχθηκε, είναι σε θέση να ανιχνεύσει με ακρίβεια τις ασφαλείς / ανασφαλείς ενέργειες που πραγματοποιούνται από τους εργαζόμενους στο χώρο εργασίας, με την ακρίβεια του μοντέλου να υπερτερεί σύμφωνα με τους συγγραφείς των τρεχουσών περιγραφικών μεθόδων για την ανίχνευση σημείων ενδιαφέροντος σε εικόνες.

Ο στόχος της μελέτης των Yang et al. (2019) [52] ήταν να προτείνει ένα διάγραμμα διάγνωσης σφαλμάτων, όσον αφορά το χειρισμό μηχανημάτων, που συνδυάζεται με την ιεραρχική συμβολική ανάλυση (Hierarchical Symbolic Analysis - HSA) και το μοντέλο CNN, το οποίο επιτυγχάνει εξοικονόμηση εργασίας και χρόνου για την προκαταρκτική εξαγωγή χαρακτηριστικών και αυτόματη εκμάθηση χαρακτηριστικών με απλοποιημένη αρχιτεκτονική δικτύου. Τα εξαγόμενα χαρακτηριστικά ήταν σε θέση να προσδιορίσουν διαφορετικές συνθήκες ΥΑΕ κάτω από διάφορες συνθήκες λειτουργίας. Στη συνέχεια, το CNN χρησιμοποιήθηκε για την αυτόματη εκμάθηση της σύνθετης μη γραμμικής σχέσης μεταξύ χαρακτηριστικών και συνθηκών ΥΑΕ. Τέλος, υιοθετήθηκε ένα σύνολο δεδομένων για φυγοκεντρικές αντλίες και ένα σύνολο δεδομένων που αφορούν λειτουργία κινητήρα

για να επικυρωθεί η αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης μεθόδου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προτεινόμενη μέθοδος παρουσιάζει ιδιαίτερα ικανοποιητική απόδοση.

#### **5.1.3.4 Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία**

Οι Bao, Johansson και Zhang (2017) [53] δημιούργησαν μια μέθοδο βασισμένη στην ανάλυση λειτουργίας αποτυχίας και επιπτώσεων (Failure Mode and Effects Analysis-FMEA) και σε ένα βελτιωμένο μοντέλο αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας (Analytic Hierarchy Process-AHP) για την αποτελεσματική ανάλυση, τον έλεγχο και την πρόληψη του κινδύνου ΥΑΕ. Από τους συγγραφείς προτείνεται η συνεχής βελτιστοποίηση του μοντέλου σε πραγματικές καταστάσεις.

Από την ίδια ομάδα μελέτης [54] δημιουργήθηκε μια αναλυτική μέθοδος βασισμένη στη διαδικασία της ασαφούς αναλυτικής ιεραρχίας και στο γλωσσικό μοντέλο 2-tuple προκειμένου να εκτιμηθεί διεξοδικά η ικανοποίηση των εργαζομένων από το σύστημα διαχείρισης ΥΑΕ στην εργασία των ορυχείων. Με βάση την καθιέρωση 5 πρωτοβάθμιων και 20 δευτεροβάθμιων δεικτών, αναπτύχθηκε μέθοδος βελτιωμένης αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας και μοντέλο χρονικά διατεταγμένου, σταθμισμένου, τελεστή μέσου όρου (Time - Ordered Weighted Averaging Operator – T-OWA). Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι η ικανοποίηση των εργαζομένων από το σύστημα διαχείρισης ΥΑΕ είναι «γενικής» κατάταξης (καλύπτοντας όλο το εύρος της χρησιμοποιούμενης κλίμακας).

Σκοπός της μελέτης του Podgórski (2015) [55] ήταν να επιδείξει την εφαρμογή της AHP για την επιλογή των βασικών δεικτών απόδοσης (Key Performance Indicators - KPIs) για τη μέτρηση των λειτουργικών επιδόσεων των συστημάτων διαχείρισης ΥΑΕ ανάμεσα σε 109 δείκτες απόδοσης προληπτικής ασφάλειας (Pro - active Safety Performance Indicators-PPIs). Ο συγγραφέας αναφέρει ότι το προτεινόμενο σύνολο KPIs θα πρέπει να προσαρμόζεται στις συγκεκριμένες συνθήκες μιας επιχείρησης, όπως το μέγεθος, ο κλάδος της βιομηχανίας, οι τύποι κινδύνων που υφίστανται ή η ωριμότητα των διαδικασιών διαχείρισης της ΥΑΕ. Σε αυτήν τη μελέτη, όλες οι αναλύσεις AHP πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας το εργαλείο MakeItRational, το οποίο είχε επιλεγεί λόγω της απλότητας της κατασκευής ιεραρχικών μοντέλων και συγκρίσεων. Ως αποτέλεσμα προέκυψε ότι το τελικό σύνολο αποτελείται από 20 κύριους KPIs και 14 εναλλακτικούς. Διευκρινίστηκε από το συγγραφέα ότι οι 14 εναλλακτικοί δείκτες μπορούν να πάρουν τη θέση κάποιων από τους 20 κύριους ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε επιχείρησης, καθώς προέκυψε το συμπέρασμα

ότι ο αριθμός των δεικτών θα πρέπει να είναι 20 κι όχι παραπάνω, αριθμός ο οποίος όμως μπορεί ακόμη να θεωρηθεί μεγάλος.

### **5.1.3.5 Στατιστική Ανάλυση**

Η μελέτη των Mohammadfam et al. (2017) [56] αποσκοπούσε στην αξιολόγηση της απόδοσης του προτύπου 18001 για την Εκτίμηση της ΥΑΕ σε πιστοποιημένες εταιρείες στο Ιράν. Η αξιολόγηση βασίστηκε στη σύγκριση συγκεκριμένων κριτηρίων και δεικτών σχετικά με τις πρακτικές διαχείρισης της υγείας και της ασφάλειας στην εργασία σε τρεις πιστοποιημένες και τρεις μη πιστοποιημένες εταιρείες. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κωδικοποιήθηκαν και αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας λογισμικό SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, Η.Π.Α.). Οι διαφορές στις επιδόσεις της ΥΑΕ μεταξύ των δύο ομάδων (πιστοποιημένες και μη πιστοποιημένες εταιρείες) ελέγχθηκαν χρησιμοποιώντας τη δοκιμή Manne-Whitney U. Τα πορίσματα έδειξαν ότι η απόδοση των πιστοποιημένων εταιρειών σε σχέση με τις πρακτικές διαχείρισης ΥΑΕ ήταν σημαντικά καλύτερη από εκείνη των μη πιστοποιημένων εταιρειών. Προέκυψε πως τα συστήματα διαχείρισης ΥΑΕ διαδραματίζουν σημαντικό στρατηγικό ρόλο στην υγεία και την ασφάλεια στον εργασιακό χώρο.

Οι Ismaila, Akanbi και Olaoniye (2015) [57] πρότειναν ένα μοντέλο για την πρόβλεψη του μέγιστου ρυθμού εκπνευστικής ροής (Peak Expiratory Flow Rate - PEFr) Νιγηριανών εργατών σε εργοστάσιο τσιμέντου. Στη μελέτη συμμετείχαν 60 τυχαία επιλεγμένοι μη καπνιστές και υγιείς εργαζόμενοι (30 σε τμήματα παραγωγής και 30 στο διοικητικό τμήμα του εργοστασίου). Μετρήθηκαν τα σωματικά χαρακτηριστικά τους και η PEFr. Πολλαπλές συσχετίσεις πραγματοποιήθηκαν στα δεδομένα χρησιμοποιώντας το λογισμικό SPSS (έκδοση 16.0). Οι τιμές της PEFr, χρησιμοποιώντας το νέο μοντέλο, συγκρίθηκαν με τις μετρηθείσες τιμές χρησιμοποιώντας  $t$  τεστ. Υπήρξαν θετικές συσχετίσεις μεταξύ ηλικίας, ύψους και PEFr και λήφθηκε μία εξίσωση πρόβλεψης για PEFr με βάση την ηλικία, το ύψος, το βάρος και τα έτη έκθεσης (εμπειρία). Το μοντέλο που αναπτύχθηκε μπορεί σύμφωνα με τους συγγραφείς να είναι χρήσιμο κατά τον προσδιορισμό του PEFr των εργαζομένων στη βιομηχανία τσιμέντου έτσι ώστε να ληφθεί μέριμνα για ενδεχόμενη ιατρική φροντίδα.

Από τους Shin, Gwak και Lee (2015) [58] παρουσιάστηκε ένα μοντέλο που ποσοτικοποιεί τις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών ΥΑΕ (ψευδομεταβλητές) και της ασφαλούς συμπεριφοράς των εργαζομένων (δείκτης) χρησιμοποιώντας στατιστικά

στοιχεία και υποθέσεις που λήφθηκαν από τους εργαζόμενους στην κατασκευαστική βιομηχανία και τη σχετική βιβλιογραφία. Στο πλαίσιο της μελέτης πραγματοποιήθηκε έρευνα με ερωτηματολόγιο σε εργαζόμενους στην κατασκευαστική βιομηχανία στη Νότια Κορέα, με την επεξεργασία των δεδομένων να γίνεται μέσω των λογισμικών SPSS 18.0 και AMOS 18.0. Σύμφωνα με τους συγγραφείς το θεωρητικό μοντέλο που αναπτύχθηκε μπορεί να συνεισφέρει στην πρόβλεψη της ασφαλούς συμπεριφοράς των εργαζομένων σε εργοτάξια.

Από τη μελέτη των Gul et al (2016) [59] επισημαίνεται η ανάγκη διαχείρισης των προβλημάτων ΥΑΕ στον τομέα της βιομηχανίας, με την εξόρυξη γνώσης να μπορεί να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία και χωρίς το συγκεκριμένο πεδίο να έχει αξιοποιηθεί στο βαθμό που πρέπει. Το δείγμα της μελέτης περιλάμβανε 234 περιστατικά από διαφορετικές βιομηχανίες της Τουρκίας, τα οποία ομαδοποιήθηκαν μέσω του αλγορίθμου k-means με τη χρήση του λογισμικού Weka. Μέσω της ομαδοποίησης αναζητήθηκαν συσχετίσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών των εργαζομένων και των εργατικών ατυχημάτων καθώς και αποδοτικά προληπτικά μέτρα στην κατεύθυνση επένδυσης στους ίδιους τους εργαζόμενους. Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της μελέτης η αξιοποίηση τεχνικών εξόρυξης γνώσης στο πεδίο ΥΑΕ μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση των πολιτικών για τη μείωση των εργατικών ατυχημάτων και την προστασία των εργαζομένων από αυτά.

#### **5.1.3.6 Λοιπές Μελέτες**

Οι Colombi, Spallanzani (2006) [60] παρουσίασαν, με αφορμή τον εορτασμό των εκατό ετών από την ίδρυση της Διεθνούς Επιτροπής για την Υγεία στην Εργασία (International Commission on Occupational Health - ICOH), μια νέα ηλεκτρονική εφαρμογή για τη μελέτη της ιστορικής εξέλιξης της Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία (Occupational Health and Safety-OHS) στην επιστημονική κοινότητα: τη βιβλιογραφική βάση δεδομένων ICOH. Αυτή η βάση δεδομένων, με σημαντικό μέγεθος, τόσο σε κάλυψη χρονικής περιόδου όσο και σε υλικό με ευρετήριο, αναπτύχθηκε από το τμήμα της βιβλιοθήκης για την εργασιακή υγεία του Πανεπιστημίου του Μιλάνο με τη βοήθεια εξωτερικών συνεργατών. Περιλαμβάνει όλες τις εργασίες των Τριετών Παγκοσμίων Συνεδρίων που διοργάνωσε η ICOH, από το πρώτο Διεθνές Συνέδριο το οποίο πραγματοποιήθηκε στο Μιλάνο το 1906



και είναι άμεσα διαθέσιμη δωρεάν στην ιστοσελίδα της βιβλιοθήκης: <http://www.cdldevoto.it/icohdb>.

Ο στόχος της μελέτης των Daramola et al. (2013) [61] ήταν να παρουσιάσει μια προσέγγιση για την αναγνώριση του επαγγελματικού κινδύνου βάσει των απαιτήσεων και της ανάλυσης ΥΑΕ. Ζητούμενο ήταν η επίτευξη μείωσης του κόστους της ανάλυσης ΥΑΕ με τη χρήση καθιερωμένων μεθοδολογιών - τεχνικών, όπως η οντολογία, η αιτιολογία βάσει περιπτώσεων (Case Based Reasoning - CBR) και η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing - NLP). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσέγγιση επιτρέπει την αξιοποίηση της εμπειρίας στη διεξαγωγή ανάλυσης ΥΑΕ, παρέχοντας μια ικανοποιητική βάση για την έγκαιρη αναγνώριση του επαγγελματικού κινδύνου.

Ο Podgóski (2015) [62] σε συνέχεια προαναφερόμενης μελέτης ανέπτυξε και επικύρωσε μια μέθοδο βασισμένη σε KPIs και ένα φιλικό προς το χρήστη «εργαλείο» λογισμικού για τη μέτρηση της απόδοσης συστήματος διαχείρισης ΥΑΕ. Οι KPIs επιτρέπουν, σύμφωνα με το συγγραφέα, στους διαχειριστές να μετρούν καθημερινά τις λειτουργικές επιδόσεις του συστήματος διαχείρισης ΥΑΕ. Επίσης, επικυρώθηκε μια μέθοδος για την ιεράρχηση των PPIs που εφαρμόζονται για τη μέτρηση των λειτουργικών επιδόσεων των συστημάτων διαχείρισης για την ασφάλεια των εργαζομένων. Η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί, σύμφωνα με το συγγραφέα, να υιοθετηθεί από τις επιχειρήσεις για τον προσδιορισμό των δικών τους συνόλων KPIs, τα οποία θα είναι καλύτερα προσαρμοσμένα στις ειδικές τους συνθήκες.

Η μελέτη των Zhang et al. (2019) [63] αποσκοπούσε στην καλύτερη κατανόηση των συστημικών παραγόντων που σχετίζονται με τα ατυχήματα στις εργασίες ανθρακωρυχείων και στη διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ των παραγόντων που συμβάλλουν σε όλα τα επίπεδα του συστήματος. 24 πολύ σοβαρά ατυχήματα ανθρακωρυχείων που σημειώθηκαν στην Κίνα από το 1997 έως το 2011 αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το σύστημα ανάλυσης και ταξινόμησης των ανθρώπινων παραγόντων (Human Factors Analysis and Classification System-HFACS). Τα εμπειρικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η συχνότητα των μη ασφαλών συμπεριφορών, οι ανεπαρκείς κανονισμοί λειτουργίας και η αποτυχία να διορθωθούν οι κρυμμένοι κίνδυνοι ήταν τα υψηλότερα μεταξύ 5 επιπέδων, 14 κατηγοριών και 48 δεικτών, αντίστοιχα. Σύμφωνα με τους συγγραφείς οι στατιστικά σημαντικές σχέσεις που αναδείχθηκαν αποτελούν σημεία που χρήζουν περαιτέρω έρευνας για τη μείωση – αποτροπή των ατυχημάτων στο συγκεκριμένο τομέα.

Από τους Birgonul et al. (2016) [64] αναπτύχθηκε ένα σύστημα βασισμένο σε κανόνες για τον ποσοτικό προσδιορισμό των σφαλμάτων στα ατυχήματα από πτώση σε κατασκευές, με την ονομασία DsSafe. Ο στόχος της ανάπτυξης του συγκεκριμένου συστήματος ήταν η μείωση της υποκειμενικότητας στις εκθέσεις των εμπειρογνομόνων. Εξετάστηκαν 84 εκθέσεις επιθεώρησης – διερεύνησης ατυχημάτων από πτώση σε κατασκευές στην Τουρκία. Χρησιμοποιώντας αυτές τις πληροφορίες, σχεδιάστηκε και υποβλήθηκε σε εμπειρογνώμονες ένα έντυπο αξιολόγησης. Οι εμπειρογνώμονες κλήθηκαν να αξιολογήσουν το επίπεδο σπουδαιότητας των παραγόντων που διέπουν τα ατυχήματα από πτώση και να καθορίσουν τα ποσοστά σφαλμάτων σε διαφορετικά σενάρια. Με βάση τις εκτιμήσεις των εμπειρογνομόνων, αναπτύχθηκε ένα σύστημα βασισμένο σε κανόνες. Η ακρίβεια και η αξιοπιστία του DsSafe ελέγχθηκαν με πραγματικά δεδομένα και εξάχθηκε το συμπέρασμα ότι το DsSafe δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Οι Kosala και Stepień (2016) [65] παρουσίασαν ένα σύστημα για την επαλήθευση δύο δεικτών που προτείνονται για την αξιολόγηση της συνεχούς ηχητικής ρύπανσης στα λατομεία. Αυτοί οι δείκτες, μαζί με τον δείκτη της ηχητικής ισχύος των μηχανών και τον δείκτη κινδύνου θορύβου στο σταθμό εργασίας, αποτελούν στοιχεία του παγκόσμιου δείκτη εκτίμησης κινδύνου θορύβου στο εργασιακό περιβάλλον ενός λατομείου. Η μελέτη αυτή παρουσίασε τα αποτελέσματα ακουστικών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν σε λατομείο ανδεσίτη. Διερευνήθηκε ο θόρυβος που παράγεται από μηχανές και από εκτελούμενα έργα ανατίναξης. Με βάση τις ακουστικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε πραγματικές συνθήκες, προσδιορίστηκαν τα επίπεδα ηχητικής ισχύος των μηχανών και του φαινομένου της έκρηξης. Στη συνέχεια, με βάση τα αποτελέσματα αναπτύχθηκαν τρισδιάστατα μοντέλα διάδοσης ακουστικού θορύβου στο λατομείο μέσω του λογισμικού SoundPlan. Μέσω του συγκεκριμένου συστήματος μπορεί σύμφωνα με τους συγγραφείς να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων - μέτρων για την αντιμετώπιση του θορύβου από μηχανές και εξοπλισμό που λειτουργούν στο λατομείο.

Ο σκοπός της μελέτης του Korban (2015) [66] ήταν η εφαρμογή της μεθοδολογίας Management Evaluation Regarding Itemized Tendencies (MERIT) στο πλαίσιο διαχείρισης ΥΑΕ. Τα συστήματα διαχείρισης ΥΑΕ εφαρμόζουν τις επιθεωρήσεις ως αναπόσπαστο στοιχείο προκειμένου να επαληθεύσουν εάν οι αναληφθείσες δράσεις είναι σύμφωνες με τους ισχύοντες κανονισμούς, εάν εφαρμόζονται με κατάλληλο τρόπο και εάν είναι αποτελεσματικές. Το σύστημα εφαρμόστηκε στον τομέα της μεταλλευτικής βιομηχανίας στην Πολωνία και αφορούσε τη διεξαγωγή επιθεωρήσεων βασισμένων στη μελέτη MERIT,

με το μαθηματικό μοντέλο που προέκυψε να μπορεί να διευκολύνει τον προσδιορισμό σχετικών δεικτών αξιολόγησης για κάθε ένα από τα εκτιμώμενα προβληματικά πεδία διαχείρισης και κατ' επέκταση των αντίστοιχων διορθωτικών μέτρων.

Οι Ziaei et al. (2017) [67] εκτίμησαν τον κίνδυνο μυοσκελετικής καταπόνησης λόγω χειρωνακτικής διακίνησης φορτίων (σάκων ζάχαρης). Η μελέτη αυτή διεξήχθη σε άνδρες εργαζόμενους σε αποθήκη εργοστασίου παραγωγής ζάχαρης. Χρησιμοποιήθηκε το «εργαλείο» για την ταχεία αξιολόγηση των άνω άκρων (Rapid Upper Limb Assessment-RULA) για τη δημιουργία της υποβοηθούμενης από υπολογιστή τρισδιάστατης διαδραστικής εφαρμογής. Οι τελικές βαθμολογίες του RULA υπολογίστηκαν ότι είναι 7 και 3 πριν και μετά τον εικονικό επανασχεδιασμό, αντίστοιχα. Οι κύριοι παράγοντες κινδύνου ήταν το μεγάλο βάρος και ο ανεπαρκής έλεγχος των σάκων ζάχαρης. Ο εικονικός επανασχεδιασμός μπορεί σύμφωνα με τους συγγραφείς να μειώσει τις κάμψεις και τις στρέψεις, και ως εκ τούτου κάποιες προκύπτουσες δυνάμεις και ροπές, με αποτέλεσμα να συμβάλει έτσι στη μείωση της μυοσκελετικής καταπόνησης λόγω χειρωνακτικής διακίνησης φορτίων.

Η μελέτη των Torode, Abaei και Gholamnia (2016) [68] στόχευε στη σύγκριση της σύγχρονης μεθόδου ανάλυσης λειτουργικού συντονισμού (Functional Resonance Analysis Method-FRAM) με την παραδοσιακή ανάλυση δένδρων σφαλμάτων (Fault Tree Analysis-FTA), όσον αφορά στην εκτίμηση των κινδύνων ενός σύνθετου συστήματος. Η βασική διαπίστωση ήταν ότι η συνδυασμένη εφαρμογή των FTA και FRAM κατά τη διάρκεια της εκτίμησης κινδύνου θα μπορούσε να προσφέρει προοπτικές βελτίωσης και να συμβάλει στην πληρέστερη κατανόηση ενός συμβάντος - ατυχήματος.

Από τους Sadeghi et al. (2017) [69] σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε ένα «εργαλείο» για τη δόμηση, την αξιοποίηση και την προσπελασιμότητα των πληροφοριών και των συμπερασμάτων από ατυχήματα που αφορούν μηχανήματα, με την ονομασία TEEXMA® SAFETY. Αυτό το εργαλείο παρέχει, σύμφωνα με τους συγγραφείς, ένα σύστημα διαχείρισης πληροφοριών για τη διευκόλυνση της συλλογής δεδομένων, την οργάνωση, την αναζήτηση, την ανάλυση και την αναφορά ατυχημάτων. Μια προκαθορισμένη ενότητα ανάκτησης πληροφοριών παρέχει εύκολη πρόσβαση σε δεδομένα που επιτρέπουν στο χρήστη να εντοπίζει γρήγορα τους πιθανούς κινδύνους για συγκεκριμένα μηχανήματα και παρέχει πληροφορίες σχετικά με την πηγή των κινδύνων. Το εργαλείο απευθύνεται, σύμφωνα με τους συγγραφείς, κυρίως στο προσωπικό ΥΑΕ, τους υπεύθυνους συμπλήρωσης

αναφορών ατυχημάτων και τους σχεδιαστές - κατασκευαστές. Το προτεινόμενο μοντέλο δεδομένων αναπτύχθηκε με την ανάλυση διαφορετικών αναφορών ατυχημάτων.

Οι Zadry, Dawal και Taha (2016) [70] ανέπτυξαν στατιστικά μοντέλα για την πρόβλεψη των μυϊκών και διανοητικών δραστηριοτήτων κατά τις επαναλαμβανόμενες εργασίες ακριβείας. Για τη μέτρηση των μυϊκών δραστηριοτήτων χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρομυογραφία (με τη χρήση επιφανειακών ηλεκτροδίων σε οκτώ μύες των άνω άκρων), ενώ για την καταγραφή των διανοητικών δραστηριοτήτων χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτροεγκεφαλογραφία (έξι δίαυλοι). Στη μελέτη συμμετείχαν δεκατέσσερις φοιτητές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μυϊκές και διανοητικές δραστηριότητες αυξάνονται για όλες τις εργασίες, υποδεικνύοντας την εμφάνιση μυϊκής και διανοητικής κόπωσης. Βρέθηκε μια γραμμική σχέση μεταξύ της μυϊκής δραστηριότητας, της διανοητικής δραστηριότητας και του χρόνου. Τα μοντέλα βρέθηκαν έγκυρα μετά την επικύρωση με τη χρήση άλλων δεδομένων φοιτητών και εργαζομένων. Τα ευρήματα αυτής της μελέτης μπορούν, σύμφωνα με τους συγγραφείς, να συμβάλλουν ως αναφορά για μελλοντικές μελέτες που διερευνούν τη μυϊκή και διανοητική δραστηριότητα και μπορούν να εφαρμοστούν στη βιομηχανία ως κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση της μυϊκής και διανοητικής κόπωσης, ειδικά για τη διαχείριση των ωραρίων εργασίας και της εναλλαγής βαρδιών.

Οι Brandl, Mertens και Schlick (2017) [71] πραγματοποίησαν εργονομική ανάλυση στάσεων εργασίας με τη χρήση του συστήματος ανάλυσης στάσης εργασίας OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) σε εργασία με ημιρυμουλκούμενο, εφαρμόζοντας στρατηγική ατομικής δειγματοληψίας. Το φορτίο στάσης σε εργασία με ημιρυμουλκούμενο αξιολογήθηκε με βάση 20.601 παρατηρήσεις 63 εργαζομένων που εκτελούσαν ένα αντιπροσωπευτικό σύνολο 9 εργασιών. Οι συγγραφείς έδωσαν παραδείγματα διορθωτικών μέτρων που θα μπορούσαν να βελτιώσουν τις άβολες στάσεις εργασίας, μειώνοντας έτσι τη σχετική μυοσκελετική καταπόνηση. Η εφαρμογή μιας στρατηγικής ατομικής δειγματοληψίας ανέδειξε πλεονεκτήματα έναντι μιας συλλογικής στρατηγικής και για το λόγο αυτό συνιστάται από τους συγγραφείς για μελλοντικές εργονομικές αναλύσεις.

Η μελέτη του Çakit (2018) [72] στόχευε στην αξιολόγηση της μυοσκελετικής καταπόνησης κατά τη διάρκεια των εργασιών ανύψωσης και χειρισμού των αποσκευών με το τρισδιάστατο πρόγραμμα πρόβλεψης στατικής δύναμης 3D Static Strength Prediction Program-3DSSPP και την παροχή πρόσθετων αναλύσεων, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο άμεσης αξιολόγησης ολόκληρου του σώματος (Rapid Entire Body Assessment - REBA) και το δείκτη φορτίου εργασίας NASA για την αξιολόγηση του κινδύνου μυοσκελετικής

καταπόνησης που συνδέεται με την εργασία. Τέσσερις υγιείς οδηγοί μηχανημάτων μεταφοράς αποσκευών, γυναίκες, ηλικίας 55 έως 60 ετών παρατηρήθηκαν και ερωτήθηκαν, σε μια προσπάθεια να καθοριστούν τα καθήκοντα που απαιτούνται για την εργασία τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ανύψωση των αποσκευών και η τοποθέτησή τους σε ένα μηχανήμα μεταφοράς αποσκευών εμπειρείχαν υψηλό κίνδυνο για τραυματισμό και πιθανές αλλαγές θα πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω.

Οι Esen et al. (2019) [73] σχεδίασαν ένα σύστημα που προσδιορίζει τις αρνητικές επιπτώσεις της εργασίας βάρδιας και που δίνει προτεραιότητα στη λήψη μέτρων πρόληψης – μείωσης αυτών των επιπτώσεων. Πραγματοποιήθηκε σχετική βιβλιογραφική ανασκόπηση από την οποία προέκυψε ότι η εργασία βάρδιας συνδέεται με δημογραφικές μεταβλητές, υπνηλία και κόπωση, υγεία και ευεξία, κοινωνικές και οικιακές συνθήκες. Αυτές οι παράμετροι αποτέλεσαν τα τμήματα ενός ερωτηματολογίου που σχεδιάστηκε για να επικεντρωθεί σε 26 σημαντικά θέματα που σχετίζονται με την εργασία βάρδιας. Το σύστημα αναπτύχθηκε έτσι ώστε να παρέχει συμβουλές πρόληψης σε ατομικό και οργανωτικό επίπεδο και να δίνει προτεραιότητα σε αυτές τις συμβουλές, χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο διεργασίας ασαφούς αναλυτικής ιεραρχίας. Στο πλαίσιο ανάπτυξης του συστήματος πραγματοποιήθηκε εμπειρική μελέτη 61 εργαζομένων που εργάζονταν σε τρεις κυλιόμενες βάρδιες. Μετά τη διαχείριση των ερωτηματολογίων, τα συλλεχθέντα δεδομένα αναλύθηκαν στατιστικά, και στη συνέχεια στην έξοδο του συστήματος προέκυψαν ατομικές και οργανωτικές συστάσεις για αυτούς τους εργαζόμενους.

Σκοπός της μελέτης των Salvarzi et al. (2018) [74] ήταν η μέτρηση των κρανιακών διαστάσεων ανδρών Ιρανών εργαζομένων που απαιτούνται για το σχεδιασμό του προστατευτικού εξοπλισμού για το πρόσωπο. Σε αυτή τη μελέτη, μετρήθηκαν οι ανθρωπομετρικές διαστάσεις του προσώπου από 50 τυχαία επιλεγμένους Ιρανούς άνδρες εργαζόμενους με τη φωτογραφική μέθοδο και το λογισμικό Digimizer 4.1.1.0. Τελικά, 10 διαστάσεις του προσώπου εξήχθησαν από φωτογραφίες, από τις οποίες προσδιορίστηκαν η μέση τυπική απόκλιση και το 5ο, 50ο και 95ο εκατοστημόριο για κάθε διάσταση, προκειμένου να δημιουργηθεί η σχετική βάση δεδομένων. Τα αποτελέσματα έδειξαν διαφορές σε σχέση με αντίστοιχες βάσεις άλλων εθνών και εθνοτήτων. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, τέτοιου είδους ανθρωπομετρικοί πίνακες θα μπορούσαν να είναι χρήσιμοι για το σχεδιασμό εξοπλισμού προστασίας προσώπου.

Η περιγραφική μελέτη των Eyvazlou et al. (2019) [75] διεξήχθη για να ποσοτικοποιήσει την πιθανότητα ανθρώπινων λαθών σε μια μονάδα παραγωγής γεννητριών  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  στο

Ιράν, με τα λάθη αυτά να μπορεί να οδηγήσουν σε εργατικό ατύχημα. Αρχικά, μέσω συνεντεύξεων ειδικών, αναλύθηκε η παραγωγική διαδικασία της γεννήτριας  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  χρησιμοποιώντας ιεραρχική ανάλυση εργασιών. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η τυποποιημένη μέθοδος ανάλυσης κινδύνου-ανθρώπου (Standardized Plant Analysis Risk-Human - SPAR-H) για τον υπολογισμό της πιθανότητας ανθρώπινου σφάλματος. Είκοσι καθήκοντα προσδιορίστηκαν χρησιμοποιώντας HTA και οκτώ συντελεστές διαμόρφωσης επιδόσεων (Performance Shaping Factors - PSFs) αξιολογήθηκαν για τις εργασίες. Η μέση πιθανότητα ανθρώπινου σφάλματος ήταν 0.320. Η υψηλότερη και η χαμηλότερη πιθανότητα ανθρώπινου σφάλματος στη διαδικασία παραγωγής γεννήτριας  $^{99}\text{Mo} / ^{99\text{m}}\text{Tc}$ , που σχετίζονται με την εργασία «φόρτωσης της γεννήτριας με το διάλυμα του μολυβδαινίου» και την εργασία «έκλυσης γεννήτριας», ήταν 0.858 και 0.059 αντίστοιχα. Στα συμπεράσματα της εργασίας προτάθηκαν μέτρα για τη μείωση της πιθανότητας ανθρώπινου σφάλματος (Human Error Probability - HEP).

Από τους Milanowicz και Kedzior (2016) [76] δημιουργήθηκε μοντέλο πολλαπλών σωματιδίων του ανθρώπινου άνω άκρου για προσομοίωση καταγμάτων μέσω του λογισμικού MADYMO R7.5, με το συγκεκριμένο μοντέλο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκτίμηση κινδύνου στην ανάλυση των εργατικών ατυχημάτων πεζών ή με τη χρήση αυτοκινήτου.

Οι Mard et al. (2017) [77] εκτίμησαν τον επαγγελματικό κίνδυνο στον κατασκευαστικό κλάδο στο Ιράν, χρησιμοποιώντας συνδυασμό ιεραρχικής ανάλυσης και ασαφούς θεωρίας. Οι κύριες αιτίες των εργατικών ατυχημάτων στον τομέα αυτό εντοπίστηκαν και αναλύθηκαν βάσει τριών παραγόντων: τη σοβαρότητα, τον εντοπισμό και την ύπαρξη σχετικού συμβάντος - περιστατικού. Με βάση το εάν οι κίνδυνοι είναι υψηλής ή χαμηλής κλίμακας, προτάθηκαν μέτρα για τη μείωσή τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι κίνδυνοι υψηλής κλίμακας με την εφαρμογή των συγκεκριμένων μέτρων θα μπορούσαν να μειωθούν σε ποσοστό 40%.

Ο Lind (2018) [78] ανέπτυξε ένα «εργαλείο» υποστήριξης των επαγγελματιών ΥΑΕ ειδικότερα όσον αφορά στην εκτίμηση και τη διαχείριση των κινδύνων των λειτουργιών ώθησης και έλξης στις βιομηχανίες κατασκευής και εφοδιαστικής. Το εργαλείο βασίστηκε σε μια εξίσωση εννέα συντελεστών που περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα παραγόντων που επηρεάζουν τον κίνδυνο και την υγεία του χειριστή στην ώθηση και την έλξη. Αυτοί οι συντελεστές βασίστηκαν σε ψυχοφυσικές, φυσιολογικές και βιομηχανικές μελέτες, σε συνδυασμό με κρίσεις από μια ομάδα εμπειρογνομόνων. Προκειμένου να εξεταστεί η δυνατότητα χρήσης, περισσότεροι από 50 επαγγελματίες ΥΑΕ συμμετείχαν στην ανάπτυξη

του εργαλείου. Μια αξιολόγηση από 22 ειδικούς στον τομέα της εργονομίας υποστήριξε ότι το εργαλείο ώθησης / έλξης είναι γενικά φιλικό προς το χρήστη.

Η μελέτη των Hwang et al. (2015) [79] αποσκοπούσε στην αξιοποίηση ενός συστήματος πληροφορικής για την ενίσχυση της ΥΑΕ σε ένα μολυσμένο περιορισμένο χώρο. Με την ενσωμάτωση της ασύρματης τεχνολογίας, το σύστημα παρακολουθεί αυτόματα την κατάσταση των εργαζομένων στο χώρο και κατά την ανίχνευση ανωμαλιών – αποκλίσεων ενημερώνονται οι υπεύθυνοι. Το σύστημα, με μια επανακαθορισμένη τυποποιημένη διαδικασία λειτουργίας, λειτούργησε ικανοποιητικά σε ένα από τα διυλιστήρια της Formosa Petrochemical Corporation. Τα στοιχεία έδειξαν ότι, μετά την ανάπτυξη, το σύστημα βελτιώνει το επίπεδο ασφάλειας με την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των εργαζομένων και με τη σωστή διαχείριση και τον έλεγχο των ανωμαλιών – αποκλίσεων. Επομένως, αυτή η αρχιτεκτονική μπορεί, σύμφωνα με τους συγγραφείς, να εφαρμοστεί σε παρόμοια σενάρια για τη βελτίωση της ΥΑΕ.

Οι Allahyari, Samani και Khalkhali (2017) [80] στόχευαν στην εκτίμηση της αξιοπιστίας του Microsoft Kinect έναντι ενός ηλεκτρογωνιομέτρου για μετρήσεις γωνίας αυχένα, με τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης να μπορούν να αξιοποιηθούν για μετρήσεις στάσεις σε εργασιακό περιβάλλον. Δημιουργήθηκε ειδικό λογισμικό για τον υπολογισμό της γωνίας αυχένα με βάση τα δεδομένα παρακολούθησης σκελετού Kinect. Οι γωνίες του αυχένα μετρήθηκαν ταυτόχρονα με το ηλεκτρογωνιόμετρο και το λογισμικό σε 10 εθελοντές. Τα αποτελέσματα καταγράφηκαν σε μοίρες και μετρήθηκε επίσης ο χρόνος που απαιτείται για κάθε μέθοδο. Υπήρξε μέτρια έως άριστη συμφωνία μεταξύ της μεθόδου που βασίζεται στο Kinect και του ηλεκτρογωνιομέτρου. Η βασισμένη στο Kinect μέτρηση ήταν πολύ πιο γρήγορη και απαιτούσε μικρότερο εξοπλισμό, αλλά η ακριβής μέτρηση με το Microsoft Kinect ήταν δυνατή μόνο αν ο συμμετέχων βρισκόταν στο οπτικό πεδίο του οργάνου.

Οι Budziszewski et al. (2016) [81] παρουσίασαν μια μέθοδο προσαρμογής των σταθμών εργασίας για εργαζόμενους με κινητική αναπηρία χρησιμοποιώντας τεχνικές προσομοίωσης ηλεκτρονικών υπολογιστών και εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality-VR). Ως παράδειγμα χρησιμοποιήθηκε ένας σταθμός εργασίας για τον ακονισμό των επιφανειών ελατηρίου ο οποίος ρυθμίστηκε για δύο άτομα με ένα δεξιό άνω άκρο με ειδικές ανάγκες. Η μελέτη περιλάμβανε δύο στάδια. Στο πρώτο, χρησιμοποιήθηκε ένα ανθρώπινο μοντέλο υπολογιστή με οπτικοποίηση της μέγιστης προσέγγισης του βραχίονα και του επιθυμητού χώρου εργασίας. Στο δεύτερο στάδιο χρησιμοποιήθηκε ένα περιβάλλον εμβάθυνσης VR για

την αξιολόγηση του εικονικού σταθμού εργασίας και για την προσθήκη περαιτέρω τροποποιήσεων. Όλες οι τροποποιήσεις αξιολογήθηκαν με τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας της εργασίας και του αριθμού των μετακινήσεων. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η προσομοίωση ηλεκτρονικού υπολογιστή για να καθοριστεί εάν ένας εργαζόμενος με αναπηρία θα μπορούσε να έχει πρόσβαση σε όλους τους σημαντικούς τομείς ενός σταθμού εργασίας και να προτείνει τις απαραίτητες τροποποιήσεις.

Ο στόχος της μελέτης των Bonnetterre, Bicout και De Gaudemaris (2012) [82] ήταν να συγκριθούν οι δείκτες συνάφειας ως προς την ανίχνευση δυνητικά νέων συνδέσμων ασθένειας - έκθεσης στη βάση δεδομένων του Γαλλικού Εθνικού Δικτύου Εποπτείας και Πρόληψης των επαγγελματικών ασθενειών (National Occupational Diseases Surveillance and Prevention Network-RNV3P). Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την περίοδο 2001-2009 από το RNV3P (81.132 παρατηρήσεις που οδηγούν σε 11.627 συνδέσμους ασθένειας - έκθεσης). Αναλύθηκαν 7 δείκτες και συγκρίθηκαν οι τιμές τους, ιδίως όσον αφορά την κατάταξη των συνδέσμων ασθένειας-έκθεσης. Οι μέθοδοι Frequentist, Proportional Reporting Ratio-PRR (αναλογικός λόγος αναφορών) και Reporting Odds Ratio-ROR (πιθανοτικός λόγος αναφορών) επέδειξαν παρόμοια συμπεριφορά.

Από τους Tjoe-Nij et al. (2017) [83] περιγράφηκε ένα απλό στη χρήση και αξιόπιστο εργαλείο εκτίμησης που ονομάζεται εκτίμηση κρίσιμης έκθεσης στην εργασία (Critical Task Exposure Screening - CTES) και αναπτύχθηκε από μια εταιρεία χημικών. Το εργαλείο αξιολογεί, σύμφωνα με τους συγγραφείς, εάν η έκθεση σε ένα χημικό για μια εργασία είναι πιθανό να είναι εντός αποδεκτών επιπέδων. Το CTES είναι ένα εργαλείο βασισμένο στο Microsoft Excel, όπου ο βαθμός κινδύνου εισπνοής υπολογίζεται συνδέοντας την εκτίμηση έκθεσης με το αντίστοιχο όριο επαγγελματικής έκθεσης (Occupational Exposure Limit - OEL) ή με το εύρος επαγγελματικής έκθεσης (Occupational Exposure Band - OEB). Το CTES απαιτεί, σύμφωνα με τους συγγραφείς μικρό αριθμό εισόδων. Τα τοξικολογικά δεδομένα, συμπεριλαμβανομένων των OELs και των OEBs, διαβάζονται από μια βάση δεδομένων. Μόλις επιλεγεί η ουσία, ο χρήστης καθορίζει τη συγκέντρωσή του και στη συνέχεια επιλέγει την περιγραφή της εργασίας και τη διάρκειά της. Το CTES έχει τρεις εξόδους που μπορούν να ενεργοποιήσουν την παρακολούθηση: βαθμολογία κινδύνου εισπνοής, ταυτοποίηση του κινδύνου του δέρματος για τοπικές και συστηματικές ανεπιθύμητες ενέργειες και κατάσταση για καρκινογόνες, μεταλλαξιογόνες ή τοξικές επιδράσεις. Το εργαλείο σύμφωνα με τους συγγραφείς, παρέχει έναν αποτελεσματικό τρόπο



για την ταχεία εκτίμηση εργασιών ως προς τον κίνδυνο χρήσης χημικών ουσιών και μπορεί να αξιοποιηθεί ως πρώτο στάδιο σε πιο σύνθετους αλγορίθμους μηχανικής μάθησης.

Οι Jallon, Imbeau και De Marcellis-Warin (2011) [84] χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο δύο επιπέδων για τον υπολογισμό των έμμεσων δαπανών, χρησιμοποιώντας χαρτογράφηση διαδικασιών για την ανταπόκριση ενός οργανισμού σε ένα εργατικό ατύχημα. Το μοντέλο βασίστηκε σε δεδομένα που συλλέχθηκαν από συνεντεύξεις με τους υπαλλήλους που είναι αρμόδιοι για την υγεία και την ασφάλεια στην εργασία σε 10 εταιρείες διαφόρων μεγεθών, σε διάφορους τομείς της βιομηχανίας. Η προσέγγιση επέτρεπε τον εύκολο εντοπισμό της διάρκειας και της συχνότητας των ενεργειών που λαμβάνουν τα ενδιαφερόμενα μέρη όταν συμβεί ένα ατύχημα στο χώρο εργασίας, διευκόλυνε τη συλλογή των πληροφοριών που απαιτούνται για τον υπολογισμό του έμμεσου κόστους και απέδιδε ένα ακριβές αποτέλεσμα. Μια απλή γραφική απεικόνιση των διαδικασιών ενός ατυχήματος βοήθησε το χρήστη να κατανοήσει τα στοιχεία κόστους κάθε ατυχήματος, επιτρέποντας τον εντοπισμό και τη μείωση των ανεπαρκειών - ασυνεχειών στη συνολική διαδικασία.

Σκοπός των Ambrose et al. (2005) [85] ήταν να αναπτύξουν ένα τρισδιάστατο μοντέλο υπολογιστή που χρησιμοποιεί εικονικό λογισμικό ανθρώπινης προσομοίωσης ως το κύριο μέσο συλλογής δεδομένων επαφής, όταν ο κινητός βραχίονας κόσκινου οροφής αγγίζει το χέρι, το κεφάλι ή το πόδι του χειριστή σε υπόγεια ανθρακωρυχεία. Η ανάλυση δεδομένων της προσομοίωσης του κόσκινου οροφής δείχνει ότι η ταχύτητα του κινητού βραχίονα είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για τον προσδιορισμό του κινδύνου επαφής ενός χειριστή. Ανεξάρτητα από άλλες μεταβλητές, τα συμβάντα λόγω επαφής ήταν πάντοτε σοβαρότερα όταν ο βραχίονας είχε κατεύθυνση προς τα πάνω. Ο λόγος για τον οποίο το άτομο βιώνει περισσότερες επαφές όταν ο βραχίονας κινείται προς τα πάνω και όχι προς τα κάτω είναι ότι οι πιο επικίνδυνες συμπεριφορές εμφανίζονται κατά τη διάτρηση και το βίδωμα όταν ο βραχίονας ανυψώνεται. Επίσης, με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, οι μεγαλύτερες από 13 in/sec ταχύτητες του βραχίονα οδηγούν σε σημαντική αύξηση του κινδύνου για την επαφή του χειριστή με το κόσκινο οροφής. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν για τη διατύπωση συστάσεων σχετικά με το σχεδιασμό μηχανών και τις διαδικασίες εργασίας, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα τραυματισμών των χειριστών κοσκίνων οροφής λόγω της επαφής με τον κινητό βραχίονα του μηχανήματος.

Οι Probst et al. (2019) [86] παρουσίασαν την ανάπτυξη ενός νέου εργαλείου αξιολόγησης του κλίματος ΥΑΕ (Safety Climate Assessment Tool - S-CAT). Το S-CAT παρέχει, σύμφωνα με τους συγγραφείς, στις εταιρείες τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν

περιγραφικούς δείκτες, αντί για τις παραδοσιακές απαντήσεις κλίμακας Likert, για να αυτο-αξιολογούν το επίπεδο του κλίματος ΥΑΕ. Το S-CAT αποτελείται από 37 ξεχωριστούς δείκτες των 8 παραγόντων του κλίματος ΥΑΕ που εντοπίστηκαν από τους ειδικούς του τομέα των κατασκευών, με την έξοδο του συστήματος να περιλαμβάνει 5 επίπεδα (από «απρόσεκτη» έως «υποδειγματική»). Η αξιολόγηση της εγκυρότητας έγινε μέσω έρευνας με δείγμα 985 εργαζομένων στον κατασκευαστικό κλάδο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το S-CAT μπορεί να αποτελέσει ένα αξιόπιστο εργαλείο για την ενίσχυση της ΥΑΕ στον κατασκευαστικό κλάδο.

Οι Jacinto et al. (2011) [87] περιέγραψαν τη διαδικασία καταγραφής, διερεύνησης και ανάλυσης των ατυχημάτων στην εργασία (Recording, Investigation and Analysis of Accidents at Work - RIAAT) και παρουσίασαν την εφαρμογή της σε ένα πραγματικό ατύχημα. Η διαδικασία αποτελεί, σύμφωνα με τους συγγραφείς, μια ολιστική προσέγγιση για την αντιμετώπιση των πληροφοριών σχετικά με τα επαγγελματικά ατυχήματα και ως τέτοια, συγχωνεύει τα διάφορα «κομμάτια» και «τμήματα» των παραδοσιακών προσεγγίσεων σε μια ξεχωριστή «ενιαία διαδικασία». Αυτή η διαδικασία προορίζεται, σύμφωνα με τους συγγραφείς, για εφαρμογή σε μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις και οι κύριοι χρήστες στους οποίους στοχεύει (target group) είναι επαγγελματίες στον τομέα ΥΑΕ. Το αναλυτικό πλαίσιο περιλαμβάνει ένα μοντέλο αιτιών ατυχημάτων, το οποίο διευκολύνει την εφαρμογή. Η μεθοδολογία για την ανάπτυξη της διαδικασίας βασίστηκε σε εμπειρικό και θεωρητικό άξονα, με τρεις βασικές κατηγορίες: τον προσδιορισμό των υφιστάμενων ορθών πρακτικών, τις νομικές απαιτήσεις για τους εργοδότες και ένα επιστημονικό υπόβαθρο της μοντελοποίησης ατυχημάτων, με βάση προσεγγίσεις ερευνητών στο συγκεκριμένο τομέα. Το εργαλείο υιοθετήθηκε ως συνήθης διαδικασία σε μερικούς οργανισμούς κατά τη διάρκεια του 2010. Ορισμένοι άλλοι οργανισμοί το χρησιμοποίησαν σε δοκιμαστική βάση.

Η μελέτη των Kim et al. (2011) [88] αποσκοπούσε στην ανάλυση της επίδρασης 19 τύπων μηχανημάτων και εξοπλισμού που παράγουν θόρυβο ως παράγοντα κινδύνου στους χώρους εργασίας και την εμφάνιση απώλειας ακοής προκαλούμενης από θόρυβο (Noise-Induced Hearing Loss - NIHL) με βάση μια εθνική έρευνα του 2009 για τα εργασιακά περιβάλλοντα. Μέσω αυτής της ανάλυσης, δημιουργήθηκε μια σειρά στατιστικών μοντέλων με στόχο την παρουσίαση των χαρακτηριστικών κινδύνου για τα επίπεδα θορύβου στην εργασία σε ένα εργοτάξιο. Βρέθηκε ότι οι αεροσυμπιεστές και οι μηχανές λείανσης ήρθαν πρώτοι και δεύτερες αντίστοιχα στο πλήθος των εγκατεστημένων μηχανημάτων και

εξοπλισμού που παράγουν θόρυβο. Ωστόσο, δεν υπήρχε άμεση σχέση μεταξύ του θορύβου στο χώρο εργασίας και του NIHL μεταξύ των εργαζομένων, δεδομένου ότι ο εξοπλισμός ελέγχου του θορύβου και τα μέσα – διατάξεις προστασίας είχαν τεθεί σε εφαρμογή. Με την ανάπτυξη ενός μοντέλου λογιστικής παλινδρόμησης και ενός νευρωνικού δικτύου, τα στατιστικά μοντέλα ρυθμίστηκαν για να προσδιορίσουν την επίδραση των μηχανημάτων και του εξοπλισμού που παράγουν θόρυβο στα επίπεδα θορύβου στο χώρο εργασίας και την εμφάνιση NIHL, έτσι ώστε το σύστημα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προληπτικούς λόγους.

Οι Zhao et al. (2018) [89] επισήμαναν τη σκοπιμότητα ανάπτυξης μοντέλων μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη της βλάβης της ακοής σε ανθρώπους εκτεθειμένους σε περίπλοκο μη κανονικής κατανομής βιομηχανικό θόρυβο. Τα δεδομένα ακουομετρίας και έκθεσης στο θόρυβο συλλέχθηκαν από έναν πληθυσμό εξεταζόμενων εργαζομένων ( $N = 1.113$ ) από 17 εργοστάσια που βρίσκονται στην επαρχία Zhejiang της Κίνας. Όλοι οι εργαζόμενοι εκτέθηκαν σε περίπλοκο θόρυβο (από πλευράς διαφορετικότητας πηγών και εντάσεων). Κάθε άτομο εξετάστηκε μέσω ακουογράμματος και η ενδεχόμενη βλάβη ακοής αξιολογήθηκε σύμφωνα με τον ορισμό του Εθνικού Ινστιτούτου Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας. Η ηλικία, η διάρκεια έκθεσης, το ισοδύναμο Α-σταθμισμένο επίπεδο ηχητικής πίεσης (Sound Pressure Level - SPL) ( $L_{Aeq}$ ) και η μέση κώφωση χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι για τέσσερις αλγορίθμους μηχανικής μάθησης, μηχανή υποστήριξης διανύσματος, νευρωνικό δίκτυο perceptron πολλαπλών στρώσεων, τυχαίο διάγραμμα δέντρων απόφασης και αλγόριθμο προσαρμοστικής ώθησης. Αναπτύχθηκαν μοντέλα ταξινόμησης και παλινδρόμησης για να προβλέψουν την απώλεια ακοής που προκαλείται από βιομηχανικό θόρυβο. Για να αξιολογηθούν οι επιδόσεις των μοντέλων ταξινόμησης χρησιμοποιήθηκαν δύο δείκτες, η περιοχή κάτω από την καμπύλη και η ακρίβεια πρόβλεψης. Η τετραγωνική ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος χρησιμοποιήθηκε για να ποσοτικοποιήσει την απόδοση πρόβλεψης των μοντέλων παλινδρόμησης. Με ακρίβεια προβλέψεων μεταξύ 78.6 και 80.1%, προέκυψε ότι τα τέσσερα μοντέλα ταξινόμησης θα μπορούσαν να είναι χρήσιμα εργαλεία για την εκτίμηση της βλάβης της ακοής των εργαζομένων.

Από τους Kaassis και Badri (2018) [90] αναπτύχθηκε μια βάση δεικτών κατάλληλων για την αξιολόγηση της ωριμότητας στη διαχείριση κινδύνων ΥΑΕ στις μικρές και μεσαίες βιομηχανικές επιχειρήσεις. Στη συνέχεια προτάθηκε ένα προκαταρκτικό μοντέλο για την αξιολόγηση αυτή, βάσει ενός μικρού αριθμού σχετικών δεικτών που επιλέχθηκαν από

αντίστοιχη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Αρχικά πραγματοποιήθηκε μια κριτική επισκόπηση της βιβλιογραφίας και ανάλυση των γνωστών εννοιών, μεθόδων, εργαλείων και μοντέλων μέτρησης της ανάλυσης κινδύνου, προκειμένου να εξαχθούν σχετικοί δείκτες. Οι πλέον κατάλληλοι δείκτες ομαδοποιήθηκαν στη συνέχεια για να αποτελέσουν τη βάση ενός προκαταρκτικού μοντέλου για την αξιολόγηση της διαχείρισης του κινδύνου ΥΑΕ στο πλαίσιο των μικρών και μεσαίων επιχειρήσεων. Τα ευρήματα θα βοηθήσουν, σύμφωνα με τους συγγραφείς, τα στελέχη των μικρομεσαίων επιχειρήσεων να λάβουν σωστές αποφάσεις στην προσπάθειά τους να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους όσον αφορά την ΥΑΕ στις επιχειρήσεις τους.

Οι Comberti et al. (2018) [91] επισήμαναν τη μεθοδολογία SKM (Self-Organizing Map K-Means), ένα σύστημα ομαδοποίησης δύο επιπέδων το οποίο αποτελείται από αυτο-οργανωτικό χάρτη και ομαδοποίηση K means, μέσω της ανάλυσης ενός μεγαλύτερου συνόλου δεδομένων με περισσότερα από 4000 εργατικά ατυχήματα που συνέβησαν στο Πεδεμόντιο (Ιταλία), μεταξύ 2006 και 2013. Η ομάδα μελέτης διαχώρισε τα ατυχήματα σε ομάδες διαφορετικών δυναμικών και ποσοτικοποίησε τη σοβαρότητα και τη συχνότητα εμφάνισής τους. Οι πληροφορίες που εξάχθηκαν μπορούν, σύμφωνα με τους συγγραφείς, να βοηθήσουν τα στελέχη εταιρειών και τους φορείς ΥΑΕ να προσδιορίσουν καλύτερα τα προληπτικά μέτρα και τις πολιτικές που αφορούν τις ομάδες που έχουν χαρακτηριστεί ως υψηλού κινδύνου.

Από τους Ivascu και Cioca (2019) [92] εκτιμήθηκαν εργατικά ατυχήματα ανά τομέα δραστηριότητας και αναπτύχθηκε μοντέλο έρευνας σε πλαίσιο πρόληψης και ελέγχου. Για την έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που ελήφθησαν από το Ρουμανικό Εθνικό Ινστιτούτο Στατιστικής (National Institute of Statistics - NIS), την Επιθεώρηση Εργασίας στη Ρουμανία και τη βάση δεδομένων Eurostat της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Οι αξιολογήσεις των δεδομένων διεξήχθησαν για την ΕΕ και τη Ρουμανία. Επιπλέον, διεξήχθησαν δοκιμές T και ανάλυση διακύμανσης (Analysis of Variance Analysis-ANOVA) για τον προσδιορισμό των σχέσεων μεταξύ του δείκτη συχνότητας των θανατηφόρων και των μη θανατηφόρων ατυχημάτων και των επιλεγμένων κατηγοριών. Στο τέλος της μελέτης, αξιολογήθηκε η κατάσταση των εργατικών ατυχημάτων στη Ρουμανία και τη Βουλγαρία, δύο κράτη μέλη της ΕΕ, στους τομείς της γεωργίας, της δασοκομίας και της αλιείας, της μεταποίησης, των κατασκευών, των μεταφορών και της αποθήκευσης. Τα αποτελέσματα της μελέτης μπορούν να αξιοποιηθούν σε αλγόριθμους μηχανικούς μάθησης προκειμένου να βοηθήσουν περαιτέρω στη χάραξη σχετικών στρατηγικών.

Από τους Sanmiquel et al (2018) [93] διεξήχθη σχετική ανάλυση στον τομέα των λατομείων με τη χρήση δεδομένων εργατικών ατυχημάτων που έλαβαν χώρα στην Ισπανία στο συγκεκριμένο τομέα για την περίοδο (2005-2015). Η ανάλυση έγινε μέσω του λογισμικού Weka και μέσω τεχνικών εξόρυξης γνώσης (κανόνες συσχέτισης και δέντρα απόφασης). Αναζητήθηκαν κανόνες συσχέτισης μέσω δύο διαφορετικών σεναρίων, ατυχήματα στην επιφάνεια (Scenario I;  $n = 28;894$ ) και ατυχήματα στο υπέδαφος (Scenario II;  $n = 27.140$ ). Όσον αφορά στη χρήση δέντρων απόφασης, χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος J48 αποδίδοντας ένα ποσοστό ορθής ταξινόμησης της τάξης του 77.4% για το Scenario I και 70.6% για το Scenario II (με το δείγμα ελέγχου να αποτελεί το 10% του αρχικού δείγματος). Από τους κανόνες συσχέτισης προέκυψε πως η περισσότερο σημαντική αιτία των ατυχημάτων είναι η υπερβολική φυσική προσπάθεια και η υπερκόπωση. Συμπερασματικά, προέκυψε πως οι τεχνικές εξόρυξης δεδομένων μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο «εργαλείο» ανάλυσης των εργατικών ατυχημάτων σε επίπεδο αιτιών.

Στη μελέτη των Yadav et al. (2018) [94] επισημαίνεται η σημασία του εργασιακού άγχους τόσο για την απόδοση του εργαζομένου όσο και για την ίδια του τη ζωή, με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας να του αποδίδει χαρακτηριστικά επιδημίας του σύγχρονου τρόπου ζωής. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο Occupational Stress Index (12 ενότητες με 46 μεταβλητές εκφρασμένες σε κλίμακα Likert) με 500 ερωτηματολόγια να αποτελούν το σύνολο του δείγματος. Στο πλαίσιο καλύτερης διαχείρισης του εργασιακού άγχους εφαρμόστηκαν τεχνικές εξόρυξης γνώσης (μηχανή διανυσμάτων υποστήριξης, TNA, δέντρο απόφασης και τυχαίο δάσος) με την εκπαίδευση και τον έλεγχο να γίνεται μέσω της μεθόδου 10-fold cross-validation. Το προτεινόμενο μοντέλο επέδειξε ακρίβεια 60%, ευαισθησία 80% και ειδικότητα 60%.

Στη μελέτη των Barros et al. (2018) [95] επισημαίνεται η σημασία της μυοσκελετικής καταπόνησης για την απόδοση των εργαζομένων στον τομέα της βιομηχανίας πετρελαίου, γεγονός που αναγνωρίζεται και από τον επίσημο φορέα κοινωνικής ασφάλισης της Βραζιλίας με σχετικές στατιστικές του 2016 να καταδεικνύουν την πόνο στην πλάτη-μέση ως τη βασική αιτία αναρρωτικών αδειών. Στο πλαίσιο καλύτερης διαχείρισης της εργασίας για την αποφυγή της μυοσκελετικής καταπόνησης στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τα δέντρα απόφασης (αλγόριθμός J48) ως τεχνική ταξινόμησης. Στο επίπεδο των αιτιών αναδείχθηκαν προβλήματα όπως λανθασμένες στάσεις και θέσεις εργασίας, έλλειψη εκπαίδευσης στο χειρισμό εξοπλισμού και στη διακίνηση φορτίων.

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας των προαναφερόμενων μελετών σχετικά με εφαρμογές υπολογιστικών μεθόδων και μηχανικής μάθησης για συστήματα ΥΑΕ.

**Πίνακας 5.2:** Συγκεντρωτικός πίνακας των προαναφερόμενων μελετών σχετικά με εφαρμογές εξόρυξης γνώσης για συστήματα ΥΑΕ

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Chan et al. (2018) [27]	Ατυχήματα στην επισκευή και συντήρηση ηλεκτρικών και μηχανικών εγκαταστάσεων	155 επαγγελματίες ηλεκτρικών και μηχανικών εγκαταστάσεων	Ερωτηματολόγιο έρευνας, BN	Το BN μπορεί να βοηθήσει στη χάραξη αποτελεσματικότερης στρατηγικής
Martín et al. (2017) [28]	Πρόληψη των επαγγελματικών κινδύνων	Βάση δεδομένων που περιλαμβάνει περιπτώσεις όπου δε συνέβη ατύχημα	Βάση δεδομένων, BN	Επισήμανση συσχέτισης και αιτιώδους συνάφειας μεταξύ της οργάνωσης της εργασίας και του κινδύνου ατυχημάτων
Ahn, Hur και Jung (2018) [29]	Μυοσκελετικές διαταραχές (WMSDs)	50.007 Κορεάτες εργαζόμενοι	BN	Τα εργασιακά χαρακτηριστικά επηρεάζουν τη συχνότητα εμφάνισης των WMSDs
Bertke et al. (2012) [30]	Αξιώσεις αποζημίωσης των εργαζομένων	Αποζημιώσεις εργαζομένων για εργατικά ατυχήματα	Naive BN	Επισήμανση συσχέτισης αιτιών και αξιώσεων αποζημίωσης των εργαζομένων λόγω STF ή MSD
Nanda et al. (2016) [31]	Κωδικοποίηση δεδομένων εργατικών ατυχημάτων	Δεδομένα εργατικών ατυχημάτων	BN	Έγκαιρη και έγκυρη κωδικοποίηση των δεδομένων εργατικών ατυχημάτων
Ghasemi et al. (2017) [32]	Προγνωστικό μοντέλο μη ασφαλούς συμπεριφοράς	Διάφορα εργοτάξια	Ερωτηματολόγιο, TNA, ανάλυση ευαισθησίας	Ενθαρρυντικά αποτελέσματα απόδοσης, με δύσκολη όμως την επίτευξη ενός μοντέλου με τέλειες επιδόσεις
Soltanzadeh et al. (2016) [33]	Ανάλυση των αιτιών για τη σοβαρότητα των ατυχημάτων στις κατασκευαστικές βιομηχανίες	500 εργατικά ατυχήματα	TNA, Matlab R 2014	Το TNA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση και την πρόβλεψη των αιτιών των βιομηχανικών ατυχημάτων

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Ceylan (2014) [34]	Εκτίμηση των εργατικών ατυχημάτων σε εθνική κλίμακα στην Τουρκία	Δεδομένα περιόδου 1970-2012	TND	Το αποτέλεσμα συγκρίθηκε με τις πραγματικές τιμές και θεωρήθηκε ότι το σύστημα είναι εφαρμόσιμο για το σκοπό αυτό
Yi και Chan (2015) [35]	Μοντέλο για την πρόβλεψη της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων στον κατασκευαστικό τομέα	6 εργοτάξια στο Χονγκ Κονγκ	TND	Αξιόπιστη πρόβλεψη της φυσικής κατάστασης και της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων
Gajbhiye, Waghmare και Parikh (2016) [36]	Συσχέτιση των παραγόντων που ευθύνονται για τα βιομηχανικά ατυχήματα με τη σοβαρότητα των ατυχημάτων	Μελέτες για τη βιομηχανική ασφάλεια	TND, Matlab	Παρουσιάστηκε δυναμικό ελαχιστοποίησης των βιομηχανικών ατυχημάτων
Adedeji et al. (2014) [96]	Διεπαφή για την προσομοίωση του κόστους που δαπανήθηκε σε ορισμένες παρεμβάσεις ΥΑΕ σε σχέση με τον αντίστοιχο αριθμό ατυχημάτων	Κατασκευαστικές βιομηχανίες	TND	Ορθή προσομοίωση προϋπολογισμών για τις πιο συνήθεις παρεμβάσεις ασφάλειας και τον αναμενόμενο αριθμό ατυχημάτων
Goh και Chua (2013) [38]	Έλεγχος συστήματος διαχείρισης ΥΑΕ	Δεδομένα ατυχημάτων από την κατασκευαστική βιομηχανία της Σιγκαπούρης	TND	Το σύστημα μπορεί να συμβάλει στη μείωση της σοβαρότητας και της συχνότητας εμφάνισης ατυχημάτων σε κατασκευαστικά εργοτάξια



<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Patel και Jha (2014) [39]	Αξιολόγηση και πρόβλεψη κλίματος ΥΑΕ σε κατασκευαστικά έργα	250 εργαζόμενοι (Ινδία)	Ερωτηματολόγιο, ΤΝΔ	Χρήσιμο μοντέλο για την αξιολόγηση και την πρόβλεψη του κλίματος ΥΑΕ στην κατασκευαστική βιομηχανία
Abubakar et al. (2018) [40]	Μοντέλο για την αλληλεπίδραση του κλίματος ΥΑΕ με τα εργατικά ατυχήματα	306 εργαζόμενοι στη βιομηχανία χύτευσης μετάλλων στην κεντρική Ανατολία	ΤΝΔ	Πολύπλοκη σχέση μεταξύ του κλίματος ΥΑΕ, της ασφαλούς συμπεριφοράς και των εργατικών ατυχημάτων
Jain et al. (2019) [41]	Πρόβλεψη της δύναμης έλξης στο πλαίσιο αντιμετώπισης της μυοσκελετικής καταπόνησης	200 εργαζόμενοι	Συγκριτική έρευνα των μοντέλων ANNs και παλινδρόμησης	Τα ΤΝΔ αποτελούν μια αποδοτική εναλλακτική των μεθόδων παλινδρόμησης
Somers, Birnbaum και Casal (2018) [42]	Δοκιμή ενός μη γραμμικού μοντέλου ψυχολογικής ευεξίας στην εργασία	Επόπτες εργασίας και εργαζόμενοι	ΤΝΔ και παλινδρόμηση	Τα ΤΝΔ παρουσίασαν σημαντικά βελτιωμένη απόδοση έναντι της παλινδρόμησης
Ung et al. (2006) [44]	Μοντέλο πρόβλεψης επαγγελματικού κινδύνου	Ναυσιπλοΐα εντός των λιμενικών περιοχών	ΤΝΔ, ασαφής λογική	Προέκυψε ένα ευέλικτο πλαίσιο μοντελοποίησης επαγγελματικού κινδύνου με αυξημένη χρησιμότητα
Liu, Kumagai και Lee (2003) [45]	Βελτίωση της ασφάλειας και της ποιότητας των γεωτρήσεων	Γεωτρήσεις	Ηλεκτρονικοί αισθητήρες δύναμης κοπής και ΤΝΔ	Το ηλεκτρονικό σύστημα ανίχνευσης που αναπτύχθηκε ήταν αποδοτικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περίπλοκα περιβάλλοντα κατασκευής

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Mohammadfam et al. (2015) [97]	Μοντελοποίηση της σοβαρότητας των εργατικών ατυχημάτων	10 μεγάλες βιομηχανίες κατασκευών (2005-2014)	TNΔ, RSES, MATLAB 2014	Αξιόπιστο εργαλείο για ανάλυση και μοντελοποίηση της σοβαρότητας των εργατικών συμβάντων - ατυχημάτων
Novin, Givenchi και Hoveidi (2016) [47]	Εκτίμηση των κινδύνων από το βενζόλιο	Εργοστάσιο Παραγωγής Καυσίμων (Ιράν) κατά τα έτη 2013-2014	Ασαφής λογική, TNΔ	Ευέλικτο και αξιόπιστο μοντέλο για μοντελοποίηση του επαγγελματικού κινδύνου για το συγκεκριμένο πεδίο εργασιών
Moayed και Shell (2010) [43]	Συσχέτιση μεταξύ έκθεσης και μεταβλητών πιθανής έκβασης για διάφορες συνθήκες ΥΑΕ	Εργάτες στον κατασκευαστικό κλάδο	Ερωτηματολόγιο, μοντέλα LR και ANNs	Τα μοντέλα ANNs παρουσίασαν σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα από τα μοντέλα LR
Moayed και Shell (2010) [48]	Συσχέτιση μεταξύ έκθεσης και μεταβλητών πιθανής έκβασης για διάφορες συνθήκες ΥΑΕ	Εμπειρογνώμονες και ειδικοί της ΥΑΕ	Ερωτηματολόγιο, μοντέλα LR και ANNs	Εφαρμόσιμο μοντέλο στον τομέα της ΥΑΕ για το εκάστοτε πεδίο εργασιών
Beraha et al. (2012) [49]	Αξιολόγηση των αντιλήψεων των στελεχών ΥΑΕ σχετικά με τα πρότυπα για την ΥΑΕ	3 μεγάλοι βιομηχανικοί τομείς στην Ινδία	Ερωτηματολόγιο, TNΔ, ανάλυση διερευνητικών παραγόντων	Ο μηχανισμός αντιλήψεων των στελεχών ΥΑΕ μπορεί να μοντελοποιηθεί μέσω νευρωνικών δικτύων
Fang et al. (2018) [50]	Αυτόματη ανίχνευση της παρουσίας αντικειμένων σε πραγματικό χρόνο όσον αφορά εργαζόμενους και εξοπλισμό βαρέως τύπου σε εργοτάξια στο πλαίσιο ΥΑΕ	Κατασκευαστική βιομηχανία	IFaster R-CNN	Το IFaster R-CNN είναι σε θέση να ανιχνεύσει την παρουσία εργαζομένων και μηχανημάτων έργου με υψηλό επίπεδο ακρίβειας (91% και 95%)

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Ding et al. (2018) [51]	Μη ασφαλείς πρακτικές εργασίας	Κατασκευαστική βιομηχανία	CNN	Το μοντέλο είναι σε θέση να ανιχνεύσει με ακρίβεια τις μη ασφαλείς πρακτικές εργασίας
Yang et al. (2019) [52]	Διάγραμμα διάγνωσης σφαλμάτων στο πλαίσιο ΥΑΕ	Χειρισμός μηχανημάτων	AHP, CNN	Η προτεινόμενη μέθοδος παρουσιάζει ιδιαίτερα ικανοποιητική απόδοση
Bao, Johansson και Zhang (2017) [53]	Ανάλυση, έλεγχος και πρόληψη του επαγγελματικού κινδύνου	Μεταλλευτική βιομηχανία στα νοτιοδυτικά της επαρχίας Hubei	Ερωτηματολόγιο, AHP	Η μέθοδος αυτή μπορεί να ενσωματωθεί στη διαδικασία πρόληψης στον τομέα ΥΑΕ
Bao, Johansson και Zhang (2017) [54]	Εκτίμηση της ικανοποίησης των εργαζομένων από το σύστημα διαχείρισης ΥΑΕ	Ορυχεία	AHP, γλωσσικό μοντέλο 2-tuple	Η ικανοποίηση των εργαζομένων από το σύστημα διαχείρισης ΥΑΕ των ορυχείων ταξινομήθηκε σε διάφορες κατηγορίες
Podgórski (2015) [55]	Επιλογή KPIs για τη μέτρηση των λειτουργικών επιδόσεων των συστημάτων ΥΑΕ	Βιομηχανία	Αναλύσεις AHP με το εργαλείο MakeItRational	Το τελικό σύνολο αποτελείται από 20 κύριους KPIs και 14 εναλλακτικούς
Mohammadfam et al. (2017) [56]	Αξιολόγηση της απόδοσης του προτύπου 18001 για την εκτίμηση της ΥΑΕ σε πιστοποιημένες εταιρείες	Τρεις πιστοποιημένες και τρεις μη πιστοποιημένες εταιρείες στο Ιράν	SPSS 16.0, δοκιμή Manne-Whitney U	Οι εταιρείες που είχαν το πρότυπο 18001 είχαν καλύτερο επίπεδο ΥΑΕ
Ismaila, Akanbi και Olaoniye (2015) [57]	Πρόβλεψη του μέγιστου ρυθμού εκπνευστικής ροής (PEFR) στο πλαίσιο	60 τυχαία επιλεγμένοι μη καπνιστές και υγιείς Νιγηριανοί εργαζόμενοι	SPSS 16.0, t test	Το μοντέλο που αναπτύχθηκε θα είναι χρήσιμο για τη διαχείριση κατά τον προσδιορισμό του PEFR των εργαζομένων

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Shin, Gwak και Lee (2015) [58]	διαχείρισης του συγκεκριμένου κινδύνου Μοντέλο που ποσοτικοποιεί τις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ ΥΑΕ και συμπεριφοράς εργαζομένων	σε εργοστάσιο τσιμέντου Εργαζόμενοι στην κατασκευαστική βιομηχανία	Ερωτηματολόγιο, ανάλυση παραγόντων - μοντελοποίηση, SPSS 18.0 και AMOS 18.0	στη βιομηχανία τσιμέντου για ενδεχόμενη λήψη μέτρων Ανάπτυξη θεωρητικού μοντέλου που προβλέπει μη ασφαλείς εργασιακές πρακτικές
Colombi, Spallanzani (2006) [60]	Νέα ηλεκτρονική εφαρμογή για τη μελέτη της ιστορικής εξέλιξης της ΥΑΕ στην επιστημονική κοινότητα	ΥΑΕ	Βιβλιογραφική βάση δεδομένων ICOH	Περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες των Τριετών Παγκοσμίων Συνεδρίων που διοργάνωσε η ICOH, από το πρώτο Διεθνές Συνέδριο (1906)
Daramola et al. (2013) [98]	Αναγνώριση και εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου βάσει εμπειρίας	ΥΑΕ	Οντολογία, CBR, NLP	Η προσέγγιση επιτρέπει την αξιοποίηση της εμπειρίας στη διεξαγωγή ανάλυσης ΥΑΕ με τεχνολογίες που μειώνουν το κόστος ανάλυσης
Podgórski (2015) [62]	Μέτρηση της απόδοσης του συστήματος διαχείρισης της ΥΑΕ βασισμένο σε KPIs	ΥΑΕ	AHP, KPIs, PPIs,	Η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να υιοθετηθεί από τις επιχειρήσεις για τον προσδιορισμό των δικών τους συνόλων KPIs
Zhang et al. (2019) [63]	Κατανόηση των συστημικών παραγόντων που σχετίζονται με τα ατυχήματα ανθρακωρυχείων	24 πολύ σοβαρά εργατικά ατυχήματα ανθρακωρυχείων στην Κίνα (1997-2011)	HFACS, Θεωρία Πιθανοτήτων	Πρόέκυψαν διάφορες στατιστικά σημαντικές μεταβλητές μεταξύ των εξεταζόμενων παραγόντων οι οποίες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαχείριση ΥΑΕ

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Birgonul et al. (2016) [64]	Σύστημα για τον προσδιορισμό των σφαλμάτων στα εργατικά ατυχήματα από πτώση σε κατασκευές	84 εκθέσεις επιθεώρησης που εκπονήθηκαν στην Τουρκία	Έντυπο αξιολόγησης, DsSafe	Το DsSafe δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα όσον αφορά στην ακρίβεια και την αξιοπιστία
Kosała και Stepień (2016) [65]	Αξιολόγηση κινδύνου λόγω θορύβου	Λατομείο ανδεσίτη	Ακουστικές μετρήσεις, Λογισμικό SoundPlan	Χρησιμοποιώντας το δείκτη συνεχούς θορύβου, μπορεί να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα παρεμβάσεων για την αντιμετώπιση του θορύβου από τον εξοπλισμό λατομείου
Korban (2015) [66]	Εφαρμογή της μελέτης MERIT στη διαχείριση ΥΑΕ	Μεταλλευτική βιομηχανία στην Πολωνία	Μαθηματικό μοντέλο για τον προσδιορισμό των δεικτών αξιολόγησης, ανάλυση ευαισθησίας	Οι συγκεκριμένοι δείκτες αξιολόγησης μπορούν να βοηθήσουν στον προσδιορισμό των διορθωτικών μέτρων – παρεμβάσεων στον τομέα ΥΑΕ
Ziaei et al. (2017) [67]	Εκτίμηση του κινδύνου μυοσκελετικής καταπόνησης λόγω χειρωνακτικής διακίνησης φορτίων	Άνδρες εργαζόμενοι σε αποθήκη εργοστασίου παραγωγής ζάχαρης	RULA, τρισδιάστατη διαδραστική εφαρμογή	Ο εικονικός επανασχεδιασμός της εργασίας μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της μυοσκελετικής καταπόνησης
Toroody, Abaei και Gholamnia (2016) [68]	Εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου και κατανόηση αιτιών συμβάντος - ατυχήματος	ΥΑΕ	FRAM, FTA	Η συνδυασμένη εφαρμογή των FTA και FRAM κατά την εκτίμηση κινδύνου θα μπορούσε να συμβάλει στην πληρέστερη κατανόηση ενός συμβάντος - ατυχήματος

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Sadeghi et al. (2017) [69]	Δόμηση, αξιοποίηση και προσπελασιμότητα πληροφοριών από ατυχήματα που αφορούν μηχανήματα	Αναφορές Ατυχημάτων	TEEXMA® SAFETY,	Διευκόλυνση της συλλογής δεδομένων, της οργάνωσης, της αναζήτησης, της ανάλυσης και της αναφοράς ατυχημάτων
Zadry, Dawal και Taha (2016) [70]	Πρόβλεψη καταπόνησης σε επαναλαμβανόμενες εργασίες ακρίβειας	14 φοιτητές	Ηλεκτρομυογραφία, ηλεκτροεγκεφαλογραφία, στατιστικά μοντέλα	Οι μυϊκές και διανοητικές δραστηριότητες αυξάνονται για όλες τις εργασίες, υποδεικνύοντας την εμφάνιση μυϊκής και διανοητικής κόπωσης
Brandl, Mertens και Schlick (2017) [71]	Εργονομική ανάλυση στάσεων εργασίας	20.601 παρατηρήσεις 63 εργαζομένων (εργασία με ημιρυμουλκούμενο)	Ovako OWAS	Προέκυψαν διορθωτικά μέτρα – παρεμβάσεις ως προς την καταπόνηση από άβολες στάσεις εργασίας
Çakit (2018) [72]	Αξιολόγηση της μυοσκελετικής καταπόνησης σε εργασίες ανύψωσης και χειρισμού αποσκευών	4 υγιείς γυναίκες οδηγοί μηχανημάτων μεταφοράς αποσκευών, ηλικίας 55 έως 60 ετών	3DSSPP, REBA, δείκτης φορτίου εργασίας NASA	Υφίσταται υψηλή πιθανότητα εργατικού ατυχήματος κατά τη συγκεκριμένη εργασία
Esen et al. (2019) [73]	Σύστημα που προσδιορίζει τις αρνητικές επιπτώσεις της εργασίας βάρδιας	61 εργαζόμενοι που εργάζονται σε τρεις κυλιόμενες βάρδιες	AHP, ερωτηματολόγιο,	Το σύστημα οδήγησε σε ατομικές και οργανωτικές συστάσεις για μείωση των αρνητικών επιπτώσεων
Salvarzi et al. (2018) [74]	Μέτρηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών για το σχεδιασμό προστατευτικού εξοπλισμού για το πρόσωπο	50 τυχαία επιλεγμένοι Ιρανοί άνδρες εργαζόμενοι	Digimizer 4.1.1.0	Οι ανθρωπομετρικοί πίνακες θα μπορούσαν να είναι χρήσιμοι για το σχεδιασμό εξοπλισμού μέσω προστασίας προσώπου

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Eyvazlou et al. (2019) [75]	Πιθανότητα ανθρώπινων λαθών σε μια μονάδα παραγωγής	Μονάδα παραγωγής γεννητριών (Ιράν)	AHP, τυποποιημένη μέθοδος ανάλυσης κινδύνου - σφάλματος	Προτάθηκαν απαιτούμενα μέτρα για τη μείωση της πιθανότητας ανθρώπινου σφάλματος
Milanowicz και Kedzior (2016) [76]	Μοντέλο ανθρώπινου άνω άκρου για προσομοίωση τραυματισμών	Ατυχήματα στην εργασία	MADYMO R7.5	Αξιολόγηση σοβαρότητας πιθανών τραυματισμών
Mard et al. (2017) [77]	Εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου	Κατασκευαστικός κλάδος στο Ιράν	Ασαφής Λογική	Με βάση το εάν οι κίνδυνοι είναι υψηλής ή χαμηλής προτεραιότητας, προτάθηκαν τροποποιήσεις για τη μείωση των επαγγελματικών κινδύνων
Lind (2018) [78]	Εκτίμηση και διαχείριση των κινδύνων μυοσκελετικής καταπόνησης λόγω εργασιών ώθησης και έλξης	Βιομηχανίες κατασκευής και εφοδιαστικής αλυσίδας	Ανάπτυξη μαθηματικού εργαλείου με εξίσωση εννέα παραγόντων	Το εργαλείο ώθησης / έλξης που αναπτύχθηκε είναι γενικά φιλικό προς το χρήστη
Hwang et al. (2015) [79]	Σύστημα πληροφορικής για την ενίσχυση της ΥΑΕ σε ένα μολυσμένο περιορισμένο χώρο	Διυλιστήριο	Ενσωμάτωση της ασύρματης τεχνολογίας, επανακαθορισμένη τυποποιημένη διαδικασία λειτουργίας	Το σύστημα βελτιώνει το επίπεδο ΥΑΕ με την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των εργαζομένων και με τη σωστή διαχείριση και τον έλεγχο των ανωμαλιών – αποκλίσεων από ασφαλείς πρακτικές εργασίας
Allahyari, Samani και Khalkhali (2017) [80]	Εκτίμηση της αξιοπιστίας του Microsoft Kinect έναντι ενός ηλεκτρογωνιομέτρου	10 εθελοντές	Ειδικό πρόγραμμα λογισμικού για τον υπολογισμό της γωνίας αυχένα, Microsoft Kinect	Η μέτρηση βασισμένη στο Kinect ήταν πολύ πιο γρήγορη και απαιτούσε μικρότερο εξοπλισμό, αλλά η ακριβής μέτρηση με το

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Budziszewski et al. (2016) [81]	για μετρήσεις γωνίας αυχένα στο πλαίσιο ΥΑΕ Μέθοδος προσαρμογής των σταθμών εργασίας για εργαζόμενους με κινητική αναπηρία	2 άτομα με ένα δεξιό άνω άκρο με ειδικές ανάγκες σε σταθμό εργασίας για τον ακονισμό των επιφανειών ελατηρίου	Τεχνικές προσομοίωσης ηλεκτρονικών υπολογιστών και εικονικής πραγματικότητας (VR)	Microsoft Kinect ήταν δυνατή μόνο αν ο συμμετέχων βρισκόταν στο οπτικό του πεδίο Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η προσομοίωση ηλεκτρονικού υπολογιστή για να καθοριστεί εάν ένας εργαζόμενος με αναπηρία θα μπορούσε να έχει πρόσβαση σε όλους τους σημαντικούς τομείς ενός σταθμού εργασίας, προτείνοντας τις απαραίτητες τροποποιήσεις
Bonnetterre, Bicout και De Gaudemaris (2012) [82]	Ανίχνευση δυνητικά νέων συνδέσεων επαγγελματικής ασθένειας – έκθεσης σε συγκεκριμένους παράγοντες	Βάση δεδομένων του RNV3P (2001-2009)	Frequentist (αναλογικός λόγος αναφορών (PRR), πιθανοτικός λόγος αναφορών (ROR))	Προτείνεται μια διαδικασία ανίχνευσης δυνητικά νέων συνδέσεων επαγγελματικής ασθένειας – έκθεσης σε συγκεκριμένους παράγοντες
Tjoe-Nij et al. (2017) [83]	Εκτίμηση Επαγγελματικού Κινδύνου	Βιομηχανίες με πιθανότητα έκθεσης σε επικίνδυνες ουσίες	Βάση δεδομένων, εργαλείο εκτίμησης CTES	Το εργαλείο παρέχει έναν αποτελεσματικό τρόπο εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου και λήψης μέτρων αντιμετώπισης του
Jallon, Imbeau και De Marcellis-Warin (2011) [84]	Υπολογισμός των έμμεσων δαπανών ενός εργατικού ατυχήματος	Στελέχη ΥΑΕ σε 10 εταιρείες διαφόρων μεγεθών σε διάφορους τομείς της βιομηχανίας	Μοντέλο δύο επιπέδων, χαρτογράφηση, γραφική απεικόνιση	Προέκυψε αυξημένη χρησιμότητα του συγκεκριμένου «εργαλείου»
Ambrose et al. (2005) [85]	Μέσο συλλογής δεδομένων επαφής όταν ο κινητός βραχίονας του κοσκίνου οροφής αγγίζει το χέρι, το	Υπόγεια ανθρακωρυχεία	Τρισδιάστατο μοντέλο υπολογιστή που χρησιμοποιεί λογισμικό	Αυξημένη χρησιμότητα για τη διατύπωση συστάσεων σχετικά με το σχεδιασμό μηχανών και τις διαδικασίες εργασίας, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα τραυματισμών των



<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
	κεφάλι ή το πόδι του χειριστή σε υπόγεια ανθρακωρυχεία		ανθρώπινης προσομοίωσης	χειριστών κοσκίνων οροφής λόγω της επαφής με τον κινητό βραχίονα του αντίστοιχου μηχανήματος
Probst et al. (2019) [86]	Κλίμα – Συνθήκες ΥΑΕ	985 εργαζόμενοι στον κατασκευαστικό κλάδο	Εργαλείο αξιολόγησης (S-CAT)	Οι εταιρείες θα μπορούν να χρησιμοποιούν τους περιγραφικούς δείκτες για να ενισχύσουν τα συστήματα διαχείρισης ΥΑΕ
Jacinto et al. (2011) [87]	Καταγραφή, διερεύνηση και ανάλυση των ατυχημάτων στην εργασία	Επαγγελματίες ΥΑΕ σε μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις	Διεξαγωγή έρευνας και αιτιώδους ανάλυσης με πολλαπλά στρώματα, μοντέλο RIAAT	Το εργαλείο υιοθετήθηκε ως συνήθης διαδικασία σε μερικούς οργανισμούς κατά τη διάρκεια του 2010 με ικανοποιητικά αποτελέσματα
Kim et al. (2011) [88]	Εκτίμηση κινδύνου λόγω θορύβου	19 τύποι μηχανημάτων και εξοπλισμού σε εργοτάξια	Στατιστικά μοντέλα, LR, TNΔ	Πρόταση μέτρων πρόληψης NIHIL τα οποία είναι κατάλληλα για τα εργοτάξια σε κάθε βαθμίδα κινδύνου
Zhao et al. (2018) [89]	Μοντέλα μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη της βλάβης της ακοής σε ανθρώπους εκτεθειμένους σε σύνθετο μη κανονικής κατανομής βιομηχανικό θόρυβο	1113 εργαζόμενοι από 17 εργοστάσια που βρίσκονται στην επαρχία Zhejiang της Κίνας	SVM, TNΔ, Δέντρα απόφασης	Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης είναι δυνητικά εργαλεία για την αξιολόγηση και την πρόβλεψη της βλάβης της ακοής που προκαλείται από το θόρυβο στους εργαζόμενους που εκτίθενται σε σύνθετους βιομηχανικούς θορύβους
Kaassis και Badri (2018) [90]	Βάση δεικτών κατάλληλων για τη διαχείριση ΥΑΕ	Μικρές και μεσαίες βιομηχανικές επιχειρήσεις	Βιβλιογραφική ανασκόπηση, ομαδοποίηση	Τα ευρήματα θα βοηθήσουν τα στελέχη των μικρομεσαίων επιχειρήσεων να λάβουν σωστές αποφάσεις για τη βελτίωση της ΥΑΕ στις επιχειρήσεις τους.

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Comberti et al. (2018) [91]	Σύστημα ομαδοποίησης δύο επιπέδων για την προσέγγιση εργατικών ατυχημάτων	4.000 εργατικά ατυχήματα που συνέβησαν στο Πεδεμόντιο (Ιταλία), μεταξύ 2006 και 2013	κατάλληλων δεικτών, προκαταρτικό μοντέλο Αυτο-οργανωτικός χάρτης, ομαδοποίηση K means	Το σύστημα μπορεί να βοηθήσει τα στελέχη ΥΑΕ και τους Εθνικούς Φορείς στο επίπεδο της πρόληψης
Ivascu και Cioca (2019) [92]	Εκτίμηση εργατικών ατυχημάτων ανά τομέα δραστηριότητας και ανάπτυξη μοντέλου έρευνας για την πρόληψη και τον έλεγχο	Ρουμανικό Εθνικό Ινστιτούτο Στατιστικής (NIS), Επιθεώρηση Εργασίας στη Ρουμανία και βάση δεδομένων Eurostat	Δοκιμές T και ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), μοντέλο πρόληψης και ελέγχου των εργατικών ατυχημάτων	Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την αξιολόγηση των δεδομένων μπορούν να βοηθήσουν στην ανάπτυξη στρατηγικών δράσεων
Gul et al (2016) [59]	Διαχείριση των προβλημάτων ΥΑΕ στον τομέα της βιομηχανίας	234 περιστατικά από διαφορετικές βιομηχανίες της Τουρκίας	Λογισμικό Weka και αλγόριθμος k-means για εύρεση συσχετίσεων	Η αξιοποίηση τεχνικών εξόρυξης γνώσης στο πεδίο ΥΑΕ μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση των πολιτικών για τη μείωση των εργατικών ατυχημάτων και την προστασία των εργαζομένων από αυτά.
Sanmiquel et al (2018) [93]	Ανάλυση στον τομέα των λατομείων με τη χρήση δεδομένων εργατικών ατυχημάτων	Περίοδος 2005-2015 Ατυχήματα στην επιφάνεια (I - n = 28,894) και ατυχήματα στο υπέδαφος (II - n = 27,140)	Λογισμικό Weka και τεχνικές εξόρυξης γνώσης (κανόνες συσχέτισης και δέντρα απόφασης – J48)	Ποσοστό ορθής ταξινόμησης της τάξης του 77.4% (I) και 70.6% (II) (με το δείγμα ελέγχου να αποτελεί το 10% του αρχικού δείγματος). Από τους κανόνες συσχέτισης προέκυψε πως η περισσότερη σημαντική αιτία των ατυχημάτων είναι η υπερκόπωση.

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Yadav et al. (2018) [94]	Διαχείριση εργασιακού άγχους	500 ερωτηματολόγια Occupational Stress Index (12 ενότητες με 46 μεταβλητές σε Likert)	Λογισμικό Weka και τεχνικές εξόρυξης γνώσης (SVM, ΤΝΔ, DT, RF)	Το προτεινόμενο μοντέλο επέδειξε ακρίβεια 60%, ευαισθησία 80% και ειδικότητα 60%
Barros et al. (2018) [95]	Διαχείριση της μυοσκελετικής καταπόνησης		Λογισμικό Weka, δέντρα απόφασης (αλγόριθμος J48)	Στο επίπεδο των αιτιών αναδείχθηκαν προβλήματα όπως λανθασμένες στάσεις και θέσεις εργασίας, έλλειψη εκπαίδευσης στο χειρισμό εξοπλισμού και στη διακίνηση φορτίων

## 5.2 Μελέτες για συστήματα ΥΑΕ ειδικότερα στον τομέα της υγείας

### 5.2.1 Αναζήτηση

Στον πίνακα που ακολουθεί περιγράφεται το πλήθος των αναφορών που τελικά επιλέχθηκαν με τις αντίστοιχες πηγές προέλευσης. Σημειώνεται ότι πραγματοποιήθηκαν επιπρόσθετες αναζητήσεις από τις οποίες προέκυψαν αποτελέσματα τα οποία αποκλείστηκαν σύμφωνα με το προαναφερόμενο πλαίσιο.

**Πίνακας 5.3:** Πίνακας αναζητήσεων βιβλιογραφικής ανασκόπησης για συστήματα ΥΑΕ ειδικότερα στον τομέα της υγείας

Πηγή	Συνδυασμοί Αναζήτησης (Λογικό AND)	Ημερομηνία Αναζήτησης	Πλήθος τελικής επιλογής
<a href="https://www.osha.gov/">https://www.osha.gov/</a>	etools	06/11/2018	4
Google scholar	etools for safety and health in hospitals	06/11/2018	3
	database for occupational safety and health in hospitals	07/11/2018	4
	neural network health safety hospital	07/11/2018	3
International Journal of Occupational Safety and Ergonomics	occupational health safety hospitals	01/04/2019	5
Journal of Health and Safety at Work	occupational health safety hospitals	02/04/2019	2
Journal of Safety Research	occupational health safety hospitals	02/04/2019	1
Sustainability	occupational health safety	06/04/2019	1


## 5.2.2 Ηλεκτρονικά «Εργαλεία»

### **Hospital eTool** [99]

Αυτό το eTool επικεντρώνεται σε ορισμένους από τους κινδύνους που εντοπίστηκαν στο νοσοκομειακό περιβάλλον και περιγράφει τυπικές απαιτήσεις καθώς και συνιστώμενες πρακτικές ασφαλούς εργασίας ΥΑΕ. Ασχολείται με τους ακόλουθους τομείς:

- Διαχείριση
- Κεντρική Τροφοδοσία
- Κλινικές Υπηρεσίες
- Διατροφή
- Επείγοντα
- Υποδομές - Συντήρηση
- Ελικοδρόμιο
- Καθαριότητα
- Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ)
- Εργαστήρια
- Πλυντήριο
- Φαρμακείο
- Χειρουργείο
- Κίνδυνοι Υγειονομικής Περίθαλψης


eTools Home : Hospital Scope | Glossary | References | Site Map | Credits



**Hospital eTool**

- Administration
- Central Supply
- Clinical Services ▶
- Dietary ▶
- Emergency
- Engineering
- Healthcare Wide Hazards ▶
- Heliport
- Housekeeping
- ICU
- Laboratory
- Laundry
- Pharmacy
- Surgical Suite ▶
- Expert Systems

## Hospital eTool



The OSH Act of 1970 strives to "assure safe and healthful working conditions" for today's workers, and mandates that employers provide a safe work environment for employees. Hospitals and personal care facilities employ approximately 1.6 million workers at 21,000 work sites. There are many occupational health and safety hazards throughout the hospital. This eTool\* focuses on some of the hazards and controls found in the hospital setting, and describes standard requirements as well as recommended safe work practices for employee safety and health.

This eTool addresses the following areas:

<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Administration</li> <li>■ Central Supply</li> <li>■ Clinical Services</li> <li>■ Dietary</li> <li>■ Emergency</li> <li>■ Engineering</li> <li>■ Heliport</li> <li>■ Housekeeping</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ICU</li> <li>■ Laboratory</li> <li>■ Laundry</li> <li>■ Pharmacy</li> <li>■ Surgical Suite</li> <li>■ Healthcare Wide Hazards</li> <li>■ Other Healthcare Wide Hazards</li> </ul>
--	--

Εικόνα 5.1: Κεντρική σελίδα του Hospital eTool [99]

eTools Home : Hospital Scope | Glossary | References | Site Map | Credits

[<< Back to Previous](#)



**Hospital eTool**

- Administration
- Central Supply
- Clinical Services ▶
- Dietary ▶
- Emergency
- Engineering
- Healthcare Wide Hazards ▶
- Heliport
- Housekeeping
- ICU
- Laboratory
- Laundry
- Pharmacy
- Surgical Suite ▶
- Expert Systems

## Clinical Services

The following Clinical Services are covered in this area:



[Physical Therapy](#)



[Radiology](#)



[Sonography](#)

[Administration](#) | [Central Supply](#) | [Clinical Services](#) | [Dietary](#) | [Emergency](#) | [Engineering](#) | [Healthcare Wide Hazards](#) | [Heliport](#) | [Housekeeping](#) | [ICU](#) | [Laboratory](#) | [Laundry](#) | [Pharmacy](#) | [Surgical Suite](#) | [Expert Systems](#)

eTools Home : Hospital Scope | Glossary | References | Site Map | Credits

Εικόνα 5.2: Παράδειγμα μιας κατηγορίας του Hospital eTool [99]

<< [Back to Previous](#)

**Clinical Services**  
**Physical Therapy**

Click on the area for more specific information.



Common safety and health topics:

- [Bloodborne Pathogens](#)
- [Ergonomics](#)
- [Slips/Trips/Falls](#)
- [Hazardous Chemicals](#)
- [Equipment Hazards](#)
- [Legionnaires' Disease](#)

**Εικόνα 5.3:** Παράδειγμα μιας υποκατηγορίας του Hospital eTool [99]

### **Occupational Hazards in Long Term Care Nursing Home eTool [100]**

Αυτό το eTool έχει σχεδιαστεί ώστε να βοηθά τους εργοδότες και τους εργαζόμενους να εντοπίζουν και να ελέγχουν τους κινδύνους ΥΑΕ που σχετίζονται με τις υπηρεσίες κατ' οίκον νοσηλείας και φροντίδας σε γηροκομεία. Περιλαμβάνει τους ακόλουθους τομείς:

- Παθογόνα του αίματος
- Εργονομία
- Διατροφή
- Πλυντήριο
- Συντήρηση
- Νοσηλευτικός Σταθμός
- Φαρμακείο
- Φυματίωση
- Καθαριότητα
- Μπάνιο/λουτρό
- Βία στο χώρο εργασίας



**Nursing Home eTool**

- Bloodborne Pathogens
- Ergonomics
- Dietary
- Laundry
- Maintenance
- Nurses Station
- Pharmacy
- Tuberculosis
- Housekeeping
- Whirlpool/Shower
- Workplace Violence

### Occupational Hazards in Long Term Care Nursing Home eTool

Today nursing homes and residential care facilities employ approximately 2.8 million workers at 21,000 work sites. Many nursing home tasks require considerable lifting and other strenuous physical labor. Historically the injury rate for workers in these facilities is double the injury rate for all full time workers in other occupations. This eTool\* is designed to assist employers and employees in identifying and controlling the hazards associated with nursing homes and residential care facilities.



**This eTool addresses the following topics:**

- [Bloodborne Pathogens](#)
- [Ergonomics](#)
- [Dietary](#)
- [Laundry](#)
- [Maintenance](#)
- [Nurses Station](#)
- [Pharmacy](#)
- [Tuberculosis](#)
- [Housekeeping](#)
- [Whirlpool/Shower](#)
- [Workplace Violence](#)

Εικόνα 5.4: Κεντρική σελίδα του Occupational Hazards in Long Term Care Nursing Home eTool [100]



**Hospital eTool**

- Administration
- Central Supply
- Clinical Services ▶
- Dietary ▶
- Emergency
- Engineering
- Healthcare Wide ▶
- Hazards
- Heliport
- Housekeeping
- ICU
- Laboratory
- Laundry
- Pharmacy
- Surgical Suite ▶
- Expert Systems

### Healthcare Wide Hazards Bloodborne Pathogens

Click on the area for more specific information.



**Common safety and health topics:**

- [Bloodborne Pathogens Standard](#)
- [Post-Exposure Follow-up](#)
- [Recordkeeping for Bloodborne Pathogens](#)
- [Needlestick Injuries](#)
- [Other Sharps](#)
- [Universal Precautions](#)
- [Personal Protective Equipment \(PPE\)](#)
- [Latex Allergy](#)
- [HBV, HIV, and HCV](#)
- [Labeling and Signs](#)
- Surgical. See [Surgical Suite: Bloodborne Pathogens](#)

Bloodborne Pathogens Standard

As mandated by the Needlestick Safety and Prevention Act, OSHA revised the Bloodborne Pathogens Standard [[29 CFR 1910.1030](#)], effective April 18, 2001. Definitions for bloodborne pathogens, other potentially infectious materials (OPIM), and occupational exposure are found in [29 CFR 1910.1030\(b\)](#).

Εικόνα 5.5: Παράδειγμα μιας κατηγορίας του Occupational Hazards in Long Term Care Nursing Home eTool [100]



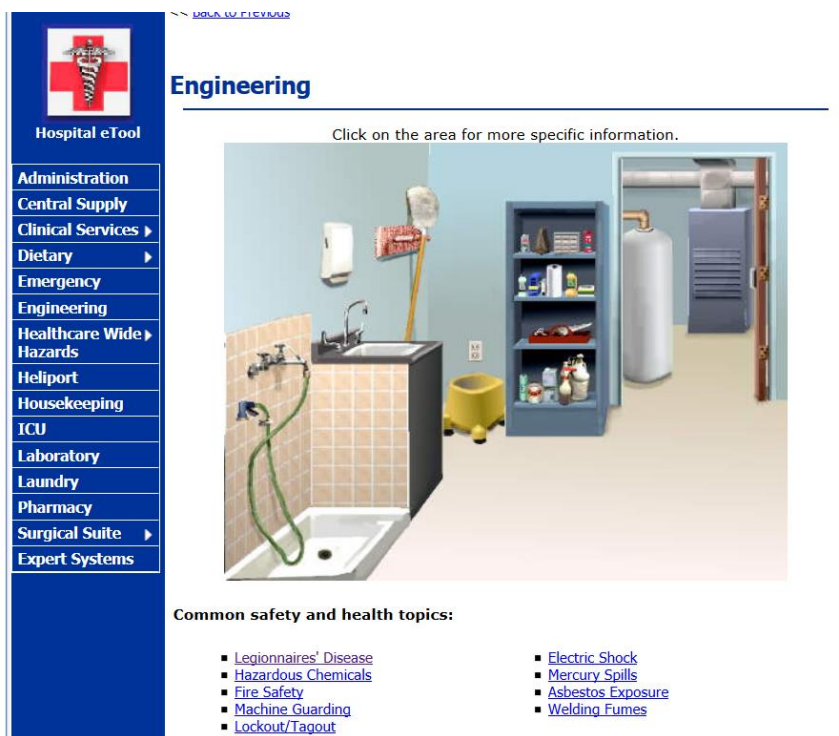
## **Hospital eTool Expert System - Applicable Standards [101]**

Αυτό το eTool είναι μια υποκατηγορία του προαναφερόμενου Hospital eTool στο οποίο καταγράφεται αντιστοιχία δραστηριοτήτων και παραγράφων του προτύπου OSHA:

- Διαχείριση
- Κεντρική Τροφοδοσία
- Διατροφή
- Επείγοντα
- Υποδομές/Συντήρηση
- Ελικοδρόμιο
- Καθαριότητα
- Κίνδυνοι Υγειονομικής Περίθαλψης
- ΜΕΘ
- Εργαστήριο
- Πλυντήριο
- Φαρμακείο
- Φυσιοθεραπεία
- Ακτινολογία/Ραδιοθεραπεία
- Χειρουργείο



Εικόνα 5.6: Κεντρική σελίδα του Hospital eTool Expert System - Applicable Standards [101]



Εικόνα 5.7: Παράδειγμα μιας κατηγορίας του Hospital eTool Expert System - Applicable Standards [101]

### **SafeCare Advisor [102]**

Αυτό είναι το λογισμικό αναγνώρισης κινδύνου του OSHA για εγκαταστάσεις μακροχρόνιας υγειονομικής περίθαλψης (προήλθε από το ευρύτερο Hazard Awareness Advisor, επικεντρωμένο στο τομέα της παροχής υπηρεσιών υγείας). Αυτό το σύστημα δημιουργεί μια εξατομικευμένη αναφορά σχετικά με τους πιθανούς κινδύνους ΥΑΕ σε μια εγκατάσταση μακροχρόνιας περίθαλψης. Βασίζεται στην εισαγωγή δεδομένων από το χρήστη για τις δραστηριότητες, τον εξοπλισμό και τα υλικά του χώρου εργασίας. Ανάλογα με τις επιλογές του χρήστη υπάρχουν οι δυνατότητες:

- εισαγωγής δεδομένων από τους χρήστες σχετικά με τα καθήκοντα, τις δραστηριότητες και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται,
- αναγνώρισης πιθανών κινδύνων ανά περιοχή εργασίας, ανά κατηγορία εργασίας ή σε ολόκληρη την εγκατάσταση,
- προετοιμασίας μια εξατομικευμένης αναφοράς σύμφωνα με την εισαγωγή δεδομένων από το χρήστη, και
- παροχής σχετικών πληροφοριών, οδηγιών και συστάσεων.

### **The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Safety and Health Information for Healthcare Workers [103]**

Στη συγκεκριμένη βάση δεδομένων επισημαίνεται πως οι εργαζόμενοι στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης αντιμετωπίζουν ένα ευρύ φάσμα κινδύνων στη δουλειά τους όπως τραύματα από αιχμηρά αντικείμενα, επιβλαβείς εκθέσεις σε χημικά και επικίνδυνα φάρμακα, τραυματισμοί στην πλάτη, αλλεργία στο λάτεξ, βία και άγχος. Παρόλο που είναι δυνατό να προληφθεί ή να μειωθεί η έκθεση των εργαζομένων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης σε αυτούς τους κινδύνους, εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν τραυματισμούς και ασθένειες στον εργασιακό χώρο.

Σε αυτήν τη βάση δεδομένων επισημαίνεται το υψηλό επίπεδο επαγγελματικού κινδύνου που χαρακτηρίζει το συγκεκριμένο τομέα εργασιών και παρέχονται πληροφορίες – οδηγίες ΥΑΕ για διάφορους παράγοντες κινδύνου και πεδία παρεμβάσεων, όπως:

- μολυσματικοί παράγοντες
- χημικοί κίνδυνοι
- σωματικοί κίνδυνοι
- έλεγχοι πρόληψης
- κατ'οίκον νοσηλεία

- οδοντιατρική
- εργασιακό άγχος
- παρακολούθηση και στατιστικές
- ετοιμότητα και ανταπόκριση έκτακτης ανάγκης.

## HEALTHCARE WORKERS

Healthcare is the fastest-growing sector of the U.S. economy, employing over 18 million workers. Women represent nearly 80% of the healthcare work force. Healthcare workers face a wide range of hazards on the job, including sharps injuries, harmful exposures to chemicals and hazardous drugs, back injuries, latex allergy, violence, and stress. Although it is possible to prevent or reduce healthcare worker exposure to these hazards, healthcare workers continue to experience injuries and illnesses in the workplace. Cases of nonfatal occupational injury and illness with healthcare workers are among the highest of any industry sector.



Εικόνα 5.8: Κεντρική σελίδα της βάσης δεδομένων του NIOSH [103]

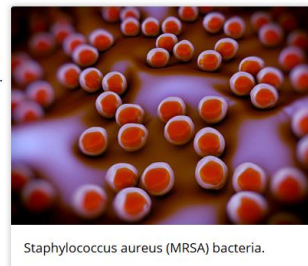
## HEALTHCARE WORKERS

[Español \(Spanish\)](#)

### Infectious Agents

Infectious agents are organisms that are capable of producing infection or infectious disease. They include bacteria, fungi, viruses, and parasites. Healthcare workers have a high risk of contact with infectious agents due to the various types of activities involved with their jobs and the possibilities of contamination.

- [Bloodborne Pathogens \(BBP\): HIV/AIDS, Hepatitis B, Hepatitis C](#)
- Influenza (FLU)
  - [Seasonal](#)
  - [Pandemic](#)
  - [Avian](#)
  - [Swine](#)
- [Ebola](#)
- [Methicillin-resistant Staphylococcus aureus \(MRSA\)](#)
- [Tuberculosis \(TB\)](#)
- [Severe Acute Respiratory Syndrome \(SARS\)](#)
- [Middle East Respiratory Syndrome \(MERS\)](#)



Εικόνα 5.9: Παράδειγμα μιας κατηγορίας της βάσης δεδομένων του NIOSH [103]

## **Occupational Hazards in Hospital Departments (by Health and Safety Authority) [104]**

Αυτό το eTool περιγράφει ορισμένους από τους βασικούς κινδύνους στο χώρο εργασίας επιλεγμένων νοσοκομειακών τμημάτων. Παρουσιάζει χρησιμότητα για όλους όσους εργάζονται στο νοσοκομειακό περιβάλλον και ιδιαίτερα για όσους εμπλέκονται στην προετοιμασία και στην αναθεώρηση των εκτιμήσεων - αξιολογήσεων κινδύνου. Το συγκεκριμένο eTool διαθέτει μια μη εξαντλητική λίστα και περιγράφει:

- Μερικούς από τους βασικούς κινδύνους στο χώρο εργασίας επιλεγμένων νοσοκομειακών τμημάτων.
- Πιθανές βαθύτερες αιτίες αυτών των κινδύνων.
- Σχετικά έγγραφα των επίσημων φορέων ΥΑΕ που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις βέλτιστες πρακτικές όσον αφορά τους συγκεκριμένους κινδύνους.

Επισημαίνεται πως κάθε φορά θα πρέπει να γίνεται αναλυτική διερεύνηση των αιτιών για κάθε συμβάν – ατύχημα, με τέτοιες αιτίες να μπορεί να είναι το ανθρώπινο λάθος, το άγχος, οι ελλείψεις που μπορεί να υφίστανται για διάφορους λόγους, όπως η έλλειψη κατάρτισης, τα μη ορθώς σχεδιασμένα συστήματα εργασίας κ.α. Οι τομείς που περιέχονται στο συγκεκριμένο eTool είναι οι εξής:

- Τμήμα επειγόντων περιστατικών
- Υπηρεσίες ασθενοφόρων
- Τροφοδοσία
- Κεντρικό Τμήμα υπηρεσιών αποστείρωσης
- Εργαστήρια
- Πλυντήριο
- Βιβλιοθήκη
- Νεκροτομείο
- Γραφεία
- Εξωτερικά ιατρεία
- Φαρμακείο
- Ακτινολογία/Ραδιοθεραπεία
- Αποθήκες
- Τεχνικές Υπηρεσίες
- Αμφιθέατρο
- Πτέρυγες - Κλινικές
- Περαιτέρω πληροφορίες

## Department Hazards



- > [Emergency Department](#)
- > [Ambulance Services](#)
- > [Catering](#)
- > [CSSD](#)
- > [Laboratory](#)
- > [Laundry](#)
- > [Library](#)
- > [Mortuary](#)
- > [Office](#)
- > [Outpatients](#)
- > [Pharmacy](#)
- > [Radiology](#)
- > [Stores / Warehouse](#)
- > [Technical Services](#)
- > [Theatre](#)
- > [Ward](#)
- > [Further Information](#)



Εικόνα 5.10: Κεντρική σελίδα του eTool Occupational Hazards in Hospital Departments [104]

## Emergency Department



### Biological Agents



#### Risk of:

- > Infection.
- > Allergic reactions.

#### Possible causes:

- > Exposure to undiagnosed infectious TB.
- > Exposure to infectious body fluids such as blood, saliva and other body fluids.
- > Exposure to contaminated aerosols e.g. showers harbouring *Legionella* bacteria.

### Chemical Agents



### Driving for Work



### Electricity



### Ergonomic Hazards



### Equipment



### Fire



### Ionising Radiation



### Manual / Patient Handling



### Noise



### Sharps



Εικόνα 5.11: Παράδειγμα μιας κατηγορίας του eTool Occupational Hazards in Hospital Departments [104]

## International Labor Organization (ILO) Occupational safety and health in the health services sector [105]

Αυτή η βάση δεδομένων περιλαμβάνει:

- Διεθνή πρότυπα εργασίας αναφορικά με την υγεία και την ασφάλεια στον τομέα των

υπηρεσιών υγείας

- Κώδικες ορθής πρακτικής και εργασιακής συμπεριφοράς
- Οδηγίες για διάφορες ενέργειες ενίσχυσης της ΥΑΕ στον τομέα της υγείας
- Εκπαιδευτικό υλικό
- Σχετικές αναφορές, μελέτες και δημοσιεύσεις



Εικόνα 5.12: Ενδεικτικές κατηγορίες της βάσης δεδομένων του ILO [105]

### WorkSafe Healthcare and hospitals [106]

Στη συγκεκριμένη ηλεκτρονική πλατφόρμα παρέχονται πληροφορίες σχετικά με την πρόληψη ΥΑΕ στην εργασία που αφορούν τις υπηρεσίες υγείας και τα νοσοκομεία, όπως:

- Οδηγούς ΥΑΕ
- Λύσεις και «εργαλεία»
- Πληροφορίες για κάθε χώρο εργασίας
- Σχετικές θεματικές ενότητες

Home &gt; Industries &gt;

## Healthcare and hospitals

Share this page

Find information on preventing workplace injuries in health services and hospitals.

### Health and safety guides

[Healthcare and hospitals: Safety basics](#)[Working safely in visiting health services: A handbook for workplaces](#)[A guide to designing workplaces for safer handling of people](#)

### Solutions and tools

[Transferring people safely: A handbook for workplaces](#)[Transferring people from beds and chairs: A health and safety solution](#)[Transferring people for toileting and bathing: A health and safety solution](#)[Assisting people who have fallen: A health and safety solution](#)[Assisting people in wheelchairs: A health and safety solution](#)[Moving and supporting people with a disability: A health and safety solution](#)[Repositioning people in bed: A health and safety solution](#)

### Information for every workplace

['If you are injured at work' posters](#)[About health and safety representatives \(HSRs\)](#)[Do your own inspection](#)[What to expect if your workplace is inspected by WorkSafe](#)[Occupational health and safety responsibilities](#)[Your WorkCover insurance responsibilities as an employer](#)[A guide to risk control plans](#)

Εικόνα 5.13: Κατηγορίες της βάσης δεδομένων του WorkSafe [106]

## CDC's National Healthcare Safety Network (NHSN) [107]

Αποτελεί την πλατφόρμα του Κέντρου Ελέγχου και Πρόληψης Ασθενειών (CDC - Center for Disease Control and Prevention) που σχετίζεται με την ΥΑΕ στο συγκεκριμένο τομέα εργασιών. Το NHSN παρέχει δεδομένα που είναι απαραίτητα για τον εντοπισμό προβληματικών περιοχών, τη μέτρηση της προόδου των προσπαθειών πρόληψης και τελικά την εξάλειψη των λοιμώξεων που συνδέονται με την υγειονομική περίθαλψη. Επιπλέον, το NHSN επιτρέπει στις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης να καταγράφονται και να παρακολουθούνται ανασφαλείς πρακτικές και συμβάντα που σχετίζονται με κίνδυνο από την έκθεση σε βιολογικούς παράγοντες (όπως αίμα) ή κάθε είδους λοίμωξη του προσωπικού (HAI – Healthcare Associated Infection) αλλά και προληπτικά μέτρα όπως για παράδειγμα ο εμβολιασμός του νοσηλευτικού προσωπικού. Επίσης, παρέχονται σχετικές κατευθυντήριες οδηγίες καθώς και αναλυτικά εργαλεία που επιτρέπουν σε κάθε μονάδα να αξιολογεί την πρόοδό της και να εντοπίζει κατευθύνσεις βελτίωσης.



### **Software for Hospital Employee Health (AgilityEHTM) [108]**

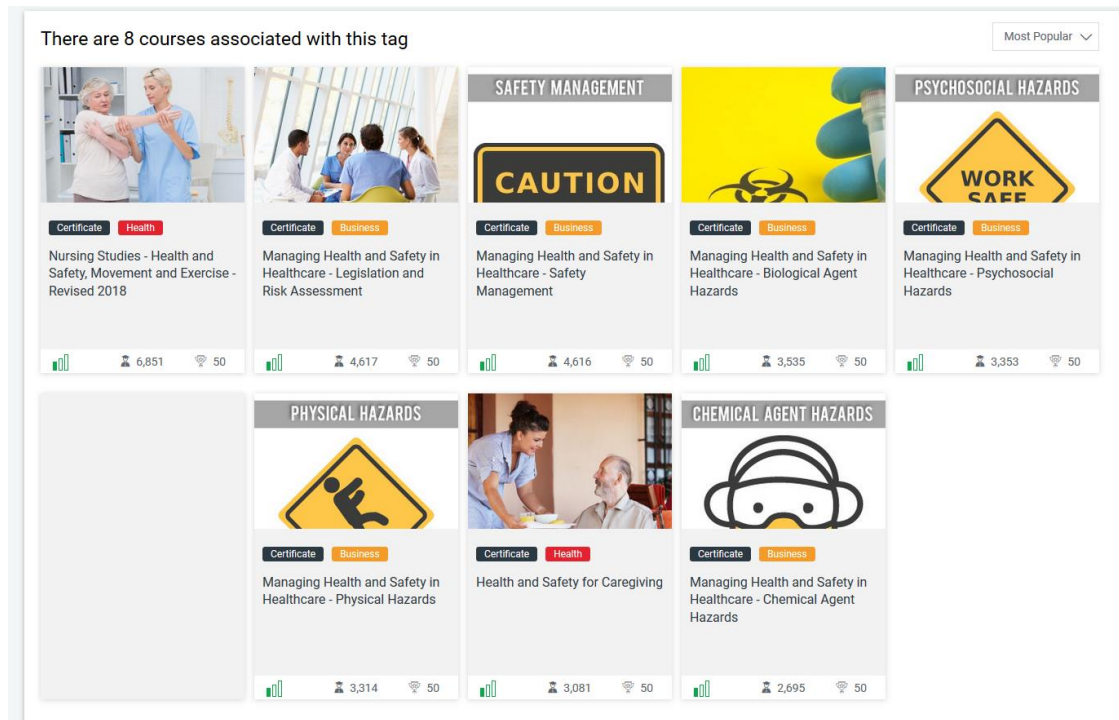
Το Agility (παλαιότερα γνωστό ως Stix) σχεδιάστηκε για να ανταποκρίνεται στις ειδικές απαιτήσεις παρακολούθησης και συμμόρφωσης των τμημάτων παροχής υγείας στους εργαζόμενους στα νοσοκομεία. Είναι περιεκτικό, εύκολο στη χρήση και επιτρέπει στους παρόχους υπηρεσιών υγείας και στους διαχειριστές να ελέγχουν με ασφάλεια και απλότητα βασικά στοιχεία όπως:

- **Ανοσοποίηση:** Παρακολούθηση όλων των ανοσοποιήσεων για να διασφαλιστεί ότι οι εργαζόμενοι λαμβάνουν κατάλληλες και έγκαιρες δόσεις
- **Ιατρική παρακολούθηση:** Διαχείριση απλής και πολύπλοκης ιατρικής παρακολούθησης, βασισμένη στον επαγγελματικό κίνδυνο ανά τομέα, για να διασφαλιστεί η συμμόρφωση με τα ρυθμιστικά πρότυπα και τα πρότυπα διαπίστευσης.
- **Έκθεση:** Παρακολούθηση της έκθεσης των εργαζομένων σε μολυσματικές ασθένειες για κατάλληλη αντιμετώπιση και αποφυγή λοιμώξεων – επαγγελματικών ασθενειών.
- **Εργατικά συμβάντα - ατυχήματα και επαγγελματικές ασθένειες:** Καταγραφή συμβάντων - ατυχημάτων και επαγγελματικών ασθενειών σύμφωνα με τις απαιτήσεις του OSHA.

### **Healthcare Workplace Safety (Alison's courses) [109]**

Το συγκεκριμένο e-tool παρέχει μαθήματα ΥΑΕ στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης με στόχο οι εργαζόμενοι να έχουν μια ευρεία αντίληψη για το πώς να παραμείνουν ασφαλείς κατά την εκτέλεση των εργασιακών τους καθηκόντων. Τα πεδία μαθημάτων είναι:

- Μαθήματα Νοσηλευτικής - Υγεία και Ασφάλεια, Κίνηση και Άσκηση (αναθεωρήθηκε το 2018)
- Νομοθεσία και Αξιολόγηση Κινδύνου
- Διαχείριση Ασφάλειας
- Κίνδυνοι λόγω Βιολογικών Παραγόντων
- Ψυχοκοινωνικοί Κίνδυνοι
- Σωματικοί Κίνδυνοι
- Υγεία και Ασφάλεια για Φροντίδα Υγείας
- Κίνδυνοι λόγω Χημικών Παραγόντων



**Εικόνα 5.14:** Alison's Courses [109]

### 5.2.3 Μελέτες

Ο στόχος της μελέτης των Ladstätter et al. (2010) [110] ήταν να εκτιμηθεί κατά πόσο τα ΤΝΔ προσφέρουν μεγαλύτερη ακρίβεια πρόβλεψης σε σχέση με τις στατιστικές μεθόδους στην προσέγγιση του προβλήματος της επαγγελματικής εξουθένωσης (σύνδρομο burn out). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ένα δίκτυο ακτινικής λειτουργίας βάσης (Radial Basis Function - RBF) συγκριτικά με μια ιεραρχική βαθμιδωτή παλινδρόμηση. Η σύγκριση των δύο μεθοδολογιών πραγματοποιήθηκε με ανάλυση σε δείγμα 462 νοσηλευτών και φοιτητικών νοσηλευτικής. Το δείγμα προερχόταν από τρία νοσοκομεία στη Μαδρίτη (Ισπανία), με το «εργαλείο» της έρευνας να είναι το ερωτηματολόγιο της κλίμακας εξουθένωσης των νοσηλευτών ("Nursing Burnout Scale"). Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερη καταλληλότητα για το δίκτυο RBF σε σχέση με την ιεραρχική βαθμιδωτή παλινδρόμηση, αναδεικνύοντας επίσης μη γραμμική σχέση της εξουθένωσης με προγνωστικές μεταβλητές όπως η ηλικία, η εργασιακή κατάσταση, ο φόρτος εργασίας, η εμπειρία με τον πόνο και το θάνατο, η προσωπικότητα, η αντιφατική αλληλεπίδραση κατά την οργάνωση της εργασίας και η ασάφεια στην περιγραφή της θέσης εργασίας. Η προτεινόμενη χρήση των ANNs στον τομέα της εξουθένωσης αποδόθηκε στην ικανότητά

τους να «αντιλαμβάνονται» μη γραμμικές σχέσεις, αναδεικνύοντας έτσι το δυναμικό τους ως προς το να βοηθήσουν στο σχεδιασμό προγραμμάτων στον τομέα της πρόληψης της εξουθένωσης.

Η ίδια ομάδα εργασίας (Ladstätter et al., 2016) [111] διερεύνησε την ικανότητα των ΤΝΔ για το ίδιο πρόβλημα (εξουθένωση) ως προς την ικανότητά τους στην εξαγωγή πολύπλοκων μη γραμμικών σχέσεων μεταξύ μεταβλητών πρόβλεψης (εισόδου) και προβλεπόμενων μεταβλητών (εξόδου) με τη μοντελοποίηση μη-γραμμικοτήτων σχετικά με την εξουθένωση. Αναλυτικότερα, δύο ΤΝΔ πολλαπλών στρωμάτων, συνενώθηκαν και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας με τα αποτελέσματα να είναι ικανοποιητικά. Δύο μειονεκτήματα που αναδείχθηκαν από τη μελέτη είναι ότι υπάρχει η πιθανότητα να μην έχει βρεθεί η βασική αιτία της εξουθένωσης και επίσης ότι τα αποτελέσματα μπορεί να έχουν αλλοιωθεί από τη θέληση των εργαζομένων να είναι συνεπείς στις απαντήσεις στις αναφορές τους. Γι' αυτόν το λόγο προτείνεται από τους συγγραφείς να γίνουν μελλοντικά παρόμοιες μελέτες από άλλους ερευνητές.

Η μελέτη των Veillard et al. (2005) [112] αποσκοπούσε στην υποστήριξη των νοσοκομείων στη διαδικασία της αξιολόγησης της απόδοσής τους, επικεντρώνοντας στο πως μέσα από αυτή την αξιολόγηση θα ληφθούν οι κατάλληλες δράσεις βελτίωσης σε επίπεδο δικτύου νοσοκομείων και όχι μέσω μιας μεμονωμένης προσέγγισης. Το PATH (Performance Assessment Tool for quality improvement in Hospitals) αναπτύχθηκε με τη συνεργασία 4 εργαστηρίων και με τη συμμετοχή εμπειρογνομώνων σε θέματα αξιολόγησης των νοσοκομείων από όλο τον κόσμο. Διεξήχθη εκτεταμένη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τα έργα που αφορούν τις επιδόσεις των νοσοκομείων, εξετάστηκαν περισσότεροι από 100 δείκτες απόδοσης με την έρευνα να αφορά 20 ευρωπαϊκές χώρες. Για την αξιολόγηση της απόδοσης ενός νοσοκομείου προσδιορίστηκαν έξι διαστάσεις: η κλινική αποτελεσματικότητα, η ασφάλεια, η επικέντρωση στους ασθενείς, η αποδοτικότητα της παροχής υπηρεσιών, ο προσανατολισμός του προσωπικού και η υπεύθυνη διοίκηση. Για την κατεύθυνση δράσης προέκυψαν τα ακόλουθα στάδια που θα πρέπει να υιοθετούνται κάθε φορά: (i) καθορισμός των εννοιών και προσδιορισμός των βασικών διαστάσεων της νοσοκομειακής απόδοσης, (ii) σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής του PATH για να ενισχύσει τη, βασισμένη σε αποδεικτικά στοιχεία, διαχείριση και τη βελτίωση της ποιότητας μέσω της αξιολόγησης της απόδοσης, (iii) επιλογή πυρήνα και προσαρμοσμένου συνόλου δεικτών απόδοσης με λεπτομερείς λειτουργικούς ορισμούς, (iv) προσδιορισμός της συσχέτισης μεταξύ των δεικτών, (v) εκπόνηση περιγραφικών φύλλων για κάθε δείκτη που θα

βοηθήσουν τα νοσοκομεία κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους, (vi) σχεδιασμός συστήματος μεθόδων - «εργαλείων» σε άμεση σχέση με το αντικείμενο της παρούσας διατριβής και (vii) στρατηγικές για την εφαρμογή του πλαισίου PATH. Σημειώνεται ότι το PATH εφαρμόζεται σε πολλές χώρες και βρίσκεται σε πλαίσιο διαρκούς βελτίωσης.

Οι Çelik, Okay και Çebi (2017) [113] προσδιόρισαν βασικούς παράγοντες που μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση στη λεκτική - συναισθηματική κακοποίηση και σωματική επίθεση στους εργαζόμενους υγειονομικής περίθαλψης. Στην έρευνα συμμετείχαν 450 εργαζόμενοι από 3 νοσοκομεία του Erzurum της Τουρκίας. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι αρκετές βασικές μεταβλητές είναι σημαντικοί παράγοντες για τη βία στο χώρο εργασίας, όπως ο τύπος του ιδρύματος υγείας, η επαγγελματική θέση, οι εβδομαδιαίες ώρες εργασίας, οι εβδομαδιαίες βάρδιες, ο αριθμός των καθημερινών επαφών με ασθενείς, η ηλικιακή ομάδα των ερωτηθέντων, η εμπειρία στον τομέα της υγείας, η κατάρτιση κατά της βίας στο χώρο εργασίας και οι τρέχουσες πολιτικές των νοσοκομείων και των επίσημων φορέων.

Από τους Jankowska et al. (2015) [114] εκτιμήθηκε η πιθανή χρήση προγνωστικών μοντέλων για την εκτίμηση της επαγγελματικής έκθεσης σε χημικές ουσίες σε ένα νοσοκομειακό χώρο εργασίας όπως το χειρουργείο. Οι μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν περιλάμβαναν προσδιορισμούς του αναισθητικού σεβοφλουρανίου (sevoflurane - SEV) στον αέρα του χώρου εργασίας σε 117 χειρουργεία 31 νοσοκομείων της Πολωνίας. Οι μετρήσεις αυτές διεξήχθησαν κατά τη διάρκεια διάφορων χειρουργικών διαδικασιών που απαιτούσαν χορήγηση αναισθητικών με ενδοτραχειακή διασωλήνωση. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων συγκρίθηκαν με τις εκτιμώμενες τιμές χρησιμοποιώντας δύο μοντέλα (ECETOC TRA και Stoffenmanager). Σε μία περίπτωση, από το ECETOC TRA προέκυψε ότι η εκτιμώμενη συγκέντρωση έκθεσης ήταν σχεδόν ίση με τη μετρούμενη συγκέντρωση αλλά, λόγω της ανάγκης διατήρησης ενός περιθωρίου ασφάλειας σε περίπτωση μοντελοποίησης, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι το μοντέλο υποτίμησε τη συγκέντρωση. Το μοντέλο Stoffenmanager παρείχε ακριβείς εκτιμήσεις έκθεσης στην εξεταζόμενη περίπτωση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως «εργαλείο» για την αξιολόγηση της επαγγελματικής έκθεσης του ιατρικού προσωπικού σε αναισθητικά. Τα αποτελέσματα έχουν, σύμφωνα με τους συγγραφείς, ιδιαίτερη σημασία για τις συνθήκες στην Ανατολική Ευρώπη, όπου τα επίπεδα αναισθητικών συχνά υπερβαίνουν τα σχετικά όρια επαγγελματικής έκθεσης.

Οι Kim και Jung (2016) [115] επιχείρησαν να προσδιορίσουν εκείνους τους παράγοντες που συμβάλλουν στη μυοσκελετική καταπόνηση (Musculoskeletal Pain - MSP) των

νοσηλευτών που σχετίζεται με την εργασία τους. Στο πλαίσιο της έρευνας χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο που περιλάμβανε ενότητες σχετικές με δημογραφικά χαρακτηριστικά, την εκτέλεση της εργασίας και πληροφορίες για το πεδίο MSP. Ο σχεδιασμός τους έγινε με βάση τα αποτελέσματα αναλυτικών συνεντεύξεων από 8 νοσηλευτές. Το δείγμα περιλάμβανε 226 νοσηλευτές από τρία πανεπιστημιακά νοσοκομεία της Σεούλ (Νότια Κορέα). Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε μέσω των λογισμικών SPSS και AMOS 19.0. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, οι πόνοι στον ώμο και στον αυχένα εμφανίστηκαν όταν τα άτομα εργάστηκαν περισσότερο από 46 ώρες την εβδομάδα. Τα άτομα που πραγματοποίησαν προσαρμογή του χρόνου εργασίας είχαν λιγότερες πιθανότητες να έχουν πόνο στον ώμο, στο πόδι και στον καρπό / δάχτυλο. Οι ώρες υπερωριακής εργασίας έδειξαν επίσης έμμεση επίδραση σε πολλαπλά σημεία του MSP. Θετική επίδραση (μείωση του MSP) είχε η λήψη οργανωτικών μέτρων όσον αφορά στις νυχτερινές βάρδιες. Από τους συγγραφείς προτείνεται να εξεταστούν στρατηγικές διαχείρισης και προσαρμογή του χρόνου εργασίας των νοσηλευτών σε 46 ώρες την εβδομάδα.

Ο στόχος της μελέτης των Lin et al. (2013) [116] ήταν να αναπτυχθεί μια κινεζική έκδοση του WRQOLS (Work - related Quality of Life Scale) για την αξιολόγηση της ποιότητας της εργασιακής ζωής όσον αφορά στο επάγγελμα του νοσηλευτή στην Κίνα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν forward and back διαδικασίες μετάφρασης, με 6 εμπειρογνώμονες νοσηλευτικής να συμμετέχουν στην αξιολόγηση της εγκυρότητας του περιεχομένου και 352 εγγεγραμμένους νοσηλευτές να συμμετέχουν στις δοκιμές. Μετά από διάστημα δύο εβδομάδων, επανεξετάστηκαν 70 από τους εγγεγραμμένους νοσηλευτές. Η αξιοπιστία εξετάστηκε με ανάλυση βασικών στοιχείων και τον υπολογισμό των συντελεστών Cronbach. Για την ανάλυση της αξιοπιστίας ομάδας και της αξιοπιστίας της εξέτασης και επανεξέτασης χρησιμοποιήθηκαν η αντίστοιχη ανεξάρτητη δειγματοληψία t-test και ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ κλάσεων. Ένα στοιχείο επαναδιατυπώθηκε για την προσαρμογή στις κινεζικές οργανωτικές κουλτούρες. Ο δείκτης αξιοπιστίας περιεχομένου της κλίμακας ήταν 0.98. Η ανάλυση βασικών στοιχείων οδήγησε σε ένα μοντέλο επτά παραγόντων, το οποίο αντιπροσωπεύει το 62% της συνολικής διακύμανσης, με τους συντελεστές Cronbach για υποκλίμακες να κυμαίνονται από 0.71 έως 0.88. Συμπερασματικά, προέκυψε συνολικά επαρκή αξιοπιστία και προτείνεται η χρήση του συγκεκριμένου «εργαλείου» για την αξιολόγηση της ποιότητας της εργασιακής ζωής μεταξύ των νοσοκόμων στην ηπειρωτική Κίνα.

Οι Ketelaar et al. (2014) [117] αξιολόγησαν μια προσέγγιση ηλεκτρονικής παρακολούθησης της ψυχικής υγείας νοσηλευτών και συναφών επαγγελματιών υγείας. Η παρακολούθηση της υγείας των εργαζομένων περιλάμβανε διαδικτυακό έλεγχο σχετικά με προβλήματα στην εργασία και την ψυχική υγεία, ακολουθούμενη από διαδικτυακό, αυτόματα παραγόμενο, εξατομικευμένο feedback μέσω συμβουλών και παρεμβάσεων. Οι επιδράσεις στη λειτουργικότητα της εργασίας, στο άγχος και στην κόπωση που σχετίζεται με την εργασία μετά από 3 μήνες αναλύθηκαν με τη χρήση t test με το δείγμα να περιλαμβάνει 128 οκτώ νοσηλευτές και συναφείς επαγγελματίες υγείας. Προέκυψαν τελικά σημαντικές βελτιώσεις στη λειτουργικότητα της εργασίας (για το 30% του δείγματος) καθώς και στη μείωση της κόπωσης που σχετίζεται με την εργασία. Σημειώνεται ότι βρέθηκε μια μικρή επίδραση στο άγχος των συμμετεχόντων όσον αφορά στη σύνδεσή τους στην πλατφόρμα παρακολούθησης (20%,  $n = 26$ ). Ως συμπέρασμα, η συγκεκριμένη προσέγγιση στην παρακολούθηση της υγείας των εργαζομένων μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής τους που σχετίζεται με την εργασία.

Από τους Fonseca et al. (2018) [118] στο πλαίσιο διαχείρισης κινδύνων που σχετίζονται με την ποιότητα του εσωτερικού αέρα (Indoor Air Quality - IAQ) σε μονάδες υγειονομικής περίθαλψης, συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν πειραματικά δεδομένα επιλεγμένων παραμέτρων σε τρεις μονάδες υγειονομικής περίθαλψης στην Πορτογαλία: δύο γενικά νοσοκομεία και ένα κέντρο υγειονομικής περίθαλψης. Η εσωτερική θερμοκρασία αέρα, η σχετική υγρασία, το διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ), τα βακτήρια και η συγκέντρωση μυκήτων μετρήθηκαν το καλοκαίρι και το χειμώνα, τον Ιούνιο/Ιούλιο 2017 και τον Ιανουάριο/Μάρτιο του 2018 αντίστοιχα και πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία μέσω του SPSS (ανάλυση ANOVA). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αποκλειστική χρήση του φυσικού αερισμού δεν ήταν επαρκής όταν υπήρχαν πολλοί χρήστες, με τα αποδεκτά επίπεδα να υφίστανται σε συνθήκες χαμηλής έντασης απασχόλησης. Προέκυψε επίσης ότι η διατήρηση χαμηλής σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα έχει σημαντικό αντίκτυπο στη μείωση της συγκέντρωσης των μυκήτων και ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης  $CO_2$  του εσωτερικού αέρα και του βακτηριακού φορτίου. Συμπερασματικά, οι συγγραφείς προτείνουν ότι, για τη βελτίωση της ΥΑΕ η διαχείριση IAQ σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης θα πρέπει να εξετάσει τη χρήση του φυσικού αερισμού ως συμπλήρωμα σε μηχανικά συστήματα αερισμού και θα πρέπει να επικεντρωθεί σε επαρκή έλεγχο της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα και της συγκέντρωσης του  $CO_2$  για να μειωθεί ο κίνδυνος των αερομεταφερόμενων λοιμώξεων.

Οι Stefanovic et al. (2012) [119] ανέπτυξαν λογισμικό για την ανάλυση κινδύνων ΥΑΕ βασισμένο σε ένα ασαφές μοντέλο. Στη μελέτη αυτή αναλύθηκαν διαφορετικοί τύποι κινδύνων στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης και αναπτύχθηκε ένα νέο ασαφές μοντέλο για την αξιολόγηση και την κατάταξη των κινδύνων. Τέλος, παρουσιάστηκε μια εξελιγμένη λύση λογισμικού, βασισμένη στο προτεινόμενο ασαφές μοντέλο για την αξιολόγηση και την παρακολούθηση των κινδύνων.

Η μελέτη των Gholami et al. (2016) [120] διερεύνησε το συσχετισμό του συνδρόμου εξουθένωσης με τους ψυχοκοινωνικούς παράγοντες και τις μυοσκελετικές διαταραχές που σχετίζονται με την εργασία των νοσηλευτών. Το δείγμα περιλάμβανε 415 νοσηλευτές από διάφορα τμήματα σε 5 πανεπιστημιακά νοσοκομεία του Ιράν και τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω τριών ερωτηματολογίων: ερωτηματολόγιο περιεχομένου θέσεων εργασίας, απογραφή εξουθένωσης Maslach και οπτική αναλογική κλίμακα. Τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης έδειξαν ότι οι ψυχοκοινωνικοί παράγοντες σχετίζονταν σημαντικά με τις μεταβλητές της εξουθένωσης, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζουν την ένταση των μυοσκελετικών διαταραχών.

Ο στόχος της μελέτης των Turnberg και Daniell (2008) [121] ήταν να αξιολογήσουν ένα εργαλείο μέτρησης του κλίματος ΥΑΕ στην υγειονομική περίθαλψη, όπως αυτό προτάθηκε το 2000 από τον Gershon και την ομάδα εργασίας του, με τροποποίησή του ώστε να περιλαμβάνει και τον κίνδυνο από τις εκθέσεις του αναπνευστικού συστήματος εκτός της έκθεσης σε βιολογικούς παράγοντες. Το δείγμα περιλάμβανε ιατρούς, νοσηλευτές και βοηθούς νοσηλευτών ( $n = 460$ ) με τα δεδομένα να αναλύονται μέσω παραγοντικής ανάλυσης. Τελικά προέκυψαν 8 διαστάσεις του κλίματος ΥΑΕ οι οποίες περιλάμβαναν 25 χαρακτηριστικά (εύρος συντελεστών Cronbach: 0.62 – 0.88). Το συγκεκριμένο «εργαλείο» μπορεί σύμφωνα με τους συγγραφείς να χρησιμοποιηθεί από τους υπεύθυνους ΥΑΕ στο πλαίσιο διερεύνησης της αντίληψης των εργαζομένων για την ΥΑΕ στο ίδρυμά τους.

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας των προαναφερόμενων μελετών σχετικά με εφαρμογές υπολογιστικών μεθόδων και μηχανικής μάθησης για συστήματα ΥΑΕ ειδικά στον τομέα της Υγείας.

**Πίνακας 5.4:** Συγκεντρωτικός πίνακας των προαναφερόμενων μελετών σχετικά με εφαρμογές εξόρυξης γνώσης για συστήματα ΥΑΕ ειδικά στον τομέα της Υγείας

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Ladstätter et al. (2010) [110]	Πρόβλεψη στον τομέα της επαγγελματικής εξουθένωσης	462 νοσηλευτές και φοιτητές νοσηλευτικής από τρία νοσοκομεία στη Μαδρίτη	Σύγκριση ΤΝΔ με στατιστικές μεθοδολογίες (Δίκτυο RBF και βαθμιδωτή παλινδρόμηση)	Το δίκτυο RBF ήταν καταλληλότερο για την ανάλυση της επαγγελματικής εξουθένωσης από την ιεραρχική βαθμιδωτή παλινδρόμηση λόγω αντίληψης της μη γραμμικότητας
Ladstätter et al. (2016) [111]	Εξαγωγή μη γραμμικών σχέσεων περιγραφής της διαδικασίας επαγγελματικής εξουθένωσης	465 νοσηλευτές από 4 Κινεζικά νοσοκομεία	ΤΝΔ πολλαπλών στρωμάτων και ανάλυση ευαισθησίας	Η συνδυασμένη προσέγγιση των ΤΝΔ είναι εφικτό να μοντελοποιήσει τη διαδικασία επαγγελματικής εξουθένωσης
Veillard et al. (2005) [112]	Δημιουργία εργαλείου αξιολόγησης των επιδόσεων των νοσοκομείων (PATH)	4 εργαστήρια με συμμετοχή εμπειρογνομόνων	Ανασκόπηση έργων αξιολόγησης, εξαγωγή 100 δεικτών απόδοσης	Το PATH έχει εφαρμοστεί, βρίσκεται σε πλαίσιο συνεχούς επικαιροποίησης και μπορεί να συμβάλλει στην κατεύθυνση βελτίωσης της ποιότητας
Çelik, Oktay και Çebi (2017) [113]	Προσδιορισμός βασικών παραγόντων της λεκτικής και συναισθηματικής κακοποίησης των	450 εργαζόμενοι στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης σε τρία	Αυτοδιαχειριζόμενο ερωτηματολόγιο και ανάλυση δεδομένων με τέσσερα διαφορετικά πρότυπα	Προέκυψαν μεταξύ άλλων ως σημαντικοί παράγοντες ο τύπος του ιδρύματος, η κατάρτιση κατά της βίας στο χώρο εργασίας, οι τρέχουσες



<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
	εργαζομένων υγειονομικής περίθαλψης	νοσοκομεία (Erzurum της Τουρκίας)		πολιτικές των νοσοκομείων και των επίσημων φορέων κ.α.
Jankowska et al. (2015) [114]	Προγνωστικά μοντέλα για την εκτίμηση της έκθεσης σε χημικές ουσίες στο χώρο εργασίας	117 χειρουργεία 31 νοσοκομείων (Πολωνία)	Προσδιορισμός του sevoflurane στον αέρα του χώρου εργασίας και σύγκριση των μετρήσεων με τις εκτιμώμενες τιμές με τη χρήση δύο μοντέλων: ECETOC TRA και Stoffenmanager	Το μοντέλο Stoffenmanager παρείχε ακριβείς εκτιμήσεις έκθεσης στις εξεταζόμενες περιπτώσεις και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για την αξιολόγηση της επαγγελματικής έκθεσης των επαγγελματιών υγείας σε αναισθητικά αέρια
Kim και Jung (2016) [115]	Παράγοντες που συμβάλλουν στον μυοσκελετικό πόνο που σχετίζεται με την εργασία του νοσηλευτή	226 νοσηλευτές από τρία πανεπιστημιακά νοσοκομεία στη Σεούλ της Νότιας Κορέας	Αυτοδιαχειριζόμενο ερωτηματολόγιο και στατιστική ανάλυση με SPSS και AMOS 19.0	Οι πόνοι στον ώμο και στον αυχένα εμφανίστηκαν όταν τα άτομα εργάστηκαν περισσότερο από 46 ώρες την εβδομάδα
Lin et al. (2013) [116]	Ανάπτυξη κινεζικής έκδοσης του WRQOLS-2 για την αξιολόγηση της ποιότητας της εργασιακής ζωής του νοσηλευτή στην Κίνα	352 εγγεγραμμένοι νοσηλευτές	Forward and back διαδικασίες μετάφρασης, ανάλυση βασικών στοιχείων, t test και συντελεστής συσχέτισης μεταξύ κλάσεων	Επαρκή αξιοπιστία ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της ποιότητας της εργασιακής ζωής του νοσηλευτή στην Κίνα

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Ketelaar et al. (2014) [117]	Ηλεκτρονική παρακολούθηση της υγείας των επαγγελματιών υγείας	128 νοσηλευτές και συναφείς επαγγελματίες υγείας	Διαδικτυακή παρακολούθηση των εργαζομένων	Η συγκεκριμένη προσέγγιση βελτιώνει τη λειτουργικότητα της εργασίας και την ψυχική υγεία των νοσοκόμων και των συναφών επαγγελματιών υγείας
Fonseca et al. (2018) [118]	Βελτίωση της διαχείρισης της ποιότητας του εσωτερικού αέρα (IAQ) σε μονάδες υγειονομικής περίθαλψης	Τρεις μονάδες υγειονομικής περίθαλψης στην Πορτογαλία	Στατιστική ανάλυση με SPSS	Η διαχείριση IAQ σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης θα πρέπει να εξετάσει τη χρήση του φυσικού αερισμού ως συμπλήρωμα σε μηχανικά συστήματα αερισμού
Stefanovic et al. (2012) [119]	Ανάπτυξη λογισμικού για την ανάλυση κινδύνου ΥΑΕ βασισμένο σε ένα ασαφές μοντέλο	Λίστα ελέγχου του EU-OSHA	Αναλύθηκαν διαφορετικοί τύποι κινδύνων στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, Ασαφής Λογική	Παρουσιάστηκε μια εξελιγμένη λύση λογισμικού, βασισμένη στο προτεινόμενο ασαφές μοντέλο για την αξιολόγηση και την παρακολούθηση του κινδύνου ΥΑΕ
Gholami et al. (2016) [120]	Συσχετισμός συνδρόμου επαγγελματικής εξουθένωσης με ψυχοκοινωνικούς παράγοντες κινδύνου και την ένταση των μυοσκελετικών διαταραχών των νοσηλευτών	415 νοσηλευτές από διάφορους χώρους σε 5 Πανεπιστημιακά νοσοκομεία του Ιράν	Ερωτηματολόγιο περιεχομένου θέσεων εργασίας, απογραφή εξουθένωσης Maslach και οπτική αναλογική κλίμακα	Οι ψυχοκοινωνικοί παράγοντες κινδύνου σχετίζονταν σημαντικά με τις μεταβλητές της εξουθένωσης, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζουν την ένταση των μυοσκελετικών διαταραχών

<i>Πηγή – Έτος</i>	<i>Αντικείμενο</i>	<i>Δείγμα – Πεδίο Εφαρμογής</i>	<i>Μέθοδος</i>	<i>Συμπεράσματα</i>
Turnberg και Daniell (2008) [121]	Αξιολόγηση ενός εργαλείου μέτρησης του κλίματος ΥΑΕ στην υγειονομική περίθαλψη (Gershon)	460 ιατροί, νοσηλευτές και βοηθοί νοσηλευτών	Παραγοντική ανάλυση	Επαρκή αξιοπιστία και εγκυρότητα για χρήση από τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων ΥΑΕ στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης ως δείκτη της αντίληψης των εργαζομένων για την ασφάλεια στο ίδρυμά τους

# 6

## Μεθοδολογία

## 6.1 Δεδομένα

Για την εκπαίδευση και τον έλεγχο των μοντέλων μηχανικής μάθησης χρησιμοποιήθηκαν 476 αναφορές γεγονότων (συμβάντων – ατυχημάτων) από το Γενικό Αντικαρκινικό Νοσοκομείο Μεταξά (περίοδος αναφοράς 01/01/2014-31/12/2019). Τα καταγεγραμμένα γεγονότα κατηγοριοποιήθηκαν στις ακόλουθες 5 ομάδες - κλάσεις ανάλογα με το είδος του γεγονότος: 136 αναφορές «Τρυπήματος/Κοψίματος» (“Needlestick /Cut”), 59 αναφορές διαφόρων «Συμβάντων» (“Incidents”), 20 αναφορές «Πτώσης» (“Falling”), 23 αναφορές «Ατυχημάτων» (“Accidents”) και 238 αναφορές «Ασφάλειας» (“Safety”). Τα δεδομένα κάθε αναφοράς αφορούν διαφορετικές μεταβλητές όπως περιγράφονται αναλυτικά σε επόμενη ενότητα. Αναφορές οι οποίες περιλάμβαναν μη ολοκληρωμένες διορθωτικές ενέργειες ΥΑΕ ή ελλιπή δεδομένα από την περίοδο αναφοράς δε συμπεριλήφθηκαν. Το εργατικό δυναμικό των αναφορών περιλάμβανε νοσηλευτικό προσωπικό (52.52%), ιατρικό προσωπικό (13.45%), προσωπικό καθαριότητας (10.50%), εργαστηριακό προσωπικό (9.24%), διοικητικό προσωπικό (5.46%), τεχνικό – εργατικό προσωπικό (4.62%), και βοηθητικό προσωπικό (4.20%). Η μέση ηλικία ήταν τα 46.61 έτη και η μέση εμπειρία ήταν τα 16.98 έτη.

Η μελέτη έχει εγκριθεί από το Επιστημονικό και το Διοικητικό Συμβούλιο του Νοσοκομείου. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική Νομοθεσία Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων [122], χρησιμοποιήθηκε ψευδωνυμοποίηση για την εισαγωγή των δεδομένων και την κωδικοποίησή τους.

## 6.2 Σχεδιασμός του συστήματος

### 6.2.1 Ροή πληροφορίας

Το προτεινόμενο σύστημα [123] αποσκοπεί στο να συμβάλλει στην αξιολόγηση και τη βελτίωση της ΥΑΕ των εργαζομένων στα νοσοκομεία – θεραπευτήρια. Λαμβάνοντας υπόψη πως η διαδικασία της καταγραφής των συμβάντων - ατυχημάτων σε πολλά θεραπευτήρια υπολειτουργεί (λόγω μη ενημέρωσης των αρμοδίων, έλλειψης σχετικών διαδικασιών – πρωτοκόλλων και μη ανάθεση σχετικών αρμοδιοτήτων, απροθυμίας αναγγελίας κ.α.) θα πρέπει να σημειωθεί πως στο συγκεκριμένο Νοσοκομείο η διαδικασία βρίσκεται σε

ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο λειτουργικότητας, με αποτέλεσμα η «εικόνα» που προκύπτει να είναι σε μεγάλο βαθμό αντιπροσωπευτική της πραγματικής υφιστάμενης κατάστασης.

Η διαδικασία διαχείρισης ενός συμβάντος – ατυχήματος από πλευράς καταγραφής μπορεί να περιγραφεί συνοπτικά ως εξής: Κάθε φορά που πραγματοποιείται ένα συμβάν ή ατύχημα, ειδοποιείται το αρμόδιο προσωπικό (προϊστάμενος αντίστοιχου κάθε φορά τμήματος και υπεύθυνος καταγραφής) και ενημερώνονται τα αντίστοιχα αρχεία – έγγραφα σύμφωνα με την εσωτερική διαδικασία του Νοσοκομείου και τις σχετικές νομικές απαιτήσεις (Άρθρο 43, Παρ.2 Ν.3850/2010) (Βιβλίο Συμβάντων, Βιβλίο Ατυχημάτων, Έντυπο Καταγραφής για εφαρμογή Πρωτοκόλλου Έκθεσης σε Βιολογικούς Παράγοντες, Έντυπο Αναγγελίας στον Ασφαλιστικό Φορέα και στην Αστυνομία, Ηλεκτρονική Αναγγελία στην Επιθεώρηση Εργασίας, με τα δύο τελευταία να αφορούν την περίπτωση ατυχήματος). Στη συνέχεια, ο Τεχνικός Ασφαλείας, σε συνεργασία με την Ιατρό Εργασίας του Νοσοκομείου όπου απαιτείται, προβαίνει στη διερεύνηση του συμβάντος – ατυχήματος συμπληρώνοντας τα αίτια και τα μέτρα αποτροπής επανάληψης του συμβάντος-ατυχήματος στην αντίστοιχη κάθε φορά έκθεση διερεύνησης ή/και στα Βιβλία Συμβάντων – Ατυχημάτων.

Στο πλαίσιο των καθηκόντων του και κατά τη διάρκεια των προγραμματισμένων ή μη επισκέψεών του (σύμφωνα με πρόγραμμα που δηλώνεται ηλεκτρονικά στην Επιθεώρηση Εργασίας) ο Τεχνικός Ασφαλείας πραγματοποιεί επιθεωρήσεις των χώρων και των συνθηκών εργασίας και συμπληρώνει πίνακες εκτίμησης κινδύνου με τη μεθοδολογία που περιγράφηκε παραπάνω στο αντίστοιχο κεφάλαιο (Άρθρο 14,15 Ν.3850/2010). Η διαδικασία επαναλαμβάνεται στην περίπτωση συμβάντος – ατυχήματος έτσι ώστε η εκτίμηση κινδύνου να επικεντρωθεί στα αίτια που συνδέονται με το συγκεκριμένο κάθε φορά συμβάν – ατύχημα. Σκοπός της διαδικασίας είναι να διασφαλιστεί κατά το δυνατό η μελλοντική αποφυγή του αντίστοιχου συμβάντος – ατυχήματος. Τα αποτελέσματα των ελέγχων του ΤΑ καταγράφονται σε πίνακες μεταβλητών σύμφωνα με την προαναφερόμενη μεθοδολογία [17].

Λαμβάνοντας επίσης υπόψη τη νομική απαίτηση για διαβούλευση με τους εργαζόμενους (Άρθρο 46, Ν.3850/2010) ανά τακτά χρονικά διαστήματα γίνεται έρευνα ερωτηματολογίου προκειμένου να διαπιστωθεί η υφιστάμενη κάθε φορά υποκειμενική αντίληψη των εργαζομένων σχετικά με το κλίμα – συνθήκες ΥΑΕ που επικρατούν στο Νοσοκομείο και στο χώρο εργασίας τους ειδικότερα, αλλά και μεμονωμένη προσωπική επικοινωνία κατά τη διάρκεια της διερεύνησης ή των επισκέψεων – ελέγχων. Επίσης, πραγματοποιούνται

συναντήσεις με την Επιτροπή Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας ώστε να συζητηθούν θέματα ΥΑΕ.

Τα παραπάνω συνιστούν την υφιστάμενη κατάσταση όσον αφορά την προσέγγιση ΥΑΕ όχι μόνο στο Νοσοκομείο Αναφοράς αλλά στο σύνολο των νοσοκομείων – θεραπευτηρίων της χώρας, με τις όποιες διαφορές να έγκεινται στην πιστότητα και στη συνέπεια εφαρμογής της διαδικασίας.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι το προτεινόμενο σύστημα δεν «επιβαρύνει» την υφιστάμενη διαδικασία αφού χρησιμοποιεί δεδομένα που ήδη καταγράφονται. Μπορεί μάλιστα να συμβάλλει στην απλοποίηση εισαγωγής δεδομένων αλλά και εξαγωγής αναφορών, με τη διαδικασία να εφαρμόζεται πιλοτικά στο εν λόγω Νοσοκομείο.

Το ζητούμενο μέσα από το συγκεκριμένο σύστημα είναι η γνώση που υφίσταται εντός της καταγεγραμμένης πληροφορίας, τόσο από την πλευρά του Τεχνικού Ασφαλείας – Ιατρού Εργασίας όσο και από την πλευρά του ίδιου του Νοσοκομείου να αξιοποιηθεί:

- στην κατεύθυνση εξεύρεσης πηγών κινδύνου που οδηγούν ή πιθανό να οδηγήσουν σε συμβάντα – ατυχήματα και στον περιορισμό – απαλοιφή τους,
- στην κατεύθυνση αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας παρεμβάσεων ΥΑΕ ή λήψης αποφάσεων που σχετίζονται με εσωτερικά ζητήματα και την προσέγγισή τους υπό το πρίσμα ΥΑΕ (π.χ. μετακίνηση ή πρόσληψη ενός εργαζόμενου σε ένα συγκεκριμένο τμήμα) και
- στη βελτίωση των συνθηκών ΥΑΕ του Νοσοκομείου, με δυνατότητες εφαρμογής του σε ευρύτερο σύνολο θεραπευτηρίων, λαμβάνοντας υπόψη πως η ακολουθούμενη μεθοδολογία και οι σχετικές νομικές απαιτήσεις διέπουν το σύνολο των θεραπευτηρίων.

Για την υλοποίηση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Weka και δοκιμάστηκαν διαφορετικές τεχνικές εξόρυξης δεδομένων – μηχανικής μάθησης, με την εφαρμογή τους να αναλύεται στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο.

## **6.2.2 Δομικό διάγραμμα του συστήματος**

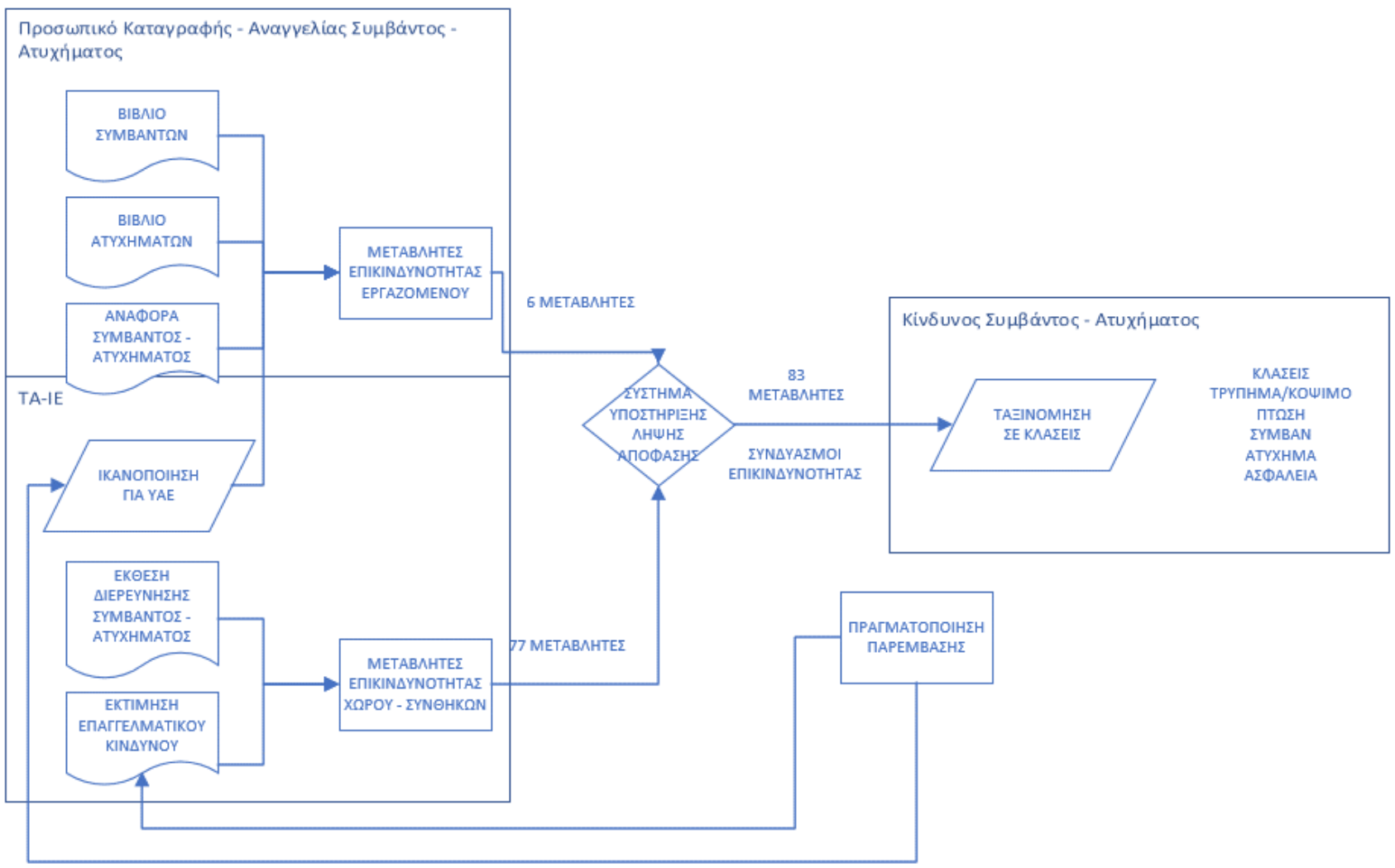
Λαμβάνοντας υπόψη την προαναφερόμενη καταγραφή της υφιστάμενης διαδικασίας, το προτεινόμενο σύστημα περιγράφεται από το ακόλουθο δομικό διάγραμμα. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί η είσοδος του συστήματος περιλαμβάνει δυο βασικές κατηγορίες μεταβλητών (χαρακτηριστικών). Αυτές που σχετίζονται με τον ίδιο τον εργαζόμενο, με τις τιμές τους να

προέρχονται από τη διαδικασία καταγραφής του συμβάντος – ατυχήματος και εκείνες που σχετίζονται με τις συνθήκες ΥΑΕ και το σύνολο των πηγών κινδύνου, με τις τιμές τους να προέρχονται από τις αναφορές του Τεχνικού Ασφαλείας.

Τα προαναφερόμενα δεδομένα χρησιμοποιούνται ως είσοδο στο προτεινόμενο DSS. Η βασική «ιδέα» όσον αφορά στην αποδοτική τους χρήση ήταν η οργάνωση και η ενσωμάτωσή τους σε μια ηλεκτρονική βάση δεδομένων, καθιστώντας έτσι την πληροφορία περισσότερο αξιοποιήσιμη σε σχέση με την έντυπη μορφή της.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο ακόλουθο διάγραμμα υφίστανται τρία κύρια blocks. Το block που αφορά την καταγραφή και την αναγγελία των ατυχημάτων και το οποίο αντιστοιχεί στη διαδικασία καταγραφής συμβάντων – ατυχημάτων και αναγγελίας ατυχημάτων, το block που αφορά την εκτίμηση κινδύνου και τη διερεύνηση των συμβάντων – ατυχημάτων, το οποίο αντιστοιχεί στη διαδικασία αναγνώρισης των πηγών κινδύνου, την ποιοτική τους έκφραση, τη συσχέτισή τους με το εκάστοτε συμβάν-ατύχημα και την εκτίμηση της αποδοτικότητας των παρεμβάσεων ΥΑΕ (με τα δύο αυτά blocks να αποτελούν την είσοδο του συστήματος), και τέλος το block που αφορά την έξοδο του συστήματος και το οποίο αντιστοιχεί στο αποτέλεσμα της διαδικασίας ταξινόμησης και εξαρτάται από το μοντέλο που χρησιμοποιείται κάθε φορά και από τις τιμές των διαφορετικών μεταβλητών που συνιστούν την επικινδυνότητα. Η είσοδος περιλαμβάνει 2 σελ μεταβλητών. Το πρώτο σελ περιλαμβάνει 6 μεταβλητές (F1 – F6) οι οποίες σχετίζονται με τους εργαζόμενους, με τις τιμές τους να προέρχονται από τις αναφορές των συμβάντων – ατυχημάτων και το σχετικό αρχείο. Το δεύτερο σελ περιλαμβάνει 77 μεταβλητές (F7 – F83) από το 2ο block. Το σύνολο των μεταβλητών (83 μεταβλητές εισόδου και 1 εξόδου) περιγράφονται αναλυτικά στην αμέσως επόμενη ενότητα. Η επιλογή των συγκεκριμένων μεταβλητών βασίστηκε στην προαναφερόμενη μεθοδολογία εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου [17].





Σχήμα 6.1: Δομή προτεινόμενου συστήματος

### 6.2.3 Μεταβλητές

Στους πίνακες που ακολουθούν καταγράφονται οι μεταβλητές εισόδου και εξόδου του συστήματος ως προς το πεδίο κινδύνου με το οποίο σχετίζονται, η κωδικοποίηση, το είδος και το εύρος τιμών τους. Οι μεταβλητές της επικινδυνότητας βασίζονται στη σχετική ταξινόμηση κινδύνων που αναλύθηκε παραπάνω στην αντίστοιχη ενότητα [14].

**Πίνακας 6.1:** Μεταβλητές εισόδου του συστήματος

	<b>ΕΙΣΟΔΟΙ</b>	<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>ΕΙΔΟΣ</b>	<b>ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ</b>
Μεταβλητές	Ηλικία	F1	Numeric	
Εργαζόμενου	Προϋπηρεσία	F2	Numeric	
	Εκπαίδευση	F3	Nominal	ΝΑΙ, ΟΧΙ
	Επανάληψη Εκπαίδευσης τουλάχιστον ανά εξάμηνο	F4	Nominal	ΝΑΙ, ΟΧΙ
	Χρήση ΜΑΠ	F5	Nominal	ΝΑΙ, ΟΧΙ
	Ικανοποίηση από τις συνθήκες ΥΑΕ	F6	Numeric	1-5
	Μεταβλητές	Δάπεδα - ολισθηρότητα	F7	Numeric
επικινδυνότητας χώρου σχετικά με Κτιριακές Υποδομές	Εμβαδό χώρου εργασίας	F8	Numeric	1-256
	Ύψος χώρου εργασίας	F9	Numeric	1-256
	Όγκος χώρου εργασίας	F10	Numeric	1-256
	Πόρτες - Παράθυρα	F11	Numeric	1-256
	Ελλιπής Φωτισμός	F12	Numeric	1-256
	Ύπαρξη παταριών (υποστύλωση, πρόσβαση)	F13	Numeric	1-256
	Ακάλυπτα ανοίγματα	F14	Numeric	1-256
	Εμπόδια στους διαδρόμους	F15	Numeric	1-256
	Έξοδοι κινδύνου – Οδοί διαφυγής (σε δύο αντίθετες κατευθύνσεις)	F16	Numeric	1-256

	<b>ΕΙΣΟΔΟΙ</b>	<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>ΕΙΔΟΣ</b>	<b>ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ</b>
	Τοιχοποιΐα (ανωμαλίες – προβλήματα)	F17	Numeric	1-256
	Τοίχοι με ράφια	F18	Numeric	1-256
	Στέγη - Ψευδοροφές	F19	Numeric	1-256
	Υπόγεια	F20	Numeric	1-256
	Διάδρομοι	F21	Numeric	1-256
	Μόνωση σκεπής (κίνδυνος πτώσης)	F22	Numeric	1-256
	Καθαριότητα – Διευθέτηση χώρου	F23	Numeric	1-256
	Εμπόδια στις θέσεις των πυροσβεστήρων και της εξόδου κινδύνου	F24	Numeric	1-256
	Σήμανση ασφαλείας (έξοδοι κινδύνου – οδοί διαφυγής και διάσωσης, πυροσβεστικά μέσα, φαρμακείο)	F25	Numeric	1-256
Μεταβλητές επικινδυνότητας χώρου σχετικά με Μηχανές - Εξοπλισμό	Πρωτόκολλο συντήρησης	F26	Numeric	1-256
	Έλλειψη μέτρων ασφαλείας κατά τη χρήση	F27	Numeric	1-256
	Προφυλακτήρες στα όργανα εκκίνησης για αποφυγή τυχαίας εκκίνησης	F28	Numeric	1-256
	Προφυλακτήρες (μηχανισμού μετάδοσης, επιφάνειας εργασίας και οργάνων χειρισμού)	F29	Numeric	1-256
	Εκτινασσόμενα σωματίδια	F30	Numeric	1-256
	Σήμανση CE	F31	Numeric	1-256
	Εργασίες Κοπής	F32	Numeric	1-256
	Ανυψωτικά Μηχανήματα	F33	Numeric	1-256
	Οχήματα μεταφοράς υλικών	F34	Numeric	1-256

ΕΙΣΟΔΟΙ		ΚΩΔΙΚΟΣ	ΕΙΔΟΣ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ
	Φορητές Κλίμακες	F35	Numeric	1-256
	Έλλειψη μέτρων ασφαλείας δικτύου αέρα	F36	Numeric	1-256
	Ανελκυστήρες	F37	Numeric	1-256
	Άλλα μηχανήματα	F38	Numeric	1-256
	Μη χρήση ατομικών μέσων προστασίας	F39	Numeric	1-256
	Ασφάλεια χρήσης συσκευών υπό πίεση ή κυκλωμάτων	F40	Numeric	1-256
	Πρόσβαση σε κλιμακοστάσια, φρεάτια, δεξαμενές, σιλό	F41	Numeric	1-256
Μεταβλητές επικινδυνότητας χώρου σχετικά με Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις	Ακαταλληλότητα εγκαταστάσεων (φθαρμένες μονώσεις, κρεμασμένες πρίζες και διακόπτες, σύνδεση πολλών φορτίων κτλ.)	F42	Numeric	1-256
	Ακαταλληλότητα χρήσης	F43	Numeric	1-256
	Ακαταλληλότητα εγκαταστάσεων σε εκρήξιμες ατμόσφαιρες	F44	Numeric	1-256
	Έλλειψη μέτρων ασφαλείας κατά την χρήση των εγκαταστάσεων	F45	Numeric	1-256
	Έλλειψη μέτρων ασφαλείας κατά τις εργασίες συντήρησης των εγκαταστάσεων	F46	Numeric	1-256
	Επικίνδυνες ουσίες (π.χ. υγρά από γεννήτριες ή μπαταρίες)	F47	Numeric	1-256
	Τοξικές ουσίες (κόλλες κτλ.)	F48	Numeric	1-256

	<b>ΕΙΣΟΔΟΙ</b>	<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>ΕΙΔΟΣ</b>	<b>ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ</b>
	Καυστικές ουσίες	F49	Numeric	1-256
Μεταβλητές επικινδυνότητας χώρου σχετικά με Επικίνδυνες ουσίες	Διαβρωτικές ουσίες	F50	Numeric	1-256
	Ερεθιστικές ουσίες	F51	Numeric	1-256
	Οξειδωτικές ουσίες	F52	Numeric	1-256
	Εκρηκτικές ουσίες (γκαζάκια κτλ.)	F53	Numeric	1-256
Μεταβλητές επικινδυνότητας χώρου σχετικά με Πυρκαγιά	Εύφλεκτες πρώτες ύλες – ουσίες	F54	Numeric	1-256
	Παρουσία και χρήση κατάλληλων ερμαρίων για εναπόθεση εύφλεκτων και εκρήξιμων υλικών	F55	Numeric	1-256
	Σήμανση (ύπαρξη ανάλογης με την ουσία)	F56	Numeric	1-256
	Σήμανση απαγόρευσης καπνίσματος	F57	Numeric	1-256
	Σήμανση απαγόρευσης χρήσης φλογός	F58	Numeric	1-256
	Αποθήκευση εύφλεκτων υλικών	F59	Numeric	1-256
	Έλλειψη κατάλληλων συστημάτων πυρανίχνευσης και πυρασφάλειας	F60	Numeric	1-256
	Εκπαίδευση σχεδίου πυρασφάλειας	F61	Numeric	1-256
	Φορητοί Πυροσβεστήρες	F62	Numeric	1-256
	Ελλείψεις στην ενημέρωση, πληροφόρηση και εκπαίδευση από την επιχείρηση σχετικά με την πυρασφάλεια	F63	Numeric	1-256
	Σκόνες	F64	Numeric	1-256

	<b>ΕΙΣΟΔΟΙ</b>	<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>ΕΙΔΟΣ</b>	<b>ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ</b>
	Ίνες αμιάντου	F65	Numeric	1-256
Μεταβλητές επικινδυνότητας χώρου σχετικά με Χημικούς Παράγοντες	Καπνοί - Ατμοί	F66	Numeric	1-256
	Σωματιδιακοί Ρύποι	F67	Numeric	1-256
	Άλλες ουσίες	F68	Numeric	1-256
	Εμβαπτίσεις – Εκτινάξεις - Πιτσιλίσματα	F69	Numeric	1-256
Μεταβλητές επικινδυνότητας χώρου σχετικά με Φυσικούς Παράγοντες	Θόρυβος	F70	Numeric	1-256
	Δονήσεις - Κραδασμοί	F71	Numeric	1-256
	Ακτινοβολίες	F72	Numeric	1-256
	Φωτισμός	F73	Numeric	1-256
	Μικροκλίμα	F74	Numeric	1-256
Μεταβλητές επικινδυνότητας χώρου σχετικά με Βιολογικούς Παράγοντες	Βακτηρίδια	F75	Numeric	1-256
	Μύκητες	F76	Numeric	1-256
	Ιοί	F77	Numeric	1-256
	Άλλοι παράγοντες	F78	Numeric	1-256
Μεταβλητές επικινδυνότητας χώρου σχετικά με εγκάρσιους ή οργανωτικούς κίνδυνους	Οργάνωση εργασίας (χειρωνακτική διακίνηση φορτίων, φθοροποιός εργασία, σχέσεις, χωροταξία, καταμερισμός, εργασιακές σχέσεις κ.α.)	F79	Numeric	1-256
	Ψυχολογικοί Παράγοντες	F80	Numeric	1-256
	Έλλειψη προγραμμάτων επέμβασης για την προστασία και πρόληψη του επαγγελματικού κινδύνου	F81	Numeric	1-256
	Εργονομία	F82	Numeric	1-256
	Αντίξοες συνθήκες	F83	Numeric	1-256

**Πίνακας 6.2:** Μεταβλητές εξόδου του συστήματος

ΕΞΟΔΟΙ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΕΙΔΟΣ	ΤΙΜΕΣ
Συμβάν - Πτώση	Y1	Nominal	ΝΑΙ, ΟΧΙ
Συμβάν - Τρύπημα	Y2	Nominal	ΝΑΙ, ΟΧΙ
Συμβάν - Άλλο	Y3	Nominal	ΝΑΙ, ΟΧΙ
Ατύχημα	Y4	Nominal	ΝΑΙ, ΟΧΙ
Ασφάλεια	Y5	Nominal	ΝΑΙ, ΟΧΙ

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν προκύπτουν από τη μεθοδολογία ανάλυσης επικινδυνότητας και τις διαφορετικές ομάδες – πηγές κινδύνου που αναλύθηκαν στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Κάθε γεγονός (συμβάν – ατύχημα) που περιγράφεται στις αναφορές του δείγματος αντιστοιχεί σε ένα στιγμιότυπο (instance) και κατηγοριοποιήθηκε στις ακόλουθες 4 κλάσεις: “Needlestick/Cut”, “Falling”, “Incident” και “Accident”, ανάλογα με τον τύπο του. Ιδιαίτερα όσον αφορά στην κλάση “Incident”, λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή των συμβάντων στο νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας και την υψηλή συχνότητα εμφάνισης συμβάντων «Τρυπήματος/Κοψίματος» και «Πτώσης» (όπως προέκυψε τόσο από το δείγμα όσο και από σχετική βιβλιογραφία [11]), η συγκεκριμένη κλάση «υποδιαιρέθηκε» σε 3 κλάσεις: “Needlestick/Cut” και “Falling” αντίστοιχα και “Incident”, με την τελευταία να περιλαμβάνει το πλήθος όλων των υπόλοιπων συμβάντων (συσχετίστηκαν με απουσία από την εργασία μόνο για την ίδια την ημέρα του συμβάντος ή με συνέχιση της εργασίας μετά από κάποια ώρα την ίδια ημέρα). Η κλάση “Accident” χρησιμοποιήθηκε για να συμπεριλάβει όλα τα είδη των Ατυχημάτων (που συσχετίστηκε με τουλάχιστον διήμερη αναρρωτική άδεια και αναγγελία στην Επιθεώρηση Εργασίας).

Οι τιμές των μεταβλητών εκφράζουν τις συνθήκες ΥΑΕ και τους κινδύνους που σχετίζονται με το συμβάν – ατύχημα όπως αναγνωρίζονται από τον ΤΑ. Καταγράφηκαν σύμφωνα με τις σχετικές αναφορές και πίνακες μετά τη διαδικασία διερεύνησης του αντίστοιχου κάθε φορά συμβάντος – ατυχήματος. Κατά τη διερεύνηση, προτεινόταν παράλληλα μέτρα – διορθωτικές ενέργειες (παρεμβάσεις ΥΑΕ) προκειμένου η

επικινδυνότητα να μεταβεί σε ανεκτά επίπεδα ( $R \leq 32$  για τα ατυχήματα και  $R \leq 24$  για τα συμβάντα σύμφωνα με τη σχετική μεθοδολογία).

Στη συνέχεια, μετά την ολοκλήρωση των διορθωτικών ενεργειών – παρεμβάσεων (σε διάστημα έως 2 μηνών μετά την πραγματοποίηση του συμβάντος – ατυχήματος) και τον έλεγχο της διαδικασίας από τον ΤΑ, λάμβανε χώρα επικαιροποίηση των τιμών επικινδυνότητας για τις αντίστοιχες μεταβλητές, με τα στιγμιότυπα να ταξινομούνται στην κλάση “Safety”. Έτσι σε κάθε στιγμιότυπο “Needlestick/Cut” ή “Falling” ή “Incident” ή “Accident” αντιστοιχεί ένα στιγμιότυπο “Safety” (238 στιγμιότυπα ανασφαλών και 238 ασφαλών καταστάσεων).

Στην περίπτωση των μεταβλητών εξόδου (με τις κατηγορίες να είναι εκ των προτέρων γνωστές κατατάσσοντας επομένως τη διαδικασία στην προσέγγιση της επιβλεπόμενης μάθησης), η έξοδος του συστήματος είναι μία από τις προαναφερόμενες 5 κλάσεις ταξινόμησης (Y1 – Y5) και εκφράζει το γεγονός στο οποίο μπορεί να οδηγήσουν συγκεκριμένες συνθήκες ΥΑΕ στο νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας.

Σημειώνεται ότι στο πλαίσιο δοκιμής των μοντέλων, πραγματοποιήθηκαν εφαρμογές όπου η ταξινόμηση αφορούσε μόνο τις τρεις κατηγορίες συμβάντων (4 κλάσεις ταξινόμησης εξόδου: “Needlestick/Cut” ή “Falling” ή “Incident” και “Safety”) καθώς και μία κλάση συμβάντων και μία ατυχημάτων (3 κλάσεις ταξινόμησης εξόδου: “Incident”, “Accident” και “Safety”) συγχωνεύοντας ουσιαστικά τις τρεις κλάσεις συμβάντων σε μία (παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα στις αντίστοιχες ενότητες του επόμενου κεφαλαίου). Εντούτοις, αναλυτικά παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση με τις πέντε κλάσεις ταξινόμησης, με βάση το γεγονός ότι αποτυπώνει περισσότερο ρεαλιστικά το νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας. Οι άλλες κατηγοριοποιήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε άλλα περιβάλλοντα εργασίας ή σε περιπτώσεις ελλιπούς καταγραφής στοιχείων.

#### **6.2.4 Εισαγωγή τιμών επικινδυνότητας**

Στη συγκεκριμένη ενότητα επεξηγείται η προσέγγιση που θα πρέπει να έχει η εκτίμηση της επικινδυνότητας από την πλευρά του Τεχνικού Ασφαλείας ή του εκάστοτε διαχειριστή του προτεινόμενου συστήματος, έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η χρησιμότητά του και να έχει πρακτικό νόημα η εκάστοτε εκτίμηση – βαθμολόγηση.

Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πως μπορεί να συγχέεται η ταξινόμηση ανάμεσα στις κλάσεις incident – accident (συμβάν – ατύχημα) αφού δεν είναι δυνατό να υπάρχει η



πρότερη γνώση για το αν και πόσες μέρες αναρρωτική μπορεί να πάρει ο εργαζόμενος. Εκ των προτέρων και με βάση την εμπειρία του ΤΑ, μπορεί να εκτιμηθεί η συγκεκριμένη παράμετρος και επομένως να χαρακτηριστεί η συγκεκριμένη κλάση.

Ιδιαίτερη σημασία θα πρέπει να αποδίδεται στο γεγονός ότι το συμβάν μπορεί να οδηγήσει δυναμικά σε ατύχημα, πόσο μάλλον όταν αυτό είναι επαναλαμβανόμενο. Επίσης, δεν πρέπει να παραβλεφθεί το γεγονός ότι σε περιπτώσεις συγκεκριμένων συμβάντων (ειδικότερα του τύπου τρυπήματος/κοψίματος ή σημαντικής μυοσκελετικής καταπόνησης ή χρόνιας έκθεσης του αναπνευστικού σε επικίνδυνους παράγοντες) υφίσταται ο κίνδυνος επαγγελματικής ασθένειας, η οποία από νομικής άποψης έχει εξισωθεί με το εργατικό ατύχημα [124].

Ο διαχωρισμός των κλάσεων σε συμβάν – ατύχημα για το σύστημα έχει σημασία, αφού τα δεδομένα εκπαίδευσης – ελέγχου περιλαμβάνουν διακριτές τις δύο κλάσεις (με τον περαιτέρω διαχωρισμό της κλάσης του συμβάντος σε τρύπημα/κόψιμο και σε πτώση να καταδεικνύεται από τη συχνότητα των συγκεκριμένων συμβάντων).

Συνοπτικά, το “alert” για τη λήψη μέτρων αφορά το σύνολο των κλάσεων που διαφέρουν από εκείνη της ασφάλειας, με ιδιαίτερα ενδιαφέρον εκείνο το σημείο κατά το οποίο η αλλαγή μιας βαθμολογίας συνεπάγεται τη μετάπτωση από μια κλάση σε μια άλλη.

Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν στην εξάλειψη του κινδύνου, κατάσταση η οποία δεν μπορεί πάντοτε να επιτευχθεί στην πράξη. Στις περιπτώσεις αυτές, όταν δηλαδή δεν μπορεί να εξαλειφθεί πλήρως ο κίνδυνος, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την μείωσή του σε χαμηλότερα επίπεδα. Η σχέση του κόστους και του επιδιωκόμενου επιπέδου κινδύνου, καθορίζεται από την αρχή ALARP - As Low As Reasonable Practicable σύμφωνα με την οποία το επίπεδο κινδύνου θα πρέπει να μειωθεί όσο αυτό είναι πρακτικά εφικτό.

Επομένως, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γίνει αντιληπτό πως κατά την εκτίμηση της επικινδυνότητας και την εισαγωγή των αντίστοιχων τιμών από τον Τεχνικό Ασφαλείας ή τον εκάστοτε διαχειριστή του προτεινόμενου συστήματος, δεν έχει πρακτικά νόημα η εισαγωγή των ελάχιστων τιμών επικινδυνότητας στην κλάση της ασφάλειας, αφού κάτι τέτοιο δεν είναι πάντα πρακτικά εφικτό τόσο από πλευράς κόστους όσο και από πλευράς εγγενούς κινδύνου (του κινδύνου δηλαδή που διέπει μια πρακτική εργασίας ακόμα και μετά τη λήψη όλων των σχετικών μέτρων που την καθιστούν ασφαλή). Στον αντίποδα, δεν θα πρέπει κατά την εκτίμηση της επικινδυνότητας να εφαρμόζεται η «λογική της πανοπλίας» δηλαδή η εισαγωγή μέγιστων τιμών προκειμένου να διασφαλιστεί ότι αναγνωρίζεται και επισημαίνεται υπερβολικά η εκάστοτε πηγή κινδύνου.

Η αποδοτική προσέγγιση όσον αφορά στην εισαγωγή των τιμών επικινδυνότητας μπορεί να επιτευχθεί μέσω της σχετικής εκπαίδευσης.

### 6.3 Χρησιμοποιούμενο Λογισμικό

Για την υλοποίηση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) (έκδοση 3.8.3) [125]. Πρόκειται για ένα λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σε εφαρμογές εξόρυξης δεδομένων και μηχανικής μάθησης. Αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Waikato της Ν. Ζηλανδίας και πήρε το όνομα του από το Weka, ένα μικρό και υπό εξαφάνιση πουλί της Ν. Ζηλανδίας. Ανήκει στην κατηγορία του λεγόμενου "ελεύθερου λογισμικού" (freeware) (ανοικτός κώδικας) και διατίθεται δημοσίως σύμφωνα με τους όρους της άδειας GNU General Public License, η οποία επιτρέπει στους χρήστες να χρησιμοποιούν, αλλά και να τροποποιούν ελεύθερα το λογισμικό. Η ευρεία εφαρμογή του σχετίζεται άμεσα με το δυναμικό και τα χαρακτηριστικά του πλεονεκτήματα όπως το ότι:

- Περιλαμβάνει μεθόδους που αφορούν διάφορες εργασίες εξόρυξης γνώσης (π.χ. κατηγοριοποίηση, παλινδρόμηση, ανάλυση συστάδων, κανόνες συσχέτισης) και ενδιάμεσες υποστηρικτικές διαδικασίες (π.χ. προεπεξεργασία των δεδομένων, οπτικοποίηση).
- Αποτελεί λογισμικό ανοικτού κώδικα (δυναμικά εξελισσόμενο και ενημερωμένο με νέους αλγορίθμους της ερευνητικής βιβλιογραφίας και χωρίς κόστος).
- Είναι γραμμένο σε γλώσσα Java, γεγονός που ενισχύει τη συμβατότητά του με διαφορετικές πλατφόρμες υλικού και λογισμικού.
- Διαθέτει γραφικό περιβάλλον εργασίας, γεγονός που επιτρέπει τη χρήση του χωρίς την απαίτηση γνώσης προγραμματισμού.
- Υφίσταται διαθέσιμη μεγάλη ποικιλία βιβλιοθηκών για μηχανική μάθηση και εξόρυξη δεδομένων [19], [126].



Εικόνα 6.1: Το περιβάλλον διεπαφής του λογισμικού WEKA

## 6.4 Εφαρμοζόμενα μοντέλα

Η χρήση της μηχανικής μάθησης έγκειται στην ανάπτυξη «έξυπνων» συστημάτων τα οποία μπορούν να «μάθουν» από δεδομένα και να ταξινομήσουν ένα αντικείμενο στη σωστή κλάση με βάση τα χαρακτηριστικά του, εντοπίζοντας συγκεκριμένα μοτίβα δεδομένων. Αυτοί οι αλγόριθμοι είναι γνωστοί ως ταξινομητές. Υφίστανται διάφορα είδη ταξινομητών, με τον καθένα να παρουσιάζει συγκεκριμένους περιορισμούς και πλεονεκτήματα [127].

Για την ανάπτυξη του προτεινόμενου DSS χρησιμοποιήθηκαν οι ταξινομητές NB, BN, k-NN και MLP. Η επιλογή τους βασίστηκε στο γεγονός ότι η χρήση δεσμευμένων πιθανοτήτων προσφέρει ένα πρακτικό μέτρο για τη μοντελοποίηση της ΥΑΕ θέτοντας προϋποθέσεις μέσω συγκεκριμένων κλάσεων καθώς και στις ιδιότητες της ευρείας εφαρμογής τους, της απλότητας, της ανεξαρτησίας των χαρακτηριστικών (κάθε πηγή κινδύνου μπορεί να δράσει από μόνη της και να επιφέρει συμβάν – ατύχημα) αλλά και της αποδοτικότητάς τους [128]–[131]. Ειδικότερα, οι ταξινομητές NB και BN βασίζονται στην πιθανοτική κατανομή, με την έννοια της πιθανότητας να διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην εκτίμηση της επικινδυνότητας, ο k-NN παρουσιάζει αυξημένη καταλληλότητα για επιβλεπόμενη μάθηση, ενώ στην περίπτωση του MLP, η προσομοίωση της ανθρώπινης σκέψης (όπως του ΤΑ ή του εκάστοτε ελεγκτή) και η ανοχή στα σφάλματα αποτελούν ιδιαίτερα επιθυμητά χαρακτηριστικά.

Οι τελικές παράμετροι των μοντέλων στο Weka παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 6.3:** Παραμετροποίηση μοντέλων στο Weka

<b>Model</b>	<b>Weka Parameters</b>
NB	batch size = 100 debug = False kernel estimator = False doNotCheckCapabilities = False useSupervisedDiscretization = False
BN	batch size = 100 debug = False doNotCheckCapabilities = False estimator = Sample Estimator – A 0.5 searchAlgorithm = K2-P1-S BAYES useADTree = False
k-NN	k = 9 batch size = 100 crossValidate = False debug = False distanceWeighting = No doNotCheckCapabilities = False meanSquared = False nearestNeighbourSearchAlgorithm = LinearNNSearch - Euclidean distance First-Last
MLP	autoBuild = True batch size = 100 debug = False decay = False doNotCheckCapabilities = False hiddenLayers = a, where a = (number of attributes + number of classes) / 2 = 44 learning rate = 0.3 momentum = 0.2 nominalToBinaryFilter = True normalizeAttributes = True normalizeNumericClass = True reset = True seed = 0 trainingTime (number of epochs) = 500 validationSetSize = 0 validation threshold = 20

## 6.5 Εκπαίδευση, επικύρωση και αξιολόγηση των μοντέλων

Προκειμένου να εκτιμηθεί το σφάλμα γενίκευσης, δηλαδή η ικανότητα των μοντέλων να προβλέπει την κατηγορία μιας νέας περίπτωσης λαμβάνονται υπόψη δύο σφάλματα. Το σφάλμα εκπαίδευσης που δείχνει πόσο καλά προσεγγίζει το μοντέλο το πλήθος των δεδομένων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευσή του και το σφάλμα ελέγχου που αφορά τη γενίκευσή σε νέα παραδείγματα ελέγχου.

Η επικύρωση (validation) των μοντέλων πραγματοποιήθηκε μέσω του υπολογισμού του πραγματικού ποσοστού σφάλματος του (για ολόκληρο το δείγμα) [132]b. Για την αποφυγή του προβλήματος της υπερπροσαρμογής (overfit) και της μεροληψίας ως προς την εκτίμηση του σφάλματος ελέγχου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος holdout [133] με το διαχωρισμό του συνόλου σε δύο ανεξάρτητα υποσύνολα δεδομένων, ένα υποσύνολο δεδομένων εκπαίδευσης (Training set) (80% του δείγματος - 379 cases), και ένα υποσύνολο δεδομένων ελέγχου (Test set) (20% του δείγματος - 97 cases). Υπήρξε κατάλληλη επιλογή προκειμένου να υφίσταται αντίστοιχη κατανομή σε κάθε υποσύνολο δεδομένων σε σχέση με το αρχικό σύνολο.

Λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη την πιθανότητα ύπαρξης μη αντιπροσωπευτικών δεδομένων στα δύο υποσύνολα (μειονέκτημα της μεθόδου holdout) και με ζητούμενο την ελαχιστοποίηση της μεροληψίας του δείγματος (sampling bias) χρησιμοποιήθηκε εναλλακτικά η τεχνική αναδειγματοληψίας K-Fold Cross Validation, που χρησιμοποιεί τελικά ολόκληρο το σύνολο δεδομένων και για εκπαίδευση και για έλεγχο/επικύρωση. Στη συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιούνται K πτυχές (διαίρεσεις των δεδομένων) για τον κατά προσέγγιση ισοδύναμο διαχωρισμό των δεδομένων σε folds, με τα (K-1) folds να χρησιμοποιούνται για εκπαίδευση και το 1 fold για έλεγχο, επαναλαμβάνοντας την διαδικασία K φορές. Έτσι, για κάθε παράδειγμα το σύνολο των διαθέσιμων δεδομένων χρησιμοποιείται μία φορά ως μέλος του συνόλου επικύρωσης και k-1 φορές ως μέλος του συνόλου εκπαίδευσης. Το πραγματικό σφάλμα E υπολογίζεται ως μέσος όρος των χωριστών εκτιμήσεων  $E_i$  των πειραμάτων  $i$  ( $i=1,2,\dots,K$ ) [134]–[136].

Η εισαγωγή των δεδομένων έγινε μέσω ενός φύλλου εργασίας του excel (spreadsheet), με βάση το γεγονός ότι ο συγκεκριμένος τύπος αρχείου μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα στην καθημερινή εφαρμογή των διαδικασιών ΥΑΕ τόσο από τον εκάστοτε ΤΑ ή τον

διαχειριστή του συστήματος, όσο και από το προσωπικό του νοσοκομείου. Τα αρχεία στη συνέχεια αποθηκεύονται σε μορφή .csv. Η εισαγωγή και η επεξεργασία τους στο Weka απαιτεί τη μετατροπή τους σε αρχεία τύπου .arff.

Λαμβάνοντας υπόψη το στοχαστικό «χαρακτήρα» των συμβάντων και των ατυχημάτων, τη διαφοροποίησή τους σε λεπτομέρειες καθώς και την ανάγκη εφαρμογής μιας συγκεκριμένης μεθοδολογίας εκτίμησης επικινδυνότητας (κατά την οποία το σύνολο των πηγών κινδύνων θα πρέπει να ελεγχθούν σε κάθε περίπτωση), δεν πραγματοποιήθηκε διαδικασία επιλογής χαρακτηριστικών.

Για την αξιολόγηση της απόδοσης των μοντέλων συγκριτικά με τις αναφορές του ΤΑ του δείγματος, χρησιμοποιήθηκαν οι μετρικές της ευαισθησίας (recall - sensitivity) και της περιοχής κάτω από την καμπύλη ROC (Area Under the Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve - AUC) των μοντέλων ως προς την ανίχνευση των 5 κλάσεων εξόδου.

Η καμπύλη ROC αποτελεί ένα τυπικό μέτρο αξιολόγησης για πιθανοτικούς ταξινομητές [133], [135]. Χρησιμοποιούνται διάφορες τιμές κατωφλίου (εύρους 0-1) και σημειώνονται κάθε φορά τα ποσοστά True Positive Rate (TPR=TP/P) (sensitivity or recall) και False Positive Rate (FPR=FP/N) (FPR or 1 - specificity). Αυτά τα ζεύγη τιμών σημειώνονται σε ένα γράφημα όπου ο άξονας y αντιστοιχεί στα TPR και ο άξονας x στα FPR [137]. Η περιοχή κάτω από την καμπύλη (AUC) μπορεί να ερμηνευθεί ως ένα μέτρο της συνολικής ακρίβειας, με τις τιμές της να παρουσιάζουν εύρος από 0.5 (random guess) to 1 (perfect performance) [138].

Το μέτρο της ευαισθησίας (recall) «απαντά» ουσιαστικά στο ερώτημα «ποια αναλογία των πραγματικά θετικών περιστατικών ταξινομούνται σωστά». Η επιλογή του συγκεκριμένου μέτρου βασίστηκε στο γεγονός ότι το συγκεκριμένο μέτρο «τιμωρεί» τα ψευδώς αρνητικά περιστατικά, όχι όμως τα ψευδώς θετικά [139], λαμβάνοντας υπόψη ότι το επιθυμητό σε μια προσέγγιση ΥΑΕ είναι να εντοπιστούν όσο το δυνατό περισσότερα θετικά περιστατικά (δηλαδή να εντοπιστούν όσο το δυνατό περισσότερα συμβάντα – ατυχήματα).

Οι προαναφερόμενες μετρικές εκφράζονται με βάση τον αριθμό των αληθώς θετικών (True Positives TP), αληθώς αρνητικών (True Negatives TN), ψευδώς θετικών (False Positives FP) και ψευδώς αρνητικών (False Negative FN) ταξινομήσεων [140] μέσω των ακόλουθων σχέσεων:

$$\text{Recall} = \text{Sensitivity} = \text{TPR} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (6.1)$$

$$1 - \text{Specificity} = \text{FPR} = \frac{FP}{TN + FP} \quad (6.2)$$

Επίσης, για την αξιολόγηση των μοντέλων χρησιμοποιήθηκαν οι αντίστοιχοι κάθε φορά πίνακες σύγχυσης (με την κάθε στήλη να αντιπροσωπεύει τα στιγμιότυπα που ταξινομήθηκαν σε μία κατηγορία και κάθε σειρά να αντιπροσωπεύει τα στιγμιότυπα στην πραγματική κατηγορία) και το σύνολο των λανθασμένων ταξινομήσεων (error rate) ανά κλάση.

# 7

## Παρουσίαση και Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τελικής εφαρμογής των μοντέλων για τις διάφορες ταξινομήσεις.



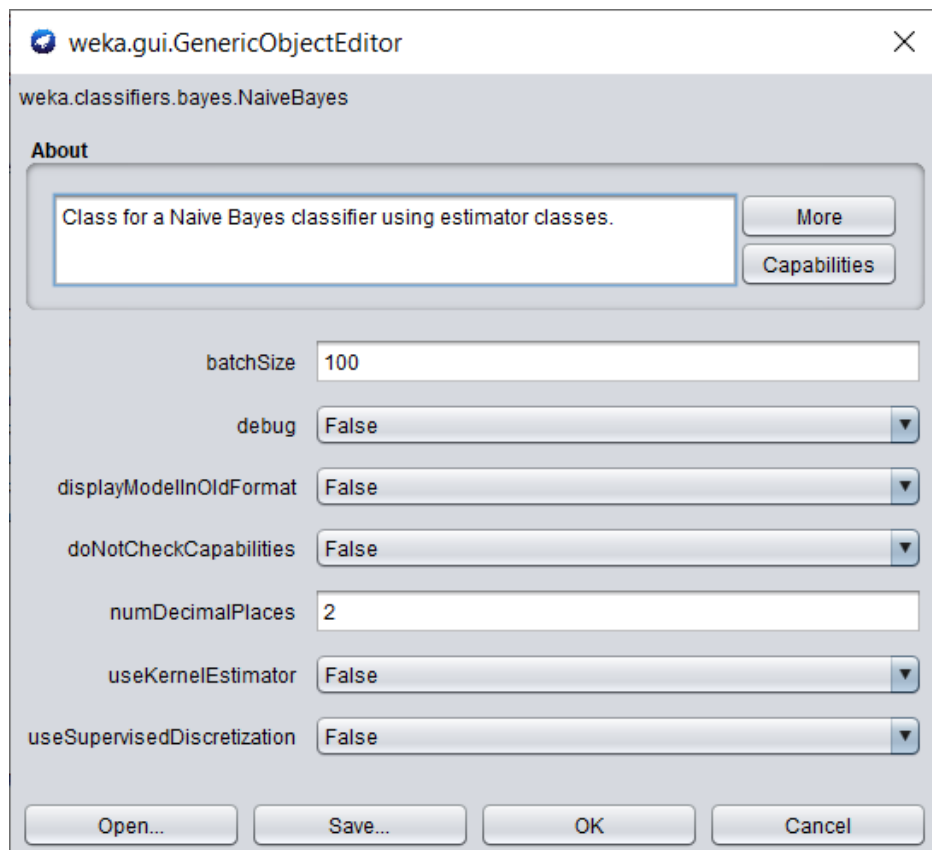
## 7.1 Σύνολο δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές)

### 7.1.1 Εφαρμογή Naïve Bayes

#### 7.1.1.1 Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation\_80

=== Run information ===

Filename: Naive\_80\_Incidents.model  
Scheme: weka.classifiers.bayes.NaiveBayes  
Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_80  
Attributes: 84



Εικόνα 7.1: Παραμετροποίηση ταξινομητή NB για τη συγκεκριμένη εφαρμογή

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	320	93.2945%
Incorrectly Classified Instances	23	6.7055%
Kappa statistic	0.8949	
Mean absolute error	0.0352	
Root mean squared error	0.1812	
Total Number of Instances	343	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
	1,000	0,028	0,640	0,996	0,930	Falling
	0,745	0,034	0,778	0,967	0,768	Incident
	0,963	0,017	0,963	0,983	0,982	Needlestick/Cut
	0,959	0,000	1,000	0,992	0,995	Safety
Weighted Avg	0,933	0,011	0,941	0,986	0,957	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	<- classified as
16	0	0	0	a = Falling
8	35	4	0	b = Incident
0	4	104	0	c = Needlestick/Cut
1	6	0	165	d = Safety

### 7.1.1.2 Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation\_20

=== Run information ===

Filename: Naive\_80\_Incidents.model  
Scheme: weka.classifiers.bayes.NaiveBayes  
Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_80  
Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	83	95.4023%
Incorrectly Classified Instances	4	4.5977%
Kappa statistic	0.9271	
Mean absolute error	0.0237	
Root mean squared error	0.1485	
Total Number of Instances	87	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Falling
	0,833	0,027	0,833	0,914	0,902	Incident
	0,929	0,034	0,929	0,982	0,891	Needlestick/Cut
	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
Weighted Avg	0,954	0,015	0,954	0,982	0,951	

=== Confusion Matrix ===

```
a b c d <- - classified as
4 0 0 0 a = Falling
0 10 2 0 b = Incident
0 2 26 0 c = Needlestick/Cut
0 0 0 43 d = Safety
```

### 7.1.1.3 Εφαρμογή Naïve Bayes – 10-fold cross validation

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.bayes.NaiveBayes  
Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS  
Instances: 430  
Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	396	92.093%
Incorrectly Classified Instances	34	7.907%
Kappa statistic	0.8759	
Mean absolute error	0.0398	
Root mean squared error	0.1973	
Relative absolute error	12.6192	
Root relative squared error	49.7394	
Total Number of Instances	430	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Race	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
	0,949	0,017	0,963	0,971	0,944	Needlestick/Cut
	0,963	0,005	0,995	0,986	0,992	Safety
	0,746	0,049	0,710	0,904	0,685	Incident
	0,800	0,024	0,615	0,919	0,685	Falling
Weighted Avg	0,921	0,015	0,928	0,967	0,920	

=== Confusion Matrix ===

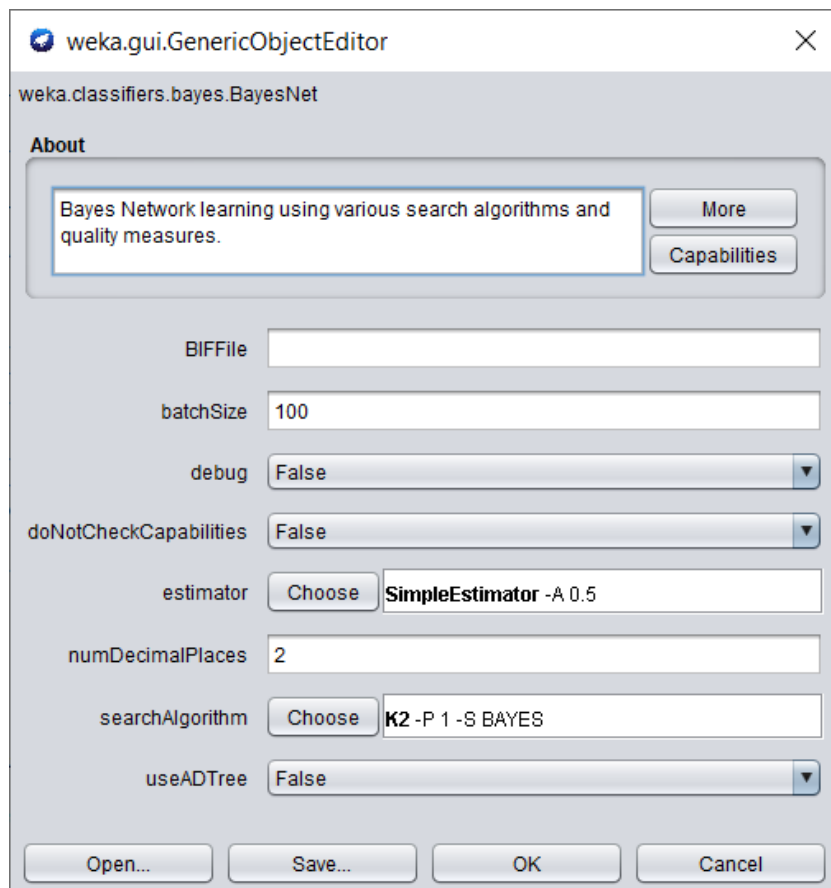
a	b	c	d	<-	classified as
129	0	7	0	a	= Needlestick/Cut
0	207	7	1	b	= Safety
5	1	44	9	c	= Incident
0	0	4	16	d	= Falling

## 7.1.2 Εφαρμογή BayesNet

### 7.1.2.1 Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation\_80

=== Run information ===

```
Scheme:          weka.classifiers.bayes.BayesNet -D -Q
weka.classifiers.bayes.net.search.local.K2 -- -P 1 -S BAYES -E
weka.classifiers.bayes.net.estimate.SimpleEstimator -- -A 0.5
Relation:        ORIGINAL_DATASET_INCIDENTS_80
Instances:       343
Attributes:      84
```



Εικόνα 7.2: Παραμετροποίηση ταξινομητή BN για τη συγκεκριμένη εφαρμογή

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	331	96.5015 %
Incorrectly Classified Instances	12	3.4985 %
Kappa statistic	0.9445	
Mean absolute error	0.0239	
Root mean squared error	0.1202	
Relative absolute error	7.5866 %	
Root relative squared error	30.3237 %	
Total Number of Instances	343	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
	0,813	0,006	0,867	0,990	0,855	Falling
	0,936	0,030	0,830	0,981	0,898	Incident
	0,944	0,004	0,990	0,998	0,996	Needlestick/Cut
	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
Weighted Avg	0,965	0,006	0,967	0,996	0,978	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	<- classified as
13	3	0	0	a = Falling
2	44	1	0	b = Incident
0	6	102	0	c = Needlestick/Cut
0	0	0	172	d = Safety

### 7.1.2.2 Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	83	95.4023 %
Incorrectly Classified Instances	4	4.5977 %
Kappa statistic	0.928	
Mean absolute error	0.0294	
Root mean squared error	0.1278	
Total Number of Instances	87	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
	1,000	0,012	0,800	0,997	0,950	Falling
	0,917	0,040	0,786	0,989	0,925	Incident
	0,893	0,000	1,000	0,996	0,994	Needlestick/Cut
	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
Weighted Avg	0,954	0,006	0,961	0,997	0,985	

=== Confusion Matrix ===

```
a b c d <- - classified as
4 0 0 0 a = Falling
1 11 0 0 b = Incident
0 3 25 0 c = Needlestick/Cut
0 0 0 43 d = Safety
```

### 7.1.2.3 Εφαρμογή BayesNet – 10-fold cross validation

=== Run information ===

```
Scheme: weka.classifiers.bayes.BayesNet -D -Q
weka.classifiers.bayes.net.search.local.K2 -- -P 1 -S BAYES -E
weka.classifiers.bayes.net.estimate.SimpleEstimator -- -A 0.5
Relation: ORIGINAL_DATASET_INCIDENTS
Instances: 430
Attributes: 84
```

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	410	95.3488%
Incorrectly Classified Instances	20	4.6512%
Kappa statistic	0.9264	
Mean absolute error	0.0287	
Root mean squared error	0.1358	
Relative absolute error	9.1016%	
Root relative squared error	34.2385%	
Total Number of Instances	430	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
	0,919	0,010	0,977	0,996	0,993	Needlestick/Cut
	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
	0,898	0,038	0,791	0,977	0,867	Incident
	0,850	0,007	0,850	0,989	0,792	Falling
Weighted Avg	0,953	0,009	0,957	0,995	0,970	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	<-	classified as
125	0	11	0	a	= Needlestick/Cut
0	215	0	0	b	= Safety
3	0	53	3	c	= Incident
0	0	3	17	d	= Falling

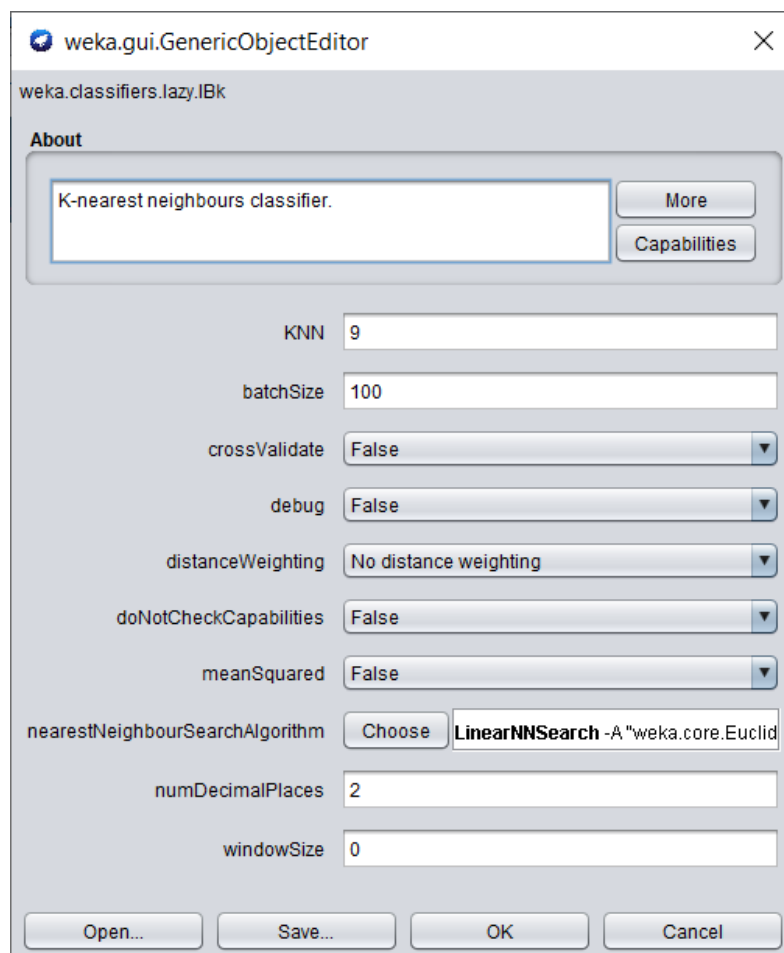


## 7.1.3 Εφαρμογή k-nn

### 7.1.3.1 Εφαρμογή k-nn – Hold out validation\_80

=== Run information ===

```
Scheme:          weka.classifiers.lazy.IBk -K 9 -W 0 -A  
"weka.core.neighboursearch.LinearNNSearch -A  
\\"weka.core.EuclideanDistance -R first-last\\""
Relation:        ORIGINAL_DATASET_INCIDENTS_80  
Instances:       343  
Attributes:      84
```



Εικόνα 7.3: Παραμετροποίηση ταξινόμητη k-NN για τη συγκεκριμένη εφαρμογή

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	318	92.7114 %
Incorrectly Classified Instances	25	7.2886 %
Kappa statistic	0.8818	
Mean absolute error	0.0526	
Root mean squared error	0.1541	
Relative absolute error	16.6932 %	
Root relative squared error	38.8746 %	
Total Number of Instances	343	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
	0,688	0,003	0,917	0,994	0,833	Falling
	0,596	0,010	0,903	0,989	0,923	Incident
	0,991	0,085	0,843	0,997	0,992	Needlestick/Cut
	1,000	0,006	0,994	1,000	1,000	Safety
Weighted Avg	0,927	0,031	0,930	0,997	0,979	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	<- classified as
11	2	2	1	a = Falling
1	28	18	0	b = Incident
0	1	107	0	c = Needlestick/Cut
0	0	0	172	d = Safety

### 7.1.3.2 Εφαρμογή k-nn – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	79	90.8046 %
Incorrectly Classified Instances	8	9.1954 %
Kappa statistic	0.85	
Mean absolute error	0.049	
Root mean squared error	0.1555	
Total Number of Instances	87	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
	0,250	0,000	1,000	0,998	0,950	Falling
	0,583	0,027	0,778	0,982	0,886	Incident
	1,000	0,085	0,848	0,995	0,987	Needlestick/Cut
	1,000	0,023	0,977	1,000	1,000	Safety
Weighted Avg	0,908	0,042	0,909	0,996	0,978	

=== Confusion Matrix ===

a b c d <- - classified as

1 2 0 1 a = Falling

0 7 5 0 b = Incident

0 0 28 0 c = Needlestick/Cut

0 0 0 43 d = Safety

### 7.1.3.3 Εφαρμογή k-nn – 10-fold cross validation

=== Run information ===

```
Scheme:          weka.classifiers.lazy.IBk -K 9 -W 0 -A
"weka.core.neighboursearch.LinearNNSearch -A
\"weka.core.EuclideanDistance -R first-last\"
Relation:        ORIGINAL_DATASET_INCIDENTS
Instances:       430
Attributes:      84
```

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	399	92.7907%
Incorrectly Classified Instances	31	7.2093%
Kappa statistic	0.8833	
Mean absolute error	0.0536	
Root mean squared error	0.1615	
Relative absolute error	17.0044	
Root relative squared error	40.7359	
Total Number of Instances	430	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
	0,985	0,065	0,876	0,993	0,979	Needlestick/Cut
	1,000	0,014	0,986	1,000	1,000	Safety
	0,678	0,019	0,851	0,957	0,848	Incident
	0,500	0,005	0,833	0,967	0,730	Falling
Weighted Avg	0,928	0,030	0,926	0,990	0,960	

=== Confusion Matrix ===

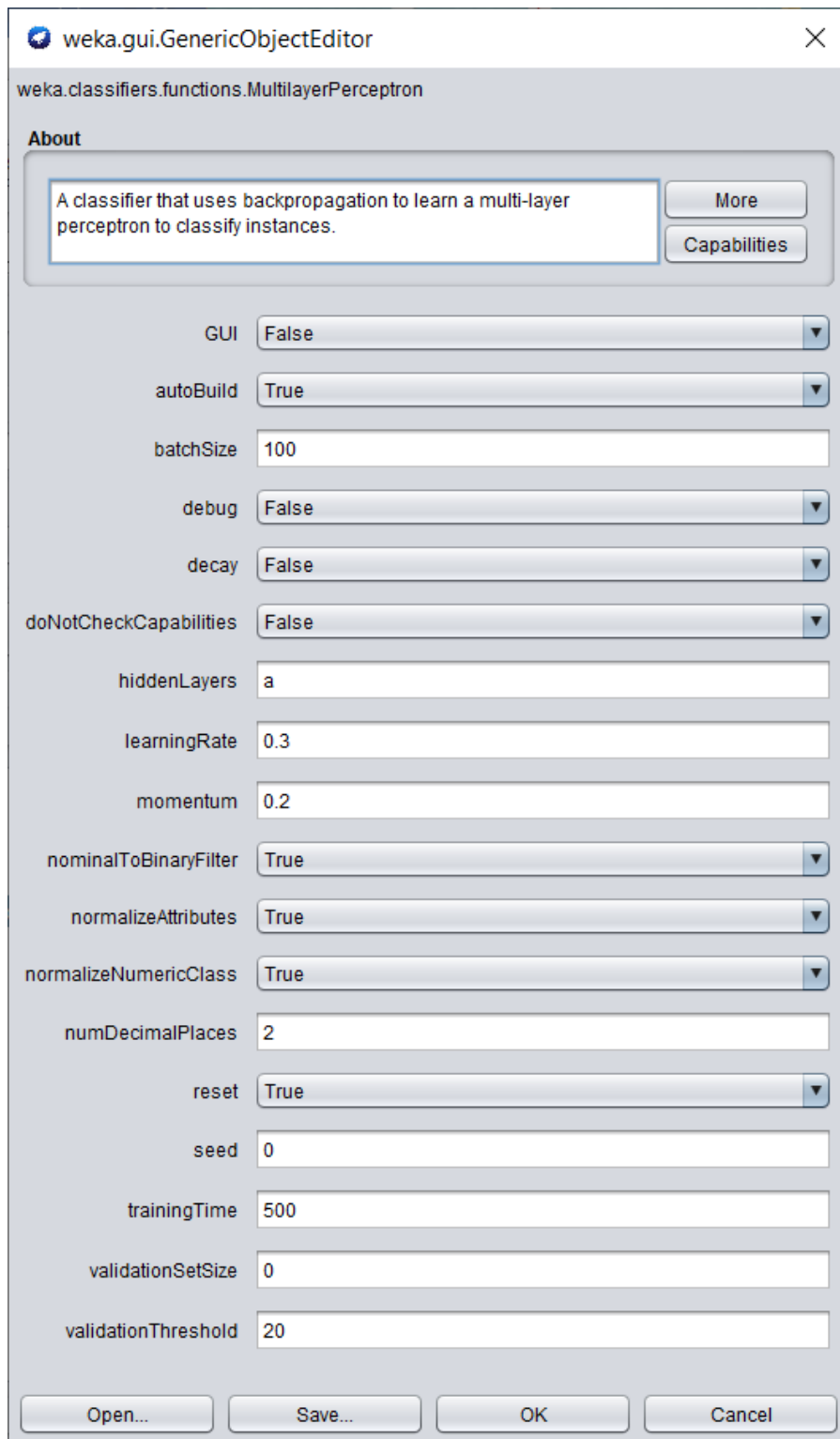
```
a  b  c  d  <- classified as
134 0  2  0  a = Needlestick/Cut
0  215 0  0  b = Safety
17  0  40 2  c = Incident
2  3  5  10  d = Falling
```

## 7.1.4 Εφαρμογή NN

### 7.1.4.1 Εφαρμογή NN – Hold out validation\_80

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron -L 0.3 -M  
0.2 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H a  
Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_80  
Instances: 343  
Attributes: 84



**Εικόνα 7.4:** Παραμετροποίηση ταξινομητή MLP για τη συγκεκριμένη εφαρμογή

όπου,  $a = \# \text{ of attributes} + \# \text{ of classes} / 2$

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	342	99.7085 %
Incorrectly Classified Instances	1	0.2915 %
Kappa statistic	0.9954	
Mean absolute error	0.0032	
Root mean squared error	0.0384	
Relative absolute error	1.0218 %	
Root relative squared error	9.6816 %	
Total Number of Instances	343	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Falling
	0,979	0,000	1,000	0,995	0,988	Incident
	1,000	0,004	0,991	0,996	0,980	Needlestick/Cut
	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
Weighted Avg	0,997	0,001	0,997	0,998	0,992	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	<- classified as
16	0	0	0	a = Falling
0	46	1	0	b = Incident
0	0	108	0	c = Needlestick/Cut
0	0	0	172	d = Safety

### 7.1.4.2 Εφαρμογή NN – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	82	94.2529 %
Incorrectly Classified Instances	5	5.7471 %
Kappa statistic	0.9083	
Mean absolute error	0.0282	
Root mean squared error	0.1454	
Total Number of Instances	87	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
	0,500	0,000	1,000	1,000	1,000	Falling
	0,833	0,040	0,769	0,986	0,906	Incident
	0,964	0,034	0,931	0,994	0,991	Needlestick/Cut
	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
Weighted Avg	0,943	0,016	0,946	0,996	0,984	

=== Confusion Matrix ===

```
a b c d <- - classified as
2 2 0 0 a = Falling
0 10 2 0 b = Incident
0 1 27 0 c = Needlestick/Cut
0 0 0 43 d = Safety
```



### 7.1.4.3 Εφαρμογή NN – 10-fold cross validation

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron -L 0.3 -M  
0.2 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H a

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS

Instances: 430

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	406	94,4186%
Incorrectly Classified Instances	24	5.5814%
Kappa statistic	0.9108	
Mean absolute error	0.03	
Root mean squared error	0.1623	
Relative absolute error	9.5164%	
Root relative squared error	40.9307%	
Total Number of Instances	430	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
	0,963	0,044	0,910	0,979	0,952	Needlestick/Cut
	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
	0,729	0,022	0,843	0,972	0,880	Incident
	0,850	0,007	0,850	0,947	0,875	Falling
Weighted Avg	0,944	0,017	0,943	0,987	0,963	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	D	<- classified as
131	0	5	0	a = Needlestick/Cut
0	215	0	0	b = Safety
13	0	43	3	c = Incident
0	0	3	17	d = Falling

## 7.2 Σύνολο δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές) – ατυχημάτων

### 7.2.1 Εφαρμογή Naïve Bayes

#### 7.2.1.1 Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation\_80

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.bayes.NaiveBayes  
Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_3\_Accidents\_80  
Instances: 379  
Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	354	93.4037 %
Incorrectly Classified Instances	25	6.5963 %
Kappa statistic	0.9002	
Mean absolute error	0.0271	
Root mean squared error	0.1626	
Relative absolute error	10.4338 %	
Root relative squared error	45.1742 %	
Total Number of Instances	379	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Accident
1,000	0,030	0,593	1,000	0,758	0,995	0,924	Falling
0,766	0,033	0,766	0,766	0,733	0,968	0,757	Incident
0,963	0,011	0,972	0,963	0,955	0,982	0,982	Needlestick/Cut
0,947	0,000	1,000	0,947	0,949	0,986	0,991	Safety
0,934	0,009	0,946	0,934	0,918	0,984	0,957	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	e	<- classified as
18	0	0	0	0	a = Accident
0	16	0	0	0	b = Falling
0	8	36	3	0	c = Incident
0	0	4	104	0	d = Needlestick/Cut
0	3	7	0	180	e = Safety

## 7.2.1.2 Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_3\_Accidents\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	69	71.134 %
Incorrectly Classified Instances	28	28.866 %
Kappa statistic	0.6092	
Mean absolute error	0.1163	
Root mean squared error	0.34	
Total Number of Instances	97	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Recall	ROC Area	PRC Area	Class
0,600	0,000	0,600	0,753	0,641	Accident
1,000	0,022	1,000	0,992	0,721	Falling
0,833	0,282	0,833	0,862	0,633	Incident
0,964	0,029	0,964	0,964	0,899	Needlestick/Cut
0,521	0,000	0,521	0,991	0,994	Safety
0,711	0,044	0,711	0,955	0,892	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	e	<- classified as
3	1	1	0	0	a = Accident
0	4	0	0	0	b = Falling
0	0	10	2	0	c = Incident
0	0	1	27	0	d = Needlestick/Cut
0	1	22	0	25	e = Safety

### 7.2.1.3 Εφαρμογή Naïve Bayes – 10-fold cross validation

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.bayes.NaiveBayes  
Relation: ORIGINAL\_DATASET  
Instances: 476  
Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	439	92.2269 %
Incorrectly Classified Instances	37	7.7731 %
Kappa statistic	0.8813	
Mean absolute error	0.0304	
Root mean squared error	0.1716	
Relative absolute error	11.6897 %	
Root relative squared error	47.6219 %	
Total Number of Instances	476	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	ROC Area	PRC Area	Class
	0,963	0,021	0,949	0.963	0,969	0,938	Needlestick/Cut
	0,958	0,013	0,987	0.958	0,966	0,972	Safety
	0,712	0,036	0,737	0.712	0,890	0,669	Incident
	0,850	0,026	0,586	0.850	0,944	0,731	Falling
	0,913	0,000	1,000	0.913	0,995	0,967	Accident
Weighted Avg	0,922	0,018	0,929	0.922	0,958	0,914	

=== Confusion Matrix ===

```
a  b  c  d  e  <- classified as
131 0  5  0  0  a = Needlestick/Cut
0  228 8  2  0  b = Safety
5  3  42 9  0  c = Incident
2  0  1  17 0  d = Falling
0  0  1  1  21  e = Accident
```

## 7.2.2 Εφαρμογή BayesNet

### 7.2.2.1 Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation\_80

=== Run information ===

```
Scheme:          weka.classifiers.bayes.BayesNet -D -Q
weka.classifiers.bayes.net.search.local.K2 -- -P 1 -S BAYES -E
weka.classifiers.bayes.net.estimate.SimpleEstimator -- -A 0.5

Relation:        ORIGINAL_DATASET_80
Instances:       379
Attributes:      84
```

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	368	97.0976 %
Incorrectly Classified Instances	11	2.9024 %
Kappa statistic	0.9552	
Mean absolute error	0.0137	
Root mean squared error	0.0993	
Relative absolute error	5.2668 %	
Root relative squared error	27.5933 %	
Total Number of Instances	379	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	ROC Area	PRC Area	Class
	1,000	0,000	1,000	1.000	1,000	1,000	Accident
	0,813	0,006	0,867	0.813	0,993	0,885	Falling
	0,894	0,018	0,875	0.894	0,987	0,896	Incident
	0,972	0,011	0,972	0.972	0,996	0,992	Needlestick/Cut
	1,000	0,000	1,000	1.000	1,000	1,000	Safety
Weighted Avg	0,971	0,006	0,971	0.971	0,997	0,980	

=== Confusion Matrix ===

```
a  b  c  d  e  <- classified as
18 0  0  0  0  a  = Accident
0  13 3  0  0  b  = Falling
0  2  42 3  0  c  = Incident
0  0  3  105 0  d  = Needlestick/Cut
0  0  0  0  190  e  = Safety
```

### 7.2.2.2 Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	70	72.1649 %
Incorrectly Classified Instances	27	27.8351 %
Kappa statistic	0.6324	
Mean absolute error	0.1151	
Root mean squared error	0.3267	
Total Number of Instances	97	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,250	0,179	1.000	0,875	0,179	Accident
1,000	0,000	1,000	1.000	1,000	1,000	Falling
0,833	0,024	0,833	0.833	0,988	0,928	Incident
0,929	0,029	0,929	0.929	0,996	0,992	Needlestick/Cut
0,521	0,000	1,000	0.521	0,570	0,739	Safety
0,722	0,024	0,916	0.722	0,778	0,817	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	e	<-	classified as
5	0	0	0	0	a	= Accident
0	4	0	0	0	b	= Falling
0	0	10	2	0	c	= Incident
0	0	2	26	0	d	= Needlestick/Cut
23	0	0	0	25	e	= Safety



### 7.2.2.3 Εφαρμογή BayesNet – 10-fold cross validation

=== Run information ===

```
Scheme:          weka.classifiers.bayes.BayesNet -D -Q
weka.classifiers.bayes.net.search.local.K2 -- -P 1 -S BAYES -E
weka.classifiers.bayes.net.estimate.SimpleEstimator -- -A 0.5

Relation:        ORIGINAL_DATASET

Instances:       476

Attributes:      84
```

=== Summary ===

```
Correctly Classified Instances  434          91.1765 %
Incorrectly Classified Instances 42           8.8235 %

Kappa statistic                  0.8688
Mean absolute error              0.0382
Root mean squared error         0.1817
Relative absolute error         14.6888 %
Root relative squared error     50.443 %
Total Number of Instances      476
```

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	ROC Area	PRC Area	Class
	0,941	0,012	0,970	0.941	0,994	0,989	Needlestick/Cut
	0,903	0,000	1,000	0.903	0,913	0,953	Safety
	0,864	0,024	0,836	0.864	0,979	0,829	Incident
	0,850	0,011	0,773	0.850	0,985	0,730	Falling
	1,000	0,051	0,500	1.000	0,975	0,500	Accident
Weighted Avg	0,912	0,009	0,937	0.912	0,950	0,917	

=== Confusion Matrix ===

```
a  b  c  d  e  <- classified as
128 0  7  1  0  a = Needlestick/Cut
0 215 0  0 23  b = Safety
4  0 51 4  0  c = Incident
0  0  3 17 0  d = Falling
0  0  0  0 23  e = Accident
```

## 7.2.3 Εφαρμογή k-nn

### 7.2.3.1 Εφαρμογή k-nn – Hold out validation\_80

=== Run information ===

```
Scheme:          weka.classifiers.lazy.IBk -K 9 -W 0 -A
"weka.core.neighboursearch.LinearNNSearch -A
\"weka.core.EuclideanDistance -R first-last\"
Relation:        ORIGINAL_DATASET_80
Instances:       379
Attributes:      84
```

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	363	95.7784 %
Incorrectly Classified Instances	16	4.2216 %
Kappa statistic	0.9342	
Mean absolute error	0.039	
Root mean squared error	0.1285	
Relative absolute error	14.9963 %	
Root relative squared error	35.6973 %	
Total Number of Instances	379	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1.000	1,000	1,000	Accident
0,625	0,003	0,909	0.625	0,986	0,730	Falling
0,787	0,006	0,949	0.787	0,990	0,925	Incident
1,000	0,048	0,893	1.000	0,997	0,991	Needlestick/Cut
1,000	0,000	1,000	1.000	1,000	1,000	Safety
0,958	0,015	0,959	0.958	0,997	0,977	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	e	<-	classified as
18	0	0	0	0	a	= Accident
0	10	2	4	0	b	= Falling
0	1	37	9	0	c	= Incident
0	0	0	108	0	d	= Needlestick/Cut
0	0	0	0	190	e	= Safety

### 7.2.3.2 Εφαρμογή k-nn – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_3\_Accidents\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	68	70.1031 %
Incorrectly Classified Instances	29	29.8969 %
Kappa statistic	0.6016	
Mean absolute error	0.1304	
Root mean squared error	0.3328	
Total Number of Instances	97	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,250	0,179	1.000	0,875	0,179	Accident
0,500	0,000	1,000	0.500	0,985	0,850	Falling
0,750	0,024	0,818	0.750	0,983	0,852	Incident
0,964	0,058	0,871	0.964	0,997	0,992	Needlestick/Cut
0,521	0,000	1,000	0.521	0,751	0,758	Safety
0,701	0,033	0,898	0.701	0,867	0,811	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	e	<- classified as
5	0	0	0	0	a = Accident
0	2	1	1	0	b = Falling
0	0	9	3	0	c = Incident
0	0	1	27	0	d = Needlestick/Cut
23	0	0	0	25	e = Safety

### 7.2.3.3 Εφαρμογή k-nn – 10-fold cross validation

=== Run information ===

```
Scheme:          weka.classifiers.lazy.IBk -K 9 -W 0 -A
"weka.core.neighboursearch.LinearNNSearch -A
\"weka.core.EuclideanDistance -R first-last\""
```

Relation: ORIGINAL\_DATASET

Instances: 476

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	442	92.8571 %
Incorrectly Classified Instances	34	7.1429 %
Kappa statistic	0.8884	
Mean absolute error	0.0414	
Root mean squared error	0.1377	
Relative absolute error	15.9234 %	
Root relative squared error	38.2285 %	
Total Number of Instances	476	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	ROC Area	PRC Area	Class
	0,985	0,062	0,865	0.985	0,994	0,976	Needlestick/Cut
	1,000	0,008	0,992	1.000	1,000	1,000	Safety
	0,627	0,017	0,841	0.627	0,966	0,859	Incident
	0,500	0,009	0,714	0.500	0,981	0,687	Falling
	1,000	0,000	1,000	1.000	1,000	1,000	Accident
Weighted Avg	0,929	0,024	0,925	0.929	0,993	0,963	

=== Confusion Matrix ===

```
a  b  c  D  e  <- classified as
134 0  2  0  0  a = Needlestick/Cut
0  238 0  0  0  b = Safety
18  0  37 4  0  c = Incident
3  2  5 10  0  d = Falling
0  0  0  0  23  e = Accident
```

## 7.2.4 Εφαρμογή NN

### 7.2.4.1 Εφαρμογή NN – Hold out validation\_80

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron -L 0.3 -M 0.2 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H a

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_3\_Accidents\_80

Instances: 379

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	378	99.7361 %
Incorrectly Classified Instances	1	0.2639 %
Kappa statistic	0.9959	
Mean absolute error	0.0026	
Root mean squared error	0.0327	
Relative absolute error	0.9837 %	
Root relative squared error	9.0705 %	
Total Number of Instances	379	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1.000	1,000	1,000	Accident
1,000	0,000	1,000	1.000	1,000	1,000	Falling
0,979	0,000	1,000	0.979	0,984	0,982	Incident
1,000	0,004	0,991	1.000	0,998	0,991	Needlestick/Cut
1,000	0,000	1,000	1.000	1,000	1,000	Safety
0,997	0,001	0,997	0.997	0,997	0,995	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	e	<- classified as
18	0	0	0	0	a = Accident
0	16	0	0	0	b = Falling
0	0	46	1	0	c = Incident
0	0	0	108	0	d = Needlestick/Cut
0	0	0	0	190	e = Safety

### 7.2.4.2 Εφαρμογή NN – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_3\_Accidents\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	92	94.8454 %
Incorrectly Classified Instances	5	5.1546 %
Kappa statistic	0.9204	
Mean absolute error	0.0064	
Root mean squared error	0.1903	
Total Number of Instances	97	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1.000	1,000	1,000	Accident
0,750	0,000	1,000	0.750	1,000	1,000	Falling
0,750	0,024	0,818	0.750	0,992	0,944	Incident
0,964	0,043	0,900	0.964	0,996	0,992	Needlestick/Cut
1,000	0,000	1,000	1.000	1,000	1,000	Safety
0,948	0,015	0,949	0.948	0,998	0,991	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	e	<-	classified as
5	0	0	0	0	a	= Accident
0	3	1	0	0	b	= Falling
0	0	9	3	0	c	= Incident
0	0	1	27	0	d	= Needlestick/Cut
0	0	0	0	48	e	= Safety

### 7.2.4.3 Εφαρμογή NN – 10-fold cross validation

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron -L 0.3 -M  
0.2 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H a  
Relation: ORIGINAL\_DATASET  
Instances: 476  
Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	457	96.0084 %
Incorrectly Classified Instances	19	3.9916 %
Kappa statistic	0.9383	
Mean absolute error	0.0181	
Root mean squared error	0.1182	
Relative absolute error	6.9551 %	
Root relative squared error	32.7992 %	
Total Number of Instances	476	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	ROC Area	PRC Area	Class
	0,971	0,029	0,930	0.971	0,991	0,981	Needlestick/Cut
	1,000	0,000	1,000	1.000	1,000	1,000	Safety
	0,780	0,012	0,902	0.780	0,971	0,891	Incident
	0,900	0,007	0,857	0.900	0,996	0,899	Falling
	1,000	0,002	0,958	1.000	0,999	0,967	Accident
Weighted Avg	0,960	0,010	0,960	0.960	0,994	0,975	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	e	<- classified as
132	0	4	0	0	a = Needlestick/Cut
0	238	0	0	0	b = Safety
9	0	46	3	1	c = Incident
1	0	1	18	0	d = Falling
0	0	0	0	23	e = Accident



## 7.3 Σύνολο δεδομένων συμβάντων (μία μεταβλητή) – ατυχημάτων

### 7.3.1 Εφαρμογή Naïve Bayes

#### 7.3.1.1 Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation\_80

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.bayes.NaiveBayes

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_80

Instances: 379

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	372	98.153 %
Incorrectly Classified Instances	7	1.847 %
Kappa statistic	0.966	
Mean absolute error	0.0121	
Root mean squared error	0.1093	
Relative absolute error	3.3427 %	
Root relative squared error	25.688 %	
Total Number of Instances	379	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Accident
1,000	0,034	0,961	0,985	0,966	Incident
0,963	0,000	1,000	0,992	0,995	Safety
0,982	0,015	0,982	0,990	0,982	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	<- classified as
18	0	0	a = Accident
0	171	0	b = Incident
0	7	183	c = Safety

### 7.3.1.2 Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	78	80.4124 %
Incorrectly Classified Instances	19	19.5876 %
Kappa statistic	0.6437	
Mean absolute error	0.1311	
Root mean squared error	0.3563	
Total Number of Instances	97	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
0,600	0,011	0,750	0,839	0,648	Accident
1,000	0,340	0,710	0,972	0,936	Incident
0,646	0,000	1,000	0,998	0,998	Safety
0,804	0,155	0,855	0,978	0,952	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	<-	-	classified as
3	2	0	a	=	Accident
0	44	0	b	=	Incident
1	16	31	c	=	Safety

### 7.3.1.3 Εφαρμογή Naïve Bayes – 10-fold cross validation

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.bayes.NaiveBayes  
Relation: ORIGINAL\_DATASET  
Instances: 476  
Attributes: 84

=== Stratified cross-validation ===

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	454	95.3782 %
Incorrectly Classified Instances	22	4.6218 %
Kappa statistic	0.9148	
Mean absolute error	0.0308	
Root mean squared error	0.175	
Relative absolute error	8.4863 %	
Root relative squared error	41.1152 %	
Total Number of Instances	476	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
0,949	0,038	0,953	0,932	0,921	Incident
0,962	0,046	0,954	0,943	0,926	Safety
0,913	0,002	0,955	0,997	0,973	Accident
0,954	0,041	0,954	0,940	0,926	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	<- classified as
204	11	0	a = Incident
8	229	1	b = Safety
2	0	21	c = Accident

## 7.3.2 Εφαρμογή BayesNet

### 7.3.2.1 Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation\_80

=== Run information ===

```
Scheme: weka.classifiers.bayes.BayesNet -D -Q
weka.classifiers.bayes.net.search.local.K2 -- -P 1 -S BAYES -E
weka.classifiers.bayes.net.estimate.SimpleEstimator -- -A 0.5
```

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_80

Instances: 379

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	379	100	%
Incorrectly Classified Instances	0	0	%
Kappa statistic	1		
Mean absolute error	0		
Root mean squared error	0		
Relative absolute error	0	%	
Root relative squared error	0	%	
Total Number of Instances	379		

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Accident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	<- classified as
18	0	0	a = Accident
0	171	0	b = Incident
0	0	190	c = Safety

### 7.3.2.2 Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	74	76.2887 %
Incorrectly Classified Instances	23	23.7113 %
Kappa statistic	0.6362	
Mean absolute error	0.1581	
Root mean squared error	0.3976	
Total Number of Instances	97	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,250	0,179	0,875	0,179	Accident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
0,521	0,000	1,000	0,570	0,739	Safety
0,763	0,013	0,958	0,781	0,829	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	<- - classified as
5	0	0	a = Accident
0	44	0	b = Incident
23	0	25	c = Safety

### 7.3.2.3 Εφαρμογή BayesNet – 10-fold cross validation

=== Run information ===

```
Scheme:                    weka.classifiers.bayes.BayesNet    -D    -Q
weka.classifiers.bayes.net.search.local.K2    --    -P    1    -S    BAYES    -E
weka.classifiers.bayes.net.estimate.SimpleEstimator -- -A 0.5

Relation:    ORIGINAL_DATASET
Instances:    476
Attributes:    84
```

=== Stratified cross-validation ===

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	453	95.1681 %
Incorrectly Classified Instances	23	4.8319 %
Kappa statistic	0.9146	
Mean absolute error	0.0322	
Root mean squared error	0.1795	
Relative absolute error	8.8745 %	
Root relative squared error	42.1589 %	
Total Number of Instances	476	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
0,903	0,000	1,000	0,913	0,953	Safety
1,000	0,051	0,500	0,975	0,500	Accident
0,952	0,002	0,976	0,955	0,952	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	<- classified as
215	0	0	a = Incident
0	215	23	b = Safety
0	0	23	c = Accident

## 7.3.3 Εφαρμογή k-nn

### 7.3.3.1 Εφαρμογή k-nn – Hold out validation\_80

=== Run information ===

```
Scheme:          weka.classifiers.lazy.IBk   -K  9   -W  0   -A
"weka.core.neighboursearch.LinearNNSearch      -A
\"weka.core.EuclideanDistance -R first-last\"
Relation:      ORIGINAL_DATASET_80
Instances:     379
Attributes:    84
```

=== Classifier model (full training set) ===

```
IB1 instance-based classifier
using 9 nearest neighbour(s) for classification
```

Time taken to build model: 0 seconds

=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 0.08 seconds

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	379	100	%
Incorrectly Classified Instances	0	0	%
Kappa statistic	1		
Mean absolute error	0.0102		
Root mean squared error	0.0457		
Relative absolute error	2.8007	%	
Root relative squared error	10.7467	%	
Total Number of Instances	379		

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Accident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	<- classified as
18	0	0	a = Accident
0	171	0	b = Incident
0	0	190	c = Safety



### 7.3.3.2 Εφαρμογή k-nn – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	74	76.2887 %
Incorrectly Classified Instances	23	23.7113 %
Kappa statistic	0.6362	
Mean absolute error	0.1603	
Root mean squared error	0.396	
Total Number of Instances	97	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,250	0,179	0,875	0,179	Accident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
0,521	0,000	1,000	0,770	0,763	Safety
0,763	0,013	0,958	0,880	0,840	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	<-	- classified as
5	0	0	a	= Accident
0	44	0	b	= Incident
23	0	25	c	= Safety

### 7.3.3.3 Εφαρμογή k-nn – 10-fold cross validation

=== Run information ===

```
Scheme:          weka.classifiers.lazy.IBk  -K  9  -W  0  -A
"weka.core.neighboursearch.LinearNNSearch
\"weka.core.EuclideanDistance -R first-last\""
```

Relation: ORIGINAL\_DATASET

Instances: 476

Attributes: 84

=== Summary ===

=== Stratified cross-validation ===

Correctly Classified Instances	475	99.7899 %
Incorrectly Classified Instances	1	0.2101 %
Kappa statistic	0.9961	
Mean absolute error	0.0108	
Root mean squared error	0.0491	
Relative absolute error	2.965 %	
Root relative squared error	11.5265 %	
Total Number of Instances	476	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
0,995	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,004	0,996	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Accident
0,993	0,002	0,993	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	<- classified as
214	1	0	a = Incident
0	238	0	b = Safety
0	0	23	c = Accident

## 7.3.4 Εφαρμογή NN

### 7.3.4.1 Εφαρμογή NN – Hold out validation\_80

=== Run information ===

Scheme: weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron -L 0.3 -M  
0.2 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H a  
Relation: ORIGINAL\_DATASET\_80  
Instances: 379  
Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	379	100	%
Incorrectly Classified Instances	0	0	%
Kappa statistic	1		
Mean absolute error	0.0016		
Root mean squared error	0.002		
Relative absolute error	0.4405	%	
Root relative squared error	0.4753	%	
Total Number of Instances	379		

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Accident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	<-	classified as
18	0	0	a	= Accident
0	171	0	b	= Incident
0	0	190	c	= Safety

### 7.3.4.2 Εφαρμογή NN – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	97	100	%
Incorrectly Classified Instances	0	0	%
Kappa statistic	1		
Mean absolute error	0.0734		
Root mean squared error	0.1811		
Total Number of Instances	97		

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Accident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	<-	- classified as
5	0	0	a	= Accident
0	44	0	b	= Incident
0	0	48	c	= Safety

### 7.3.4.3 Εφαρμογή NN – 10-fold cross validation

=== Run information ===

=== Stratified cross-validation ===

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	476	100	%
Incorrectly Classified Instances	0	0	%
Kappa statistic	1		
Mean absolute error	0.0015		
Root mean squared error	0.003		
Relative absolute error	0.4017	%	
Root relative squared error	0.697	%	
Total Number of Instances	476		

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Accident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	<-	classified as
215	0	0	a	= Incident
0	238	0	b	= Safety
0	0	23	c	= Accident

## 7.4 Σύνολο δεδομένων συμβάντων (μία μεταβλητή)

### 7.4.1 Εφαρμογή Naïve Bayes

#### 7.4.1.1 Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation\_80

```
Scheme:          weka.classifiers.bayes.NaiveBayes
Relation:        ORIGINAL_DATASET_INCIDENTS_80
Instances:       343
Attributes:      84
```

=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 0.07 seconds

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	340	99.1254
Incorrectly Classified Instances	3	0.8746
Kappa statistic	0.9825	
Mean absolute error	0.0087	
Root mean squared error	0.0935	
Relative absolute error	1.7487 %	
Root relative squared error	18.6963 %	
Total Number of Instances	343	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,017	0,983	0,994	0,988	Incident
0,983	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
0,991	0,009	0,991	0,997	0,994	

=== Confusion Matrix ===

```
  a   b  <-- classified as
171   0 |  a = Incident
  3 169 |  b = Safety
```

### 7.4.1.2 Εφαρμογή Naïve Bayes – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified	87	100
Instances		
Incorrectly Classified	0	0
Instances		
Kappa statistic	1	
Mean absolute error	0	
Root mean squared error	0	
Total Number of	87	
Instances		

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	<- classified as
44	0	a = Incident
0	43	b = Safety

### 7.4.1.3 Εφαρμογή Naïve Bayes – 10-fold cross validation

Scheme: weka.classifiers.bayes.NaiveBayes

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS

Instances: 430

Attributes: 84

=== Stratified cross-validation ===

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	424	98.6047
Incorrectly Classified Instances	6	1.3953
Kappa statistic	0.9721	
Mean absolute error	0.014	
Root mean squared error	0.1181	
Relative absolute error	2.7964 %	
Root relative squared error	23.6238 %	
Total Number of Instances	430	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
0,991	0,019	0,982	0,987	0,979	Incident
0,981	0,009	0,991	0,989	0,990	Safety
0,986	0,014	0,986	0,988	0,985	

=== Confusion Matrix ===

a	b	<- classified as
213	2	a = Incident
4	211	b = Safety



## 7.4.2 Εφαρμογή BayesNet

### 7.4.2.1 Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation\_80

```
Scheme:                weka.classifiers.bayes.BayesNet    -D    -Q
weka.classifiers.bayes.net.search.local.K2    --    -P    1    -S    BAYES    -E
weka.classifiers.bayes.net.estimate.SimpleEstimator -- -A 0.5
Relation:    ORIGINAL_DATASET_INCIDENTS_80
Instances:    343
Attributes:    84
```

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	343	100%
Incorrectly Classified Instances	0	0%
Kappa statistic	1	
Mean absolute error	0	
Root mean squared error	0	
Relative absolute error	0%	
Root relative squared error	0%	
Total Number of Instances	343	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

```
a    b    <- classified as
171  0    a = Incident
0    172  b = Safety
```

### 7.4.2.2 Εφαρμογή BayesNet – Hold out validation\_20

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	87	100	%
Incorrectly Classified Instances	0	0	%
Kappa statistic	1		
Mean absolute error	0		
Root mean squared error	0		
Total Number of Instances	87		

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	<- classified as
44	0	a = Incident
0	43	b = Safety

### 7.4.2.3 Εφαρμογή BayesNet – 10-fold cross validation

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	430	100
Incorrectly Classified Instances	0	0
Kappa statistic	1	
Mean absolute error	0	
Root mean squared error	0	
Relative absolute error	0 %	
Root relative squared error	0 %	
Total Number of Instances	430	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	<- classified as
215	0	a = Incident
0	215	b = Safety

## 7.4.3 Εφαρμογή k-nn

### 7.4.3.1 Εφαρμογή k-nn – Hold out validation\_80

```
=== Run information ===

Scheme:                weka.classifiers.lazy.IBk   -K  9   -W  0   -A
"weka.core.neighboursearch.LinearNNSearch          -A
\"weka.core.EuclideanDistance -R first-last\"

Relation:    ORIGINAL_DATASET_INCIDENTS_80
Instances:   343
Attributes:  84

=== Classifier model (full training set) ===
IB1 instance-based classifier
using 9 nearest neighbour(s) for classification

Time taken to build model: 0.01 seconds

=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 0.28 seconds

=== Summary ===
Correctly Classified Instances      343      100%
Incorrectly Classified Instances    0         0%
Kappa statistic                     1
Mean absolute error                 0.0197
Root mean squared error             0.0674
Relative absolute error             3.9494 %
Root relative squared error        13.4759 %
Total Number of Instances          343
```

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Race	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	<- classified as
171	0	a = Incident
0	172	b = Safety

### 7.4.3.2 Εφαρμογή k-nn – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	86	98.8506%
Incorrectly Classified Instances	1	1.1494%
Kappa statistic	0.977	
Mean absolute error	0.0105	
Root mean squared error	0.063	
Total Number of Instances	87	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
0,977	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,023	0,977	1,000	1,000	Safety
0,989	0,011	0,989	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	<- classified as
43	1	a = Incident
0	43	b = Safety

### 7.4.3.3 Εφαρμογή k-nn – 10-fold cross validation

=== Stratified cross-validation ===

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	427	99.3023%
Incorrectly Classified Instances	3	0.6977%
Kappa statistic	0.986	
Mean absolute error	0.0176	
Root mean squared error	0.0697	
Relative absolute error	3.5177 %	
Root relative squared error	13.937 %	
Total Number of Instances	430	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
0,986	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,014	0,986	1,000	1,000	Safety
0,993	0,007	0,993	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	<- classified as
212	3	a = Incident
0	215	b = Safety

## 7.4.4 Εφαρμογή NN

### 7.4.4.1 Εφαρμογή NN – Hold out validation\_80

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	343	100%
Incorrectly Classified Instances	0	0%
Kappa statistic	1	
Mean absolute error	0.0012	
Root mean squared error	0.0016	
Relative absolute error	0.2474 %	
Root relative squared error	0.3107 %	
Total Number of Instances	343	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	<- classified as
171	0	a = Incident
0	172	b = Safety



#### 7.4.4.2 Εφαρμογή NN – Hold out validation\_20

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: ORIGINAL\_DATASET\_INCIDENTS\_20

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	87	100%
Incorrectly Classified Instances	0	0%
Kappa statistic	1	
Mean absolute error	0.0013	
Root mean squared error	0.0016	
Total Number of Instances	87	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

a	b	<- classified as
44	0	a = Incident
0	43	b = Safety

### 7.4.4.3 Εφαρμογή NN – 10-fold cross validation

```
Scheme:          weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron -L 0.3 -M
0.2 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H a
Relation:        ORIGINAL_DATASET_INCIDENTS
Instances:       430
Attributes:      84
```

=== Stratified cross-validation ===

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	430	100%
Incorrectly Classified Instances	0	0%
Kappa statistic	1	
Mean absolute error	0.0012	
Root mean squared error	0.0025	
Relative absolute error	0.2459 %	
Root relative squared error	0.4932 %	
Total Number of Instances	430	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	ROC Area	PRC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Incident
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	

=== Confusion Matrix ===

```
a    b    <- classified as
215  0    a = Incident
0    215  b = Safety
```

Προκειμένου να είναι ευκολότερη η συνολική θεώρηση των χρησιμοποιούμενων ταξινομητών και της απόδοσής τους παρουσιάζεται ο πίνακας που ακολουθεί. Καταγράφονται τα μέτρα απόδοσης των ταξινομητών όπως αναλύθηκαν παραπάνω στην αντίστοιχη ενότητα (recall, AUC και error rate) καθώς και η συνολική ακρίβεια (accuracy) των ταξινομητών, το ποσοστό δηλαδή των σωστά ταξινομημένων περιστατικών επί των συνολικών).

Η συνολική μέση ακρίβεια των μοντέλων όσον αφορά στα σύνολα εκπαίδευσης και ελέγχου (holdout) και στο σύνολο 10-fold cross ήταν 97%, 77% και 93%, αντίστοιχα. Το δίκτυο MLP επέδειξε τη μεγαλύτερη ακρίβεια για το σύνολο ελέγχου (holdout) και για το σύνολο 10-fold cross (94.85% και 96.01%, αντίστοιχα).

Τα δίκτυα MLP και BN επέδειξαν το χαμηλότερο ποσοστό λανθασμένων ταξινομήσεων (error rate) ανά κλάση για το σύνολο ελέγχου (holdout) (10.71% και 14.35%, αντίστοιχα) και για το σύνολο 10-fold cross (6.99% και 8.82%, αντίστοιχα).

Το δίκτυο MLP επέδειξε την υψηλότερη ευαισθησία για το σύνολο ελέγχου (holdout) και για το σύνολο 10-fold cross (89% και 93%, αντίστοιχα). Επιπρόσθετα, το συγκεκριμένο μοντέλο επέδειξε τον περισσότερο εξισορροπημένο συνδυασμό αποτελεσμάτων ευαισθησίας στο σύνολο 10-fold cross.

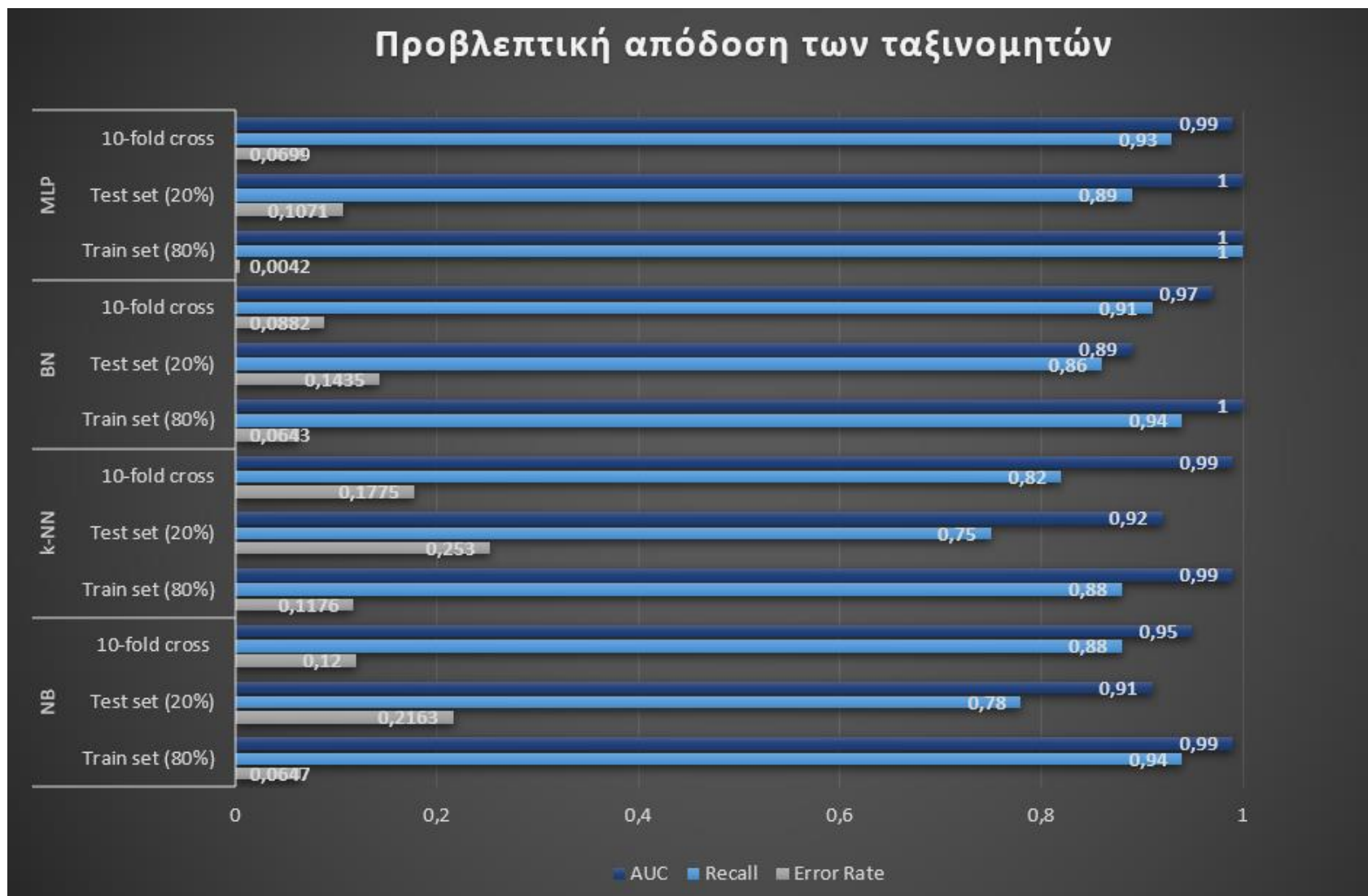
Η μέση τιμή της AUC ήταν υψηλή τόσο για το σύνολο ελέγχου (holdout) όσο και για το σύνολο 10-fold cross (0.93 και 0.98, αντίστοιχα). Το δίκτυο MLP επέδειξε την υψηλότερη τιμή της AUC για το σύνολο ελέγχου (holdout) και για το σύνολο 10-fold cross (1.00 και 0.99, αντίστοιχα). Θα πρέπει να σημειωθεί πως το σύνολο των μοντέλων που αναπτύχθηκαν επέδειξαν υψηλή τιμή AUC (εύρος: 0.89-1.00 για το σύνολο ελέγχου (holdout) και εύρος: 0.95-0.99 για το σύνολο 10-fold cross).

**Πίνακας 7.1:** Συνοπτικός πίνακας της προβλεπτικής απόδοσης των ταξινομητών για το σύνολο δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές) - ατυχημάτων

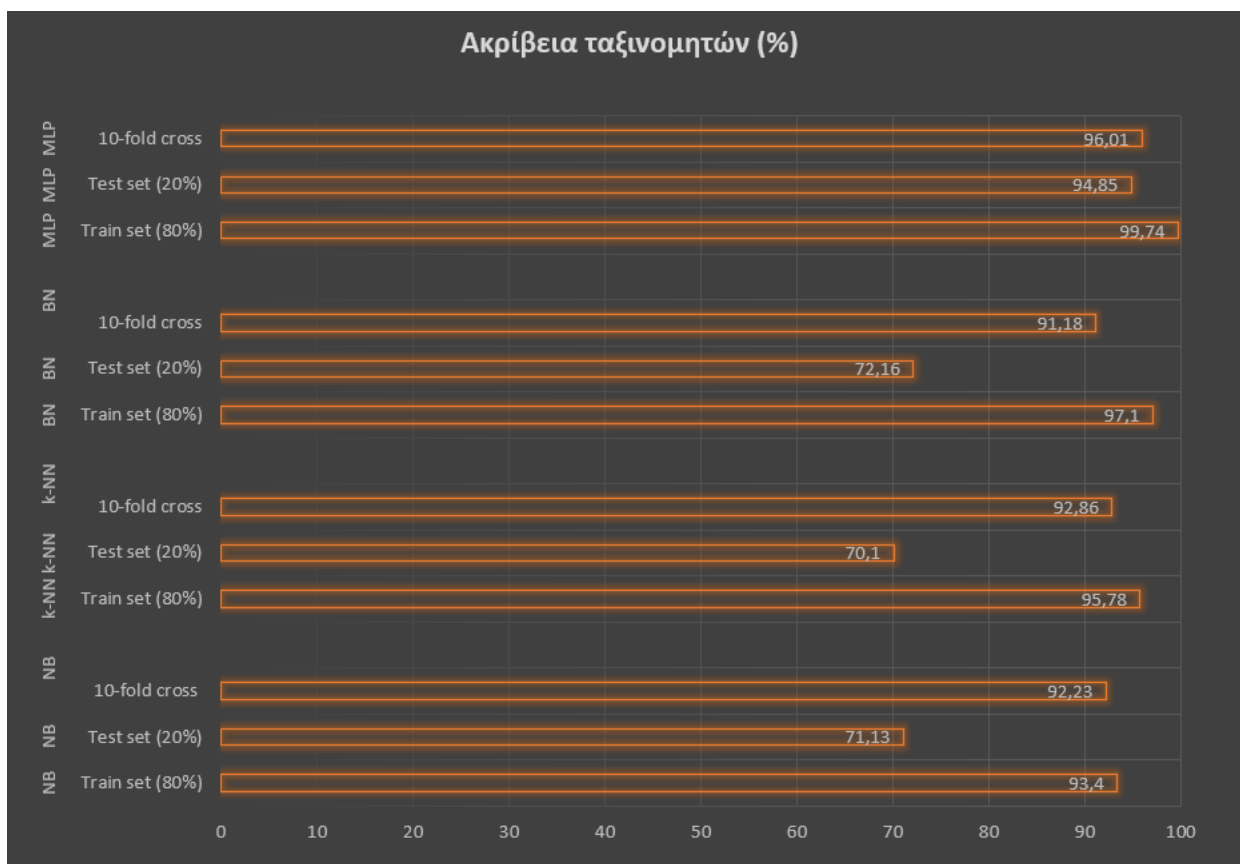
Model	Validation Method	Cases	Model Accuracy (%)	Performance Evaluation Metrics						Mean value
				Accident	Falling	Incident	Needlestick / Cut	Safety		
NB	Train set (80%)	379	93.40	Error Rate (%)	0.00	0.00	23.40	3.70	5.26	6.47
				Recall	1.000	1.000	0.766	0.963	0.947	0.94
				AUC	1.000	0.995	0.968	0.982	0.986	0.99
NB	Test set (20%)	97	71.13	Error Rate (%)	40.00	0.00	16.67	3.57	47.92	21.63
				Recall	0.600	1.000	0.833	0.964	0.521	0.78
				AUC	0.753	0.992	0.862	0.964	0.991	0.91
NB	10-fold cross	476	92.23	Error Rate (%)	8.33	15.00	28.81	3.67	4.20	12.00
				Recall	0.913	0.850	0.712	0.963	0.958	0.88
				AUC	0.995	0.944	0.890	0.969	0.966	0.95
k-NN	Train set (80%)	379	95.78	Error Rate (%)	0.00	37.5	21.28	0.00	0.00	11.76
				Recall	1.000	0.625	0.787	1.000	1.000	0.88
				AUC	1.000	0.986	0.990	0.997	1.000	0.99
k-NN	Test set (20%)	97	70.10	Error Rate (%)	0.00	50.00	25.00	3.57	47.92	25.30
				Recall	1.000	0.500	0.750	0.964	0.521	0.75
				AUC	0.875	0.985	0.983	0.997	0.751	0.92
k-NN	10-fold cross	476	92.86	Error Rate (%)	0.00	50.00	37.29	1.47	0.00	17.75

Model	Validation Method	Cases	Model Accuracy (%)	Performance Evaluation Metrics						Mean value
				Accident	Falling	Incident	Needlestick / Cut	Safety		
BN	Train set (80%)	379	97.10	Recall	1.000	0.500	0.627	0.985	1.000	0.82
				AUC	1.000	0.981	0.966	0.994	1.000	0.99
				Error Rate (%)	0.00	18.75	10.64	2.78	0.00	6.43
				Recall	1.000	0.813	0.894	0.972	1.000	0.94
BN	Test set (20%)	97	72.16	AUC	1.000	0.993	0.987	0.996	1.000	1.00
				Error Rate (%)	0.00	0.00	16.67	7.14	47.92	14.35
				Recall	1.000	1.000	0.833	0.929	0.521	0.86
				AUC	0.875	1.000	0.988	0.996	0.570	0.89
BN	10-fold cross	476	91.18	Error Rate (%)	0.00	15.00	13.56	5.88	9.66	8.82
				Recall	1.000	0.850	0.864	0.941	0.903	0.91
				AUC	0.975	0.985	0.979	0.994	0.913	0.97
				Error Rate (%)	0.00	0.00	2.12	0.00	0.00	0.42
MLP	Train set (80%)	379	99.74	Recall	1.000	1.000	0.979	1.000	1.000	1.00
				AUC	1.000	1.000	0.984	0.998	1.000	1.00
				Error Rate (%)	0.00	25.00	25.00	3.57	0.00	10.71
				Recall	1.000	0.750	0.750	0.964	1.000	0.89
MLP	Test set (20%)	97	94.85	AUC	1.000	1.000	0.992	0.996	1.000	1.00
				Error Rate (%)	0.00	10.00	22.03	2.94	0.00	6.99
				Recall	1.000	0.750	0.750	0.964	1.000	0.89
				AUC	1.000	1.000	0.992	0.996	1.000	1.00
MLP	10-fold cross	476	96.01	Error Rate (%)	0.00	10.00	22.03	2.94	0.00	6.99
				Recall	1.000	0.750	0.750	0.964	1.000	0.89

Model	Validation Method	Cases	Model Accuracy (%)	Performance Evaluation Metrics					Mean value	
				Accident	Falling	Incident	Needlestick / Cut	Safety		
				Recall	1.000	0.900	0.780	0.971	1.000	0.93
				AUC	0.999	0.996	0.971	0.991	1.000	0.99



**Σχήμα 7.1:** Συγκριτικό διάγραμμα της προβλεπτικής απόδοσης των ταξινομητών για το σύνολο δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές) - ατυχημάτων



**Σχήμα 7.2:** Συγκριτικό διάγραμμα της ακρίβειας των ταξινομητών για το σύνολο δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές) - ατυχημάτων

## 7.5 Εφαρμογή σεναρίων ελέγχου

Προκειμένου να αξιολογηθεί περαιτέρω η χρησιμότητα του προτεινόμενου συστήματος εξετάστηκε ένα ακόμα σύνολο ελέγχου, όπως αυτό προέκυψε έπειτα από έλεγχο του ΤΑ (01/2020). Ο ΤΑ κατά τη διάρκεια ελέγχων του σε συγκεκριμένα τμήματα του Νοσοκομείου, αναγνωρίζει και εκτιμά κινδύνους, συμπληρώνοντας τις αντίστοιχες μεταβλητές επικινδυνότητας για το χώρο καθώς και τις αντίστοιχες μεταβλητές για τους εργαζόμενους στα τμήματα ελέγχου (μέσω επικοινωνίας με το τμήμα προσωπικού και συνέντευξης με τους ίδιους τους εργαζόμενους). Παράλληλα, προτείνει μέτρα για τον περιορισμό – εξάλειψη αυτών των κινδύνων και εισάγει τις τιμές των μεταβλητών επικινδυνότητας που θα προκύψουν μετά από τη λήψη αυτών των μέτρων (ή ορθότερα που θα πρέπει να προκύψουν, ώστε να περιοριστεί – εξαλειφθεί η εκάστοτε πηγή κινδύνου).



Σημειώνεται ότι στην προκειμένη περίπτωση, επειδή δεν υφίσταται η γνώση για το ποιοι από τους υφιστάμενους κινδύνους ευθύνονται για το εκάστοτε συμβάν – ατύχημα (το συμβάν-ατύχημα δεν έχει λάβει χώρα), τα προτεινόμενα μέτρα αφορούν το σύνολο των αναγνωρισμένων κινδύνων, αντίθετα με την περίπτωση των διερευνήσεων όπου τα προτεινόμενα μέτρα σχετίζονται με το εκάστοτε συμβάν – ατύχημα.

Σημειώνεται επίσης ότι σε αυτά τα σύνολα ελέγχου, η εκτίμηση της επικινδυνότητας πλέον δε βασίζεται σε δεδομένα συμβάντος – ατυχήματος, αλλά επικείμενου συμβάντος, όπως αυτό αναγνωρίζεται κατά τη διάρκεια επίσκεψης – ελέγχου του ΤΑ, η οποία μπορεί να είναι είτε προγραμματισμένη, είτε έκτακτη, κατόπιν σχετικής εισήγησης εργαζομένου ή της ίδιας της Διοίκησης (στο πλαίσιο για παράδειγμα ενδεχόμενης παρέμβασης ή αλλαγής εξοπλισμού – θέσης εργασίας κ.λπ.), με τον πίνακα των εκτιμώμενων συμβάντων όπως προέκυψαν από το σχετικό έλεγχο να ακολουθεί. Η συγκεκριμένη προσέγγιση μπορεί να εφαρμοστεί κατά κόρον με τη χρήση του Βιβλίου Υποδείξεων του ΤΑ, με τις όποιες παρατηρήσεις του να μπορούν να εισαχθούν στο σύστημα ακολουθώντας την κατάλληλη προεπεξεργασία. Στην προκειμένη περίπτωση οι παρατηρήσεις συνοψίζονται στα ακόλουθα σημεία:

- Στο χώρο του αρχείου, εργαζόμενος χρησιμοποίησε καρέκλα αντί για κατάλληλη φορητή κλίμακα προκειμένου να πάρει έντυπα αρχεία από το ράφι. Παράλληλα παρατηρήθηκε έλλειψη ευταξίας στο χώρο, με την παρουσία πολλών εμποδίων λόγω έλλειψης χώρου, εμποδίζοντας την ελεύθερη διέλευση (πιθανό συμβάν: “Falling”).
- Κατά την έξοδο του ΤΑ από το χώρο του αρχείου, παρατήρησε πως το πάτωμα μόλις είχε σφουγγαριστεί χωρίς να έχει τοποθετηθεί η προειδοποιητική πινακίδα «Προσοχή: Ολισθηρό Πάτωμα» (πιθανό συμβάν: “Falling”).
- Στο παθολογοανατομικό εργαστήριο, ο ΤΑ διαπίστωσε πως δεν πραγματοποιείται προληπτική ούτε διορθωτική συντήρηση σε έναν μικροτόμο, σύμφωνα με το εγχειρίδιο λειτουργίας του. Επίσης, από τον εργαζόμενο διατυπώθηκαν σχετικά παράπονα για τις συνθήκες ΥΑΕ (πιθανό συμβάν: “Needlestick/Cut”).
- Στο χειρουργείο, μια νοσηλεύτρια εξέφρασε παράπονα σχετικά με τον αυξημένο φόρτο εργασίας αλλά και την έλλειψη εκπαίδευσης σε πρακτικές εργασίας (πιθανό συμβάν: “Needlestick/Cut”).

- Στο χώρο του πλυντηρίου και ειδικότερα στο μηχάνημα του διπλωτηρίου σεντονιών δεν υπήρχε το προστατευτικό κάλυμμα κινούμενου μέρους του εξοπλισμού (πιθανό συμβάν: “Incident”).
- Τραπεζοκόμος χρησιμοποιούσε ακατάλληλο τροχήλατο και παράλληλα «κουβαλούσε» μαζί πολλούς δίσκους για μεγάλη απόσταση σε κάθε θάλαμο ασθενούς (πιθανό συμβάν: “Incident”).

Για καθένα από τα παραπάνω στιγμιότυπα καταγράφηκε η αντίστοιχη κατάσταση “Safety”, με τον έλεγχο εφαρμογής των προτεινόμενων μέτρων να λαμβάνει χώρα σε διάστημα ενός μηνός από την πραγματοποίηση του ελέγχου και την υλοποίηση των αντίστοιχων παρεμβάσεων ΥΑΕ. Προέκυψε έτσι ένα σύνολο ελέγχου 12 στιγμιοτύπων, με τα μοντέλα να ταξινομούν σωστά το σύνολο αυτών των καταστάσεων. Καταγράφηκε μόνο μία λανθασμένη ταξινόμηση από το μοντέλο BN (μια κατάσταση ταξινομήθηκε ως “Incident” αντί για “Falling”). Ακόμα όμως και σε αυτή την περίπτωση τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά γιατί αφενός δεν προέκυψε ταξινόμηση “Safety” (γεγονός σημαντικό για τον εντοπισμό του κινδύνου) και αφετέρου επρόκειτο για αναμενόμενο αποτέλεσμα, λαμβάνοντας υπόψη πως στο σύνολο εκπαίδευσης δεν είχε καταγραφεί αντίστοιχο περιστατικό (πτώση από καρέκλα).

**Πίνακας 7.2:** Πίνακας σεναρίου ελέγχου του συστήματος

Μεταβλητές επικινδυνότητας εργαζομένου	Μεταβλητές επικινδυνότητας χώρου	Output	Περιγραφή Συμβάντος
		Falling Safety	Πτώση από καρέκλα
		Falling Safety	Πτώση σε επίπεδο
		Needlestick/Cut Safety	Κόψιμο λόγω μη καλής λειτουργίας μικροτόμου
		Needlestick/Cut Safety	Κόψιμο/Τρύπημα λόγω υπερκόπωσης εργαλειοδότριας
		Incident Safety	Χτύπημα από κινούμενο μέρος εξοπλισμού
		Incident Safety	Πόνος στη μέση τραπεζοκόμου

=== Re-evaluation on test set ===

User supplied test set

Relation: test\_set\_unknown

Instances: unknown (yet). Reading incrementally

Attributes: 84

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	11	91.6667 %
Incorrectly Classified Instances	1	8.3333 %
Kappa statistic	0.875	
Mean absolute error	0.0472	
Root mean squared error	0.188	
Total Number of Instances	12	

=== Detailed Accuracy By Class ===

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	ROC Area	Class
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Needlestick/Cut
1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	Safety
1,000	0,100	0,667	1,000	0,900	Incident
0,500	0,000	1,000	0,500	0,900	Falling
-	-	-	-	-	Accident
0,917	0,017	0,944	0,917	0,967	

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	e	<-	-	classified as
2	0	0	0	0		a	= Needlestick/Cut
0	6	0	0	0		b	= Safety
0	0	2	0	0		c	= Incident
0	0	1	1	0		d	= Falling
0	0	0	0	0		e	= Accident

Για την περαιτέρω αξιολόγηση του προτεινόμενου συστήματος, αυτό εφαρμόστηκε για την υποστήριξη απόφασης του τμήματος ανθρώπινου δυναμικού όσον αφορά στην εσωτερική μετακίνηση εργαζόμενων, υπό το πρίσμα ΥΑΕ. Αναλυτικότερα, έπειτα από σχετική απαίτηση μετακίνησης 10 εργαζόμενων για κάλυψη εσωτερικών αναγκών του νοσοκομείου, ο ΤΑ επιθεώρησε τους χώρους εργασίας προορισμού και χρησιμοποίησε τα αποτελέσματα ελέγχου ως είσοδο στο μοντέλο MLP. Προέκυψαν 9 καταστάσεις “Safety” και μία κατάσταση “Incident”. Στη συνέχεια προτάθηκαν παρεμβάσεις για την μετάπτωση στην κατάσταση “Safety”, οι οποίες περιλάμβαναν εκπαίδευση στα εργασιακά καθήκοντα (θέση τραπεζοκόμος) και διορθωτικές ενέργειες στον εξοπλισμό (χρήση ελαφρύτερων δίσκων σερβιρίσματος και επισκευή τροχήλατων καροτσιών). Η μετακίνηση του εργαζόμενου έγινε μετά από την ολοκλήρωση των παρεμβάσεων, με την κατάσταση “Safety” να επιβεβαιώνεται από τον ΤΑ μία εβδομάδα μετά από την μετακίνηση.

Για λόγους πληρότητας παρουσιάζονται στη συνέχεια, συνοπτικοί πίνακες για την ταξινόμηση του συνόλου δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές) καθώς και του συνόλου δεδομένων συμβάντων (μία μεταβλητή) – ατυχημάτων. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί η απόδοση των ταξινομητών είναι αισθητά βελτιωμένη, όπως ήταν αναμενόμενο εξαιτίας της μείωσης του αριθμού των κλάσεων. Ενδεικτικό είναι το συγκριτικό διάγραμμα ακρίβειας των ταξινομητών για τα σύνολα δεδομένων συμβάντων – ατυχημάτων με τρεις και μία μεταβλητές αντίστοιχα, με την τελευταία να κατηγοριοποιεί όλα τα συμβάντα σε μια κλάση Incident, αντί για τρεις (Incident, Falling, Needlestick/Cut) της προηγούμενης ταξινόμησης.

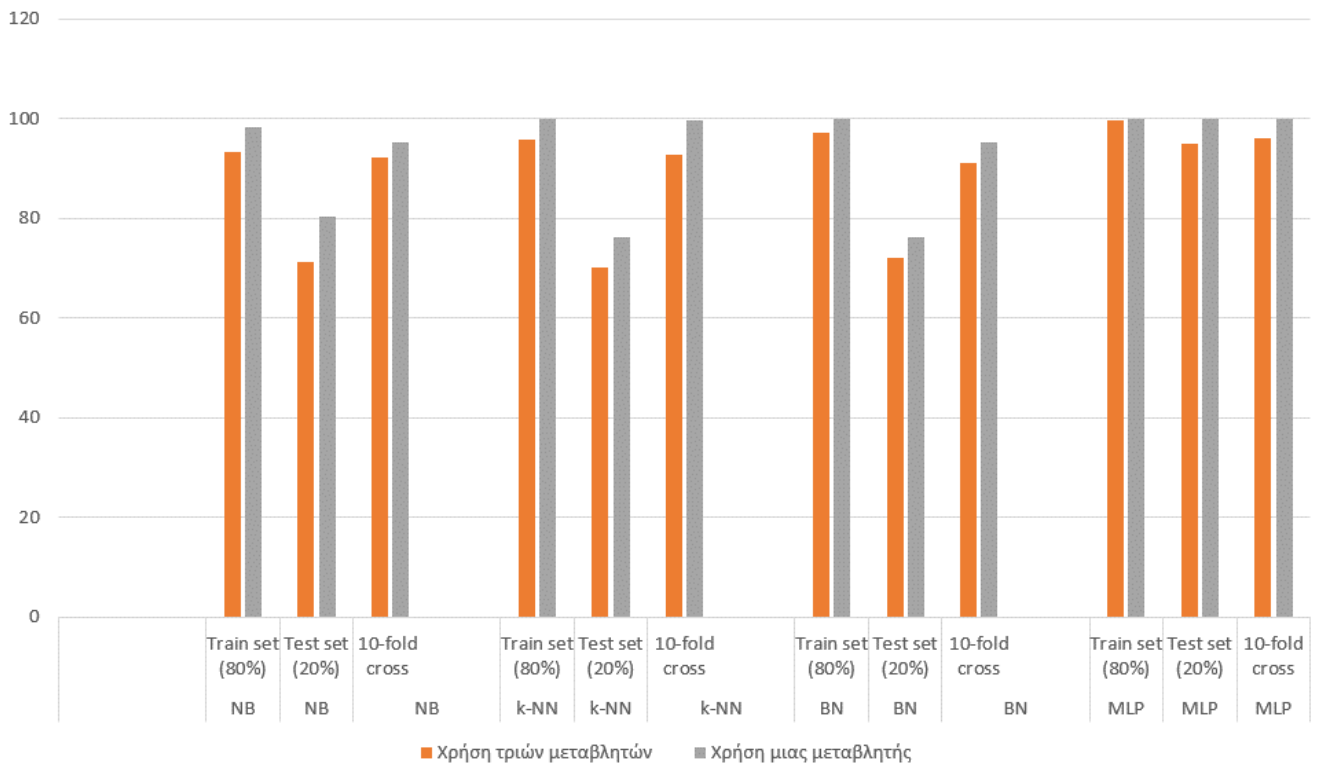
**Πίνακας 7.3:** Συνοπτικός πίνακας της προβλεπτικής απόδοσης των ταξινομητών για το σύνολο δεδομένων συμβάντων (τρεις μεταβλητές)

Model	Validation Method	Cases	Model Accuracy (%)	Performance Evaluation Metrics					Mean value
				Error Rate (%)	Falling	Incident	Needlestick / Cut	Safety	
NB	Train set (80%)	343	93.29	Error Rate (%)	0.00	25.53	3.70	3.49	8.18
				AUC	0.996	0.967	0.983	0.992	0.98
NB	Test set (20%)	87	95.40	Error Rate (%)	0.00	16.67	7.14	0.00	5.95
				AUC	1.000	0.914	0.982	1.000	0.97
NB	10-fold cross	430	92.09	Error Rate (%)	20.00	25.42	5.15	3.72	13.57
				AUC	0.919	0.904	0.971	0.986	0.95
k-NN	Train set (80%)	343	92.71	Error Rate (%)	31.25	40.43	0.93	0.00	18.15
				AUC	0.994	0.989	0.997	1.000	1.00
k-NN	Test set (20%)	87	90.80	Error Rate (%)	50.00	41.67	0.00	0.00	22.92
				AUC	0.998	0.982	0.995	1.000	0.99
k-NN	10-fold cross	430	92.79	Error Rate (%)	50.00	38.78	1.47	0.00	22.56
				AUC	0.967	0.957	0.993	1.000	0.98
BN	Train set (80%)	343	96.50	Error Rate (%)	18.75	6.38	5.56	0.00	7.67
				AUC	0.990	0.981	0.998	1.000	0.99
BN	Test set (20%)	87	95.40	Error Rate (%)	0.00	8.33	10.71	0.00	4.76
				AUC	0.997	0.989	0.996	1.000	1.00
BN	10-fold cross	430	95.35	Error Rate (%)	15.00	10.17	8.09	0.00	8.32
				AUC	0.989	0.977	0.996	1.000	0.99
MLP	Train set (80%)	343	99.71	Error Rate (%)	0.00	2.13	0.00	0.00	0.53
				AUC	1.000	0.995	0.996	1.000	1.00
MLP	Test set (20%)	87	94.25	Error Rate (%)	50.00	16.67	3.57	0.00	17.56
				AUC	1.000	0.986	0.994	1.000	1.00
MLP	10-fold cross	430	94.42	Error Rate (%)	15.00	27.12	3.68	0.00	11.45
				AUC	0.947	0.972	0.979	1.000	0.97

**Πίνακας 7.4:** Συνοπτικός πίνακας της προβλεπτικής απόδοσης των ταξινομητών για το σύνολο δεδομένων συμβάντων (μία μεταβλητή) - ατυχημάτων

Model	Validation Method	Cases	Model Accuracy (%)	Performance Evaluation Metrics			Mean value	
				Accident	Incident	Safety		
NB	Train set (80%)	379	98.15	Error Rate (%)	0.00	0.00	3.68	1.23
				AUC	1.000	0.985	0.992	0.99
NB	Test set (20%)	97	80.41	Error Rate (%)	40.00	0.00	35.42	25.14
				AUC	0.839	0.972	0.998	0.94
NB	10-fold cross	476	95.38	Error Rate (%)	8.70	5.12	3.78	5.87
				AUC	0.997	0.932	0.943	0.96
k-NN	Train set (80%)	379	100	Error Rate (%)	0.00	0.00	0.00	0.00
				AUC	1.000	1.000	1.000	1.00
k-NN	Test set (20%)	97	76.29	Error Rate (%)	0.00	0.00	47.92	15.97
				AUC	0.875	1.000	0.770	0.88
k-NN	10-fold cross	476	99.79	Error Rate (%)	0.00	0.47	0.00	0.16
				AUC	1.000	1.000	1.000	1.00
BN	Train set (80%)	379	100	Error Rate (%)	0.00	0.00	0.00	0.00
				AUC	1.000	1.000	1.000	1.00
BN	Test set (20%)	97	76.23	Error Rate (%)	0.00	0.00	47.92	15.97
				AUC	0.875	1.000	0.570	0.82
BN	10-fold cross	476	95.17	Error Rate (%)	0.00	0.00	9.66	3.22
				AUC	0.975	1.000	0.913	0.96
MLP	Train set (80%)	379	100	Error Rate (%)	0.00	0.00	0.00	0.00
				AUC	1.000	1.000	1.000	1.00
MLP	Test set (20%)	97	100	Error Rate (%)	0.00	0.00	0.00	0.00
				AUC	1.000	1.000	1.000	1.00
MLP	10-fold cross	476	100	Error Rate (%)	0.00	0.00	0.00	0.00
				AUC	1.000	1.000	1.000	1.00

### Ακρίβεια ταξινομητών (%)



**Σχήμα 7.3:** Συγκριτικό διάγραμμα ακρίβειας των ταξινομητών για τα σύνολα δεδομένων συμβάντων – ατυχημάτων με τρεις και μία μεταβλητές αντίστοιχα

# 8

## Πρόσθετα «Εργαλεία» Αξιολόγησης – Βελτίωσης



## **8.1 Βάση δεδομένων για αξιολόγηση και διαχείριση μυοσκελετικής καταπόνησης**

Στην παρούσα ενότητα γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση ενός e-tool που αναπτύχθηκε και δοκιμάστηκε προκειμένου να συνδράμει στην αποτελεσματικότερη διαχείριση της επικινδυνότητας των μυοσκελετικών διαταραχών (Musculoskeletal disorders - MSDs) στο νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας.

### **8.1.1 Το πρόβλημα των μυοσκελετικών διαταραχών στο νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας**

Σύμφωνα με σχετική αναφορά του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την ΥΑΕ, οι συγκεκριμένες διαταραχές παρουσιάζουν τον υψηλότερο επιπολασμό όσον αφορά στα συσχετιζόμενα με την εργασία προβλήματα υγείας [141], με το πρόβλημα να εντοπίζεται σε όλους τους τομείς εργασίας. Ενδεικτικά, από το σύνολο των εργαζόμενων στην Ευρωπαϊκή Ένωση που παρουσιάζουν συσχετιζόμενα με την εργασία προβλήματα υγείας, το 60% επισημαίνει τις MSDs ως το σοβαρότερο ζήτημα [141].

Ιδιαίτερα όσον αφορά στην Ελλάδα, σε σχετική δημοσκόπηση (European Survey on Working Conditions – ESWC, 2005) αναφέρεται πως το 47% περίπου των Ελλήνων εργαζομένων είχαν αναφέρει πόνους στη μέση και το 45.7% περίπου είχαν αναφέρει μυϊκούς πόνους [142]. Σύμφωνα με το δελτίο της ΕΣΥΕ σχετικά με τα εργατικά ατυχήματα για το έτος 2018, το 7% (n=376) του συνόλου των εργατικών ατυχημάτων σχετιζόταν με τη σπονδυλική στήλη και το 21.9% (n=1163) σχετιζόταν με τις αρθρώσεις [143].

Η συγκεκριμένη λοιπόν κατηγορία διαταραχών και λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος του τομέα παροχής υπηρεσιών υγείας όπως αναλύθηκε παραπάνω, δε μπορεί παρά να αφορά άμεσα και το νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας. Θεωρώντας το πλήθος και τη διαφορετικότητα των εργασιών που καλείται να εκτελέσει το προσωπικό υγείας, ο ρόλος των MSDs είναι καθοριστικός, με τη συσχέτιση να προκύπτει εξ ορισμού, αφού πολλές

εργασίες περιλαμβάνουν από τη φύση τους ενέργειες όπως το σήκωμα, το πλύσιμο, το ντύσιμο, τη σίτιση αλλά και τη μετακίνηση ασθενών [144].

Ειδικότερα για την Ελλάδα, σύμφωνα με τον Οδηγό για την Εκτίμηση και την Πρόληψη του Επαγγελματικού Κινδύνου του Ελληνικού Ινστιτούτου Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (ΕΛ.ΙΝ.ΥΑΕ) και σχετική μελέτη για τα εργατικά ατυχήματα και τις επαγγελματικές ασθένειες σε εργαζόμενους σε Νοσοκομεία, ο επιπολασμός των MSDs παρουσίαζε εύρος 50-80% στο νοσηλευτικό προσωπικό και στο προσωπικό καθαριότητας [145]. Σύμφωνα με σχετική μελέτη σε δείγμα 440 νοσηλευτριών στην περιφέρεια της Κεντρικής Μακεδονίας (Μάιος 2013), το 85% του δείγματος δήλωσε κάποια μορφή MSD για τους προηγούμενους 6 μήνες και το 63% είχε λάβει αναρρωτική άδεια εξαιτίας MSDs [146]. Σε άλλη μελέτη (Γενικό Νοσοκομείο Χανίων – Κρήτη, περίοδος 02-04/2018) σε δείγμα 85 νοσηλευτριών, το 58.8% και το 78.8% ανέφερε προβλήματα συσχετιζόμενα με τη στάση εργασίας και τη χειρωνακτική διακίνηση φορτίων αντίστοιχα [147].

### **8.1.2 Η μέθοδος βασικών δεικτών - Key Item Method**

Υφίστανται διάφορες μέθοδοι για την εκτίμηση της επικινδυνότητας των MSDs. Η διαφοροποίησή τους εξαρτάται από παραμέτρους όπως η ακρίβεια των αποτελεσμάτων, ο χρόνος και το κόστος που απαιτείται για τη διαδικασία εφαρμογής τους [148]. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου βασίζεται σε πλεονεκτήματά της όπως η ακρίβεια, η αξιοπιστία, το χαμηλό κόστος και η ευκολία εφαρμογής, καθώς και η ευρεία αποδοχή της στο πεδίο ενδιαφέροντος. Αναπτύχθηκε από το Γερμανικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο ΥΑΕ έπειτα από μακρά περίοδο δοκιμής και προσαρμογής [149]. Η βασική ιδέα της μεθόδου έγκειται στην κατηγοριοποίηση όλων των χαρακτηριστικών σε μια κλίμακα διαβάθμισης από το χαμηλότερο στο υψηλότερο επίπεδο, με σκοπό τη διασφάλιση ισοδύναμων επιπέδων ακρίβειας σύμφωνα με την αρχή της λελογισμένης ασάφειας. Η εκτίμηση των παραγόντων επικινδυνότητας γίνεται μέσω δύο διαφορετικών φορμών. Η πρώτη αφορά τις δραστηριότητες της ανύψωσης, κρατήματος και μεταφοράς φορτίων και η δεύτερη αφορά τις δραστηριότητες της έλξης και ώθησης φορτίων χρησιμοποιώντας μοντέλο δόσης (διάρκεια x ένταση). Σε κάθε εκτίμηση θα πρέπει να εκτιμώνται η διαβάθμιση του χρόνου και άλλων βασικών δεικτών, με περίοδο αναφοράς τη μία εργασιομέρα.

Για τις δραστηριότητες της ανύψωσης, κρατήματος και μεταφοράς φορτίων οι βασικοί δείκτες είναι το φορτίο, η στάση σώματος και οι συνθήκες εργασίας. Αντίστοιχα, για τις δραστηριότητες της έλξης και ώθησης φορτίων οι βασικοί δείκτες είναι ο λόγος της μάζας του φορτίου και της απόστασης μεταφοράς, η ταχύτητα, η ακρίβεια τοποθέτησης του φορτίου, η στάση του σώματος και οι συνθήκες εργασίας. Σε κάθε περίπτωση και για εναλλακτικές τιμές υπολογίζονται οι μέσες τιμές στο τελικό αποτέλεσμα. Η τελική επικινδυνότητα καταπόνησης είναι το άθροισμα των τιμών των επιμέρους βασικών δεικτών πολλαπλασιασμένων με τη διαβάθμιση του χρόνου. Υφίστανται τέσσερα διαφορετικά επίπεδα επικινδυνότητας καταπόνησης.

Αν η τελική τιμή είναι  $<10$ , τότε υφίσταται περιορισμένη επικινδυνότητα καταπόνησης (μικρή πιθανότητα ανάπτυξης φυσικής υπερφόρτισης). Αν η τελική τιμή είναι μεταξύ 10 και 24, τότε υφίσταται αυξημένη επικινδυνότητα καταπόνησης (πιθανότητα ανάπτυξης φυσικής υπερφόρτισης σε λιγότερο ευπροσάρμοστα άτομα) με χρήσιμο τον επανασχεδιασμό του χώρου εργασίας. Αν η τελική τιμή είναι μεταξύ 25 και 49, τότε υφίσταται αυξημένη επικινδυνότητα καταπόνησης (πιθανότητα ανάπτυξης φυσικής υπερφόρτισης ακόμα και σε άτομα φυσιολογικής προσαρμοστικότητας) με σύσταση επανασχεδιασμού του χώρου εργασίας. Αν η τελική τιμή είναι  $\geq 50$ , τότε υφίσταται ιδιαίτερα αυξημένη επικινδυνότητα καταπόνησης (πολύ μεγάλη πιθανότητα ανάπτυξης φυσικής υπερφόρτισης ακόμα και σε άτομα φυσιολογικής προσαρμοστικότητας) με ανάγκη επανασχεδιασμού του χώρου εργασίας [150]–[152]. Μια ηλεκτρονική εφαρμογή της μεθόδου η οποία ενσωματώνει τεχνολογίες HTML, CSS, PHP, JavaScript, Apache HTTP Server (web server) και MySQL Server (διαχείριση της βάσης δεδομένων) αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας (με παράδειγμα εφαρμογής της να ακολουθεί στην επόμενη ενότητα). [152], [153]. Αναλυτική παρουσίαση αυτής της ηλεκτρονικής εφαρμογής γίνεται σε άλλη μελέτη [152].

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται ενδεικτικά η αρχική εικόνα της εφαρμογής, η κλίμακα αξιολόγησης για τις δραστηριότητες της έλξης και ώθησης φορτίων καθώς και ένα παράδειγμα τιμών βασικών δεικτών.

## Key Item Method



Lifting - Displacement

Evaluation-LD

Pulling-Pushing

Evaluation-PP

Name  Date  New session

Εικόνα 8.1: Αρχική οθόνη ηλεκτρονικής εφαρμογής KIM

Time	Load	Posture	Conditions	Risk score	
6	25	4	2	186	Delete
4	25	4	1	120	Delete
4	7	4	1	48	Delete
4	7	4	1	48	Delete
4	1	2	0	12	Delete
6	25	8	2	210	Delete
6	25	8	1	204	Delete
4	25	8	1	140	Delete
4	25	8	1	136	Delete
4	25	8	1	136	Delete
4	25	8	1	136	Delete

EVALUATION (LIFTING - DISPLACEMENT)		
Risk range	Score range	Description
1	<10	Low load situation, physical overload unlikely to appear
2	10 to <25	Increased load situation, physical overload is possible for less resilient persons
3	25 έως <50	Highly increased load situation, physical overload also possible for normally resilient persons
4	≥50	High load situation, physical overload is likely to appear. Workplace redesign is necessary.

Total risk score: 131.67  
Description: High load situation!

Εικόνα 8.2: Κλίμακα αξιολόγησης για τις δραστηριότητες της έλξης και ώθησης φορτίων καθώς και ένα παράδειγμα τιμών βασικών δεικτών

## 8.2 Υποστήριξη λήψης απόφασης σχετικά με το κόστος παρέμβασης για μείωση της επικινδυνότητας

### 8.2.1 Διαχείριση κόστους ΥΑΕ

Τα εργατικά ατυχήματα και οι επαγγελματικές ασθένειες συνεπάγονται ένα «βαρύ» οικονομικό φορτίο, όχι μόνο σε κάθε επιχείρηση αλλά επίσης και στους δημόσιους φορείς. Σύμφωνα με αναφορά του Ευρωπαϊκού Οργανισμού ΥΑΕ (European Agency for Safety and Health at Work - EU-OSHA).

Αυτό το φορτίο εκτιμάται όπως προαναφέρθηκε στο 3.9% του Παγκόσμιου Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) και στο 3.3 % του Ευρωπαϊκού ΑΕΠ (με τις επιμέρους διαφοροποιήσεις να σχετίζεται με το νομοθετικό πλαίσιο, τα κίνητρα λήψης μέτρων σε επίπεδο πρόληψης και τους κλάδους της εργασίας) [154].

Υφίστανται διάφορα οικονομικά κόστη τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Σύμφωνα με σχετική μελέτη (Systematic Accident Cost Analysis - SACA) το 1/3 του συνολικού κόστους είναι «κρυφό» από τη διοικητική οπτική [155]. Ιδιαίτερα όσον αφορά στα κόστη που σχετίζονται με τις MSDs, αυτά αφορούν τον ίδιο τον εργαζόμενο, τον εργοδότη και τη συνολική εγχώρια οικονομία και περιλαμβάνουν το άμεσο κόστος (έξοδα ιατρικής φροντίδας και περίθαλψης, αποζημιώσεων και αποκατάστασης) και το έμμεσο κόστος (μείωση στην παραγωγικότητα και στην αποδοτικότητα, αρνητική συμπεριφορά, αρνητική εικόνα της εταιρίας – οργανισμού) [154]. Το μακροπρόθεσμο «άθροισμα» για όλα αυτά τα κόστη μπορεί να φτάσει σε πολύ υψηλά επίπεδα. Ενδεικτικά, ως ένα μέρος του GDP των ΗΠΑ (με οικονομική βάση αναφοράς το 2014) το σύνολο άμεσου και έμμεσου κόστους των MSDs έφτασε το 5.76% (\$980.1 δις) [156].

Λαμβάνοντας υπόψη τα προαναφερόμενα, η διαχείριση αυτού του κόστους αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο για τη διαχείριση ΥΑΕ. Η αναγνώριση της δομής και των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των επιμέρους εκδόσεων αυτού του κόστους είναι η βάση της αποδοτικής διαχείρισης και σημείο αναφοράς για την εφαρμογή στρατηγικών πρόληψης [157]. Ο δυναμικός ρόλος της ανάλυσης κόστους – οφέλους και κόστους – απόδοσης (Cost-Benefit and Cost-Efficiency analysis (CBA and CEA)) στη βελτίωση των πρακτικών ΥΑΕ έχει αναδειχθεί από πολύ παλαιότερα [158], [159] και παραμένει εξαιρετικά επίκαιρη [160]. Στο πλαίσιο αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα «εργαλεία»

και εφαρμογές, με τη σχετική λήψη απόφασης να υποστηρίζεται από μια σειρά μεθοδολογιών όπως Multi-Criteria Decision Analysis, Balanced Scorecard, Analytic Hierarchy Process, Multi-Attribute Utility Theory, Optimal Budget Allocation, Game Theory, Decision Trees and Economic Utility of Risky Investments [161]. Στην αμέσως επόμενη ενότητα γίνεται μια συνοπτική ανασκόπηση της αξιοποίησης αυτών των μεθοδολογιών στο πλαίσιο της διαχείρισης του κόστους ΥΑΕ.

### **8.2.1.1 Επισκόπηση εφαρμογών διαχείρισης κόστους ΥΑΕ**

Στην παρούσα ενότητα γίνεται μια συνοπτική ανασκόπηση μελετών που έχουν προσεγγίσει το ζήτημα του κόστους των παρεμβάσεων ΥΑΕ (ειδικότερα στην περίπτωση των MSDs), ώστε να διαπιστωθεί ευκολότερα στη συνέχεια η χρησιμότητα του προτεινόμενου e-tool.

#### **8.2.1.1.1 Υπολογιστικές μέθοδοι, ανάλυση οφέλους και απόδοσης**

Σε σχετική επισκόπηση γίνεται συγκριτική αναφορά διαφόρων μεθόδων υπολογισμού του κόστους των εργατικών ατυχημάτων και των επαγγελματικών ασθενειών, επισημαίνοντας τη σημασία της απόδοσης ενός συστήματος ΥΑΕ για τη βιωσιμότητα ενός οργανισμού [162]. Τυποποιημένα «εργαλεία» εκτίμησης κόστους αναπτύχθηκαν σε άλλη μελέτη για την παροχή της σχετικής πληροφορίας στους εργοδότες, προκειμένου να υποστηριχθούν οι σχετικές με την ΥΑΕ αποφάσεις, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητά τους [163]. Σύμφωνα με άλλη επισκόπηση σχετικών μοντέλων / «εργαλείων» για τη διερεύνηση των αιτιών των εργατικών ατυχημάτων, προέκυψε πως πλήθος έμμεσων συνεπειών των εργατικών ατυχημάτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη [164]. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι το μοντέλο “Safety Pays” που αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Εργασίας των ΗΠΑ και το οποίο υπολογίζει το ισοδύναμο πωλήσεων ή παροχής υπηρεσιών που πρέπει να πραγματοποιηθεί από έναν οργανισμό προκειμένου να καλυφθεί το κόστος ενός εργατικού ατυχήματος [165], το μοντέλο Prevention Matrix μέσω του οποίου είναι δυνατή η αντιστοίχιση κατηγοριών και παραγόντων κόστους, τα μοντέλα Tyta και SZW τα οποία αποσκοπούν στη μείωση των εργατικών ατυχημάτων και του απουσιασμού εξαιτίας τους μέσω ενός αποδοτικού από πλευράς κόστους τρόπου και το μοντέλο CEOccAcc το οποίο υπολογίζει την περίοδο

αποπληρωμής και την εξοικονόμηση κόστους με βάση μια δεδομένη επένδυση στον τομέα ΥΑΕ. Ένα διαδικτυακό «εργαλείο» έχει αναπτυχθεί από τον φορέα Workers' Compensation Board of British Columbia, μέσω του οποίου καταδεικνύεται η βιωσιμότητα ενός οργανισμού ("a safe workplace is good business") μέσω σεναρίων συμβάντων και τραυματισμών [166]. Μια θετική εκτίμηση κόστους όσον αφορά σε μια επένδυση ΥΑΕ υπολογίζεται από το «εργαλείο» Tool Kit, το οποίο αναπτύχθηκε από τη συνέργεια των οργανισμών Pan American Health Organization (PAHO) και CERSSO και έχει εφαρμοστεί σε εργοστάσια ενδυμάτων [167]. Ένα άλλο μαθηματικό μοντέλο έχει αναπτυχθεί για την εκτίμηση του κόστους ΥΑΕ σε κατασκευαστικά έργα και το οποίο έχει βασιστεί σε δεδομένα του Ισπανικού τομέα κατασκευών [168].

Σε άλλη ανάλυση κόστους οφέλους χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία Delphi για την εκτίμηση προτεινόμενων μέτρων ΥΑΕ [169]. Στο ίδιο πλαίσιο, η ανάλυση CBA για την εφαρμογή μέτρων ΥΑΕ σε ναυπηγοεπισκευαστική επιχείρηση (συμπεριλαμβανόμενων των μέτρων της εκπαίδευσης και της παροχής ΜΑΠ) οδήγησε στο συμπέρασμα πως αυτά τα μέτρα είναι οικονομικά αποδοτικά [170]. Από άλλη μελέτη [171], προέκυψε η μείωση του απουσιασμού σε διάφορους τομείς εργασιών υψηλής επικινδυνότητας (n=418) μέσω εφαρμογής μιας σειράς οικονομικά αποδοτικών παρεμβάσεων ΥΑΕ.

Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα άλλης μελέτης, από την οποία προέκυψε η μείωση του απουσιασμού σε επαγγελματίες υγείας, εργαζόμενους σε παιδιατρική κλινική μέσα από την εφαρμογή του προγράμματος Workplace Disability Management Program (WDMP), με θετικά επίσης αποτελέσματα και στις παραμέτρους της παραγωγικότητας, της επιστροφής επί της επένδυσης (Return on Investment - ROI) αλλά και μέσω της ανάλυσης «νεκρού» σημείου (Break-Even Analysis - BEA) [172]. Θετικά ήταν επίσης τα αποτελέσματα της ανάλυσης κόστους μέσω σχετικής εφαρμογής από την Αμερικανική Ένωση Νοσηλευτριών (American Association of Occupational Health Nurses – AAOHN) [173].

Σε μια συστηματική επισκόπηση για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας παρεμβάσεων ΥΑΕ από πλευράς κόστους και υπό την προοπτική του εργοδότη (περίοδος βιβλιογραφίας 2005-2016), 5 από τις 11 παρεμβάσεις επέδειξαν θετικά αποτελέσματα με βάση κριτήρια των μεθοδολογιών Cochrane Collaboration Risk of Bias (CCRB) και Consensus on Health Economic Criteria (CHEC) [174].

Σε άλλη μελέτη [175], πραγματοποιήθηκε οικονομική αξιολόγηση από πλευράς κόστους – απόδοσης όσον αφορά σε παρέμβαση με την προσθήκη φυσικής δραστηριότητας σε δείγμα 466 εργαζόμενων σε υπολογιστή (Work Style Plus Physical Activity - WSPA) οι οποίοι παρουσίαζαν αρνητικά συμπτώματα στο λαιμό και στα άνω άκρα, οδηγώντας σε θετικά αποτελέσματα.

Σύμφωνα με σχετική μελέτη [176], η σύγκριση της φυσιοθεραπευτικής μεθόδου με την τυποποιημένη εκπαίδευση φυσιοθεραπείας για την αντιμετώπιση των πόνων στη μέση, σε δείγμα 70 εργαζόμενων σε αποθήκη, οδήγησε σε σημαντικά μειωμένα κόστη και σε βελτίωση της ποιότητας ζωής σύμφωνα με το δείκτη ποιοτικώς σταθμισμένων ετών ζωής (Quality-Adjusted Life-Years (QALYs) για μια περίοδο 6 μηνών).

Σύμφωνα με την αξιολόγηση εφαρμογής ενός προγράμματος πρόληψης των τραυματισμών μέσης και πλάτης το οποίο περιλάμβανε επιμόρφωση, εκπαίδευση, φυσική δραστηριότητα και εργονομική βελτίωση του περιβάλλοντος εργασίας σε δείγμα 205 εργαζομένων (από τους οποίους 99 εργάζονταν σε νοσοκομεία) στην περιφέρεια της Βόρειας Καρολίνα των ΗΠΑ, επιτεύχθηκε σημαντική μείωση του επιπολασμού αλλά και μείωση των επικίνδυνων συμπεριφορών – πρακτικών εργασίας, με τη διαδικασία να οδηγεί σε σημαντικό όφελος κόστους [177].

Η αξιολόγηση μιας εκπαιδευτικής συνεδρίας με θέμα τη φροντίδα της σπονδυλικής στήλης επέδειξε μια στατιστικά σημαντική μείωση ( $p < .05$ ) του κόστους των τραυματισμών μέσης και πλάτης αλλά και στη βαθμολογία της κλίμακας καταπόνησης Oswestry σε δείγμα 120 εργαζόμενων και για περίοδο 6 μηνών [178].

Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα της εφαρμογής ενός προγράμματος επιμόρφωσης σε Ολλανδική εταιρία λεωφορείων, με θέματα τη φροντίδα της μέσης, τη σωστή διατροφή, τη διαχείριση του άγχους, οδηγώντας σε μείωση του απουσιασμού σε τουλάχιστον 5 μέρες ανά εργαζόμενο σε ετήσια βάση, μειώνοντας έτσι σημαντικά τα σχετικά κόστη [179].

Σε σχετική συστηματική επισκόπηση, σε 8 δοκιμές όπου ο πληθυσμός παρουσίαζε MSDs, καταγράφηκε πως η διαμόρφωση του περιβάλλοντος και των πρακτικών εργασίας ήταν περισσότερο αποδοτικές από πλευράς κόστους σε σχέση με άλλου είδους παρεμβάσεις, όπως η φυσική δραστηριότητα [180].

Η χρήση του πρωτοκόλλου Intervention Mapping (IM) για την ανάπτυξη ενός εξατομικευμένου προγράμματος επιστροφής στην εργασία (Return to Work - RTW) οδήγησε σε μια αποδοτική από πλευράς κόστους προσέγγιση του ζητήματος [181].



Σε μια τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή σε δείγμα 5.759 εργαζόμενων, σε 36 τμήματα 4 εταιριών διαφορετικών τομέων (συμπεριλαμβανομένων σιδηροδρομικής μεταφοράς, αεροπορικής μεταφοράς, πανεπιστημιακής δραστηριότητας και βιομηχανία χάλυβα), η παρέμβαση Participatory Ergonomics (PE) για την πρόληψη των πόνων στη μέση και στο λαιμό (Low Back pain (LBP) και Neck Pain (NP)) αποδείχθηκε ωφέλιμη για τους εργαζόμενους, τους εργοδότες αλλά και την κοινωνία [182].

#### **8.2.1.1.2 Κατανομή**

Ενδεικτικά σε επίπεδο κατανομής, σε σχετική μελέτη συνδυάστηκε μια μεθοδολογική προσέγγιση επίλυσης του προβλήματος του σακιδίου (Knapsack Problem - KP) και του πίνακα επικινδυνότητας για τη βέλτιστη κατανομή των πόρων για την ΥΑΕ, παρουσιάζοντας το πλεονέκτημα εφαρμογής χωρίς τη χρήση εξειδικευμένων πληροφοριών [183]. Ένα άλλο «εργαλείο» με την ονομασία CESMA (Cost Efficient Safety for Major Accidents) αναπτύχθηκε για την ανάλυση κόστους - οφέλους και κόστους - απόδοσης στο πλαίσιο πρόληψης και αποφυγής σοβαρών ατυχημάτων, λαμβάνοντας υπόψη τη χαμηλή συχνότητα εμφάνισής τους ως ένα δυσανάλογο παράγοντα [184]. Ένα πλαίσιο βελτιστοποίησης επενδύσεων ΥΑΕ (Safety Investment Optimization - SIO) και βέλτιστης κατανομής πόρων προτείνεται από άλλη μελέτη προκειμένου να συνεισφέρει στη μείωση της πιθανότητας ατυχημάτων και του σχετικού κόστους [185]. Από άλλη μελέτη, προτείνεται ένα «εργαλείο» με την ονομασία (Return on Health, Safety and Environmental Investments - ROHSEI) για τη βελτίωση της κατανόησης των επιπτώσεων έργων στους τομείς ΥΑΕ και περιβάλλοντος και τη συνεισφορά στη λήψη σχετικών αποφάσεων [186]. Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμένους πόρους για τη διαχείριση της επικινδυνότητας, από σχετική μελέτη προτείνεται μια σειρά βελτιωμένων δεικτών για τη διευκόλυνση της κατανομής των αντίστοιχων πόρων [187].

### 8.2.1.1.3 Εξόρυξη γνώσης και Πολυκριτήρια Ανάλυση

Η ανάλυση της βασικής δομής των παραγόντων επικινδυνότητας, της απόδοσης και των δεικτών ΥΑΕ μέσω MCDA ανέδειξε τη σημασία της διαδικασίας προκειμένου να εντοπίζονται κάθε φορά οι παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε ατύχημα (leading indicators) [188]. Σε σχετική αναφορά του EU-OSHA αναλύεται το θεωρητικό πλαίσιο της λήψης αποφάσεων για την πραγματοποίηση επενδύσεων ΥΑΕ [189]. Άλλη σχετική μελέτη, επικεντρώνεται στη διαδικασία συντήρησης και στο σχεδιασμό ενός συστήματος βελτιστοποίησης του προγράμματος επενδύσεων για την πραγματοποίηση συντηρήσεων στο πλαίσιο ΥΑΕ με τη χρήση της μεθοδολογίας IFAHP (Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process) [190].

Η εφαρμογή της μεθόδου FAHP από άλλη μελέτη για την προτεραιοποίηση των κατηγοριών των δεικτών ΥΑΕ, ανέδειξε τη σημασία της κατηγορίας «Διαχείριση ΥΑΕ» [191]. Η FAHP εφαρμόστηκε και σε άλλη μελέτη σε συνδυασμό με τη μεθοδολογία DEMATEL (Decision-making Trial and Evaluation Laboratory) για τον υπολογισμό των κριτηρίων διαχείρισης ΥΑΕ στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας [192]. Στον κατασκευαστικό τομέα, προτείνεται από άλλη μελέτη [193] ο συνδυασμός των μεθοδολογιών Safety Improve Risk Assessment (SIRA), Improved Risk Priority Number (IRPN) και Analytic Network Process (ANP) για τη μείωση του σχετικού κόστους και τη βελτίωση της αποδοτικότητας. Στον ίδιο τομέα, χρησιμοποιήθηκε δίκτυο ANN για την ανάπτυξη ενός μοντέλου προσομοίωσης κόστους παρεμβάσεων ΥΑΕ και αναμενόμενου αριθμού ατυχημάτων [96].

Από άλλη μελέτη προτείνεται μια μεθοδολογία υποβοηθούμενη από υπολογιστή για την οικονομική βελτιστοποίηση της ασφάλειας των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, η οποία βασίζεται σε γενετικό αλγόριθμο και αποσκοπεί στο βέλτιστο συνδυασμό επιπέδου επικινδυνότητας και κόστους [194]. Γραμμικός προγραμματισμός σε συνδυασμό με τη μεθοδολογία IFAHP προτείνεται από άλλη μελέτη για χρήση στη βιομηχανία κατασκευών, ενδυμάτων και μετάλλου με σκοπό να υποστηρίξει τη χάραξη πολιτικής ΥΑΕ [195]. Η ίδια ομάδα μελέτης συνδύασε το γραμμικό προγραμματισμό με τα BN προκειμένου να υποστηρίξει τη λήψη αποφάσεων ΥΑΕ και την ανάδειξη σημαντικών πηγών κινδύνου στον τομέα των κατασκευών [196].

Σε άλλη μελέτη, ο απουσιασμός εξαιτίας των MSDs προσεγγίστηκε με τη χρήση μοντέλου Markov. Αξιολογήθηκαν τρεις διαφορετικές παρεμβάσεις ΥΑΕ (στο περιβάλλον εργασίας, μέσω εκπαίδευσης και φυσικής δραστηριότητας και συνδυασμός όλων) μέσω δείκτη αναλογίας κόστους ανά QALY και κόστους ανά ημέρα απουσιασμού που αποφεύγεται, με τα αποτελέσματα να είναι ελκυστικά από οικονομικής άποψης [197].

Λαμβάνοντας υπόψη τα προαναφερόμενα, αναδεικνύεται η δυναμική των υφιστάμενων μεθοδολογιών και η ανάγκη για μια τεκμηριωμένα αποτελεσματική διαχείριση κόστους ΥΑΕ, τόσο γενικά όσο και ειδικά όσον αφορά τις MSDs.

## **8.2.2 Επίλυση Προβλήματος κατανομής κόστους παρεμβάσεων μείωσης επικινδυνότητας μυοσκελετικών διαταραχών**

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα αξιοποίησης του πολυκριτήριου γραμμικού προγραμματισμού για την επίλυση ενός προβλήματος κατανομής κόστους παρεμβάσεων για τη μείωση της επικινδυνότητας των MSDs σε νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας [198].

Η χρήση του συγκεκριμένου «εργαλείου» ακολουθεί την εκτίμηση κινδύνου που πραγματοποιεί ο Τ.Α. (ή ο εκάστοτε Σύμβουλος ή Επιθεωρητής ΥΑΕ, με την αναφορά στον Τ.Α. να καλύπτει όλους αυτούς τους ρόλους) σε ένα συγκεκριμένο χώρο και «φιλοδοξεί» να απαντήσει στο εξής ερώτημα: «Πως μπορεί να επενδυθεί βέλτιστα το ποσό που διαθέτει ο εκάστοτε εργοδότης (η Διοίκηση του Νοσοκομείου στην προκειμένη περίπτωση) προκειμένου να βελτιωθεί η υγεία και η ασφάλεια των εργαζομένων στο συγκεκριμένο χώρο» (ο όρος βέλτιστα αφορά το σε ποια παρέμβαση ή σε ποιο συνδυασμό παρεμβάσεων θα πρέπει να γίνει η επένδυση ώστε να επιτευχθεί το μέγιστο αποτέλεσμα, δηλαδή η ελαχιστοποίηση του κινδύνου με το ελάχιστο δυνατό κόστος και τη μέγιστη ευκολία ταυτόχρονα).

Σκοπός της διαδικασίας είναι η ανάπτυξη ενός πρακτικού και φιλικού προς το χρήστη «εργαλείου». Η καινοτομία του έγκειται στο γεγονός ότι αξιοποιούνται οι αναφορές του ΤΑ (ή ενός Συμβούλου ΥΑΕ) μέσω μιας αναγνωρισμένης μεθοδολογίας εκτίμησης επικινδυνότητας με τη χρήση συνδυασμού των μεθοδολογιών KIM και γραμμικού

προγραμματισμού, συνεισφέροντας έτσι στην υποστήριξη της λήψης σχετικών αποφάσεων.

### 8.2.2.1 Γραμμικός Προγραμματισμός

Ο γραμμικός προγραμματισμός αποτελεί ένα ιδιαίτερα δημοφιλές μοντέλο στο χώρο της επιχειρησιακής έρευνας αλλά και της διοικητικής επιστήμης γενικότερα [199].

Η μεγάλη επιτυχία που είχαν οι εφαρμογές του σε προβλήματα λήψης αποφάσεων των ιδιωτικών και δημόσιων επιχειρήσεων και οργανισμών αποδίδεται από τη μια πλευρά στα επιτεύγματα της έρευνας μαθηματικών και οικονομολόγων σε θεωρητικό επίπεδο και από την άλλη πλευρά στην επαναστατική ανέλιξη της πληροφορικής επιστήμης και τεχνολογίας.

Ο κυρίαρχος στόχος του γραμμικού προγραμματισμού είναι το να συντελέσει τα μέγιστα στη λήψη δύσκολων οικονομικών και διοικητικών αποφάσεων μέσα σε μία εταιρία ή έναν οργανισμό γενικότερα, αλλά και να βελτιώσει τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται αυτές οι αποφάσεις. Η επίτευξη του στόχου επίλυσης επιχειρείται με την μαθηματική προσέγγιση του εκάστοτε προβλήματος. Οι αποφάσεις, στις οποίες καταλήγει αυτή η διαδικασία επίλυσης ονομάζονται βέλτιστες λύσεις, ενώ με την έννοια «αλγόριθμος» αποδίδεται η μέθοδος επίλυσης που ακολουθείται κάθε φορά.

Το γενικό πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:  
Να βρεθούν οι τιμές των μεταβλητών  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_r$  που μεγιστοποιούν ή ελαχιστοποιούν τη συνάρτηση

$$z = f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_rx_r \quad (8.1)$$

Οι μεταβλητές πρέπει να ικανοποιούν τους περιορισμούς

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 \dots + a_{1r}x_r \{\leq, =, \geq\} b_1 \quad (8.2)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 \dots + a_{2r}x_r \{\leq, =, \geq\} b_2 \quad (8.3)$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 \dots + a_{3r}x_r \{\leq, =, \geq\} b_3 \quad (8.4)$$

.....

$$\begin{aligned}
 & \dots\dots\dots \\
 & \dots\dots\dots \\
 & a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 \dots + a_{mr}x_r \{ \leq, =, \geq \} b_m \\
 & x_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, r \qquad (8.5) \\
 & \text{όπου τα } \alpha_{ij}, b_i, c_j \text{ είναι γνωστές σταθερές.}
 \end{aligned}$$

Επίσης, κάθε περιορισμός είναι μια γραμμική συνάρτηση ως προς τις μεταβλητές  $x_j, j = 1, 2, \dots, r$ .

Οι συντελεστές  $c_j, j = 1, 2, \dots, r$  αναφέρονται και ως συντελεστές κόστους και αντιπροσωπεύουν μοναδιαίο κόστος. Ο τελευταίος περιορισμός αναφέρεται και ως συνθήκη της μη αρνητικότητας. Αναλυτικότερα ισχύουν τα εξής:

- Το γραμμικό πρόβλημα μπορεί να είναι είτε αδύνατο, είτε εφικτό.
- Το εφικτό γραμμικό πρόβλημα μπορεί να είναι είτε βέλτιστο, είτε απεριόριστο.
- Λύση ενός προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού θα ονομάζεται κάθε σύνολο  $x_j, j = 1, 2, \dots, r$  το οποίο ικανοποιεί τους περιορισμούς του προβλήματος.
- Εφικτή ή δυνατή λύση είναι κάθε λύση που ικανοποιεί όλους τους περιορισμούς του προβλήματος.
- Το σύνολο των εφικτών σημείων ονομάζεται εφικτή περιοχή (feasible region). Αν η εφικτή περιοχή είναι κενό σύνολο, τότε το γραμμικό πρόβλημα είναι αδύνατο ή μη εφικτό (infeasible). Σε κάθε άλλη περίπτωση είναι εφικτό (feasible).
- Βέλτιστη λύση είναι κάθε εφικτή λύση η οποία βελτιστοποιεί την αντικειμενική συνάρτηση.
- Ένα εφικτό σημείο  $x$  ενός γραμμικού προβλήματος ελαχιστοποίησης είναι βέλτιστο, όταν για κάθε άλλο εφικτό σημείο  $y$  ισχύει:  $c^T x < c^T y$ .
- Ένα εφικτό σημείο  $x$  ενός γραμμικού προβλήματος μεγιστοποίησης είναι βέλτιστο, όταν για κάθε άλλο εφικτό σημείο  $y$  ισχύει:  $c^T x > c^T y$ .
- Ένα γραμμικό πρόβλημα που έχει βέλτιστα σημεία ονομάζεται βέλτιστο (optimal problem).
- Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης σε ένα βέλτιστο σημείο ονομάζεται βέλτιστη τιμή (optimal value).
- Ένα εφικτό πρόβλημα που δεν είναι βέλτιστο είναι απεριόριστο (unbounded).

Συνήθως σε ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού υπάρχουν άπειρες λύσεις και επιδιώκουμε την εύρεση της βέλτιστης δυνατής λύσης [200].

Ο πολυκριτήριος γραμμικός προγραμματισμός αποτελεί μια γενίκευση του γραμμικού προγραμματισμού και χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη πολλαπλών αντικειμενικών συναρτήσεων οι οποίες θα πρέπει να μεγιστοποιηθούν ή να ελαχιστοποιηθούν κατά περίπτωση. Ο σχηματισμός του προβλήματος μπορεί να περιγραφεί από τις ακόλουθες εξισώσεις:

Βρες τις τιμές των μεταβλητών  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_r$  οι οποίες μεγιστοποιούν τις  $n$  αντικειμενικές συναρτήσεις

$$g_1(x) = c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + c_{13}x_3 + \dots + c_{1\ell}x_\ell, \quad (8.6)$$

$$g_2(x) = c_{21}x_1 + c_{22}x_2 + c_{23}x_3 + \dots + c_{2\ell}x_\ell, \quad (8.7)$$

.....

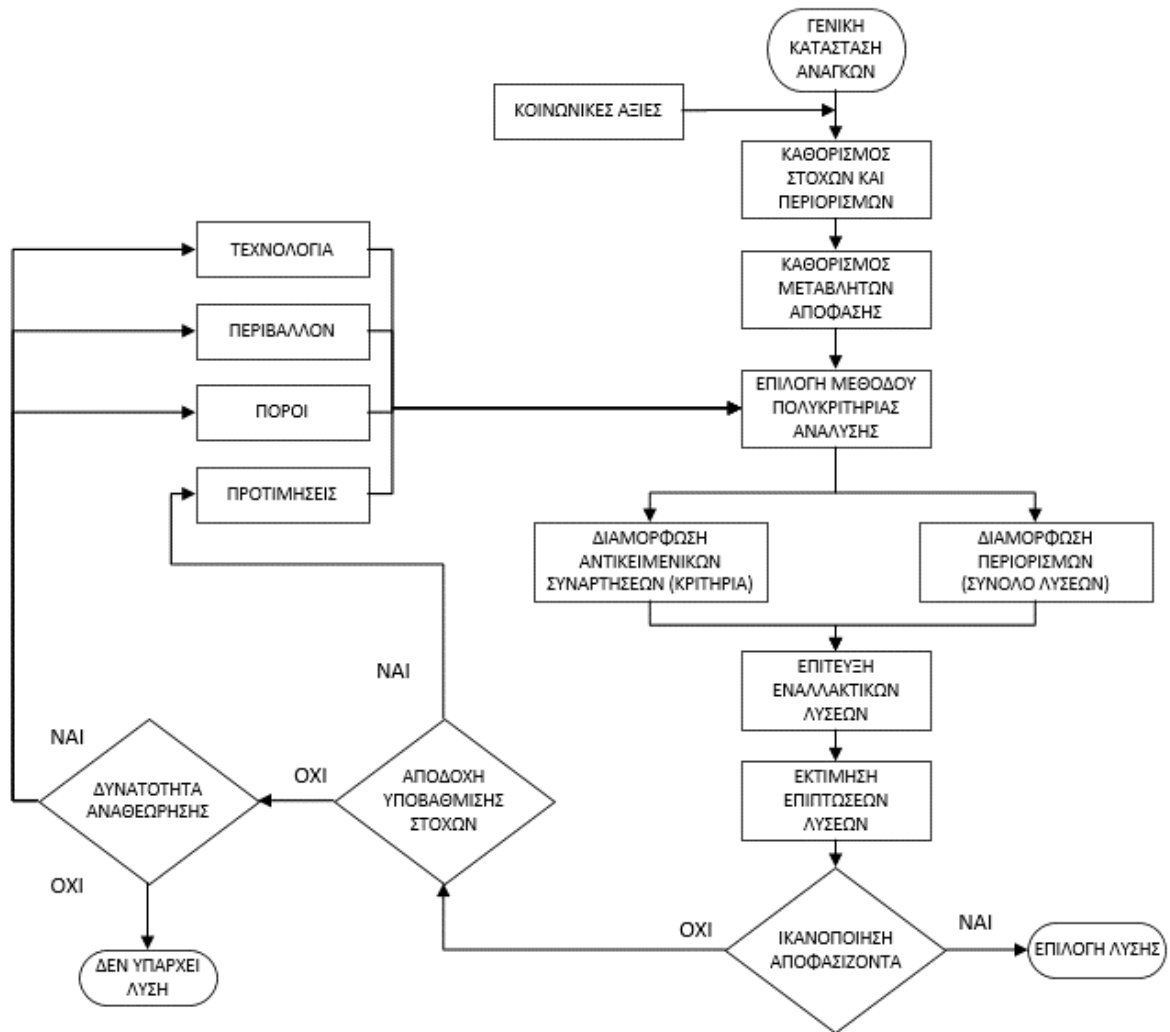
$$g_n(x) = c_{n1}x_1 + c_{n2}x_2 + c_{n3}x_3 + \dots + c_{n\ell}x_\ell, \quad (8.8)$$

με την ικανοποίηση των ακόλουθων περιορισμών

$$x \in A = \{x \in R^\ell / Ax \leq b, x \geq 0\}, \quad (8.9)$$

όπου  $A$  είναι η περιοχή εφικτών λύσεων και  $A, x, b$  είναι πίνακες διαστάσεων  $m \times \ell, \ell \times \ell$  και  $m \times \ell$ , αντίστοιχα.

Ο γενικός αλγόριθμος επίλυσης ενός προβλήματος πολυκριτηρίου γραμμικού προγραμματισμού παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα.



Σχήμα 8.1: Γενικός αλγόριθμος επίλυσης ενός προβλήματος πολυκριτήριου γραμμικού προγραμματισμού [200]

### 8.2.2.2 Εκτίμηση της επικινδυνότητας

Χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία εκτίμησης της επικινδυνότητας που αναλύθηκε παραπάνω [16], [17]. Οι μεταβλητές  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_r$  για τη δόμηση των αντικειμενικών συναρτήσεων προέκυψαν από την ταξινόμηση κινδύνων που αναλύθηκε παραπάνω στην αντίστοιχη ενότητα [14], όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.2 (77 μεταβλητές, αφού δε συμπεριλήφθηκαν οι μεταβλητές που αφορούσαν τους εργαζόμενους στην περίπτωση των συμβάντων – ατυχημάτων, δηλαδή οι μεταβλητές F1-F6). Η συγκεκριμένη προσέγγιση έγινε όχι μόνο εξαιτίας της ευρείας αποδοχής και χρήσης της συγκεκριμένης ταξινόμησης κινδύνων και μεθοδολογίας εκτίμησης επικινδυνότητας αλλά και με σκοπό

να εξυπηρετήσει τη διασύνδεση του συγκεκριμένου «εργαλείου» με το ευρύτερο προτεινόμενο σύστημα, αξιοποιώντας έτσι ευκολότερα τις σχετικές αναφορές ελέγχου.

### 8.2.2.3 «Εργαλείο» Κατανομής Κόστους – Cost Allocation Tool (CAT)

Για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου «εργαλείου» χρησιμοποιήθηκαν δύο κριτήρια (αντικειμενικές συναρτήσεις):

- $g_1(x)$ : μείωση της επικινδυνότητας εξαιτίας των παρεμβάσεων (reduction of risk due to interventions). Στόχος είναι η μεγιστοποίηση της συγκεκριμένης συνάρτησης, με τη λογική της επίτευξης κατά το δυνατό μεγαλύτερης μείωσης της επικινδυνότητας με το εκάστοτε ποσό επένδυσης

$$[max]g_1(x) = d_1x_1 + d_2x_2 + d_3x_3 + \dots + d_{77}x_{77}, \quad (8.10)$$

όπου  $d_j$ ,  $j=1, 2, 3, \dots, 77$  είναι η μείωση της επικινδυνότητας ανά επενδυμένο ευρώ (risk reduction per euro invested) με μονάδα μέτρησης μονάδες επικινδυνότητας/ευρώ (risk units/€) και

- $g_2(x)$ : ευκολία υλοποίησης της αντίστοιχης παρέμβασης (convenience of implementation of the respective intervention). Στόχος είναι η μεγιστοποίηση της συγκεκριμένης συνάρτησης, με τη λογική της επίτευξης κατά το δυνατό μεγαλύτερης μείωσης της επικινδυνότητας μέσω παρεμβάσεων που είναι εύκολο να υλοποιηθούν με το εκάστοτε ποσό επένδυσης,

$$[max]g_2(x) = f_1x_1 + f_2x_2 + f_3x_3 + \dots + f_{77}x_{77}, \quad (8.11)$$

όπου  $f_j$ ,  $j=1, 2, 3, \dots, 77$  είναι η ευκολία εφαρμογής της αντίστοιχης παρέμβασης με μονάδα μέτρησης ευκολία/ευρώ (convenience /€) και λαμβάνει τις τιμές 10 (δυσκολία), 30 (μεσαία ευκολία) και 50 (μεγάλη ευκολία).


Οι εναλλακτικές λύσεις οδηγούν σε δύο διαφορετικές κατανομές κόστους. Ο υπολογισμός της συναινετικής λύσης προκύπτει από την επίλυση του ισοδύναμου προβλήματος που περιγράφεται από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$[min]z = \lambda, \quad (8.12)$$

$$\lambda \geq [g_i^* - g_i(x)](p_i/g_i^*), \quad i=1,2, \quad (8.13)$$



όπου  $g_i^*$  είναι η τιμή της αντίστοιχης αντικειμενικής συνάρτησης και  $p_i$  είναι οι συντελεστές βάρους. Για την επίλυση του προβλήματος χρησιμοποιήθηκε το Solver Add-In του Microsoft Excel, με την επιλογή του να βασίζεται στο γεγονός της ευρείας χρήσης του προγράμματος και το γεγονός ότι αποτελεί σύνηθες μέρος του λογισμικού ενός υπολογιστή νοσοκομείου (ως μέρος της σουίτας των προγραμμάτων γραφείου Office). Η εφαρμογή έχει εγκατασταθεί πιλοτικά σε τερματικό με ελεγχόμενη πρόσβαση στο νοσοκομείο αναφοράς. Ενδεικτικά, ακολουθεί η εικόνα της οθόνης για την περίπτωση της αντικειμενικής συνάρτησης της μείωσης της επικινδυνότητας.



**COST ALLOCATION TOOL (Risk Function)**

Insert description and codes of variables for each hazard										
Field of Intervention										
Variables										
Insert difference for safety for each hazard										
Difference for Safety (risk units)										
Insert Total cost for each intervention										
Total Intervention Cost (€)										
Calculating coefficients of objective function										
Coefficients [dj (risk units/€)]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COST ALLOCATION OUTPUT <span style="float: right;">λ</span>										
Solutions (Cost Allocation) (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**[max g1(x)]**  
Objective Function of Risk

	0,00	Insert Constraints of the variables								
Constraint 1	0,00	≤		≥		Constraints of the variables				
Constraint 2	0,00	≤		≥						
Constraint 3	0,00	≤		≥						
Constraint 4	0,00	≤		≥						
Constraint 5	0,00	≤		≥						
Constraint 6	0,00	≤		≥						
Constraint 7	0,00	≤		≥						
Constraint 8	0,00	≤		≥						
Constraint 9	0,00	≤		≥						
Constraint 10	0,00	=		Insert amount of investment						

Legend	Input	Calculation	Output
	Note	Explanatory Text	

Εικόνα 8.3: Στιγμιότυπο οθόνης CAT για την αντικειμενική συνάρτηση της επικινδυνότητας

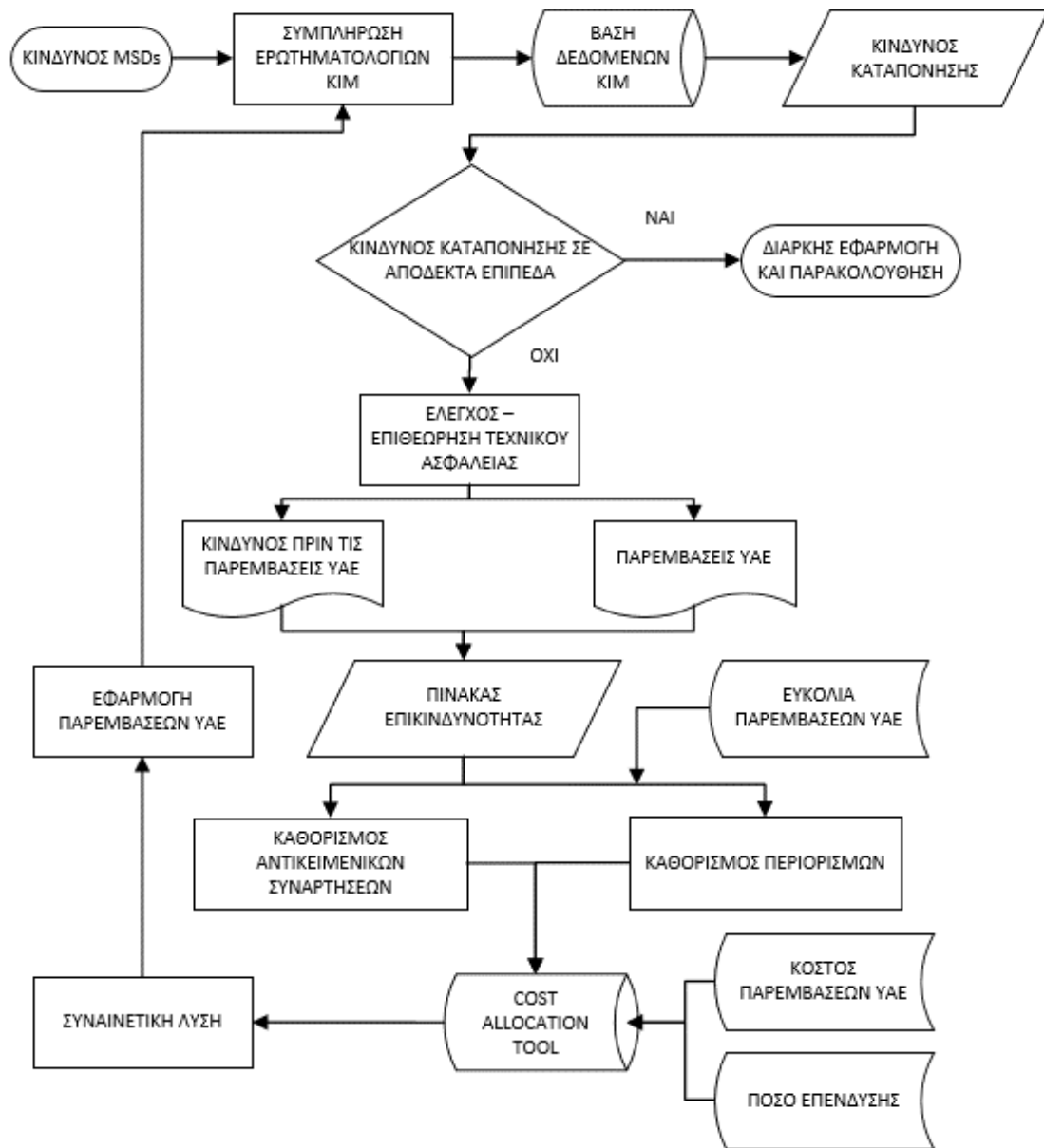
#### **8.2.2.4 Συλλογή δεδομένων και εφαρμογή**

Για την εφαρμογή του συγκεκριμένου «εργαλείου» χρησιμοποιήθηκε δείγμα 15 νοσηλευτριών κλινικής του νοσοκομείου αναφοράς. Τα καθημερινά εργασιακά καθήκοντα των εργαζόμενων περιλάμβαναν δραστηριότητες ανύψωσης, κρατήματος, μεταφοράς, έλξης και ώθησης φορτίων, διαχείρισης ασθενών και στάσης για πραγματοποίηση φλεβοκεντήσεων καθώς και λήψη αίματος. Η διαδικασία έλαβε χώρα το Σεπτέμβριο του 2019 (σε περίοδο 5 ημερών εξαιτίας των διαφορετικών βαρδιών). Κάθε συμμετέχουσα είχε στη διάθεσή της 20 λεπτά για τη συμπλήρωση των δύο φορμών του ερωτηματολογίου KIM. Προηγήθηκε εκπαίδευση επί της εφαρμογής και της ηλεκτρονικής της έκδοσης προκειμένου να γίνουν κατανοητές οι ερωτήσεις, να μην υφίστανται περιθώρια παρερμηνειών και να μην υφίστανται δυσκολίες χρήσης της ηλεκτρονικής έκδοσης της εφαρμογής, ελαχιστοποιώντας έτσι την αβεβαιότητα των απαντήσεων. Επίσης, οι συμμετέχουσες ενημερώθηκαν πως η έρευνα είναι ανώνυμη, πως δεν θα περιλαμβάνει προσωπικά τους στοιχεία, πως η ειλικρίνειά τους θα εκτιμηθεί, πως η συμμετοχή τους είναι εθελοντική και πως μπορεί να τερματιστεί ανά πάσα στιγμή χωρίς κάποια συνέπεια. Συμπληρώθηκαν σχετικά έγγραφα συγκατάθεσης, με τη διαδικασία να εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο της έρευνας που έχει λάβει έγκριση από το Διοικητικό και Επιστημονικό Συμβούλιο του Νοσοκομείου Αναφοράς.

Αναλυτικά, η διαδικασία ακολούθησε τα εξής βήματα:

1. Ο ΤΑ – Σύμβουλος ΥΑΕ αναγνώρισε τις πηγές κινδύνου οι οποίες συσχετίζονταν με τις MSDs και λαμβάνοντας υπόψη τους συγκεκριμένους παράγοντες που αναδείχθηκαν από την εφαρμογή KIM καθώς και τις ιδιαιτερότητες του περιβάλλοντος και των πρακτικών εργασίας.
2. Οι αντίστοιχες τιμές επικινδυνότητας καταγράφονται στη στήλη «Επικινδυνότητα πριν την παρέμβαση» ("Risk before intervention"). Επισημαίνεται πως ακολουθήθηκε η προσέγγιση συμβάντος, λαμβάνοντας υπόψη πως δε σημειώθηκαν σχετικά εργατικά ατυχήματα (R=64 για άμεση συσχέτιση πηγής κινδύνου και MSD, R=48 ή R=36 για μεσαία συσχέτιση πηγής κινδύνου και MSD και R=24 για την κατάσταση Safety). Οι τιμές της στήλης «Ζητούμενη μείωση της επικινδυνότητας» ("Difference from Safety") προέκυψαν ως η διαφορά της υφιστάμενης εκτιμώμενης επικινδυνότητας από το επίπεδο της ασφάλειας.

3. Ανάλογα με τις αναγνωρισμένες πηγές κινδύνου, πραγματοποιήθηκε η επιλογή των αντίστοιχων κάθε φορά παρεμβάσεων με βάση την εμπειρία, την ορθή πρακτική και τη σχετική βιβλιογραφία [201]–[203]. Οι παρεμβάσεις εντάχθηκαν σε 4 βασικές κατηγορίες: τεχνικές, οργανωτικές, περιβάλλοντος εργασίας και εκπαίδευσης.
4. Ο ΤΑ – Σύμβουλος ΥΑΕ σε συνεργασία με την Τεχνική Υπηρεσία και τα αντίστοιχα Τμήματα όρισαν τα κόστη κάθε παρέμβασης και υπολογίστηκε το «Συνολικό Κόστος» “Total Intervention Cost” κάθε παρέμβασης. Για τις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες περισσότερες από μία παρεμβάσεις αντιστοιχούσαν σε μια πηγή κινδύνου, το συνολικό κόστος προέκυψε αθροιστικά. Τα αποτελέσματα καταγράφηκαν στον Πίνακα 8.1.
5. Υπολογίστηκαν οι τιμές του συντελεστή «Μοναδιαίο Όφελος Επικινδυνότητας» “Unit Risk Benefit” με τη διαίρεση του «Συνολικού Κόστους» και της «Ζητούμενης μείωσης της επικινδυνότητας». Ο συγκεκριμένος συντελεστής εκφράζει το ποσό που πρέπει να επενδυθεί προκειμένου να μειωθεί η επικινδυνότητα κατά μία μονάδα.
6. Έπειτα από διαβούλευση με τους εργαζόμενους αλλά και όσους συμμετείχαν στην υλοποίηση των παρεμβάσεων αποφασίστηκαν οι τιμές της στήλης «Ευκολία Παρέμβασης» “Convenience of Intervention”.
7. Υπολογίστηκαν οι τιμές του συντελεστή «Μοναδιαίο Όφελος Ευκολίας» “Unit Convenience Benefit” με τη διαίρεση του «Συνολικού Κόστους» και της «Ευκολίας Παρέμβασης». Ο συγκεκριμένος συντελεστής εκφράζει το ποσό που πρέπει να επενδυθεί ώστε να μειωθεί η δυσκολία παρέμβασης κατά μία μονάδα.
8. Οι προαναφερόμενες τιμές καταγράφηκαν στον Πίνακα 8.2.
9. Ο αποφασίζων (Διοίκηση και αντίστοιχα τμήματα) ενημερώθηκε για την ανάγκη των παρεμβάσεων, τα επιμέρους κόστη και τα αναμενόμενα αποτελέσματα και ορίστηκε το ποσό της επένδυσης.
10. Εφαρμόστηκε το CAT και η συναινετική λύση που προέκυψε οδήγησε σε διάφορες παρεμβάσεις οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 8.3.
11. Η διάρκεια υλοποίησης των παρεμβάσεων ήταν 2 μήνες.
12. Επαναλήφθηκε η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων KIM προκειμένου να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων.



**Σχήμα 8.2:** Δομικό διάγραμμα εφαρμογής του Cost Allocation Tool

**Πίνακας 8.1:** Περιγραφή και κόστος παρεμβάσεων

Μεταβλητή	Πεδίο Παρέμβασης	Περιγραφή	Ανάλυση Κόστους	Συνολικό Κόστος (€)
X1	Δάπεδα	Αποκατάσταση δαπέδου σε συγκεκριμένες επιφάνειες	Δύο ημερομίσθια (€50/ημ.) και €200 υλικά	300
X6	Φωτισμός	Εξασφάλιση επάρκειας φωτισμού για τις διάφορες δραστηριότητες	Ένα ημερομίσθιο (€50/ημ.) και €120 υλικά	170
X17	Ευταξία - Καθαριότητα	Εξασφάλιση ανεμπόδιστης διέλευσης και ευκολίας πρόσβασης – αποφυγή αλλαγών κατευθύνσεων και λανθασμένων στάσεων εργασίας	8 μισά ημερομίσθια – (1 για κάθε εβδομάδα παρέμβασης) (€40/ημ.)	160
X27	Εξοπλισμός ανύψωσης	Προσαρμογή χειρολαβών υποβοήθησης ανύψωσης	5 τεμ. (€54/τεμ.)	270
X28	Εξοπλισμός Μεταφοράς	Συντήρηση των τροχήλατων μεταφοράς, αντικατάσταση τροχών, επισκευή, προσθήκη – προσαρμογή λαβών	Ένα ημερομίσθιο (€50/ημ.) και €100 υλικά	150
X32	Μηχανήματα - Εξοπλισμός	Υποσέντονο ολίσθησης (υλικό χαμηλής τριβής για τη διευκόλυνση της διαχείρισης των ασθενών)	€130 για ένα σετ των 40 τεμ.	130
		Επισκευή κρεβατιών	Δύο ημερομίσθια (€50/ημ.) και €400 υλικά για την επισκευή 2 κρεβατιών	500
X33	Χρήση ΜΑΠ	Κατάλληλα υποδήματα ασφαλείας για τη διευκόλυνση της σωστής στάσης εργασίας	10 ζεύγη (€49/ζεύγος)	490
X73	Οργάνωση – Χειρωνακτική Διακίνηση Φορτίων	Βελτίωση καταμερισμού εργασιών, επανασχεδιασμός εργασίας λαμβάνοντας υπόψη ώρες αιχμής, κατηγορίες ασθενών	8 μισά ημερομίσθια – (1 για κάθε εβδομάδα παρέμβασης) (€60/ημ.)	240
		Τοποθέτηση ιατρικού υλικού σε συγκεκριμένες θέσεις στο νοσηλευτικό σταθμό, εύκολα προσβάσιμες και όχι στην αποθήκη	8 ημερομίσθια – (1 για κάθε εβδομάδα παρέμβασης) (€40/ημ.)	320
X76	Εργονομία	Εκπαιδευτικό πρόγραμμα το οποίο περιλάμβανε μεθόδους χειρωνακτικής διακίνησης	Αμοιβή εκπαιδευτή 2 ημερομίσθια	300

<b>Μεταβλητή</b>	<b>Πεδίο Παρέμβασης</b>	<b>Περιγραφή</b>	<b>Ανάλυση Κόστους</b>	<b>Συνολικό Κόστος (€)</b>
		φορτίων, εφαρμογή ορθών πρακτικών διαχείρισης ασθενών και ορθών πρακτικών εργασίας, χρήση ΜΑΠ, ενθάρρυνση ενεργούς συμμετοχής του ασθενούς	(€150/ημ.) – Μία εκπαίδευση ανά μήνα	

Πίνακας 8.2: Πίνακας εφαρμογής CAT

Μεταβλητή	Πηγές Κινδύνου – Πεδία Παρέμβασης (Hazards – Field of Intervention)	Επικινδυνότητα πριν την παρέμβαση (Risk Before Intervention) (risk units)	Ζητούμενη μείωση της επικινδυνότητας (Difference for Safety) (risk units)	Συνολικό Κόστος Παρέμβασης (Total Intervention Cost) (€)	Μοναδιαίο όφελος επικινδυνότητας (Unit Risk Benefit) dj (risk units/€)	Ευκολία Παρέμβασης (Convenience of Intervention) (convenience units)	Μοναδιαίο όφελος ευκολίας (Unit Convenience Benefit) fj (convenience units/€)
X1	Δάπεδα - ολισθηρότητα	36	12	300	0.04	10	0.03
X2	Εμβαδό χώρου εργασίας						
X3	Ύψος χώρου εργασίας						
X4	Όγκος χώρου εργασίας						
X5	Πόρτες - Παράθυρα						
X6	Ελλειψής Φωτισμός	36	12	170	0.07	30	0.18
X7	Ύπαρξη παταριών (υποστύλωση, πρόσβαση)						
X8	Ακάλυπτα ανοίγματα						
X9	Εμπόδια στους διαδρόμους						
X10	Έξοδοι κινδύνου – Οδοί διαφυγής (σε δύο αντίθετες κατευθύνσεις)						
X11	Τοιχοποιία (ανωμαλίες – προβλήματα)						
X12	Τοίχοι με ράφια						
X13	Στέγη - Ψευδοροφές						



Μεταβλητή	Πηγές Κινδύνου – Πεδία Παρέμβασης (Hazards – Field of Intervention)	Επικινδυνότητα πριν την παρέμβαση (Risk Before Intervention) (risk units)	Ζητούμενη μείωση της επικινδυνότητας (Difference for Safety) (risk units)	Συνολικό Κόστος Παρέμβασης (Total Intervention Cost) (€)	Μοναδιαίο όφελος επικινδυνότητας (Unit Risk Benefit) dj (risk units/€)	Ευκολία Παρέμβασης (Convenience of Intervention) (convenience units)	Μοναδιαίο όφελος ευκολίας (Unit Convenience Benefit) fj (convenience units/€)
X14	Υπόγεια						
X15	Διάδρομοι						
X16	Μόνωση σκεπής (κίνδυνος πτώσης)						
X17	Καθαριότητα – Διευθέτηση χώρου	48	24	160	0.15	50	0.31
X18	Εμπόδια στις θέσεις των πυροσβεστήρων και της εξόδου κινδύνου						
X19	Σήμανση ασφαλείας (έξοδοι κινδύνου – οδοί διαφυγής και διάσωσης, πυροσβεστικά μέσα, φαρμακείο)						
X20	Πρωτόκολλο συντήρησης						
X21	Έλλειψη μέτρων ασφαλείας κατά τη χρήση						
X22	Προφυλακτήρες στα όργανα εκκίνησης για αποφυγή τυχαίας εκκίνησης						

Μεταβλητή	Πηγές Κινδύνου – Πεδία Παρέμβασης (Hazards – Field of Intervention)	Επικινδυνότητα πριν την παρέμβαση (Risk Before Intervention) (risk units)	Ζητούμενη μείωση της επικινδυνότητας (Difference for Safety) (risk units)	Συνολικό Κόστος Παρέμβασης (Total Intervention Cost) (€)	Μοναδιαίο όφελος επικινδυνότητας (Unit Risk Benefit) dj (risk units/€)	Ευκολία Παρέμβασης (Convenience of Intervention) (convenience units)	Μοναδιαίο όφελος ευκολίας (Unit Convenience Benefit) fj (convenience units/€)
X23	Προφυλακτήρες (μηχανισμού μετάδοσης, επιφάνειας εργασίας και οργάνων χειρισμού)						
X24	Εκτινασσόμενα σωματίδια						
X25	Σήμανση CE						
X26	Εργασίες Κοπής						
X27	Ανυψωτικά Μηχανήματα	48	24	270	0.09	50	0.19
X28	Οχήματα μεταφοράς υλικών	48	24	150	0.16	50	0.33
X29	Φορητές Κλίμακες						
X30	Έλλειψη μέτρων ασφαλείας δικτύου αέρα						
X31	Ανελκυστήρες						
X32	Άλλα μηχανήματα	36	12	630	0.02	10	0.02
X33	Μη χρήση ατομικών μέσων προστασίας	36	12	490	0.02	10	0.02
X34	Ασφάλεια χρήσης συσκευών υπό πίεση ή κυκλωμάτων						

Μεταβλητή	Πηγές Κινδύνου – Πεδία Παρέμβασης (Hazards – Field of Intervention)	Επικινδυνότητα πριν την παρέμβαση (Risk Before Intervention) (risk units)	Ζητούμενη μείωση της επικινδυνότητας (Difference for Safety) (risk units)	Συνολικό Κόστος Παρέμβασης (Total Intervention Cost) (€)	Μοναδιαίο όφελος επικινδυνότητας (Unit Risk Benefit) dj (risk units/€)	Ευκολία Παρέμβασης (Convenience of Intervention) (convenience units)	Μοναδιαίο όφελος ευκολίας (Unit Convenience Benefit) fj (convenience units/€)
X35	Πρόσβαση σε κλιμακοστάσια, φρεάτια, δεξαμενές, σιλό						
X36	Ακαταλληλότητα εγκαταστάσεων (φθαρμένες μονώσεις, κρεμασμένες πρίζες και διακόπτες, σύνδεση πολλών φορτίων κτλ.)						
X37	Ακαταλληλότητα χρήσης						
X38	Ακαταλληλότητα εγκαταστάσεων σε εκρήξιμες ατμόσφαιρες						
X39	Έλλειψη μέτρων ασφαλείας κατά την χρήση των εγκαταστάσεων						
X40	Έλλειψη μέτρων ασφαλείας κατά τις εργασίες συντήρησης των εγκαταστάσεων						

Μεταβλητή	Πηγές Κινδύνου – Πεδία Παρέμβασης (Hazards – Field of Intervention)	Επικινδυνότητα πριν την παρέμβαση (Risk Before Intervention) (risk units)	Ζητούμενη μείωση της επικινδυνότητας (Difference for Safety) (risk units)	Συνολικό Κόστος Παρέμβασης (Total Intervention Cost) (€)	Μοναδιαίο όφελος επικινδυνότητας (Unit Risk Benefit) dj (risk units/€)	Ευκολία Παρέμβασης (Convenience of Intervention) (convenience units)	Μοναδιαίο όφελος ευκολίας (Unit Convenience Benefit) fj (convenience units/€)
X41	Επικίνδυνες ουσίες (π.χ. υγρά από γεννήτριες ή μπαταρίες)						
X42	Τοξικές ουσίες (κόλλες κτλ.)						
X43	Καυστικές ουσίες						
X44	Διαβρωτικές ουσίες						
X45	Ερεθιστικές ουσίες						
X46	Οξειδωτικές ουσίες						
X47	Εκρηκτικές ουσίες (γκαζάκια κτλ.)						
X48	Εύφλεκτες πρώτες ύλες – ουσίες						
X49	Παρουσία και χρήση κατάλληλων ερμαρίων για εναπόθεση εύφλεκτων και εκρήξιμων υλικών						
X50	Σήμανση (ύπαρξη ανάλογης με την ουσία)						
X51	Σήμανση απαγόρευσης καπνίσματος						

Μεταβλητή	Πηγές Κινδύνου – Πεδία Παρέμβασης (Hazards – Field of Intervention)	Επικινδυνότητα πριν την παρέμβαση (Risk Before Intervention) (risk units)	Ζητούμενη μείωση της επικινδυνότητας (Difference for Safety) (risk units)	Συνολικό Κόστος Παρέμβασης (Total Intervention Cost) (€)	Μοναδιαίο όφελος επικινδυνότητας (Unit Risk Benefit) dj (risk units/€)	Ευκολία Παρέμβασης (Convenience of Intervention) (convenience units)	Μοναδιαίο όφελος ευκολίας (Unit Convenience Benefit) fj (convenience units/€)
X52	Σήμανση απαγόρευσης χρήσης φλογός						
X53	Αποθήκευση εύφλεκτων υλικών						
X54	Έλλειψη κατάλληλων συστημάτων πυρανίχνευσης και πυρασφάλειας						
X55	Εκπαίδευση σχεδίου πυρασφάλειας						
X56	Φορητοί Πυροσβεστήρες						
X57	Ελλείψεις στην ενημέρωση, πληροφόρηση και εκπαίδευση από την επιχείρηση σχετικά με την πυρασφάλεια						
X58	Σκόνες						
X59	Ίνες αμιάντου						
X60	Καπνοί - Ατμοί						
X61	Σωματιδιακοί Ρύποι						

Μεταβλητή	Πηγές Κινδύνου – Πεδία Παρέμβασης (Hazards – Field of Intervention)	Επικινδυνότητα πριν την παρέμβαση (Risk Before Intervention) (risk units)	Ζητούμενη μείωση της επικινδυνότητας (Difference for Safety) (risk units)	Συνολικό Κόστος Παρέμβασης (Total Intervention Cost) (€)	Μοναδιαίο όφελος επικινδυνότητας (Unit Risk Benefit) dj (risk units/€)	Ευκολία Παρέμβασης (Convenience of Intervention) (convenience units)	Μοναδιαίο όφελος ευκολίας (Unit Convenience Benefit) fj (convenience units/€)
X62	Άλλες ουσίες						
X63	Εμβαπτίσεις – Εκτινάξεις - Πιτσιλίσματα						
X64	Θόρυβος						
X65	Δονήσεις - Κραδασμοί						
X66	Ακτινοβολίες						
X67	Φωτισμός						
X68	Μικροκλίμα						
X69	Βακτηρίδια						
X70	Μύκητες						
X71	Ιοί						
X72	Άλλοι παράγοντες						
X73	Οργάνωση εργασίας (χειρωνακτική διακίνηση φορτίων, φθοροποιός εργασία, σχέσεις, χωροταξία, καταμερισμός, εργασιακές σχέσεις κ.α.)	64	40	560	0.07	50	0.09
X74	Ψυχολογικοί Παράγοντες						

<b>Μεταβλητή</b>	<b>Πηγές Κινδύνου – Πεδία Παρέμβασης (Hazards – Field of Intervention)</b>	<b>Επικινδυνότητα πριν την παρέμβαση (Risk Before Intervention) (risk units)</b>	<b>Ζητούμενη μείωση της επικινδυνότητας (Difference for Safety) (risk units)</b>	<b>Συνολικό Κόστος Παρέμβασης (Total Intervention Cost) (€)</b>	<b>Μοναδιαίο όφελος επικινδυνότητας (Unit Risk Benefit) dj (risk units/€)</b>	<b>Ευκολία Παρέμβασης (Convenience of Intervention) (convenience units)</b>	<b>Μοναδιαίο όφελος ευκολίας (Unit Convenience Benefit) fj (convenience units/€)</b>
X75	Έλλειψη προγραμμάτων επέμβασης για την προστασία και πρόληψη του επαγγελματικού κινδύνου						
X76	Εργονομία	64	40	300	0.13	50	0.17
X77	Αντίξοες συνθήκες						

### **8.2.2.5 Εφαρμογή KIM πριν τις παρεμβάσεις**

Σύμφωνα με τη δεύτερη ενότητα του KIM και σχετικά με τις δραστηριότητες ανύψωσης, κρατήματος και μεταφοράς φορτίων, τα αποτελέσματα ανέδειξαν υψηλό επίπεδο κινδύνου καταπόνησης (average risk rate 68). Οι επιμέρους διαβαθμίσεις περιλάμβαναν για το δείκτη του χρόνου την τιμή 4 (αναφέρεται σε 40-200 δράσεις ανύψωσης ή μεταφοράς ημερησίως), για το δείκτη του φορτίου την τιμή 7 (αναφέρεται σε βάρος πραγματικού φορτίου εύρους 15-20 kgr), για το δείκτη της στάσης σώματος την τιμή 8 (αναφέρεται σε δράσεις στροφής του σώματος με το φορτίο σε απόσταση από το σώμα) και για το δείκτη συνθηκών την τιμή 2 (αναφέρεται σε περιορισμένο χώρο κίνησης και σε αστάθεια του κέντρου βάρους του φορτίου).

Σύμφωνα με την τρίτη ενότητα του KIM και σχετικά με τις δραστηριότητες έλξης και ώθησης φορτίων, τα αποτελέσματα ανέδειξαν υψηλό επίπεδο κινδύνου καταπόνησης (average risk rate 66). Οι επιμέρους διαβαθμίσεις περιλάμβαναν για το δείκτη του χρόνου την τιμή 4 (αναφέρεται σε συνολική απόσταση 1-4 km ανά ημέρα και για αποστάσεις μεγαλύτερες των 5m), για το δείκτη του φορτίου την τιμή 0.5 (αναφέρεται σε βάρος πραγματικού φορτίου μικρότερου των 50 kgr με τη χρήση τροχήλατου εξοπλισμού), για το δείκτη της ακρίβειας τοποθέτησης την τιμή 4 (αναφέρεται σε δραστηριότητες με γρήγορο ρυθμό (0.8-1.3 m/sec) στις οποίες το φορτίο πρέπει να τοποθετείται και να σταματά με ακρίβεια ή όταν απαιτούνται συχνές αλλαγές κατεύθυνσης), για το δείκτη της στάσης σώματος την τιμή 4 (αναφέρεται σε δράσεις κάμψης ή σκυψίματος) και για το δείκτη συνθηκών την τιμή 4 (αναφέρεται σε δύσκολες συνθήκες εργασίας, ολισθηρές επιφάνειες ή επιφάνειες με εμπόδια, ή μη λειτουργικά τροχήλατα).

### **8.2.2.6 Παρεμβάσεις**

Η συσχέτιση των πηγών κινδύνου με τις MSDs σύμφωνα με τους συγκεκριμένους παράγοντες που αναδείχθηκαν από την εφαρμογή KIM καθώς και τις ιδιαιτερότητες του περιβάλλοντος και των πρακτικών εργασίας, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις και τα αντίστοιχα κόστη, καθώς και η ευκολία τους καταγράφονται στους Πίνακες 8.1 και 8.2. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί η ευκολία έλαβε την τιμή 10 για τις παρεμβάσεις X1 και X33, την τιμή 30 για την παρέμβαση X6 και την τιμή 50 για τις υπόλοιπες. Το συνολικό κόστος



των παρεμβάσεων ήταν €3.030 με το ποσό επένδυσης να αποφασίζεται τελικά στα €1.500 (49.5%), με το συγκεκριμένο ποσό να μην αφορά την έγκριση ενός νέου κονδυλίου, αλλά τον κατά προσέγγιση υπολογισμό αγορών και ενεργειών για τη μετέπειτα υλοποίηση τους, ακόμα και αξιοποιώντας εσωτερικούς πόρους, ειδικά σε θέματα ενεργειών – δραστηριοτήτων. Εντούτοις, σε κάθε περίπτωση, πρόκειται για κόστος συνδεδεμένο με την εκάστοτε παρέμβαση το οποίο θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό, την υλοποίηση και την αξιολόγηση εφαρμογής της.

### 8.2.2.7 Επίλυση του προβλήματος

#### 8.2.2.7.1 Σχηματισμός αντικειμενικών συναρτήσεων και περιορισμών

Σύμφωνα με τη μείωση της επικινδυνότητας ανά επενδυμένο ευρώ, η αντίστοιχη αντικειμενική συνάρτηση διαμορφώθηκε ως εξής:

$$\begin{aligned}
 [max]g_1(x) &= 0.04x_1 + 0.07x_6 + 0.15x_{17} \\
 &+ 0.09x_{27} + 0.16x_{28} + 0.02x_{32} + 0.02x_{33} + 0.07x_{73} + 0.13x_{76}.
 \end{aligned}
 \tag{8.14}$$

Σύμφωνα με τη μείωση της δυσκολίας ανά επενδυμένο ευρώ, η αντίστοιχη αντικειμενική συνάρτηση διαμορφώθηκε ως εξής:

$$\begin{aligned}
 [max]g_2(x) &= 0.03x_1 + 0.18x_6 + 0.31x_{17} \\
 &+ 0.19x_{27} + 0.33x_{28} + 0.02x_{32} + 0.02x_{33} + 0.09x_{73} + 0.17x_{76}.
 \end{aligned}
 \tag{8.15}$$

Ο ορισμός των περιορισμών του προβλήματος έγινε λαμβάνοντας υπόψη πως κάθε παρέμβαση θα πρέπει να έχει νόημα σε πρακτικό επίπεδο (για παράδειγμα όσον αφορά στην παρέμβαση X33, δεν είχε νόημα η επένδυση ενός ποσού μικρότερου από 2 ζεύγη υποδημάτων ασφαλείας τα οποία είχαν κριθεί μη κατάλληλα αλλά ούτε και η επένδυση ενός ποσού μεγαλύτερου από το αθροιστικό κόστος των 10 ζευγών υποδημάτων ασφαλείας για την αντικατάσταση των οποίων έγινε σχετική σύσταση). Επίσης, όσον αφορά στο συνολικό ποσό της επένδυσης, ζητούμενο είναι η αξιοποίηση του συνολικού ποσού. Προέκυψαν έτσι οι ακόλουθοι περιορισμοί:

$$150 \leq x_1 \leq 300, \tag{8.16}$$

$$85 \leq x_6 \leq 170, \tag{8.17}$$

$$40 \leq x_{17} \leq 160, \quad (8.18)$$

$$54 \leq x_{27} \leq 270, \quad (8.19)$$

$$100 \leq x_{28} \leq 150, \quad (8.20)$$

$$130 \leq x_{32} \leq 630, \quad (8.21)$$

$$98 \leq x_{33} \leq 490, \quad (8.22)$$

$$240 \leq x_{73} \leq 560, \quad (8.23)$$

$$150 \leq x_{76} \leq 300, \quad (8.24)$$

$$x_1 + x_6 + x_{17} + x_{27} + x_{28} + x_{32} + x_{33} + x_{73} + x_{76} = 1500 \quad (8.25)$$

#### 8.2.2.7.2 Εναλλακτικές λύσεις

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του CAT καταγράφονται στον Πίνακα 8.3. Λαμβάνοντας υπόψη τις μικρές διαφορές μεταξύ των αντίστοιχων συντελεστών προκύπτει πως τα δύο χρησιμοποιούμενα κριτήρια δεν είναι ανταγωνιστικά.

#### 8.2.2.7.3 Συναινετική λύση

Οι συντελεστές βάρους των δύο κριτηρίων ορίστηκαν σε  $p_1=0.7$  και  $p_2=0.3$ , με τη λογική πως η μείωση της επικινδυνότητας είναι περισσότερο σημαντική από την ευκολία παρέμβασης. Το ισοδύναμο πρόβλημα και μετά τους σχετικούς αριθμητικούς υπολογισμούς, διαμορφώθηκε πλέον ως εξής:

$$0.028x_1 + 0.049x_6 + 0.105x_{17} + 0.063x_{27} + 0.112x_{28} + 0.014x_{32} + 0.014x_{33} + 0.049x_{73} + 0.091x_{76} + 144.69\lambda \geq 101.283 \quad (8.26)$$

$$0.009x_1 + 0.0054x_6 + 0.093x_{17} + 0.057x_{27} + 0.099x_{28} + 0.006x_{32} + 0.006x_{33} + 0.027x_{73} + 0.051x_{76} + 232.32\lambda \geq 69.696 \quad (8.27)$$

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του CAT καταγράφονται στον Πίνακα 8.3 ( $\lambda=0.03$ ). Σύμφωνα με τη συναινετική λύση, οι εγκεκριμένες παρεμβάσεις σε σχέση με τις

προτεινόμενες, το ποσοστό του συνολικού κόστους και οι επιμέρους αναλύσεις κόστους είχαν ως εξής:

- X1 (50% του συνολικού κόστους): Αποκατάσταση δαπέδου σε συγκεκριμένες επιφάνειες - Ένα ημερομίσθιο (€50/ημ.) και €100 υλικά - Επιλέχθηκε το ελάχιστο ποσό επένδυσης.
- X6 (50% του συνολικού κόστους): Εξασφάλιση επάρκειας φωτισμού για τις διάφορες δραστηριότητες - Μισό ημερομίσθιο (€50/ημ.) και €60 υλικά - Επιλέχθηκε το ελάχιστο ποσό επένδυσης.
- X17 (100% του συνολικού κόστους): Εξασφάλιση ανεμπόδιστης διέλευσης και ευκολίας πρόσβασης – αποφυγή αλλαγών κατευθύνσεων και λανθασμένων στάσεων εργασίας - 8 μισά ημερομίσθια (1 για κάθε εβδομάδα παρέμβασης) (€40/ημ.) - Καλύφθηκε το σύνολο της σχετικής επένδυσης.
- X27 (69.26% του συνολικού κόστους): Προσαρμογή χειρολαβών υποβοήθησης ανύψωσης - 3 τεμ. (€54/τεμ.) – Με την προσθήκη νέων περιορισμών θα μπορούσε να αξιοποιηθεί το υπόλοιπο ποσό (€25).
- X28 (100% του συνολικού κόστους): Συντήρηση των τροχήλατων μεταφοράς, αντικατάσταση τροχών, επισκευή, προσθήκη – προσαρμογή λαβών - Ένα ημερομίσθιο (€50/ημ.) και €100 υλικά - Καλύφθηκε το σύνολο της σχετικής επένδυσης.
- X32 (20.63% του συνολικού κόστους):
  - Υποσέντονο ολίσθησης (υλικό χαμηλής τριβής για τη διευκόλυνση της διαχείρισης των ασθενών) - €130 για ένα σετ των 40 τεμ.
- X33 (20% του συνολικού κόστους): Κατάλληλα υποδήματα ασφαλείας για τη διευκόλυνση της σωστής στάσης εργασίας - 2 ζεύγη (€49/ζεύγος) - Επιλέχθηκε το ελάχιστο ποσό επένδυσης.
- X73 (42.86% του συνολικού κόστους):
  - Βελτίωση καταμερισμού εργασιών, επανασχεδιασμός εργασίας λαμβάνοντας υπόψη ώρες αιχμής και κατηγορίες ασθενών - 4 μισά ημερομίσθια (1 για κάθε εβδομάδα παρέμβασης) (€60/ημ.)
  - Τοποθέτηση ιατρικού υλικού σε συγκεκριμένες θέσεις στο νοσηλευτικό σταθμό, εύκολα προσβάσιμες και όχι στην αποθήκη - 3 ημερομίσθια κατά τη διάρκεια της περιόδου παρέμβασης) (€40/ημ.)

- X76 (100% του συνολικού κόστους): Εκπαιδευτικό πρόγραμμα το οποίο περιλάμβανε μεθόδους χειρωνακτικής διακίνησης φορτίων, εφαρμογή ορθών πρακτικών διαχείρισης ασθενών και ορθών πρακτικών εργασίας, χρήση ΜΑΠ, ενθάρρυνση ενεργούς συμμετοχής του ασθενούς - Αμοιβή εκπαιδευτή 2 ημερομίσθια (€150/ημ.) – Μία εκπαίδευση ανά μήνα - Καλύφθηκε το σύνολο της σχετικής επένδυσης.

**Πίνακας 8.3:** Πίνακας πληρωμών για την επίλυση του προβλήματος

Τύπος λύσης και αντικειμενικής συνάρτησης	Τιμή Αντικειμενικής Συνάρτησης		Αντίστοιχη λύση (€)								
	g1(x)	g2(x)	X1	X6	X17	X27	X28	X32	X33	X73	X76
[max]g1(x)	144.69	244.83	150	85	160	270	150	130	0	255	300
[max]g2(x)	130.75	232.32	150	152	160	270	150	130	98	240	150
[min]z	138.64	230.12	150	85	160	187	150	130	98	240	300

### 8.2.2.8 Εφαρμογή KIM μετά τις παρεμβάσεις

Σχετικά με τις δραστηριότητες ανύψωσης, κρατήματος και μεταφοράς φορτίων, οι παρεμβάσεις οδήγησαν σε μείωση του δείκτη διαβάθμισης φορτίου από 7 σε 1. Θετική ήταν επίσης η επίδραση των παρεμβάσεων και όσον αφορά στο δείκτη στάσης σώματος, οδηγώντας σε μείωσή του από 8 σε 2. Οι συνθήκες εργασίας επέδειξαν σημαντική βελτίωση, με την τιμή του αντίστοιχου δείκτη να μειώνεται από 2 σε 0. Ο δείκτης διαβάθμισης του χρόνου δεν επηρεάστηκε λαμβάνοντας υπόψη την ανελαστικότητα του φόρτου εργασίας. Τελικά, η εφαρμογή των παρεμβάσεων οδήγησε σε χαμηλότερο επίπεδο κινδύνου καταπόνησης (από 68 σε 12, πολύ κοντά δηλαδή στο επίπεδο της περιορισμένης φόρτισης).

Σχετικά με τις δραστηριότητες έλξης και ώθησης φορτίων, οι παρεμβάσεις οδήγησαν σε μείωση του δείκτη διαβάθμισης χρόνου και του δείκτη ακρίβειας τοποθέτησης από 4 σε 2. Επιπρόσθετα ο δείκτης στάσης σώματος βελτιώθηκε από 4 σε 1 και ο δείκτης συνθηκών εργασίας από 4 σε 0. Η ανελαστικότητα του φόρτου εργασίας άφησε ανεπηρέαστο το δείκτη διαβάθμισης φορτίου. Τελικά, η εφαρμογή των παρεμβάσεων οδήγησε σε χαμηλότερο επίπεδο κινδύνου καταπόνησης (από 65 σε 9.1), σε μια κατάσταση δηλαδή περιορισμένης φόρτισης).

### **8.2.2.9 Σχολιασμός των αποτελεσμάτων**

Σύμφωνα με τα προαναφερόμενα, η διαχείριση του κόστους που σχετίζεται με τις MSDs και με βάση την αρχή ALARP αποτελεί μια διαρκή πρόκληση [164], [185].

Η σχετική βιβλιογραφία αναδεικνύει μια σειρά μεθόδων για τη διαχείριση κόστους ΥΑΕ, με τις περισσότερες μελέτες όμως να μην επικεντρώνονται στο ζήτημα της κατανομής του κόστους των παρεμβάσεων ΥΑΕ, μια διαδικασία καθοριστική για την αποτελεσματικότητα ενός συστήματος ΥΑΕ, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που οι παρεμβάσεις δρουν σε προληπτικό και όχι σε διορθωτικό επίπεδο. Επίσης, δεν πρέπει να μη λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι στις περισσότερες περιπτώσεις υφίσταται ένα καθορισμένο προϋπολογισμένο ποσό επένδυσης για την ΥΑΕ, το οποίο θα πρέπει να κατανομηθεί βέλτιστα. Η εμπειρία – γνώση και η αξιοποίηση «εργαλείων» όπως το προτεινόμενο μπορεί να βοηθήσει προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής ήρθαν σε συμφωνία με αντίστοιχες μελέτες επιλογής παρεμβάσεων όσον αφορά στην εκπαίδευση εργονομίας [170], [177], [178], [182], το φωτισμό του χώρου, τον εξοπλισμό εργασίας και τα οργανωτικά μέτρα [180].

Ωστόσο δεν θα πρέπει να παραβλέπεται και η σημασία των υπόλοιπων παρεμβάσεων, όσο «μικρές» και αν είναι αυτές. Η συνεισφορά αυτών των παρεμβάσεων είναι σημαντική όχι μόνο σε πρακτικό επίπεδο, αλλά και στην «καλλιέργεια» ενός πνεύματος ενδιαφέροντος, της ενίσχυσης ενός αισθήματος ότι «κάτι γίνεται» όσον αφορά στην ΥΑΕ, με τους εργαζόμενους να μην αφήνονται στην τύχη τους στο συγκεκριμένο τομέα.

Σημαντικό πλεονέκτημα της προτεινόμενης μεθόδου είναι ότι μέσω των περιορισμών μπορούν να δοθούν οι ζητούμενες κάθε φορά προτεραιότητες ακόμα και για τα ίδια επίπεδα κινδύνου, πάντα υπό το πρίσμα της μεγιστοποίησης ΥΑΕ.

Σχετικά με την αντιστοιχία παρεμβάσεων και δεικτών του KIM, δεν υφίσταται μια ένα προς ένα σχέση, αφού μια παρέμβαση μπορεί να επηρεάσει θετικά πάνω από έναν δείκτη διαβάθμισης της εφαρμογής. Για παράδειγμα, όσον αφορά στις δραστηριότητες ανύψωσης, κρατήματος και μεταφοράς φορτίων, οι παρεμβάσεις του υποσέντονου και της λαβής υποβοήθησης μπορούν να συνδεθούν με το δείκτη διαβάθμισης φορτίου, οι παρεμβάσεις στο δάπεδο, στο φωτισμό, στην ευταξία και στην οργάνωση μπορούν να συσχετιστούν με το δείκτη διαβάθμισης των συνθηκών εργασίας ενώ η παρέμβαση της εκπαίδευσης μπορεί να συνδεθεί με το σύνολο των δεικτών.

Όσον αφορά στις δραστηριότητες έλξης και ώθησης φορτίων, τα οργανωτικά μέτρα μπορούν να συνδεθούν με το δείκτη διαβάθμισης χρόνου και ακρίβειας τοποθέτησης, οι παρεμβάσεις στα δάπεδα, στο φωτισμό, στην ευταξία, στη συντήρηση των τροχήλατων και στην οργάνωση μπορούν να συνδεθούν με το δείκτη διαβάθμισης των συνθηκών εργασίας, ενώ η παρέμβαση της εκπαίδευσης μπορεί να συνδεθεί με το σύνολο των δεικτών.

Αντίστροφα, η τιμή ενός δείκτη μπορεί να επηρεαστεί θετικά από διαφορετικές παρεμβάσεις. Για παράδειγμα, η τιμή του δείκτη διαβάθμισης της στάσης του σώματος μπορεί να επηρεαστεί από παρεμβάσεις όπως η χρήση ΜΑΠ, η κατάσταση των τροχήλατων αλλά και η εκπαίδευση.

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί πως η ίδια η δομή του ΚΙΜ αποδίδει ιδιαίτερη σημασία στην παρέμβαση της οργάνωσης, αφού αυτή συνδέεται με το δείκτη διαβάθμισης του χρόνου, ο οποίος δρα πολλαπλασιαστικά και όχι αθροιστικά (όπως οι υπόλοιποι) στο τελικό αποτέλεσμα.

Στην περίπτωση της προκείμενης εφαρμογής, δεν προέκυψε η ανάγκη επανάληψης της διαδικασίας (μια έκβαση η οποία μπορεί να συνδεθεί με το ποσοστό της επένδυσης σε σχέση με το συνολικό κόστος αλλά και με την μικρή περίοδο εφαρμογής των παρεμβάσεων). Λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη τη μείωση της θετικής επίδρασης των παρεμβάσεων με το πέρασμα του χρόνου, συνιστάται η τακτική επανάληψη της διαδικασίας.

# 9

**Συμπεράσματα – Σημεία που χρήζουν  
περαιτέρω έρευνας**

Η ΥΑΕ αποτελεί ένα πεδίο αυξημένης σημασίας σε κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο, με δυναμική επιρροή στην ανθρώπινη καθημερινότητα. Οι άμεσες και έμμεσες επιδράσεις των αρνητικών εκδηλώσεών της (συμβάντα – ατυχήματα – επαγγελματικές ασθένειες) καθιστούν αναγκαία τη συνεχή ενασχόληση με το συγκεκριμένο ζήτημα με ζητούμενο τη βελτίωσή της σε κάθε περιβάλλον εργασίας. Το νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας αποτελεί ένα εργασιακό περιβάλλον με πλήθος κινδύνων να ελλοχεύουν, με τους επαγγελματίες υγείας να έρχονται αντιμέτωποι στην καθημερινότητά τους με πλήθος εγγενών κινδύνων.

Η επίσημη καταγραφή των ατυχημάτων και των σχετικών κινδύνων από την ΕΣΥΕ, οι σχετικές αναφορές των επίσημων φορέων καθώς και η αντίστοιχη βιβλιογραφία δεν αφήνουν πολλά περιθώρια αμφισβήτησης σχετικά με την αυξημένη και πολυπαραγοντική επικινδυνότητα του νοσοκομειακού εργασιακού περιβάλλοντος, γεγονός που εκφράζεται από τη σχετική ανησυχία των ίδιων των εργαζόμενων. Η πανδημία, επηρεάζοντας καθοριστικά την καθημερινότητα, έκανε τα πράγματα ακόμα δυσκολότερα στον τομέα της ΥΑΕ στα νοσοκομεία. Κάθε επομένως «εργαλείο» βελτίωσης της διαχείρισης ΥΑΕ στο νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας είναι επιθυμητό. Οι νέες τεχνολογίες, η εξόρυξη γνώσης και ειδικότερα οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στη συγκεκριμένη διαδικασία, γεγονός που έχει επισημανθεί και από τους επαγγελματίες του χώρου αλλά και τους επίσημους φορείς [12].

Η διαδικασία εκτίμησης κινδύνου είναι μια αναλυτική, απαιτητική και δυναμική διαδικασία, η οποία θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και προσήλωση και με την ενεργή συμμετοχή των εργαζόμενων προκειμένου να οδηγήσει στα επιθυμητά αποτελέσματα. Η βαθμολόγηση για τον υπολογισμό της επικινδυνότητας, συνδέεται με την υποκειμενικότητα του εκάστοτε βαθμολογητή (ΤΑ, εσωτερικός ελεγκτής, επιθεωρητής τρίτου μέρους κ.λπ.). Όπως προέκυψε όμως από την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος, η ακολουθία ενός συγκεκριμένου μοτίβου, που έρχεται σε συμφωνία με τη χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία θα μπορούσε να βοηθήσει σημαντικά στον περιορισμό της σχετικής αβεβαιότητας. Η συνεργασία με επίσημους φορείς και η διοργάνωση σχετικών εκπαιδευτικών προγραμμάτων προτείνεται προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση (για παράδειγμα η ένταξη σχετικής ενότητας στο απαραίτητο για την τεκμηρίωση της σχετικής επάρκειας σεμιναρίου, τόσο από το ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε όσο και άλλους φορείς). Επίσης, το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να βοηθήσει και στην εκπαίδευση των ΤΑ και των στελεχών ΥΑΕ, μέσω του εντοπισμού και της ανάδειξης σχέσης πηγών κινδύνου και πληροφορίας.



Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική επισκόπηση που πραγματοποιήθηκε η προσέγγιση μέσω υπολογιστικών μεθόδων και ειδικότερα μηχανικής μάθησης είναι εφικτή για την ανάλυση εμπειρικών δεδομένων ΥΑΕ και την εξαγωγή ουσιαστικών πληροφοριών σχετικά με τον τρόπο βελτίωσής της. Αναδείχθηκαν σημεία όπως η πολυπλοκότητα της ανθρώπινης συμπεριφοράς σε θέματα ΥΑΕ, η ανάγκη τα δεδομένα εκπαίδευσης να λαμβάνουν υπόψη μεγάλο εύρος πιθανών περιστάσεων που μπορεί να προκύψουν καθώς και ότι η προσέγγιση της ΥΑΕ θα πρέπει να είναι συστημική, με τις έννοιες της τυποποίησης και ενοποίησης διαδικασιών και συστημάτων να αποτελούν «αναγκαίο κακό». Καταγράφηκε πλήθος αναφορών ως προς την ανάλυση αιτιών (root cause analysis) με την εκ των έσω συνδρομή των καθ' ύλην και κατά τόπο αρμοδίων να παρουσιάζει κενά. Προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση φιλοδοξεί να συνδράμει η παρούσα διατριβή, στοιχεία καινοτομίας της οποίας είναι η αξιοποίηση των αναφορών ελέγχων ΥΑΕ, η εξειδίκευση στο χώρο του νοσοκομείου και η ενσωμάτωση της δράσης των παρεμβάσεων στην αντίληψη του συστήματος.

Το προτεινόμενο σύστημα επέδειξε ιδιαίτερα ικανοποιητική απόδοση με βασικό του χαρακτηριστικό ότι βασίζεται σε λειτουργίες που ήδη υφίστανται, με αποτέλεσμα να μη χρειάζεται πρόσθετους πόρους για την υλοποίηση – εφαρμογή του από ένα θεραπευτήριο, παρουσιάζοντας μάλιστα δυνατότητα προσαρμογής του και σε άλλους κλάδους εργασιών.

Μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων και σύμφωνα με τα αποτελέσματα του συστήματος, προέκυψε πως η άποψη των εργαζόμενων για την ΥΑΕ και τις συνθήκες που επικρατούν στο νοσοκομείο βελτιώθηκε συνολικά. Το γεγονός αυτό μπορεί να συνδεθεί τόσο με τη λήψη ουσιαστικών μέτρων – παρεμβάσεων, όσο και με την εκδήλωση ενεργού ενδιαφέροντος από την πλευρά του νοσοκομείου. Έτσι, οι εργαζόμενοι αισθάνονται ότι η ΥΑΕ αποτελεί ένα αντικείμενο ενδιαφέροντος, χωρίς να υφίσταται σχετική αδιαφορία, ακόμα και για περιπτώσεις που λόγω υψηλού κόστους, υπάρχει περιορισμός στη δυνατότητα παρεμβάσεων. Επίσης, η βελτίωση της τιμής της εκπαίδευσης, τους κάνει κοινωνούς της συνολικής διαδικασίας, καθιστώντας τη συμμετοχή τους «ενεργή». Ως βασική παράμετρος της εκπαίδευσης αναδείχθηκε όχι μόνο το αν αυτή έχει λάβει χώρα για τον κάθε εργαζόμενο αλλά η τακτική επανάληψή της. Αυτή ακριβώς η τακτική επανάληψη είναι που θα οδηγήσει στην εγρήγορση, στην υπενθύμιση ότι ο κίνδυνος είναι υπαρκτός, μια ύπαρξη που αγνοείται εξαιτίας της καθημερινής εργασιακής ρουτίνας, πόσο μάλλον όταν υφίσταται σχετική πίεση και φόρτος εργασίας.

Επιβεβαιώθηκε η αναφορά της βιβλιογραφίας όσον αφορά την υψηλή συχνότητα εμφάνισης των τρυπημάτων/κοψιμάτων (Needlestick/Cut). Η συγκεκριμένη κατηγορία συμβάντων συσχετίστηκε με την παράμετρο «Έλλειψη μέτρων ασφαλείας κατά τη χρήση», η οποία «αποτυπώνει» μη ορθές – ανασφαλείς πρακτικές, όπως για παράδειγμα απόρριψη στις σακούλες κοινών απορριμμάτων και όχι στα ειδικά κυτία, απόρριψη στα ειδικά κυτία ακόμα και πάνω από την προτεινόμενη χωρητικότητα (2/3), προσπάθεια επαναφοράς καπακιού κ.λπ. Η προμήθεια βελόνων ασφαλείας για συγκεκριμένα τμήματα του νοσοκομείου θα μπορούσε να βοηθήσει προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση (με το σχετικό κόστος να μπορεί να προσεγγιστεί μέσω του προτεινόμενου CAT).

Το ενδιαφέρον σημείο όσον αφορά στη βαθμολόγηση και στην εκάστοτε έξοδο του συστήματος είναι η μετάπτωση από την ανασφαλή (κλάσεις Falling, Needlestick/Cut, Incident, Accident) στην ασφαλή κατάσταση (Safety). Το ζητούμενο κάθε φορά είναι η αξιοποίηση των υφιστάμενων δεδομένων μέσω του προτεινόμενου συστήματος έτσι ώστε να αναδεικνύονται εκείνες οι τιμές των μεταβλητών, η κατάλληλη αλλαγή των οποίων (μέσω της λήψης μέτρων) θα οδηγήσει σε αυτή τη μετάπτωση. Επιπρόσθετα, από την άλλη πλευρά ζητούμενο είναι να εκτιμηθεί αν κάποια αλλαγή στην οργάνωση της εργασίας από πλευράς θέσης ή εξοπλισμού εργασίας (θα πρέπει να ληφθεί υπόψη πως το περιβάλλον εργασίας είναι δυναμικό και όχι στατικό) θα επιφέρει την αντίστροφη μετάπτωση (ασφαλή σε ανασφαλή κατάσταση). Το προτεινόμενο σύστημα επέδειξε ότι μπορεί να συνεισφέρει στην εξυπηρέτηση αυτών των ζητουμένων, συνεισφέροντας έτσι στη βελτίωση της διαχείρισης ΥΑΕ στα θεραπευτήρια.

Ενθαρρυντικά ήταν επίσης και τα αποτελέσματα των άλλων προτεινόμενων «εργαλείων», της βάσης δεδομένων για τη διαχείριση των MSDs και της κατανομής κόστους παρεμβάσεων ΥΑΕ, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε μεμονωμένα είτε συνδυαστικά. Η πρακτικότητα, η φιλικότητα προς το χρήστη και η διασύνδεση μεταξύ τους αλλά και με το συνολικό σύστημα εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο αξιοποίησης των υπολογιστικών μεθόδων στη διαχείριση της ΥΑΕ, όχι μόνο σε νοσοκομειακό αλλά και σε άλλα περιβάλλοντα εργασίας.

Η ηλεκτρονική εκδοχή του προτεινόμενου συστήματος και των σχετικών «εργαλείων» παρουσιάζει όλα εκείνα τα πλεονεκτήματα έναντι της έντυπης πληροφορίας (δυνατότητα αποτελεσματικότερης και αποδοτικότερης διαχείρισης, αποφυγή λαθών υπολογισμού, εξοικονόμηση αποθηκευτικού χώρου και μέσων, αυξημένη ταχύτητα επεξεργασίας και δυνατότητα διασύνδεσης).

Ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να γίνει ως προς τη χρησιμότητα του συστήματος σε επίπεδο «support with evidence», λαμβάνοντας υπόψη πως στην καθημερινή εργασιακή πραγματικότητα των ελέγχων ΥΑΕ, η πειθώ σε σχέση με τη λήψη μέτρων και την «καλλιέργεια» της σχετικής κουλτούρας, μόνο εύκολη δεν είναι. Η περαιτέρω τεκμηρίωση ενός επικείμενου συμβάντος – ατυχήματος μέσω του προτεινόμενου συστήματος μπορεί να βοηθήσει σημαντικά προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Προκειμένου να μεγιστοποιείται η χρησιμότητα του συστήματος και λαμβάνοντας υπόψη το χαρακτηριστικό του δυναμικού του περιβάλλοντος εργασίας, θα πρέπει αυτό να ενημερώνεται και να «εμπλουτίζεται» με νέα δεδομένα, έτσι ώστε το χρησιμοποιούμενο μοντέλο να προσαρμόζεται στην υφιστάμενη κατάσταση. Η συχνότητα της ενημέρωσης – επανεκπαίδευσης του μοντέλου θα καθορίζεται από το είδος και τη συχνότητα των νέων συμβάντων – ατυχημάτων. Σε αυτή την κατεύθυνση χρειάζεται γενικότερη ενίσχυση κουλτούρας και διαδικασίας καταγραφής συμβάντων – ατυχημάτων στο πλαίσιο ορθής διαχείρισης ΥΑΕ (αν το πρόβλημα δεν αναγνωριστεί τότε δεν πρόκειται να επιλυθεί). Ζητούμενο η αναφορά ακόμα και συμβάντων (near misses - incidents) αφού εκείνα είναι που δυναμικά θα οδηγήσουν σε ατύχημα.

Πεδία που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης είναι η χρήση NLP για ευκολότερη εισαγωγή των καταγραφών στο σύστημα (από τις χειρόγραφες αναφορές) καθώς και η διασύνδεση του συστήματος με επιμέρους «εργαλεία» για τη βελτίωση των προτεινόμενων μέτρων ή της εγκυρότητας της εκτίμησης επικινδυνότητας (όπως τα προτεινόμενα KIM και CAT, με την προσθήκη αντίστοιχων όπως π.χ. χρήση κλιμάκων εργασιακού άγχους και εργονομίας κ.λπ.). Επίσης, θα ήταν χρήσιμη η περαιτέρω αξιολόγηση του προτεινόμενου συστήματος και «εργαλείων» ως προς την αποδοχή τους από ειδικούς και εργαζόμενους του χώρου (π.χ. με χρήση της μεθοδολογίας UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology). Σε επίπεδο κυβερνητικής πολιτικής ΥΑΕ και χάραξης σχετικών στρατηγικών, θα ήταν ιδιαίτερα ελπιδοφόρα η αξιοποίηση της προτεινόμενης προσέγγισης για όσο το δυνατό μεγαλύτερο σύνολο νοσοκομείων – θεραπευτηρίων.

## Βιβλιογραφία

- [1] Κ. Κοκλώνης, “Εκτίμηση Επαγγελματικού Κινδύνου.” Τεχνικός Ασφαλείας - Σύμβουλος Ποιότητας, 2019.
- [2] Κ. Κοκλώνης, Π. Μπούντρης, Μ. Χαρίτου, and Δ. Δ. Κουτσούρης, “Ευφυές Σύστημα Αξιολόγησης και Βελτίωσης Θεραπευτηρίων σε Θέματα Υγιεινής και Ασφάλειας των Εργαζομένων τους,” in *6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας*, 2015.
- [3] E. Alexopoulos, “Greek and International Experience of Work Accidents and Occupational Diseases in Hospitals,” 2007.
- [4] D. Elsler, J. Takala, and J. Remes, “An international comparison of the cost of work-related accidents and illnesses,” *Eur. Agency Saf. Heal. Work*, p. 8, 2017.
- [5] EU-OSHA, “Good OSH is good for business,” 2019. [Online]. Available: <https://osha.europa.eu/el/themes/good-osh-is-good-for-business>. [Accessed: 10-Dec-2019].
- [6] Ελληνική Στατιστική Αρχή, “Απογραφή Θεραπευτηρίων,” Αθήνα, 2020.
- [7] Ελληνική Στατιστική Αρχή, “Απογραφή Κέντρων Υγείας και Λοιπών Μονάδων Παροχής Πρωτοβάθμιας Φροντίδας,” 2019.
- [8] Ελληνική Στατιστική Αρχή, “Έρευνα Εργατικών Ατυχημάτων 2018,” 2020.
- [9] Ελληνική Στατιστική Αρχή, “Έρευνα Εργατικών Ατυχημάτων 2017,” Αθήνα, 2019.
- [10] Greek Statistical Authority, “Percentage of workers who consider themselves at work to be exposed to factors harmful to health, by sector of the economic activity of the enterprise where they work,” Athens, 2013.
- [11] K. Dimoulas, G. Kollias, C. Bagavos, and T. Ganetaki, “Work and health problems in Greece,” 2015.
- [12] Κ. Κοκλώνης, “Πρόταση επισκόπησης συστημάτων μηχανικής μάθησης και e-tools στον τομέα της Υγείας και Ασφάλειας της Εργασίας,” 2019.
- [13] ΦΕΚ 84, “Νόμος 3850 Κύρωση του Κώδικα νόμων για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων.” 2010.
- [14] S. Drivas, K. Zorba, and T. Koukoulaki, *Methodological guide for the assessment and prevention of occupational risk*. Hellenic Institute of Occupational Health and Safety, 2000.

- [15] Σ. Δρίβας and M. Παπαδόπουλος, “ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ,” 2005.
- [16] Directorate-General for Employment in Labor Relations and Social Affairs (DG V) of the European Union, *Memorandum on Occupational Risk Assessment*. 1997.
- [17] Technical Chamber of Greece, “Occupational Risk Assessment,” in *Occupational Safety and Health - Preventing Occupational Risk in the context of European Week “Success means no accident,”* 2001.
- [18] E. D. Brown, “Drowning in Data, Starved for Information,” 2014. [Online]. Available: <https://ericbrown.com/drowning-in-data-starved-for-information.htm>. [Accessed: 30-Dec-2019].
- [19] Δ. Κοπανάκη, “Εξόρυξη Γνώσης από Δεδομένα - Το εργαλείο WEKA.” 2009.
- [20] L. Witten and E. Frank, “Data Mining Practical Machine Learning Tools.” 2000.
- [21] M. I. Jordan and T. . Sejnowski, “Graphical Models: Foundations of Neural Computation,” *MIT Press*, 2001.
- [22] Α. Σκούρα, “Μπεϋζιανά και Νευρωνικά Δίκτυα.” 2013.
- [23] Αποθετήριο Κάλλιπος, “Μεθοδολογίες με γράφους.” 2019.
- [24] Σημειώσεις Μαθήματος Υπολογιστικά Μαθήματα, “Νευρωνικά Δίκτυα και Ευφυή Υπολογιστικά Συστήματα.” Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2016.
- [25] Capterra, “Best Incident Management Software | 2019 Reviews of the Most Popular Systems,” 2019. [Online]. Available: [https://www.capterra.com/incident-management-software/?utf8=✓&users=&feature%5B3%5D=28275&commit=Filter+Results&sort\\_options=Most+Reviews](https://www.capterra.com/incident-management-software/?utf8=✓&users=&feature%5B3%5D=28275&commit=Filter+Results&sort_options=Most+Reviews). [Accessed: 10-Jan-2019].
- [26] Safety Culture, “Real-time Incident Reporting App - Spotlight by SafetyCulture,” 2019. [Online]. Available: <https://safetyculture.com/spotlight/>. [Accessed: 03-Feb-2020].
- [27] A. P. C. Chan, F. K. W. Wong, C. K. H. Hon, and T. N. Y. Choi, “A bayesian network model for reducing accident rates of electrical and mechanical (E&M) work,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 15, no. 11, 2018.
- [28] J. E. Martín, R. Martínez-alegría, J. Taboada-García, S. Gerassis, and Á. Saavedra, “Bayesian network analysis of accident risk in information-,” vol. 16, no. 3, pp. 439–446, 2017.

- [29] G. Ahn, S. Hur, and M. C. Jung, "Bayesian network model to diagnose WMSDs with working characteristics," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–12, 2018.
- [30] S. J. Bertke, A. R. Meyers, S. J. Wurzelbacher, J. Bell, M. L. Lampl, and D. Robins, "Development and evaluation of a Naïve Bayesian model for coding causation of workers' compensation claims.," *J. Safety Res.*, vol. 43, no. 5–6, pp. 327–32, 2012.
- [31] G. Nanda, K. M. Grattan, M. T. Chu, L. K. Davis, and M. R. Lehto, "Bayesian decision support for coding occupational injury data.," *J. Safety Res.*, vol. 57, pp. 71–82, 2016.
- [32] F. Ghasemi, O. Kalatpour, A. Moghimbeigi, and I. Mohammadfam, "A Neural Network Classifier Model for Forecasting Safety Behavior at Workplaces," *Iran. J. Heal. Saf. Environ.*, vol. 4, no. 4, pp. 835–843, 2017.
- [33] A. Soltanzadeh, I. Mohammadfam, S. H. Mahmoudi, B. Alizadeh Savareh, and A. Mohamad Arani, "Analysis and Forecasting the Severity of Construction Accidents using Artificial Neural Network," *J. Saf. Promot. Inj. Prev.*, vol. 4, no. 3, pp. 185–92, 2016.
- [34] H. Ceylan, "An Artificial Neural Networks Approach to Estimate Occupational Accident: A National Perspective for Turkey," *Math. Probl. Eng.*, vol. 2014, pp. 1–10, 2014.
- [35] W. Yi and A. P. C. Chan, "An artificial neural network model for predicting fatigue of construction workers in humid environments," *ISEC 2015 - 8th Int. Struct. Eng. Constr. Conf. Implement. Innov. Ideas Struct. Eng. Proj. Manag.*, pp. 1267–1272, 2015.
- [36] P. R. Gajbhiye, D. A. C. Waghmare, and D. R. H. Parikh, "Formulation of M.L.R Model for Correlating the Factors Responsible for Industrial Accidents with Severity of Accidents and Man Days Lost by Using XLSTAT," *Int. J. Innov. Res. Sci. Technol.*, vol. 03, no. 07, pp. 128–137, 2016.
- [37] P. A. Adedeji, O. A. Olalere, A. O.A., O. S.O., O. A. Adedeji, P.A., Olalere, O.A., Adebimpe, and S. . Olunusi, "Neural Network Based User Interface for Accident Forecast in Manufacturing Industries," *Int. J. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 6, pp. 73–79, 2014.
- [38] Y. M. Goh and D. Chua, "Neural network analysis of construction safety management systems: a case study in Singapore," *Constr. Manag. Econ.*, vol. 31, no. 5, pp. 460–470, 2013.

- [39] D. A. Patel and K. N. Jha, "Neural Network Approach for Safety Climate Prediction," *J. Manag. Eng.*, vol. 31, no. 6, p. 05014027, 2014.
- [40] A. M. Abubakar, H. Karadal, S. W. Bayighomog, and E. Merdan, "Workplace injuries, safety climate and behaviors: application of an artificial neural network," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–11, 2018.
- [41] R. Jain, M. L. Meena, M. K. Sain, and G. S. Dangayach, "Pulling force prediction using neural networks," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 25, no. 2, pp. 194–199, 2019.
- [42] M. J. Somers, D. Birnbaum, and J. Casal, "Supervisor support, control over work methods and employee well-being: new insights into nonlinearity from artificial neural networks," *Int. J. Hum. Resour. Manag.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–23, 2018.
- [43] F. A. Moayed and R. L. Shell, "Application of artificial neural network models in occupational safety and health utilizing ordinal variables," *Ann. Occup. Hyg.*, vol. 55, no. 2, pp. 132–142, 2010.
- [44] S. T. Ung, V. Williams, S. Bonsall, and J. Wang, "Test case based risk predictions using artificial neural network," *J. Safety Res.*, vol. 37, no. 3, pp. 245–260, 2006.
- [45] T. I. Liu, A. Kumagai, and C. Lee, "Enhancement of drilling safety and quality using online sensors and artificial neural networks," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 9, no. 1, pp. 37–56, 2003.
- [46] Z. Rahmani, M. Ranjbar, A. Asgar, and N. Gara, "Use of Artificial Neural Networks (ANNs) for the Analysis and Modeling of Factors That Affect Occupational Injuries in Large Construction Industries," no. June, pp. 1069–1072, 2015.
- [47] V. Novin, S. Givenchi, and H. Hoveidi, "Systemic Approach for Health Risk Assessment of Ambient Air Concentrations of Benzene in Petrochemical Environments: Integration of Fuzzy Logic, Artificial Neural Network, and IRIS Toxicity Method," *Iran. J. Public Health*, vol. 45, no. 9, pp. 1188–1198, 2016.
- [48] F. A. Moayed and R. L. Shell, "Developing the function of 'magnitude-of-effect' (MoE) for artificial neural networks to demonstrate the causal effect of exposure variables on outcome variable," *Ann. Occup. Hyg.*, vol. 55, no. 2, pp. 143–151, 2010.
- [49] G. Shankar Beriha, B. Patnaik, and S. Shankar Mahapatra, "Assessment of occupational health practices in Indian industries: A neural network approach," *J. Model. Manag.*, vol. 7, no. 2, pp. 180–200, 2012.
- [50] W. Fang, L. Ding, B. Zhong, P. E. D. Love, and H. Luo, "Automated detection of

- workers and heavy equipment on construction sites: A convolutional neural network approach,” *Adv. Eng. Informatics*, vol. 37, no. November 2017, pp. 139–149, 2018.
- [51] L. Ding, W. Fang, H. Luo, P. E. D. Love, B. Zhong, and X. Ouyang, “Automation in Construction A deep hybrid learning model to detect unsafe behavior : Integrating convolution neural networks and long short-term memory,” *Autom. Constr.*, vol. 86, no. March 2017, pp. 118–124, 2018.
- [52] Y. Yang, H. Zheng, Y. Li, M. Xu, and Y. Chen, “A fault diagnosis scheme for rotating machinery using hierarchical symbolic analysis and convolutional neural network,” *ISA Trans.*, no. xxxx, 2019.
- [53] J. Bao, J. Johansson, and J. Zhang, “An occupational disease assessment of the mining industry’s occupational health and safety management system based on FMEA and an improved AHP model,” *Sustain.*, vol. 9, no. 1, 2017.
- [54] J. Bao, J. Johansson, and J. Zhang, “Comprehensive evaluation on employee satisfaction of mine occupational health and safety management system based on improved AHP and 2-tuple linguistic information,” *Sustain.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–14, 2017.
- [55] D. Podgórski, “Measuring operational performance of OSH management system – A demonstration of AHP-based selection of leading key performance indicators,” *Saf. Sci.*, vol. 73, pp. 146–166, 2015.
- [56] I. Mohammadfam, M. Kamalinia, M. Momeni, R. Golmohammadi, Y. Hamidi, and A. Soltanian, “Evaluation of the Quality of Occupational Health and Safety Management Systems Based on Key Performance Indicators in Certified Organizations,” *Saf. Health Work*, vol. 8, no. 2, pp. 156–161, 2017.
- [57] S. O. Ismaila, O. G. Akanbi, and W. Olaoniye, “Model for predicting peak expiratory flow rate of Nigerian workers in a cement factory in Itori, Ogun State, Nigeria,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 21, no. 4, pp. 547–550, 2015.
- [58] D. P. Shin, H. S. Gwak, and D. E. Lee, “Modeling the predictors of safety behavior in construction workers,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 21, no. 3, pp. 298–311, 2015.
- [59] M. Gül, A. Guneri, Y. Fatih, and O. Celebi, “Analysis of the relation between the characteristics of workers and occupational accidents using data mining,” *Turkish J. Occup. / Environ. Med. Saf.*, vol. 1, pp. 102–118, 2016.
- [60] A. Colombi and A. Spallanzani, “The ICOH Bibliographic Database of the University



- of Milan, Italy: A new Internet resource in the field of occupational health,” *Health Info. Libr. J.*, vol. 23, no. 4, pp. 296–297, 2006.
- [61] O. Daramola, I. Omoronyia, and G. Sindre, “Managing Requirements Knowledge,” no. April, 2013.
- [62] D. Podgórski, “KPI-OSH Tool Development and validation of a KPI-based method and a user-friendly software tool for management system performance,” no. February, pp. 9–10, 2015.
- [63] Y. Zhang, L. Jing, Q. Bai, T. Liu, and Y. Feng, “A systems approach to extraordinarily major coal mine accidents in China from 1997 to 2011: an application of the HFACS approach,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 25, no. 2, pp. 181–193, 2019.
- [64] M. Talat Birgonul, I. Dikmen, C. Budayan, and T. Demirel, “An expert system for the quantification of fault rates in construction fall accidents,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 22, no. 1, pp. 20–31, 2016.
- [65] K. Kosala and B. Stepien, “Analysis of noise pollution in an andesite quarry with the use of simulation studies and evaluation indices,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 22, no. 1, pp. 92–101, 2016.
- [66] Z. Korban, “Application of the MERIT survey in the multi-criteria quality assessment of occupational health and safety management,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 21, no. 3, pp. 365–372, 2015.
- [67] M. Ziaei *et al.*, “Assessment and virtual redesign of a manual handling workstation by computer-aided three-dimensional interactive application,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 23, no. 2, pp. 169–174, 2017.
- [68] A. B. Toroody, M. M. Abaei, and R. Gholamnia, “Conceptual compression discussion on a multi-linear (FTA) and systematic (FRAM) method in an offshore operation’s accident modeling,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 22, no. 4, pp. 532–540, 2016.
- [69] S. Sadeghi, L. Sadeghi, N. Tricot, and L. Mathieu, “Design and application of a tool for structuring, capitalizing and making more accessible information and lessons learned from accidents involving machinery,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 23, no. 4, pp. 457–471, 2017.
- [70] H. R. Zadry, S. Z. M. Dawal, and Z. Taha, “Development of statistical models for predicting muscle and mental activities during repetitive precision tasks,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 22, no. 3, pp. 374–383, 2016.

- [71] C. Brandl, A. Mertens, and C. M. Schlick, "Ergonomic analysis of working postures using OWAS in semi-trailer assembly, applying an individual sampling strategy," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 23, no. 1, pp. 110–117, 2017.
- [72] E. Çakıt, "Ergonomic assessment of airport shuttle driver tasks using an ergonomic analysis toolset," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 24, no. 2, pp. 286–293, 2018.
- [73] H. Esen, T. Hatipoğlu, A. Cihan, and N. Fiğlali, "Expert system application for prioritizing preventive actions for shift work: shift expert," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 25, no. 1, pp. 123–137, 2019.
- [74] E. Salvarzi, A. Choobineh, M. Jahangiri, and S. Keshavarzi, "Facial anthropometric measurements in Iranian male workers using Digimizer version 4.1.1.0 image analysis software: a pilot study," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 24, no. 4, pp. 570–576, 2018.
- [75] M. Eyvazlou, A. Dadashpour Ahangar, A. Rahimi, M. R. Davarpanah, S. S. Sayyahi, and M. Mohebbali, "Human reliability assessment in a 99 Mo/ 99m Tc generator production facility using the standardized plant analysis risk-human (SPAR-H) technique," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 25, no. 2, pp. 321–330, 2019.
- [76] M. Milanowicz and K. Kędzior, "Multibody model of the human upper extremity for fracture simulation," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 22, no. 3, pp. 320–326, 2016.
- [77] H. R. Seifi Azad Mard, A. Estiri, P. Hadadi, and M. Seifi Azad Mard, "Occupational risk assessment in the construction industry in Iran," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 23, no. 4, pp. 570–577, 2017.
- [78] C. M. Lind, "Pushing and pulling: An assessment tool for occupational health and safety practitioners," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 24, no. 1, pp. 14–26, 2018.
- [79] J. J. Hwang, C. H. Wu, Z. Y. Zhuang, and Y. C. Hsu, "Safety management for polluted confined space with IT system: A running case," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 21, no. 2, pp. 233–239, 2015.
- [80] T. Allahyari, A. Sahraneshin Samani, and H. R. Khalkhali, "Validity of the Microsoft Kinect for measurement of neck angle: comparison with electrogoniometry," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 23, no. 4, pp. 524–532, 2017.
- [81] P. Budziszewski, A. Grabowski, M. Milanowicz, and J. Jankowski, "Workstations for people with disabilities: an example of a virtual reality approach," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 22, no. 3, pp. 367–373, 2016.

- [82] V. Bonneterre, D. J. Bicout, and R. De Gaudemaris, "Application of Pharmacovigilance Methods in Occupational Health Surveillance: Comparison of Seven Disproportionality Metrics," *Saf. Health Work*, vol. 3, no. 2, pp. 92–100, 2012.
- [83] E. Tjoe-Nij, C. Rochin, N. Berne, A. Sassi, and A. Leplay, "Chemical Risk Assessment Screening Tool of a Global Chemical Company," *Saf. Health Work*, vol. 9, no. 1, pp. 84–94, 2017.
- [84] R. Jallon, D. Imbeau, and N. De Marcellis-Warin, "A process mapping model for calculating indirect costs of workplace accidents," *J. Safety Res.*, vol. 42, no. 5, pp. 333–344, 2011.
- [85] D. H. Ambrose, J. R. Bartels, A. J. Kwitowski, S. Gallagher, and T. R. Battenhouse, "Computer simulations help determine safe vertical boom speeds for roof bolting in underground coal mines," *J. Safety Res.*, vol. 36, no. 4, pp. 387–397, 2005.
- [86] T. M. Probst, L. M. Goldenhar, J. L. Byrd, and E. Betit, "The Safety Climate Assessment Tool (S-CAT): A rubric-based approach to measuring construction safety climate," *J. Safety Res.*, vol. 69, pp. 43–51, 2019.
- [87] C. Jacinto, C. G. Soares, F. Tiago, and S. A. Silva, "The Recording, Investigation and Analysis of Accidents at Work (RIAAT) process," *Policy Pract. Heal. Saf.*, vol. 9, no. 1, pp. 57–77, 2011.
- [88] Y. S. Kim, Y. H. Cho, O. J. Kwon, S. W. Choi, and K. Y. Rhee, "The Risk Rating System for Noise-induced Hearing Loss in Korean Manufacturing Sites Based on the 2009 Survey on Work Environments," *Saf. Health Work*, vol. 2, no. 4, pp. 336–347, 2011.
- [89] Y. Zhao *et al.*, "Machine Learning Models for the Hearing Impairment Prediction in Workers Exposed to Complex Industrial Noise," *Ear Hear.*, p. 1, 2018.
- [90] B. Kaassis and A. Badri, "Development of a Preliminary Model for Evaluating Occupational Health and Safety Risk Management Maturity in Small and Medium-Sized Enterprises," *Safety*, vol. 4, no. 1, p. 5, 2018.
- [91] L. Comberti, M. Demichela, G. Baldissone, G. Fois, and R. Luzzi, "Large Occupational Accidents Data Analysis with a Coupled Unsupervised Algorithm: The S.O.M. K-Means Method. An Application to the Wood Industry," *Safety*, vol. 4, no. 4, p. 51, 2018.
- [92] L. Ivascu and L.-I. Cioca, "Occupational Accidents Assessment by Field of Activity

- and Investigation Model for Prevention and Control,” *Safety*, vol. 5, no. 1, p. 12, 2019.
- [93] L. Sanmiquel, M. Bascompta, J. M. Rossell, H. F. Anticoi, and E. Guash, “Analysis of occupational accidents in underground and surface mining in Spain using data-mining techniques,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 15, no. 3, p. 462, Mar. 2018.
- [94] S. K. Yadav and A. Hashmi, “An Investigation of Occupational stress Classification by using Machine Learning Techniques,” *Int. J. Comput. Sci. Eng.*, vol. 6, no. 6, pp. 842–850, 2018.
- [95] A. G. Barros, J. Said, G. R. R. Gomes, and F. M. de Almeida, “Data Mining Technique for Preventional Analysis of Work Accidents,” *Int. J. Adv. Eng. Res. Sci.*, vol. 5, no. 9, pp. 22–26, 2018.
- [96] P. A. Adedeji, O. A. Olalere, O. A. Adebimpe, and S. O. Olunusi, “Neural Network Based User Interface for Accident Forecast in Manufacturing Industries,” *Int. J. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 6, pp. 73–79, 2014.
- [97] I. Mohammadfam, A. Soltanzadeh, A. Moghimbeigi, and B. A. Savareh, “Use of Artificial Neural Networks (ANNs) for the Analysis and Modeling of Factors That Affect Occupational Injuries in Large Construction Industries,” *Electron Physician*, vol. 7, no. June, pp. 1515–1522, 2015.
- [98] O. Daramola, I. Omoronyia, and G. Sindre, “Using Ontologies and Machine Learning for Hazard Identification and Safety Analysis,” no. April, 2013.
- [99] OSHA, “Hospital eTool.” .
- [100] OSHA, “Occupational Hazards in Long Term Care: Nursing Home eTool.” .
- [101] OSHA, “Hospital eTool: Expert System - Applicable Standards.” .
- [102] OSHA, “OSHA Expert Advisors | SafeCare Advisor | Occupational Safety and Health Administration.” .
- [103] CDC, “CDC - Health Care Workers - NIOSH Workplace Safety and Health Topic,” 2017. .
- [104] HSA, “Occupational Hazards in Hospital Departments - Health and Safety Authority,” 2019. .
- [105] ILO, “Occupational safety and health in the health services sector,” 2015.
- [106] WorkSafe, “Healthcare and hospitals - WorkSafe.” .

- [107] CDC, “About | NHSN | CDC,” 2019. .
- [108] nethealth.com, “Hospital Employee Health Software | Net Health,” 2018. .
- [109] alison.com, “Healthcare Workplace Safety Training Courses | Alison,” 2019. .
- [110] F. Ladstatter, E. Garrosa, C. Badea, and B. Moreno, “Application of artificial neural networks to a study of nursing burnout,” *Ergonomics*, vol. 53, no. 9, pp. 1085–1096, 2010.
- [111] F. Ladstätter, E. Garrosa, B. Moreno-Jiménez, V. Ponsoda, J. M. Reales Aviles, and J. Dai, “Expanding the occupational health methodology: A concatenated artificial neural network approach to model the burnout process in Chinese nurses,” *Ergonomics*, vol. 59, no. 2, pp. 207–221, 2016.
- [112] J. Veillard, F. Champagne, N. Klazinga, V. Kazandjian, O. A. Arah, and A. L. Guisset, “A performance assessment framework for hospitals: The WHO regional office for Europe PATH project,” *Int. J. Qual. Heal. Care*, vol. 17, no. 6, pp. 487–496, 2005.
- [113] A. K. Çelik, E. Oktay, and K. Çebi, “Analysing workplace violence towards health care staff in public hospitals using alternative ordered response models: the case of north-eastern Turkey,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 23, no. 3, pp. 328–339, 2017.
- [114] A. Jankowska, S. Czerczak, M. Kucharska, W. Wesołowski, P. Maciaszek, and M. Kupczewska-Dobecka, “Application of predictive models for estimation of health care workers exposure to sevoflurane,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 21, no. 4, pp. 471–479, 2015.
- [115] Y. H. Kim and M. H. Jung, “Effect of occupational health nursing practice on musculoskeletal pains among hospital nursing staff in South Korea,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 22, no. 2, pp. 199–206, 2016.
- [116] S. Lin, N. Chaiear, J. Khiewyoo, B. Wu, and N. P. Johns, “Preliminary Psychometric Properties of the Chinese Version of the Work-Related Quality of Life Scale-2 in the Nursing Profession,” *Saf. Health Work*, vol. 4, no. 1, pp. 37–45, 2013.
- [117] S. M. Ketelaar, K. Nieuwenhuijsen, L. Bolier, O. Smeets, and J. K. Sluiter, “Improving work functioning and mental health of health care employees using an e-mental health approach to workers’ health surveillance: Pretest-posttest study,” *Saf. Health Work*, vol. 5, no. 4, pp. 216–221, 2014.
- [118] A. Fonseca, I. Abreu, M. J. Guerreiro, C. Abreu, R. Silva, and N. Barros, “Indoor air

- quality and sustainability management-Case study in three Portuguese healthcare units,” *Sustain.*, vol. 11, no. 1, 2018.
- [119] M. Stefanovic, D. Tadic, M. Djapan, and I. Macuzic, “Software for occupational health and safety risk analysis based on a fuzzy model,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 18, no. 2, pp. 127–136, 2012.
- [120] T. Gholami, A. H. Pahlavian, M. Akbarzadeh, M. Motamedzade, and R. H. Moghaddam, “The role of burnout syndrome as a mediator for the effect of psychosocial risk factors on the intensity of musculoskeletal disorders: a structural equation modeling approach,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 22, no. 2, pp. 283–290, 2016.
- [121] W. Turnberg and W. Daniell, “Evaluation of a healthcare safety climate measurement tool,” *J. Safety Res.*, vol. 39, no. 6, pp. 563–568, 2008.
- [122] European Parliament, “Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation),” *Off. J. Eur. Union*, 2016.
- [123] K. Koklonis, M. Sarafidis, M. Vastardi, and D. Koutsouris, “Utilization of Machine Learning in Supporting Occupational Safety and Health Decisions in Hospital Workplace,” *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 11, no. 3, pp. 7262–7272, 2021.
- [124] Social Security Institution, “Circular 45/24-06-2010: Occupational Accident,” 2010.
- [125] Waikato University, “Home - Weka Wiki,” 2019. [Online]. Available: <https://waikato.github.io/weka-wiki/>. [Accessed: 30-Dec-2019].
- [126] E. Κύρκος, “Οδηγός WEKA.” 2015.
- [127] P. Bountris *et al.*, “An intelligent clinical decision support system for patient-specific predictions to improve cervical intraepithelial neoplasia detection,” *Biomed Res. Int.*, vol. 2014, 2014.
- [128] S. Chen, G. I. Webb, L. Liu, and X. Ma, “A novel selective naïve Bayes algorithm,” *Knowledge-Based Syst.*, vol. 192, p. 105361, Mar. 2020.
- [129] S. Theodoridis and K. Koutroumbas, *Pattern Recognition*, 4th ed. London: Elsevier, 2009.
- [130] M. A. Burhanuddin, R. Ismail, N. Izzaimah, A. A.-J. Mohammed, and N. Zainol, “Analysis of Mobile Service Providers Performance Using Naive Bayes Data Mining

- Technique,” *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 8, no. 6, p. 5153, 2018.
- [131] R. Duda, P. Hart, and D. G. Stork, *Pattern Classification*, 2nd ed. New York, 2001.
- [132] K. Burnham and D. Anderson, *Model Selection and Inference: A Practical Information Theoretic Approach*. New York: Springer-Verlag, 2002.
- [133] I. H. Witten and E. Frank, *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques with Java Implementations*, 2nd ed. Morgan Kaufmann, 2005.
- [134] B. D. Ripley, *Pattern Recognition and Neural Networks*. New York: Cambridge University Press, 1996.
- [135] S. I. Weiss and C. Kulikowski, *Computer Systems That Learn: Classification and Prediction Methods from Statistics, Neural Networks, Machine Learning and Expert Systems*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1991.
- [136] Π. Πασχάλη, “Πρόβλεψη του Ισομερισμού των Προλινών με χρήση Συμβολικών και Δομικών Χαρακτηριστικών,” Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 2016.
- [137] J. R. López-García, M. A. Mariscal, S. García-Herrero, and J. M. Gutiérrez, “Bayesian network analysis of the influence of labour market variables on accident rates of workers in Spain,” *Risk, Reliab. Saf. Innov. Theory Pract. - Proc. 26th Eur. Saf. Reliab. Conf. ESREL 2016*, no. June 2018, p. 267, 2017.
- [138] J. A. Hanley and B. J. McNeil, “The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve,” *Radiology*, vol. 143, no. 1, pp. 29–36, 1982.
- [139] S. A. Alvarez, “An exact analytical relation among recall, precision, and classification accuracy in information retrieval.” Boston College,” *Boston, Tech. Rep. BCCS-02-01*, pp. 1–22, 2002.
- [140] R. Burduk, “CLASSIFICATION PERFORMANCE METRIC for IMBALANCE DATA BASED on RECALL and SELECTIVITY NORMALIZED in CLASS LABELS,” *arXiv*, 2020.
- [141] Jan de Kok *et al.*, “Work-related musculoskeletal disorders: prevalence, costs and demographics in the EU,” European Agency for Safety and Health at Work, 2019.
- [142] E. Schneider, X. Irastorza, and S. Copey, “OSH in figures: Work-related musculoskeletal disorders in the EU - Facts and figures,” 2010.
- [143] Hellenic Statistical Authority, “Survey on Accidents at Work, 2018,” 2020.
- [144] T. de Jong *et al.*, *Current and emerging issues in the healthcare sector, including home and community care*. 2014.

- [145] E. Alexopoulos, “Greek and International Experience about accidents at work and occupational diseases for Hospital Workers-Guide for Assessment and Prevention of Occupational Risk,” Athens, 2007.
- [146] A. Bitsios and E. Tsigganou, “Musculoskeletal disorders in nursing staff,” *To Vima toy Asklipiou*, vol. 13, no. 3, 2014.
- [147] R. Katsoxeiraki, K. Vlasiadis, and A. Filalithis, “Burnout Factors to Nursing Staff in a General Hospital of Crete,” *HYGEIA@ERGAΣIA*, vol. 10, no. 1, pp. 23–84, 2019.
- [148] G. C. David, “Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders,” *Occupational Medicine*, vol. 55, no. 3. *Occup Med (Lond)*, pp. 190–199, May-2005.
- [149] G. Caffier, U. Steinberg, E. Liebers, and S. Behrendt, “Implementing Germany’s Load Handling decree,” *Mag. Eur. Agency Saf. Heal. Work, Light. Load*, vol. 10, pp. 8–10, 2007.
- [150] D. Schmitter, U. Steinberg, D. Trippler, and M. Wichtl, “Manual Handling of Loads - Lifting, Holding, Carrying, Pulling, Pushing - Identification and Evaluation of Hazards; Taking Measures,” *Guid. Risk Assess. Small Mediu. Enterp.*, 2010.
- [151] U. Steinberg, “New tools in Germany: Development and appliance of the first two KIM (‘lifting, holding and carrying’ and ‘pulling and pushing’) and practical use of these methods,” *Work*, vol. 41, no. SUPPL.1, pp. 3990–3996, 2012.
- [152] K. Koklonis, A. Anastasiou, O. Petropoulou, S. Pitoglou, D. Iliopoulou, and D. Koutsouris, “Utilizing Key Item Method to Manage Musculoskeletal Disorders in a Hospital Workplace,” in *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 2019, vol. 2019, pp. 3420–3423.
- [153] Β. Τσαμκόσογλου, “Μυοσκελετικά προβλήματα στο νοσοκομειακό περιβάλλον εργασίας: Ηλεκτρονική εφαρμογή μοντέλου Key Item Method (KIM),” Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2016.
- [154] M. Middlesworth, “Financial Burden of Musculoskeletal Disorders (MSD)|ErgoPlus,” 2015. [Online]. Available: <https://ergo-plus.com/financial-burden-of-musculoskeletal-disorders-msd/>. [Accessed: 07-Dec-2020].
- [155] P. M. Rikhardsson and M. Impgaard, “Corporate cost of occupational accidents: An activity-based analysis,” *Accid. Anal. Prev.*, vol. 36, no. 2, pp. 173–182, 2004.



- [156] E. H. Yelin, M. Cisternas, and S. I. Watkins-Castillo, “The Burden of Musculoskeletal Diseases in the United States,” 2014. [Online]. Available: <https://www.boneandjointburden.org/print/book/export/html/975>. [Accessed: 07-Dec-2020].
- [157] A. Strzelecka, M. Pytel-Kopczyńska, and M. Droppa, “Accident at Work as an Indicator Supporting the Decision Making Process,” *Syst. Saf. Hum. - Tech. Facil. - Environ.*, vol. 1, no. 1, pp. 85–95, Mar. 2019.
- [158] R. Wynne, “The Costs and Benefits of Occupational Safety and Health,” 1999.
- [159] C. C. Ossler, “Cost-Benefit and Cost-Effectiveness Analysis in Occupational Health,” no. January, pp. 33–37, 1984.
- [160] European Agency for Safety and Health at Work, “Good OSH is good for business,” 2020. [Online]. Available: <https://osha.europa.eu/en/themes/good-osh-is-good-for-business>. [Accessed: 07-Dec-2020].
- [161] H. Pasma, “Costs of Accidents, Costs of Safety, Risk-Based Economic Decision Making,” in *Risk Analysis and Control for Industrial Processes - Gas, Oil and Chemicals*, Elsevier, 2015, pp. 383–406.
- [162] P. Rikhardsson, “Accounting for health and safety costs: Review and comparison of selected methods,” in *Sustainability Accounting and Reporting*, Springer Netherlands, 2006, pp. 129–151.
- [163] T. Nagata *et al.*, “Development of cost estimation tools for total occupational safety and health activities and occupational health services: Cost estimation from a corporate perspective,” *J. Occup. Health*, vol. 56, no. 3, pp. 215–224, 2014.
- [164] G. L. L. Reniers and T. Brijs, “An overview of cost-benefit models/tools for investigating occupational accidents,” *Chem. Eng. Trans.*, vol. 36, pp. 43–48, 2014.
- [165] OSHA, “Safety Pays Program,” 2020. [Online]. Available: <https://www.osha.gov/safetypays/>. [Accessed: 12-Dec-2020].
- [166] WORKSAFEBBC, “Workplace Incident Cost Calculator,” 2020. [Online]. Available: [http://worksafebcmedia.com/media/calculators\\_html5/wicc/index.html?\\_ga=2.119137033.1085263397.1607416498-1583588337.1526895758](http://worksafebcmedia.com/media/calculators_html5/wicc/index.html?_ga=2.119137033.1085263397.1607416498-1583588337.1526895758). [Accessed: 12-Dec-2020].
- [167] R. Amador-Rodezno, “An overview to CERSSO’s self evaluation of the cost-benefit on the investment in occupational safety and health in the textile factories: ‘a step by

- step methodology,” in *Journal of Safety Research*, 2005, vol. 36, no. 3, pp. 215–229.
- [168] E. Pellicer, G. I. Carvajal, M. C. Rubio, and J. Catalá, “A method to estimate occupational health and safety costs in construction projects,” *KSCE J. Civ. Eng.*, vol. 18, no. 7, pp. 1955–1965, Oct. 2014.
- [169] D. G. G. Ramos, P. M. Arezes, and P. Afonso, “Cost-benefit analysis in occupational health and safety,” no. June 2014, pp. 534–538, 2011.
- [170] I. Thiede and M. Thiede, “Quantifying the costs and benefits of occupational health and safety interventions at a Bangladesh shipbuilding company,” *Int. J. Occup. Environ. Health*, vol. 21, no. 2, pp. 127–136, Mar. 2015.
- [171] S. Taimela *et al.*, “An occupational health intervention programme for workers at high risk for sickness absence. Cost effectiveness analysis based on a randomised controlled trial,” *Occup. Environ. Med.*, vol. 65, no. 4, pp. 242–248, Apr. 2008.
- [172] V. Camisa *et al.*, “Return on investment (ROI) and development of a workplace disability management program in a hospital—a pilot evaluation study,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 21, pp. 1–16, 2020.
- [173] J. A. Morris and P. S. Smith, “Demonstrating the cost effectiveness of an expert occupational and environmental health nurse: Application of AAOHN’s success tools,” *AAOHN J.*, vol. 49, no. 12, pp. 547–556, 2001.
- [174] A. Grimani, G. Bergström, M. I. R. Casallas, E. Aboagye, I. Jensen, and M. Lohela-Karlsson, “Economic Evaluation of Occupational Safety and Health Interventions From the Employer Perspective,” *J. Occup. Environ. Med.*, vol. 60, no. 2, pp. 147–166, Feb. 2018.
- [175] C. M. Benaards, J. E. Bosmans, V. H. Hildebrandt, M. W. Van Tulder, and M. W. Heymans, “The cost-effectiveness of a lifestyle physical activity intervention in addition to a work style intervention on recovery from neck and upper limb symptoms and pain reduction in computer workers,” *Occup. Environ. Med.*, vol. 68, no. 4, pp. 265–272, Apr. 2011.
- [176] P. M. Herman, O. Szczurko, K. Cooley, and E. J. Mills, “Cost-effectiveness of naturopathic care for chronic low back pain,” *Altern. Ther. Health Med.*, vol. 14, no. 2, pp. 32–39, 2008.
- [177] L. Shi, “A cost-benefit analysis of a California county’s back injury prevention program,” *Public Health Rep.*, vol. 108, no. 2, pp. 204–211, 1993.

- [178] P. J. Tuchin, “SPINAL CARE EDUCATION AS A PREVENTATIVE STRATEGY FOR OCCUPATIONAL HEALTH & SAFETY: A New Role for Chiropractors.,” *Australas. Chiropr. Osteopat.*, vol. 7, no. 1, pp. 8–14, 1998.
- [179] J. M. Versloot, A. Rozeman, A. M. Van Son, and P. F. Van Akkerveeken, “The cost-effectiveness of a back school program in industry: A longitudinal controlled field study,” *Spine (Phila. Pa. 1976)*, vol. 17, no. 1, pp. 22–27, 1992.
- [180] C. Carroll, J. Rick, H. Pilgrim, J. Cameron, and J. Hillage, “Workplace involvement improves return to work rates among employees with back pain on long-term sick leave: A systematic review of the effectiveness and cost-effectiveness of interventions,” *Disability and Rehabilitation*, vol. 32, no. 8. Disabil Rehabil, pp. 607–621, 2010.
- [181] S. J. Vermeulen, J. R. Anema, A. J. M. Schellart, W. Van Mechelen, and A. J. Van Der Beek, “Intervention mapping for development of a participatory return-to-work intervention for temporary agency workers and unemployed workers sick-listed due to musculoskeletal disorders,” *BMC Public Health*, vol. 9, pp. 1–15, 2009.
- [182] M. T. Driessen, J. R. Anema, K. I. Proper, P. M. Bongers, and A. J. V. Der Beek, “Stay@Work: Participatory Ergonomics to prevent low back and neck pain among workers: Design of a randomised controlled trial to evaluate the (cost-)effectiveness,” *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 9, no. March 2015, 2008.
- [183] G. L. L. Reniers and K. Sørensen, “An Approach for Optimal Allocation of Safety Resources: Using the Knapsack Problem to Take Aggregated Cost-Efficient Preventive Measures,” *Risk Anal.*, vol. 33, no. 11, pp. 2056–2067, Nov. 2013.
- [184] G. Reniers and T. Brijs, “Major accident management in the process industry: An expert tool called CESMA for intelligent allocation of prevention investments,” *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 92, no. 6, pp. 779–788, 2014.
- [185] S. Roy and A. Gupta, “Safety investment optimization in process industry: A risk-based approach,” *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 63, no. May 2019, p. 104022, 2020.
- [186] J. B. Linhard, “Understanding the return on health, safety and environmental investments,” in *Journal of Safety Research*, 2005, vol. 36, no. 3, pp. 257–260.
- [187] L. A. Cox, “Evaluating and improving risk formulas for allocating limited budgets to expensive risk-reduction opportunities,” *Risk Anal.*, vol. 32, no. 7, pp. 1244–1252, Jul. 2012.

- [188] G. Janačković, S. Savić, and M. Stanković, “Multi-Criteria Decision Analysis in Occupational Safety Management Systems,” *Saf. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–22, 2011.
- [189] A. Targoutzidis *et al.*, *The business case for safety and health at work : cost-benefit analyses of interventions in small and medium-sized enterprises*. 2014.
- [190] M. Yazdi, A. Nedjati, and R. Abbassi, “Fuzzy dynamic risk-based maintenance investment optimization for offshore process facilities,” *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 57, pp. 194–207, Jan. 2019.
- [191] G. N. Ferrari, G. C. L. Leal, E. V. C. Galdamez, and R. C. T. de Souza, “Prioritization of occupational health and safety indicators using the Fuzzy-AHP method,” *Production*, vol. 30, 2020.
- [192] G. Jimenez-Delgado *et al.*, “Improving the performance in occupational health and safety management in the electric sector: An integrated methodology using fuzzy multicriteria approach,” in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2020, vol. 12199 LNCS, pp. 130–158.
- [193] A. Silvestri, F. De Felice, and A. Petrillo, “Multi-criteria risk analysis to improve safety in manufacturing systems,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 50, no. 17, pp. 4806–4821, Sep. 2012.
- [194] A. C. Caputo, P. M. Pelagagge, and M. Palumbo, “Economic optimization of industrial safety measures using genetic algorithms,” *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 24, no. 5, pp. 541–551, 2011.
- [195] B. Efe, M. Kurt, and Ö. F. Efe, “An integrated intuitionistic fuzzy set and mathematical programming approach for an occupational health and safety policy,” *Gazi Univ. J. Sci.*, vol. 30, no. 2, pp. 73–95, 2017.
- [196] B. Efe, M. Kurt, and Ö. F. Efe, “Hazard analysis using a Bayesian network and linear programming,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 26, no. 3, pp. 573–588, Jul. 2020.
- [197] H. Squires, J. Rick, C. Carroll, and J. Hillage, “Cost-effectiveness of interventions to return employees to work following long-term sickness absence due to musculoskeletal disorders,” *J. Public Health (Bangkok)*, vol. 34, no. 1, pp. 115–124, 2012.
- [198] K. Koklonis, M. Sarafidis, M. Vastardi, S. Philippakis, and D. Koutsouris, “Managing the Intervention Costs of Musculoskeletal Disorders in the Hospital Workplace,” *IISE*

- Trans. Occup. Ergon. Hum. Factors*, no. Under Revision, 2021.
- [199] G. B. Dantzig, "Linear Programming," *Oper. Res.*, vol. 50, no. 1, pp. 42–47, 2002.
- [200] Y. Siskos, *Linear Programming*. Athens: NEW TECH-PUB, 2000.
- [201] M. Soler-Font *et al.*, "Multifaceted intervention for the prevention and management of musculoskeletal pain in nursing staff: Results of a cluster randomized controlled trial," *PLoS One*, vol. 14, no. 11, 2019.
- [202] D. Van Eerd *et al.*, "Effectiveness of workplace interventions in the prevention of upper extremity musculoskeletal disorders and symptoms: An update of the evidence," *Occup. Environ. Med.*, vol. 73, no. 1, pp. 62–70, 2016.
- [203] K. Van den Broek, "Prevention strategies for MSDs in the healthcare sector," 2020. [Online]. Available: [https://oshwiki.eu/wiki/Prevention\\_strategies\\_for\\_MSDs\\_in\\_the\\_healthcare\\_sector](https://oshwiki.eu/wiki/Prevention_strategies_for_MSDs_in_the_healthcare_sector). [Accessed: 18-Dec-2020].