

Ανάλυση Κινδύνου και Ανθρώπινοι Παράγοντες

Μία συνοπτική εισαγωγή

Α
θ
ή
ν
α

2
0
2
6



ΕΛΙΝΥΑΕ

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάλυση Κινδύνου και Ανθρώπινοι Παράγοντες. Μία συνοπτική εισαγωγή

ISBN: 978-960-6818--56-1

Α΄ Έκδοση: Φεβρουάριος 2026

© Ελληνικό Ινστιτούτο Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία

Θειρσίου 6, 104 45 ΑΘΗΝΑ

Τηλ.: 210 82 00 100

Email: info@elinyae.gr

Internet: <http://www.elinyae.gr>

Σελιδοποίηση, επιμέλεια έκδοσης: Εβίτα Καταγή, Τομέας Υποστηρικτικών Υπηρεσιών
ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.

Δεν επιτρέπεται η αναπαραγωγή μέρους ή όλου του εντύπου, με οποιονδήποτε τρόπο, χωρίς αναφορά της πηγής.

ΔΙΑΝΕΜΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. • ΔΕΝ ΕΠΙΤΡΕΠΕΤΑΙ Η ΠΩΛΗΣΗ ΑΠΟ ΤΡΙΤΟΥΣ

**Ανάλυση Κινδύνου
και
Ανθρώπινοι Παράγοντες**

Μία συνοπτική εισαγωγή

Δρ Αντώνης Ταργουζίδης

Μηχανολόγος Μηχανικός

Υπεύθυνος Σχεδιασμού και Συντονισμού ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	7
2. Κίνδυνος.....	8
3. Ανάλυση Κινδύνου.....	12
3.1 Μοντέλα ατυχημάτων.....	12
3.1.1 Προσέγγιση διαδοχής.....	13
3.1.2 Επιδημιολογική προσέγγιση.....	16
3.1.3 Συστημική προσέγγιση.....	18
3.1.4 Συγκριτικό παράδειγμα.....	22
3.2 «Δέντρα».....	26
3.2.1 Δέντρο σφαλμάτων.....	27
3.2.2 Δέντρο γεγονότων.....	29
3.2.3 Bowtie.....	32
3.2.4 Δέντρα αποφάσεων.....	33
3.3 Τεχνικές και μεθοδολογίες.....	35
4. Ανθρώπινοι παράγοντες.....	46
4.1 Γενικά.....	46
4.2 Αισθήσεις.....	49
4.2.1 Όραση.....	50
4.2.2 Ακοή.....	52
4.2.3 Οι υπόλοιπες αισθήσεις.....	53
4.3 Εντοπισμός και αντίληψη.....	54

4.3.1 Εντοπισμός	55
4.3.2 Αντίληψη	60
4.4 Κατανόηση	64
4.5 Λήψη αποφάσεων	66
4.5.1 Κανονιστική οπτική.....	66
4.5.2 Υποκειμενική οπτική.....	68
4.5.3 Νατουραλιστική οπτική.....	75
4.6 Εκτέλεση	76
4.6.1 Σχεδιασμός και επίλυση προβλημάτων	76
4.6.2 Νοητικό φορτίο	78
4.7 Τεχνικές και μεθοδολογίες	82
5. Ανθρώπινη αξιοπιστία – Ανθρώπινο λάθος.....	87
5.1 Συμπεριφοριστική προσέγγιση	87
5.2 Πλαισιακή προσέγγιση.....	88
5.3 Γνωστική προσέγγιση	89
5.4 Κοινωνικο-τεχνική προσέγγιση	90
5.5 Μοντέλα 2ης γενιάς.....	91
5.6 Τεχνικές και Μεθοδολογίες	92
6. Αναφορές.....	96

1. Εισαγωγή

Η ανάλυση του κινδύνου είναι ο εντοπισμός όλων των ενδεχομένων και των παραμέτρων που αφορούν έναν κίνδυνο. Είναι μία απαιτητική διαδικασία, και για το λόγο αυτό συνήθως την εφαρμόζουμε μόνο σε έναν περιορισμένο αριθμό κινδύνων που τους αναγνωρίζουμε ως κρίσιμους ή ιδιαίτερα σημαντικούς, και όχι στο σύνολο των κινδύνων που μπορεί να υπάρχουν σε ένα χώρο, όπως γίνεται για παράδειγμα με τη γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου.

Σκοπός του βιβλίου αυτού είναι να εισάγει όσους ασχολούνται με τον επαγγελματικό κίνδυνο, στις ειδικές τεχνικές και προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση του κινδύνου, χωρίς να εστιάζει στις τεχνικές λεπτομέρειες του κάθε κινδύνου (είδος εργασίας, ατυχήματος ή βλαπτικού παράγοντα). Αν και η διαδικασία αυτή δεν περιλαμβάνεται στα συνήθη καθήκοντα ενός Τεχνικού Ασφαλείας, είναι σημαντικό να έχει μια γενική γνώση και κατανόηση των βασικών αρχών και μοντέλων που χρησιμοποιούνται.

Το βιβλίο αυτό επιχειρεί να παρουσιάσει συνοπτικά και ταυτόχρονα, τόσο την τεχνική, όσο και την ανθρώπινη πλευρά, καθώς είναι απαραίτητο να εξεταστούν σφαιρικά και οι δύο για την κατανόηση του επαγγελματικού κινδύνου. Βέβαια, τα πεδία αυτά είναι πολύ εκτεταμένα και γι' αυτό, το εισαγωγικό αυτό βιβλίο δεν προσπαθεί να παρουσιάσει εξαντλητικά την κάθε τεχνική, αλλά να βοηθήσει τον αναγνώστη να αποκτήσει μία αρχική κατανόηση του αντικειμένου.

Δεν μπορεί να υπάρξει ένα μοναδικό και ολιστικό μοντέλο για την ανάλυση του κινδύνου. Αντίθετα, υπάρχει ένα πλήθος τεχνικών, οι περισσότερες από τις οποίες συνοψίζονται ενημερωτικά σε ειδικές παραγράφους. Η διαδοχική σειρά με την οποία παρουσιάζονται οι τεχνικές και οι προσεγγίσεις, δε σημαίνει ότι κάποια απορρίφθηκε ή ξεπεράστηκε από την επόμενη. Για κάθε τεχνική, υπάρχει ένα συγκεκριμένο πλαίσιο συνθηκών το οποίο μπορεί να περιγράψει και όπου είναι αποτελεσματική, και άλλα πλαίσια όπου δεν είναι κατάλληλη. Έτσι, είναι σημαντικό, αυτός που αναλύει τον κίνδυνο, να γνωρίζει τις τεχνικές που υπάρχουν, και να επιλέγει κάθε φορά αυτήν που ανταποκρίνεται στην κατάσταση που έχει να αντιμετωπίσει.

Το βιβλίο ξεκινά με μία σύντομη αναφορά στην έννοια του κινδύνου. Συνεχίζει με τις γενικές προσεγγίσεις για την ανάλυση του κινδύνου ενός συστήματος. Παρουσιάζονται αναλυτικά (μέσω παραδειγμάτων) οι πλέον διαδεδομένες τεχνικές, και συνοπτικά οι υπόλοιπες. Ακολουθεί η εξέταση της επίδρασης των ανθρώπινων παραγόντων στον κίνδυνο, όπου και πάλι παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι γενικές προσεγγίσεις και σε σύνοψη, οι επί μέρους τεχνικές. Για λόγους απλότητας, γίνεται εκτεταμένη χρήση παραδειγμάτων (με το ρίσκο να μην είναι όλα εύστοχα).

2. Κίνδυνος

Σε κανέναν μας δεν είναι άγνωστη η έννοια του κινδύνου. Κανείς μας, όμως, δεν γνωρίζει και τον ακριβή ορισμό της έννοιας αυτής. Προφανώς γιατί δεν υπάρχει. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλοί ορισμοί για τον κίνδυνο (μερικοί έχουν συλλεχθεί από τους Aven & Renn 2010), οι οποίοι διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Φυσικά, δεν είναι σκοπός του βιβλίου αυτού να καταλήξει σε έναν ορισμό για τον κίνδυνο, ούτε και να εμβαθύνει στις διάφορες θεωρίες για τη φύση του. Είναι, όμως, απαραίτητο να ξεκαθαρίσουμε κάποιες βασικές πλευρές αυτού που τελικά καλούμαστε να αναλύσουμε.

Σε κάθε περίπτωση, ο κίνδυνος δεν είναι μία αναμφισβήτητη πραγματικότητα (όπως π.χ. είναι ένα ατύχημα), αλλά μία σκέψη που βρίσκεται (ακόμα) στο μυαλό μας. Άρα, δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι τον υπολογίζουμε σωστά, ούτε μπορούμε να περιμένουμε να συμφωνούν όλοι με τον υπολογισμό μας.

Ο κίνδυνος έχει δύο διαστάσεις. Αφενός την αβεβαιότητα (δεν είναι κίνδυνος κάτι που είμαστε σίγουροι ότι συνέβη ή ότι θα συμβεί) και τις συνέπειες (δεν είναι κίνδυνος κάθε τι αβέβαιο που μπορεί να μη μας αφορά καν). Παρόλο που οι άνθρωποι είμαστε αρκετά ικανοί στο να συγκρίνουμε πράγματα σε μία διάσταση (π.χ. είναι συχνότερες οι πυρκαγιές από τις πανδημίες, ή μια πανδημία έχει μεγαλύτερες συνέπειες από μία πυρκαγιά), είναι δύσκολο να συγκρίνουμε σε δύο διαστάσεις (είναι μεγαλύτερος κίνδυνος οι πυρκαγιές ή οι πανδημίες;)

Η διαχείριση των κινδύνων, λοιπόν, είναι μία δύσκολη υπόθεση και απαιτεί σε πολλές περιπτώσεις να κάνουμε κατάλληλη ανάλυση, αν οι αποφάσεις που πρέπει να πάρουμε είναι σημαντικές. Γιατί σκοπός της διαχείρισης κινδύνων είναι η λήψη αποφάσεων, και οι αποφάσεις χρειάζονται μόνο αν υπάρχει κίνδυνος. Μπορεί, όμως, να είμαστε σε κίνδυνο χωρίς να το γνωρίζουμε; Μπορεί να είμαστε σε κίνδυνο χωρίς να υφίσταται πραγματικά η απειλή που πιστεύουμε ότι υπάρχει; Οι απαντήσεις στις δύο αυτές ερωτήσεις είναι σημαντικές για να καθορίσουμε τι ακριβώς είναι ο κίνδυνος που αναλύουμε.

Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις που απαντούν με διαφορετικό τρόπο στα ερωτήματα αυτά. Η «ρεαλιστική» (“realist”) προσέγγιση, θεωρεί ότι ο κίνδυνος είναι μία αντικειμενική και υπαρκτή απειλή, την οποία μπορεί να γνωρίζουμε, αλλά μπορεί και όχι. Από την άλλη πλευρά, η «κονστροκτουβιστική» (“constructivist”) προσέγγιση θεωρεί ότι ο κίνδυνος είναι η κατάσταση στην οποία βρισκόμαστε όταν αναγνωρίζουμε μια απειλή, αλλά δεν γνωρίζουμε αν θα προκύψει. Είναι, δηλαδή, μια ανθρώπινη κατάσταση στην οποία νιώθουμε ότι πρέπει να πάρουμε αποφάσεις, και όχι μία αντικειμενική πραγματικότητα (είτε η απειλή υπάρχει στην πραγματικότητα, είτε όχι).

Δυστυχώς, σε τόσο κοινά θέματα, όπως ο κίνδυνος, η ορολογία συνήθως δεν είναι ακριβής και ο καθένας χρησιμοποιεί όρους με το δικό του τρόπο. Μπορούμε, όμως, να διακρίνουμε δύο έν-

νοιες (ασχέτως αν οι όροι που χρησιμοποιούνται γι' αυτές συχνά διαφέρουν). Η μία έννοια είναι ο κίνδυνος (στα αγγλικά "danger") που περιγράφει ένα αντικειμενικό ενδεχόμενο που θα έχει αρνητικές συνέπειες. Η άλλη έννοια είναι το ρίσκο (στα αγγλικά "risk"), η οποία περιγράφει την ανθρώπινη κατάσταση στην οποία βρισκόμαστε όταν αισθανόμαστε ότι απειλούμαστε, δηλαδή ότι βρισκόμαστε σε κίνδυνο. Την κατάσταση στην οποία θα πρέπει να πάρουμε αποφάσεις (αν μπορούμε). Και η κατάσταση αυτή είναι, φυσικά, υποκειμενική.

Εμείς, όμως, ποιο από τα δύο πρέπει να αναλύσουμε και να διαχειριστούμε; Κάποιος θα μπορούσε να πει ότι στόχος μας είναι να αντιμετωπιστούν οι αντικειμενικές απειλές και όχι η αίσθηση των ανθρώπων για αυτές, άρα ο κίνδυνος και όχι το ρίσκο. Αυτόν, όμως, δεν μπορούμε να τον γνωρίζουμε με βεβαιότητα, άρα αυτό που πραγματικά διαχειριζόμαστε, είναι ο κίνδυνος που νιώθουμε εμείς και οι υπόλοιποι ότι υπάρχει, δηλαδή το ρίσκο. Αξιολογούμε τους κινδύνους με τιμές που αποδίδονται, όχι από ακριβή στατιστικά στοιχεία (που συνήθως δεν υπάρχουν ή μπορεί να είναι παρωχημένα), αλλά από «κρίσεις ειδικών» (expert judgements), οι οποίες βασίζονται μεν σε τέτοια στοιχεία, αλλά (υποκειμενικά) αξιολογημένα. Οι αξιολογήσεις αυτές μπορεί να είναι λογικές, αλλά σίγουρα εμπεριέχουν και υποκειμενικότητα.

Μπορεί, λοιπόν, να υπάρχει κίνδυνος χωρίς να το γνωρίζουμε (άρα χωρίς εμείς να βρισκόμαστε σε ρίσκο) ή να νομίζουμε ότι υπάρχει κίνδυνος (άρα να βρισκόμαστε σε ρίσκο) χωρίς ο κίνδυνος να υπάρχει στην πραγματικότητα. Ή, συνηθέστερα, να υπάρχει κίνδυνος που δεν μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια, άρα το ρίσκο μας είναι διαφορετικό από αυτό που «θα έπρεπε» για το συγκεκριμένο κίνδυνο. Σε κάθε περίπτωση, η διαχείριση κινδύνου γίνεται για να πάρουμε αποφάσεις, και αυτό γίνεται πάντα και μόνο όταν βρισκόμαστε σε ρίσκο. Δεν αναλύουμε απειλές που δεν αναγνωρίζουμε, αλλά απειλές που αναγνωρίζουμε (ακόμη και αν στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν).

Άλλωστε, όπως αναφέρθηκε, δεν μπορούμε να έχουμε την απαίτηση να γίνεται καθολικά αποδεκτή η δική μας ανάλυση για τον κίνδυνο. Επίσης, η διαχείριση του κινδύνου δεν γίνεται «εν λευκώ» (όπως εμείς κρίνουμε), αλλά σε ένα υφιστάμενο πλαίσιο (νομικό, ηθικό, οικονομικό, πολιτιστικό, κλπ.) Κάθε σχεδιασμός εκτός του πλαισίου αυτού είναι ανεπαρκής και ανέφικτος. Για παράδειγμα, είμαστε νομικά υποχρεωμένοι να περιφράσσουμε μία υπερυψωμένη επιφάνεια, ακόμη και αν θεωρούμε ότι δεν υπάρχει κίνδυνος πτώσης από αυτήν.

Άρα, τελικά, αυτό που μπορούμε και καλούμαστε να διαχειριστούμε είναι το ρίσκο. Ίσως γι' αυτό, ο όρος που επικρατεί στα αγγλικά για την εκτίμηση και διαχείριση του κινδύνου είναι το risk και όχι το danger. Επειδή, όμως, στην ελληνική ορολογία έχει επικρατήσει ο όρος «κίνδυνος», θα συνεχίσουμε κι εμείς να τον χρησιμοποιούμε (υπό την έννοια του ρίσκου). Αυτό, γιατί ο όρος του «ρίσκου» στα ελληνικά έχει ταυτιστεί με την επιδίωξη επικίνδυνων συμπεριφορών.

Μία ακόμη διάκριση στον τρόπο που βλέπουμε τον κίνδυνο έχει να κάνει με την αντίληψή μας για την αβεβαιότητα, η οποία, όπως αναφέρθηκε, είναι η μία από τις δύο παραμέτρους του κινδύνου. Δηλαδή, αν η αβεβαιότητα είναι κάτι πραγματικό (μια σταθερή φυσική μεταβλητότητα), ή απλώς αντικατοπτρίζει την άγνοιά μας (άρα μπορεί να αλλάξει, όσο περισσότερα μαθαίνουμε).

Σύμφωνα με τη «συχνοτική» ή "aleatory" (aleator = ο ρίπτης ζαριών) προσέγγιση, υπάρχει μία φυσική διακύμανση στον τρόπο με τον οποίο προκύπτουν τα διάφορα γεγονότα. Για παράδειγμα, αν στρίψουμε ένα κέρμα, τότε η κάθε πλευρά έχει 50% πιθανότητα, ή αλλιώς, αν στρίψουμε το κέρμα πολλές φορές, τις μισές φορές θα έρθει κορώνα και τις μισές γράμματα. Το ίδιο συμβαίνει και με πιο πολύπλοκες καταστάσεις, όπως ένα ατύχημα. Δηλαδή, τα διάφορα

γεγονότα έχουν μία αντικειμενική πιθανότητα να συμβούν. Ακόμη και αν εμείς δεν την ξέρουμε με ακρίβεια, η πιθανότητα είναι εκεί και περιμένει να την υπολογίσουμε.

Αντίθετα, σύμφωνα με την «επιστημική» (ή Bayesian) προσέγγιση, δεν υπάρχει τέτοια φυσική μεταβλητότητα. Η πλευρά που θα έρθει το κέρμα, εξαρτάται από το ύψος που βρίσκεται, τη δύναμη και την απόσταση που το στρίβουμε, την αντίσταση του αέρα, και όλες τις φυσικές παραμέτρους, οι οποίες καθορίζουν ποια πλευρά θα βρεθεί από πάνω. Αν τις γνωρίζαμε, θα μπορούσαμε κάθε φορά να προβλέψουμε με ακρίβεια το αποτέλεσμα. Επειδή, όμως, δεν μπορούμε, αυτό που κάνουμε είναι να παρατηρούμε τη συχνότητα του όλου φαινομένου για να μπορούμε πιο εύκολα να κάνουμε προβλέψεις. Πρέπει να σημειώσουμε ότι, ενώ πριν συμβεί ένα ατύχημα, μπορεί να αναφερόμαστε σε πιθανότητες, αυτό δεν είναι αποδεκτό μετά, καθώς ακολουθεί αυτοψία και όλες οι παράμετροι αναλύονται και οδηγούν στον τρόπο που συνέβη το ατύχημα, χωρίς να υπάρχει χώρος για το τυχαίο.

Υπάρχουν, λοιπόν, τεχνικές που βασίζονται σε απόλυτες πιθανότητες τις οποίες αναλύουν, καθώς και τεχνικές που εξετάζουν ενδιάμεσα αίτια που λειτουργούν με ντετερμινιστικό τρόπο (δηλαδή με βεβαιότητα σε όλες τις περιπτώσεις – χωρίς πιθανότητες).

Και πάλι, λοιπόν, ποια προσέγγιση της αβεβαιότητας θα πρέπει να ακολουθήσουμε εμείς; Αυτό εξαρτάται από τον κίνδυνο. Για τους πολλούς, απλούς και τετριμμένους κινδύνους (π.χ. γλιστρήματα, παραπατήματα, κλπ.) που περιγράφουμε στη γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου, μας αρκεί μία “aleatory” εκτίμηση της πιθανότητας (π.χ. μέσω της συχνότητας). Για τους κρίσιμους, όμως, κινδύνους, για τους οποίους γίνεται ανάλυση, μία τέτοια εκτίμηση δεν είναι επαρκής. Για παράδειγμα, δεν είναι επαρκής η μέση ετήσια πιθανότητα πυρκαγιάς στη χώρα. Χρειαζόμαστε την πιθανότητα σε συγκεκριμένα σημεία, συγκεκριμένες μετεωρολογικές συνθήκες και συγκεκριμένες καταστάσεις, για να δράσουμε ανάλογα. Εκεί, καταλληλότερη είναι η Bayesian προσέγγιση.

Αξίζει εδώ να σημειώσουμε ότι μπορεί να χρειαστεί να διαχειριστούμε καταστάσεις με διαφορετικά επίπεδα αβεβαιότητας, άρα και διαφορετικά είδη κινδύνου. Τα επίπεδα αυτά μπορεί να είναι (Stirling, 2003):

- Στοχαστική αβεβαιότητα. Πρόκειται για την περίπτωση όπου γνωρίζουμε όλες τις πιθανές εκβάσεις και τις πιθανότητές τους, αλλά δε γνωρίζουμε το πότε θα προκύψει η κάθε μία, όπως σε ένα κέρμα, όπου γνωρίζουμε ότι υπάρχουν μόνο δύο πλευρές με τις ίδιες πιθανότητες, αλλά δε γνωρίζουμε το αποτέλεσμα της επόμενης ρίψης. Τέτοιο παράδειγμα στον εργασιακό κίνδυνο είναι η εκτέλεση μιας απλής και επαναλαμβανόμενης εργασίας, όπως η κοπή ενός τεμαχίου ή η διαλογή από έναν ιμάντα. Γνωρίζουμε από την εμπειρία μας τι είδους ατυχήματα μπορούν να συμβούν και πόσο συχνά, αλλά δεν μπορούμε να γνωρίζουμε πότε θα συμβεί το καθένα.
- Κλασική αβεβαιότητα. Είναι η περίπτωση όπου γνωρίζουμε όλες τις πιθανές εκβάσεις, αλλά δε γνωρίζουμε πόσο πιθανή είναι η καθμία, ούτε βέβαια και πότε θα προκύψει. Τέτοιο παράδειγμα είναι ο καιρός που θα επικρατήσει μετά από αρκετές μέρες, όπου γνωρίζουμε όλα τα πιθανά είδη καιρού, αλλά όχι και το πόσο πιθανό είναι το καθένα. Αντίστοιχο παράδειγμα στον εργασιακό κίνδυνο είναι μία όχι συνηθισμένη εργασία, η οποία γίνεται σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον (π.χ. η συντήρηση ενός μηχανήματος). Γνωρίζουμε τα πιθανά ατυχήματα, αλλά όχι και πόσο πιθανό είναι το να συμβεί το καθένα.

- **Επιστημική άγνοια.** Είναι η περίπτωση όπου δε γνωρίζουμε όλες τις πιθανές εκβάσεις, άρα ούτε και την πιθανότητα της κάθε μίας (π.χ. ποια θα είναι η μορφή των τηλεπικοινωνιών στον επόμενο αιώνα). Ειδικά στον επαγγελματικό κίνδυνο, τέτοιο παράδειγμα είναι η εκτέλεση εργασιών σε άγνωστο περιβάλλον (π.χ. εγκατάσταση κεραιών σε διαφορετικά περιβάλλοντα), όπου δεν μπορούμε να γνωρίζουμε τις συνθήκες (έκθεση σε καιρικές συνθήκες, ζώα, κίνηση οχημάτων, κλπ.), άρα και τους κινδύνους. Ακραία περίπτωση της κατηγορίας αυτής είναι οι «Μαύροι Κύκνοι» (Taleb, 2007), δηλαδή η εμφάνιση καταστάσεων που αλλάζουν όλα τα δεδομένα (π.χ. η εμφάνιση της Τεχνητής Νοημοσύνης ή της πανδημίας).

Η δεύτερη παράμετρος του κινδύνου είναι οι συνέπειες, οι οποίες έχουν να κάνουν με την αξία αυτού που ενδέχεται να χάσουμε. Και σε αυτές, εύκολα καταλαβαίνουμε ότι δεν υπάρχει μία ενιαία και ακριβής τιμή, καθώς η αξία εξαρτάται από το «για ποιον», όσο και από το «πότε». Επίσης, συνδέεται και με ηθικές και νομικές πλευρές («γιατί»), οπότε δεν μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι συνέπειες έχουν μια συγκεκριμένη τιμή που περιμένει να την υπολογίσουμε αντικειμενικά.

Ο κίνδυνος, λοιπόν, δεν είναι μία ενιαία κατάσταση, ώστε να αναπτύξουμε ένα μοντέλο για να τον απεικονίσουμε και να τον διαχειριστούμε. Μπορούμε, κάθε φορά, να εστιάζουμε σε συγκεκριμένα είδη και να λαμβάνουμε υπόψη διάφορα φαινόμενα που θα μας βοηθήσουν να τον διαχειριστούμε (δηλαδή να πάρουμε αποφάσεις) στη συγκεκριμένη περίπτωση. Έτσι, στο βιβλίο αυτό, δεν προτείνεται κάποιο μοντέλο, αλλά παρουσιάζονται διάφορα μοντέλα και φαινόμενα, ώστε να μπορεί ο αναγνώστης να αναγνωρίσει διαφορετικές καταστάσεις κινδύνου, και την κατάλληλη προσέγγιση για να τις διαχειριστεί.

3. Ανάλυση κινδύνου

Η ανάλυση των κινδύνων, όπως και η διερεύνηση ατυχημάτων, έχει σαν στόχο να εντοπίσει αιτίες, και μέτρα που θα τις αντιμετωπίσουν. Παρόλο που τα ατυχήματα είναι αναμφισβήτητες πραγματικότητες, η απόδοση αιτίας είναι μία αναπόφευκτα υποκειμενική διαδικασία. Τα ενδιάμεσα συμβάντα που οδηγούν σε ένα ατύχημα είναι αντικειμενικά (και πολλά), αλλά ο χαρακτηρισμός ενός από αυτά ως αίτιο, είναι υποκειμενικός και έχει να κάνει με το τι θεωρείται κανονικό και σημαντικό και τι όχι. Για παράδειγμα, σήμερα τα μέτρα προστασίας από πτώση (π.χ. κιγκλιδώματα, εξοπλισμός, κλπ.) θεωρούνται αυτονόητα, οπότε η αιτία της πτώσης από ύψος είναι η απουσία τους. Σε παλαιότερες εποχές, όπου δεν θεωρούνταν δεδομένα, η αιτία της πτώσης ήταν η απροσεξία.

Δεν υπάρχει «σωστό» και «λάθος», ή «σημαντικό» και «ασήμαντο», που να ισχύει το ίδιο για όλους τους ανθρώπους και για όλες τις οργανώσεις. Για το λόγο αυτό, στα σημαντικά συμβάντα ή στους σημαντικούς κινδύνους απαιτείται ανάλυση, η οποία θα πρέπει να γίνεται ανάλογα με τη λογική και τις προτεραιότητες της συγκεκριμένης οργάνωσης. Άρα, μπορεί να γίνει με διαφορετική τεχνική για διαφορετικές οργανώσεις. Κάποιες τέτοιες τεχνικές θα εξεταστούν στο Κεφάλαιο αυτό.

3.1 Μοντέλα ατυχημάτων

Τα μοντέλα ατυχημάτων είναι περιγραφικά ή και υπολογιστικά μοντέλα, τα οποία επιχειρούν να απεικονίσουν ατυχήματα, δηλαδή καταστάσεις μικρής πιθανότητας και σοβαρών συνεπειών. Έχουν να κάνουν με τον τρόπο που αντιλαμβάνεται το άτομο ή η οργάνωση, την αιτιότητα των ατυχημάτων. Υπάρχουν διάφορα τέτοια μοντέλα ατυχημάτων στη βιβλιογραφία, είτε ποιοτικά, είτε ποσοτικά. Αν και υπάρχουν και διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις στη βιβλιογραφία (Katsakiori et al. 2009), ο συνηθέστερος τρόπος ταξινόμησής τους είναι σε τρεις κατηγορίες/προσεγγίσεις (Kjellén 1984, Hollnagel 2002, Huang 2007), οι οποίες αντανακλούν και διαφορετικούς τρόπους αντίληψης της αιτιότητας:

- Τα μοντέλα διαδοχής, σύμφωνα με τα οποία κάθε έκβαση είναι το αποτέλεσμα μιας αλυσίδας γεγονότων που την εξηγούν.
- Τα «επιδημιολογικά» μοντέλα που επικεντρώνουν στην ευρύτερη κατάσταση «υγείας» του συστήματος και όχι στη διαδοχή συγκεκριμένων συμβάντων. Σύμφωνα με αυτά, η πραγματική αιτία είναι η κατάσταση του συστήματος και απλώς εκδηλώνεται με τα συμβάντα.
- Τα συστημικά μοντέλα που επικεντρώνουν σε στοιχεία και υποσυστήματα, καθώς και

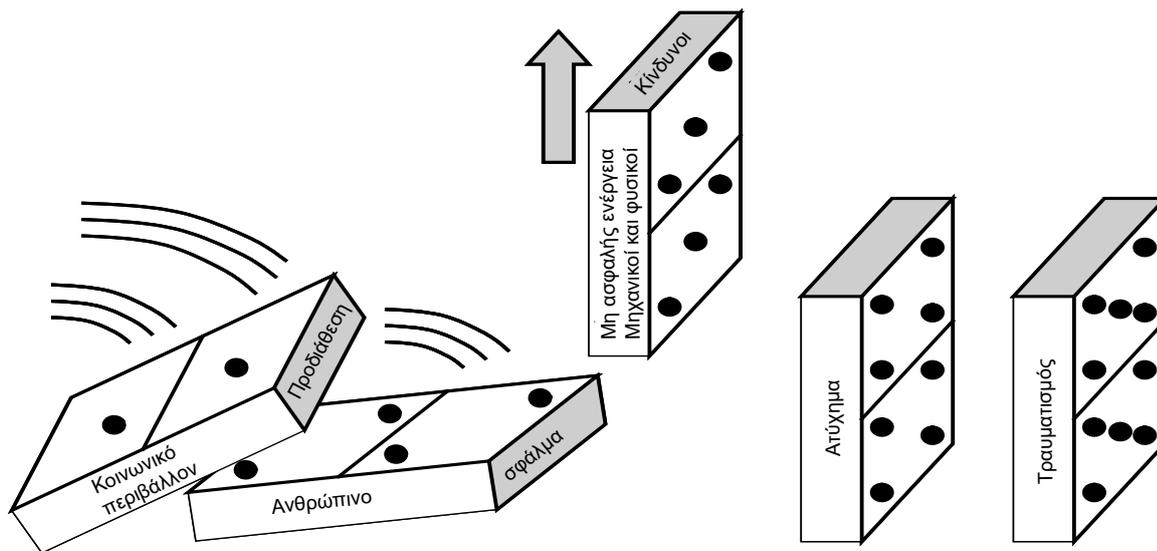
στην αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών στο σύστημα. Σύμφωνα με αυτά, τα ατυχήματα οφείλονται σε συγκεκριμένες αλληλεπιδράσεις και ανεπάρκειες στην οργάνωση, και όχι σε μεμονωμένα συμβάντα ή στην ευρύτερη «υγεία» του συστήματος.

Οι προσεγγίσεις αυτές διαφέρουν στην οπτική τους για το σύστημα και στην απόδοση αιτίου. Δεν διαφέρουν στην ουσία των συμβάντων, η οποία είναι η ίδια για κάθε αντικειμενικό παρατηρητή. Για το λόγο αυτό, μετά την παρουσίαση των τριών προσεγγίσεων, ακολουθεί η ανάλυση ενός συγκεκριμένου παραδείγματος ατυχήματος και με τις τρεις προσεγγίσεις.

3.1.1 Προσέγγιση διαδοχής

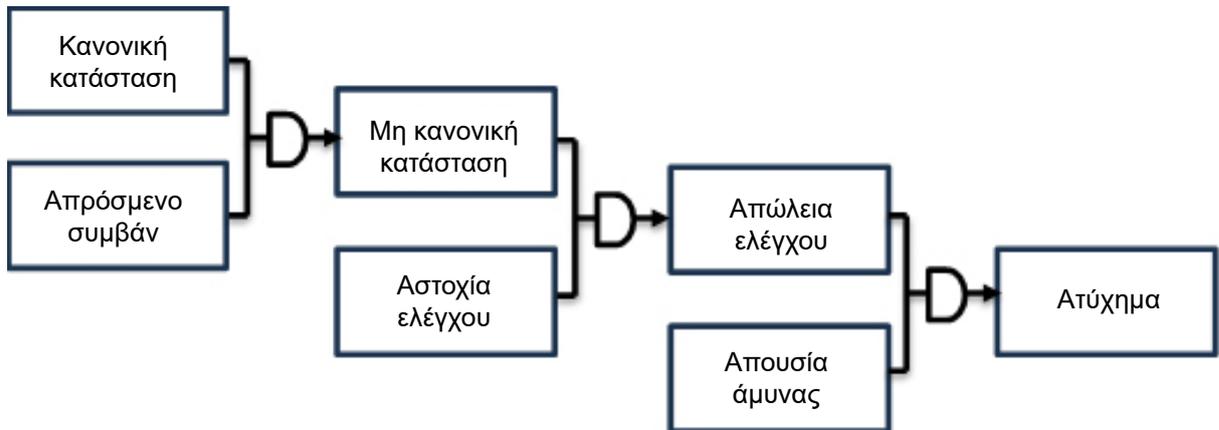
Τα μοντέλα διαδοχής βλέπουν το κάθε ατύχημα ως αποτέλεσμα μιας σειράς διακριτών και αναγνωρίσιμων (ανεξάρτητων ή μη μεταξύ τους) συμβάντων, που συμβαίνουν διαδοχικά σε σχετικά σύντομο χρόνο πριν το συμβάν και οδηγούν στις τελικές συνέπειες.

Το χαρακτηριστικό τους εννοιολογικό υπόδειγμα, το μοντέλο του Ντόμινο, εισήχθη από τον H. W. Heinrich (1956).



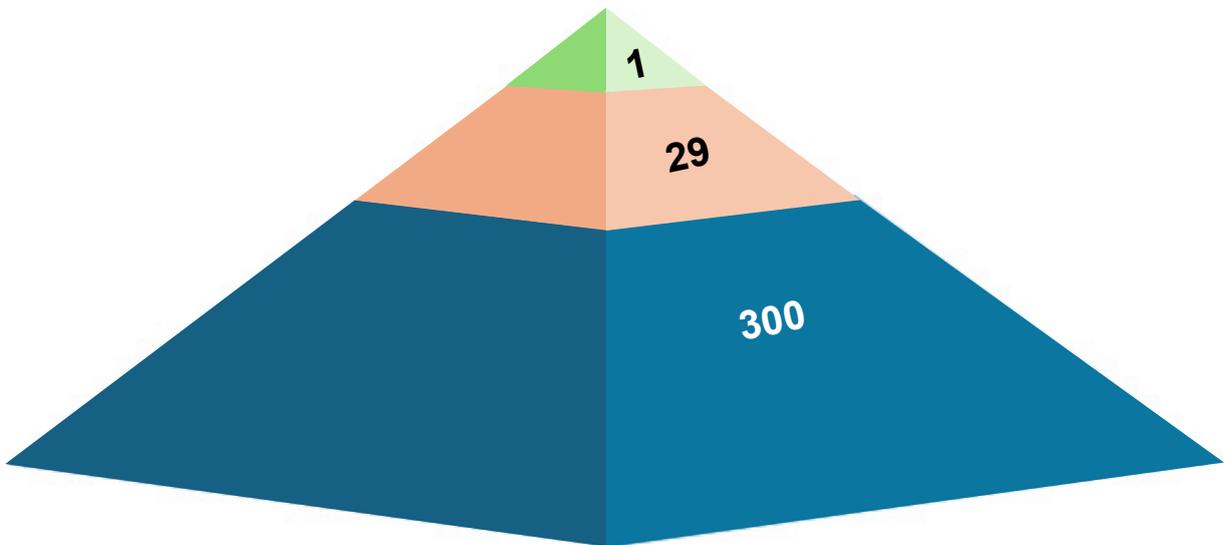
Σχήμα 3.1 Μοντέλο του Ντόμινο

Σύμφωνα με αυτό, ένα ατύχημα ξεκινά με μία (εσωτερική ή εξωτερική, ανθρώπινη ή μη) ενέργεια και μέσα από αλυσιδωτές αντιδράσεις οδηγεί σε ένα ανεπιθύμητο και απρόσμενο αποτέλεσμα. Η αλληλουχία είναι αναγνωρίσιμη και ξεκάθαρη (τουλάχιστον αφού συμβεί), και λαμβάνει χώρα στο συγκεκριμένο σύστημα, το οποίο πριν ήταν σε μία κανονική κατάσταση. Το μόνο που διαφοροποιεί το σύστημα πριν και μετά το συμβάν, είναι η αλληλουχία αυτή. Με άλλα λόγια, αν δεν είχε συμβεί η αλληλουχία αυτή, το σύστημα θα ήταν στην πρότερη κατάσταση. Αν, λοιπόν, διακοπεί ή αποκλειστεί ένα από τα συμβάντα της αλληλουχίας, το σύστημα θα μείνει στην κανονική κατάσταση.



Σχήμα 3.2 Εξέλιξη συμβάντων στα μοντέλα διαδοχής (Green, 1998)

Καθώς πολλές φορές η αλληλουχία διακόπτεται σε κάποιο τέτοιο επόμενο στάδιο, έχουμε πολύ περισσότερα αρχικά συμβάντα («παρ' ολίγον ατυχήματα») από ότι ατυχήματα. Αξίζει να σημειωθεί πως ο Heinrich (1956) και ο Bird, έφτασαν στο μοντέλο αυτό μέσω μιας ανάλυσης εργατικών ατυχημάτων, η οποία οδήγησε στη γνωστή πυραμίδα αναλογίας ατυχημάτων με βαρύ, μικρότερο ή καθόλου τραυματισμό.

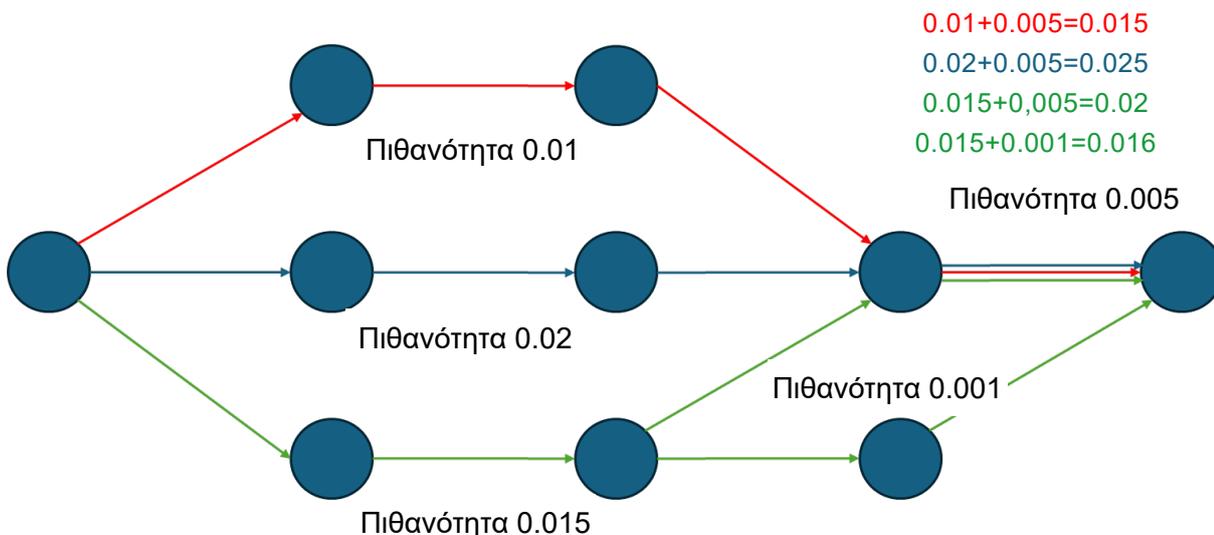


Σχήμα 3.3 Πυραμίδα ατυχημάτων

Η ανάλυση αυτή, η οποία επαναλήφθηκε και από άλλους αναλυτές με διαφορετικά αποτελέσματα, έχει επικριθεί σε μεγάλο βαθμό για την ασάφειά της, αλλά χρησιμοποιείται ευρέως ως ενδεικτικό σχήμα.

Τα πλέον διαδεδομένα μοντέλα διαδοχής, είναι τα «δέντρα». Σε αυτά περιλαμβάνονται το Δέ-

ντρο Σφαλμάτων (Fault Tree Analysis - FTA), το Δέντρο Γεγονότων (Event Tree Analysis - ETA) και το Bow-tie. Τα μοντέλα αυτά, λόγω της σημασίας τους, παρουσιάζονται ξεχωριστά στην Παράγραφο 3.2 μέσω παραδειγμάτων. Διαφέρουν από το μοντέλο του Ντόμινο στο γεγονός ότι εξετάζουν και εναλλακτικές αλληλουχίες και όχι μόνο μία πιθανή σειρά συμβάντων. Όμως, όλα τα κύρια συμβάντα (και οι αλληλουχίες τους) είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους (Andrews & Moss 2002, Henley & Kumamoto 1981), δηλαδή μπορεί να διασταυρώνονται μόνο σε ένα σημείο. Αντίθετα, στα μοντέλα δικτύου οι εναλλακτικές αλληλουχίες μπορεί να συμπλέκονται σε πολλά σημεία, δηλαδή υπάρχουν εναλλακτικές διαδρομές σε κάθε στάδιο, όπως στα διαγράμματα PERT ή και στο ακόλουθο παράδειγμα εναλλακτικών διαδρομών.



Σχήμα 3.4 Μοντέλο δικτύου

Παρά την ευρεία χρήση τους, τα μοντέλα διαδοχής δέχτηκαν κριτική για τη δυνατότητα τους να ανταποκριθούν στις σύγχρονες συνθήκες εργασίας (Leveson 2004), αφού:

- Βασίζονται σε ευθείες και γραμμικές (αναλογικές) σχέσεις και έτσι είναι δύσκολο να περιλάβουν μη γραμμικές σχέσεις, καθώς και την ανάδραση.
- Δεν συμπεριλαμβάνουν παράγοντες που έχει αποδειχθεί ότι έχουν ιδιαίτερη σημασία στα ατυχήματα (π.χ. κουλτούρα ασφάλειας, δέσμευση διοίκησης στην ασφάλεια κ.λπ.)
- Παρότι το πρώτο γεγονός στην αλυσίδα αποκαλείται «εναρκτήριο γεγονός», η επιλογή ενός τέτοιου είναι αυθαίρετη, καθώς μπορούν πάντοτε να προστεθούν προηγούμενα γεγονότα ή συνθήκες.
- Εστιάζουν μόνο σε προφανή γεγονότα, χρονικά αμέσως πριν το ατύχημα, ενώ οι βάσεις του ατυχήματος μπορεί να έχουν τεθεί χρόνια πριν.
- Όσο πιο πολύπλοκο γίνεται ένα σύστημα, τόσο αυξάνεται ο αριθμός των ενδιάμεσων μεταβλητών μεταξύ ενός συμβάντος και του αιτίου του και τόσο πιο ασαφής γίνεται η σχέση μεταξύ τους (Technica 1989).

Παρά την παραπάνω κριτική, τα μοντέλα διαδοχής είναι ουσιαστικά τα μόνα που μπορούν να δώσουν ποσοτικά αποτελέσματα με ευκολία, ενώ η απλότητα και σαφήνιά τους, είναι πολύ

σημαντικά στοιχεία για μία ανάλυση (και απόδοση ευθυνών). Όμως, δεν είναι σε θέση να δώσουν ικανοποιητικές εξηγήσεις σε πολύπλοκα συστήματα.

Σημαντικές τεχνικές με παρόμοια προσέγγιση είναι η FMEA – FMECA (και PRAT), η LOPA και η WHATIF-SWIFT. Επίσης, ανάλογη είναι και η προσέγγιση των Bayesian networks και influence diagrams. Η δυνατότητα ποσοτικοποίησης των μοντέλων διαδοχής, υποστηρίζει και τις προσεγγίσεις ALARP – SFAIRP, Risk Indices - Risk Registers, Consequence/Likelihood Matrices, S-Curves, Ishikawa diagrams και F-N diagrams. Επίσης, στην προσέγγιση αυτή μπορούν να ενταχθούν τα μοντέλα SCAT (Systematic Cause Analysis Technique – Bird & Germain 1985), Houston (1971, 1977), RoSPA (Manning 1974), ISA (Lagerlöf & Andersson 1979), Energy Model (Gibson 1961, Haddon 1968), Hazard-carrier theory (Skiba 1973), το APS (Accident Prototypical Scenario - Fleury & Brenac 2001), το HSG245 (HSE 2004), TOR (Technic of Operations Review – Weaver 1973) και SACA (Systematic Accident Cause Analysis – Waldram 1988), AAM (Accident Anatomy Method), AEB (Accident Evolution and Barrier), WSA (Work Safety Analysis), PROACT, η CHTFPM (Continuous Hazards Tracking and Failure Prediction Methodology - Long & Fischhoff 2000), WAIT (Work Accidents Investigation Technique – Jacinto & Aspinwall 2003), SADT (Structured Analysis and Design Technique – Hale et al. 1997), SSSM (Systematic Safety Management System - Santos-Reyes & Beard, 2009), TEPA (Top Event Prevention Analysis – Youngblood 1998), STEP (Sequential Timed Events Plotting – Hendrick & Benner 1987) και SRAD (Schematic Report Analysis Diagram – Toft & Turner 1987). Τα παραπάνω, συνοψίζονται στην Παράγραφο 3.3

3.1.2 Επιδημιολογική προσέγγιση

Η προσέγγιση αυτή βασίζεται σε μία διαφορετική οπτική των συστημάτων και των γεγονότων. Ένα ατύχημα δεν θεωρείται ως το αποτέλεσμα μιας σειράς διακριτών συμβάντων που (είτε διαδοχικά είτε σε σύμπτωση) οδηγούν σε αυτό, αλλά σαν αποτέλεσμα της υποβαθμισμένης κατάστασης του συστήματος, που αναπόφευκτα οδηγεί «ένα μέρος του πληθυσμού να νοσήσει (δηλαδή να αστοχήσει)» (Hollnagel, 2002). Με άλλα λόγια, αν δε συνέβαινε αυτό το συμβάν, εκεί και τότε, θα συνέβαινε κάτι άλλο, κάπου αλλού και άλλοτε.

Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, στα συστήματα υπάρχουν πολλαπλές διαταραχές που αλληλεπιδρούν και συσσωρεύονται σταδιακά. Τα ατυχήματα συμβαίνουν όταν οι αμυντικοί μηχανισμοί του συστήματος δεν μπορούν πια να εξουδετερώσουν τις αρνητικές τους συνέπειες (Ternov & Akselsson 2004). Έτσι, το σύστημα μεταβαίνει σε μία ενδιάμεση «μετα-σταθερή» κατάσταση η οποία μπορεί να διαρκέσει από δευτερόλεπτα έως μήνες, όπου κάποιοι παράγοντες (αλλά όχι όλοι) είναι παρόντες και «εν αναμονή». Κατά τη διάρκεια αυτή είναι ακόμη δυνατή η διάγνωση και εξουδετέρωση της πηγής του κινδύνου. Εάν δεν υπάρξει διόρθωση, τότε το σύστημα θα μεταβεί μοιραία σε μία ασταθή κατάσταση όπου προκύπτει και ο τελευταίος απαραίτητος παράγοντας (η σταγόνα που ξεχειλίζει το ποτήρι) και το μόνο που μπορεί να γίνει μετά είναι η λήψη μέτρων για τον περιορισμό των συνεπειών. Αυτή η ιδέα της «επώασης» των καταστροφών εισήχθη αρχικά από τον Turner (1978).

Γενικά, όταν ένα ατύχημα έχει ήδη προκύψει, τότε μας φαίνεται ότι ήταν προβλέψιμο και ότι υπήρχαν «προάγγελοι» πριν από αυτό. Όμως, η φαντασία μας είναι πολύ περιορισμένη για να προβλέψει όλα τα πιθανά ενδεχόμενα τη στιγμή που εμφανίζεται ο «προάγγελος» (Sonnemans & Körvers 2006). Έτσι, στην πραγματικότητα εμφανίζονται εκατοντάδες παρεκκλίσεις, οι πε-

ρισσότερες από τις οποίες δεν παράγουν κάποιο αποτέλεσμα και κανείς δεν τις θυμάται μετά. Ακόμη, όμως, και αν προσδιορίσουμε το συγκεκριμένο κίνδυνο, συνήθως του αποδίδουμε μια πολύ χαμηλή τιμή πιθανότητας (Ringdahl & Wennersten 2001). Ως «προάγγελοι» ατυχημάτων στα συστήματα, έχουν αναγνωριστεί τόσο τεχνικοί (Lees 1982, Tweeddale 1995) όσο και οργανωτικοί παράγοντες (Reason 1997, Turner 1978, Perrow 1984). Σε μελέτη του Idaho National Engineering and Environmental Laboratory (INEEL 2000) σε 35 συμβάντα βρέθηκε ότι ο λόγος των λανθανόντων προς τα ενεργά σφάλματα ήταν 4:1.

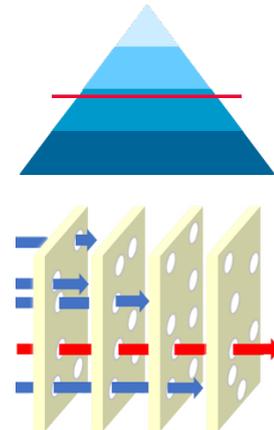
Οι τρεις βασικές αρχές των επιδημιολογικών μοντέλων είναι (Hollnagel 2002):

- Λανθάνουσες (μη ορατές) καταστάσεις.
- Φορείς (που ενισχύουν τις αποκλίσεις) και εμπόδια (που τις περιορίζουν).
- Παθογόνα συστήματα (με εγγενή προβλήματα).

Έτσι, η αρχή ανάλυσης ατυχημάτων σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή είναι το να βρούμε «φορείς» και λανθάνουσες καταστάσεις και να καθορίσουμε σαφείς ενδείξεις «υγείας» του συστήματος, δηλαδή μετρήσιμους δείκτες που δείχνουν ότι τα υποβόσκοντα αίτια βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα. Στόχος της ανάλυσης είναι η ενίσχυση των εμποδίων έναντι των κινδύνων (Hollnagel 2002). Η πρόληψη σε ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τον τρόπο αυτό, και όχι με το να εντοπίζουμε και να διακόπτουμε συγκεκριμένες αλληλουχίες (Vilardo 1988).

Χαρακτηριστικά εννοιολογικά σχήματα της προσέγγισης αυτής είναι:

- Το παγόβουνο: το ορατό μέρος μιας κατάστασης (αυτό που θα εντόπιζε ένα μοντέλο διαδοχής) είναι μόνο ένα μικρό ποσοστό του όλου, όπως το μεγαλύτερο μέρος ενός παγόβουνου βρίσκεται αόρατο κάτω από τη στάθμη της θάλασσας.
- Το μοντέλο του ελβετικού τυριού. Υπάρχουν πολλά επίπεδα προστασίας (εμπόδια) σε ένα σύστημα, με κενά ασφαλείας στο καθένα, όπως και οι φέτες του ελβετικού τυριού. Η αστοχία εμφανίζεται όταν συμπέσουν τα κενά ασφαλείας, και μπορέσει να διέλθει από όλα αυτά μαζί. Το πρόβλημα είναι τα κενά και όχι η σύμπτωσή τους, η οποία είναι απρόβλεπτη και αναπόφευκτη.



Μοντέλα που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στην προσέγγιση αυτή είναι το AcciMap (Rasmussen 1997), TCM (Trigger Coupling Model - Humphreys & Jenkins 1991), το OARU (Occupational Accident Research Unit - Kjellen & Larsson 1981), το μοντέλο AEB (Accident Evolution and Barrier Function - Svenson 1991), το μοντέλο του MacDonald (1972), το μοντέλο του Kjellén (1983), η μέθοδος Markov (Billinton & Alan 1983), το μοντέλο ACSNI (Advisory Committee on the Safety of Nuclear Installations – ACSNI 1991), το TEM (Threat and Error Management - Helmreich & Musson 2003), το μοντέλο ISRS (International Safety Rating System - Smith 1992), το CASMET (Casualty Analysis Methodology for Maritime Operations – Caridis 1999), το ASSET (Assessment of Safety Significant Event Teams – IAEA 1991), το ISIM (Integrated Safety Investigation Methodology – TSB), το QUASA (Quality of Safety Analysis – Rouhiainen 1992), το ATSB (Australia Transport Safety Bureau - Walker & Bills 2008), το μοντέλο των Hale & Hale (1970), του Surry (1969), το Information Model (Saari, 1984), το SREST (Substance, Reactivity, Equipment and Safety Technology – Shah et al. 2003), το 3CA (Control Change Cause Analysis – Kingston 2007), και το μοντέλο των Hale & Glendon (1987).

Επίσης, σχετική είναι και η προσέγγιση των ιδιαίτερα διαδεδομένων τεχνικών HAZOP (Hazard and operability), HACCP (Hazard analysis and critical control points), Εγγενούς Ασφάλειας (Inherent Safety), Toxicological Risk Assessment, Pareto Charts, Cindynic approach και Markov Analysis. Τα παραπάνω συνοψίζονται στην Παράγραφο 3.3

Η επιδημιολογική προσέγγιση δέχτηκε κριτική, ότι ενώ ήταν η πρώτη προσπάθεια να ληφθούν υπόψη όλοι οι σχετικοί παράγοντες, δεν πέτυχε τελικά κάποιο αποτελεσματικό μοντέλο που θα επέτρεπε να κάνουμε επαρκείς προβλέψεις. Χαρακτηρίστηκε ότι είναι περισσότερο περιγραφική του περιβάλλοντος του ατυχήματος παρά μία αναλυτική θεωρία (Smillie & Ayoub 1976). «Τα επιδημιολογικά μοντέλα είναι δομικά και λειτουργικά υπο-καθορισμένα αλλά είναι χρήσιμα διότι προσφέρουν μία βάση συζήτησης της πολυπλοκότητας των ατυχημάτων που ξεπερνά τους περιορισμούς των μοντέλων διαδοχής» (Hollnagel 2005).

3.1.3 Συστημική προσέγγιση

Η προσέγγιση αυτή εμφανίστηκε από την ανάγκη αντιμετώπισης των πιο σύνθετων καταστάσεων και κινδύνων στο σύγχρονο περιβάλλον. Σε έναν κόσμο όπου οι αλληλεπιδράσεις γίνονται όλο και περισσότερες, ακόμη και σε απλούς εργασιακούς χώρους, δεν είναι εύκολος ο εντοπισμός αιτιολογικών αλυσίδων (όπως στα μοντέλα διαδοχής) ή λανθανόντων συνθηκών του συστήματος (όπως στα «επιδημιολογικά» μοντέλα). Τα συστήματα δεν είναι πλέον κλειστά και απόλυτα ελεγχόμενα, ούτε και οι εξωτερικές επιδράσεις είναι πάντοτε ορατές και γνωστές. Για παράδειγμα, ακόμη και οι μικρότερες επιχειρήσεις, βασίζονται σε λογισμικό και αναβαθμίσεις μέσω διαδικτύου.

Δύο συστήματα μπορεί να αποτελούνται από τα ίδια στοιχεία, όμως η σχέση μεταξύ των στοιχείων αυτών μπορεί να τα καθιστά εντελώς διαφορετικά μεταξύ τους. Για παράδειγμα, εντελώς ομοειδείς επιχειρήσεις με ίδια στοιχεία (ειδικότητες εργαζομένων, εξοπλισμό, κλπ.) μπορεί να έχουν εντελώς διαφορετική απόδοση αν είναι διαφορετικά οργανωμένες. Ένα σύστημα είναι πολύ περισσότερο από το άθροισμα των μερών του. Αν απομονώσουμε απλώς τα μέρη αυτά, χάνουμε την κατανόηση του συστήματος (Le Coze 2005).

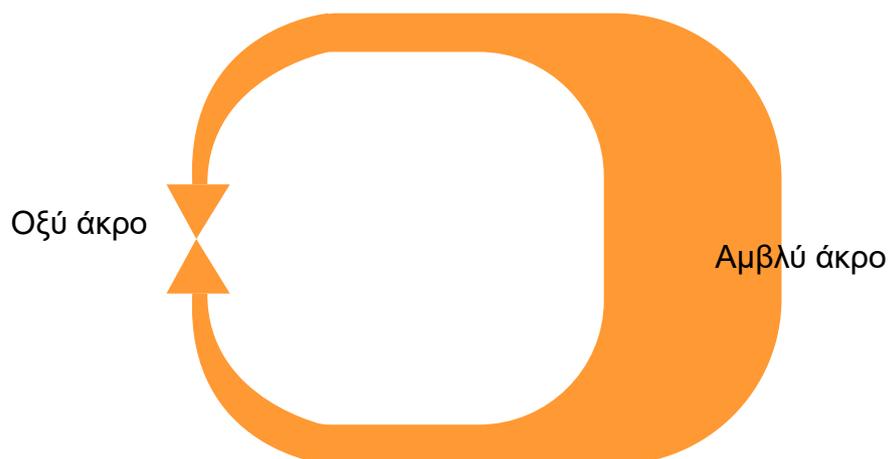
Ενώ, λοιπόν, στα μοντέλα διαδοχής, οι σχέσεις μεταξύ των συμβάντων ή στοιχείων θεωρούνται δεδομένες και απλές, τα συστημικά μοντέλα εστιάζουν ακριβώς στις σχέσεις αυτές και στην επάρκειά τους και όχι σε πιθανά συμβάντα. Αυτό, τα καθιστά πιο κατάλληλα για πολύπλοκα συστήματα, δηλαδή για συστήματα που παρουσιάζουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά Perrow (1984):

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά πολύπλοκων και γραμμικών συστημάτων (Perrow 1984)

Πολύπλοκα συστήματα	Γραμμικά συστήματα
Εγγύτητα	Χωρική διάκριση
Κοινές συνδέσεις	Ειδικές συνδέσεις
Διασυνδεδεμένα υποσυστήματα	Διακεκριμένα υποσυστήματα

Δύσκολες αντικαταστάσεις	Σχετικά εύκολες αντικαταστάσεις
Πολλές αναδράσεις	Λίγες αναδράσεις
Πολλαπλά και αλληλεπιδρώντα συστήματα ελέγχου	Διακεκριμένα συστήματα ελέγχου μοναδικού σκοπού
Έμμεση πληροφορία	Άμεση πληροφορία
Περιορισμένη κατανόηση	Εκτεταμένη κατανόηση

Σύμφωνα με τα συστημικά μοντέλα, οι εσωτερικοί μηχανισμοί και οι αλληλεπιδράσεις των στοιχείων του συστήματος είναι αυτά που υπερτερούν, κι έτσι οι αποκρίσεις σε εξωτερικά ερεθίσματα δεν είναι γραμμικές (ανάλογες των ερεθισμάτων) αλλά εν γένει απρόβλεπτες (Hollnagel 2002). Πιο συγκεκριμένα, η προσέγγιση αυτή δέχεται ότι υπάρχουν «περιοχές» όπου οι αποκρίσεις είναι γραμμικές και αναμενόμενες («αμβλύ» άκρο) και «περιοχές» όπου είναι μη γραμμικές και απρόβλεπτες («οξύ άκρο»).



Σχήμα 3.5 «Οξύ» και «αμβλύ» άκρο (Hollnagel, 2016)

Βέβαια, η συχνότητα των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων («οξύ άκρο») είναι σχετικά μικρή, αλλιώς το σύστημα θα ήταν εν γένει ασταθές. Η πιθανότητα αυτή, όμως, είναι σημαντικά μεγαλύτερη στα πολύπλοκα συστήματα, από ότι στα γραμμικά. Αλλά ακόμη και αν σπανίως κάποια μικρά σφάλματα μπορεί να προκαλέσουν μεγάλες καταστροφές, η σύζευξη τους με άλλα μικρά σφάλματα και στη συνέχεια μικρά ατυχήματα μπορεί να έχει το ίδιο αποτέλεσμα (Haastруп & Funtowics 1992).

Το φαινόμενο αυτό είναι περισσότερο συχνό στα σύγχρονα συστήματα (Leveson 2004) όπου σπανίζουν οι αστοχίες εξαρτημάτων και πληθαίνουν οι αστοχίες στη συνεργασία τους (π.χ. αστοχίες λογισμικού). Ο υπολογιστής έχει μειώσει τους παλαιότερους ηλεκτρο-μηχανολογικούς κινδύνους και περιορισμούς, αλλά έχει εισάγει τόση πολυπλοκότητα ώστε να εμφανίζεται αυτό που αποκαλείται «κατάρτα της ευελιξίας» (Leveson 1995). Η ραγδαία ανάπτυξη των συστημά-

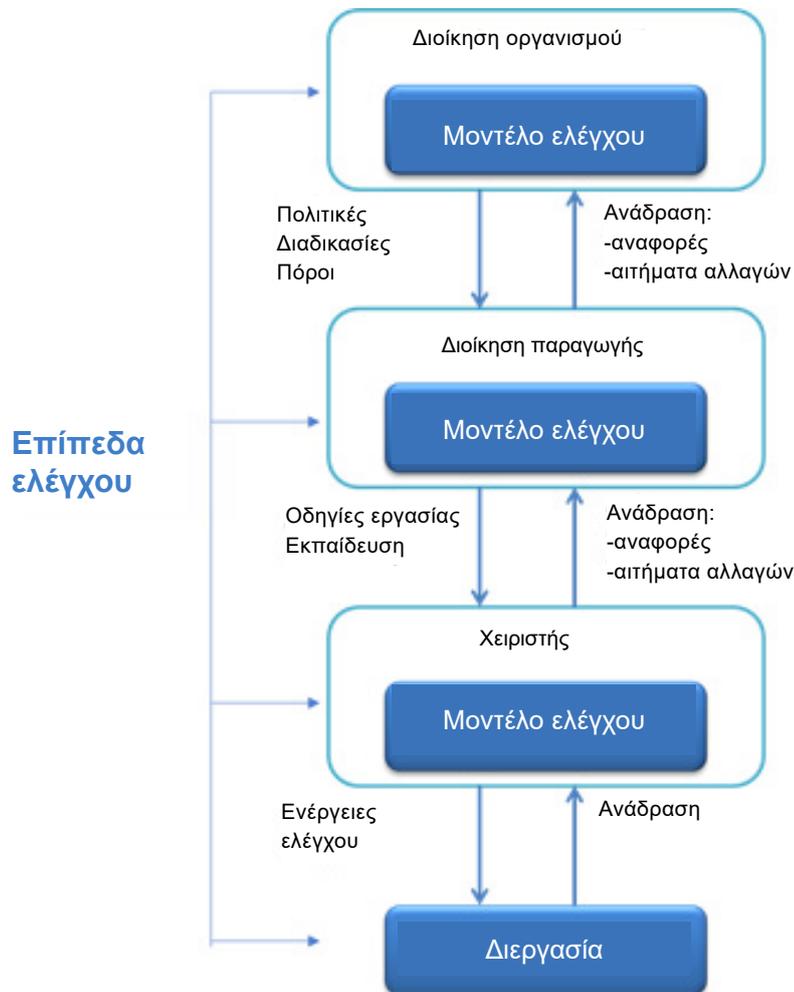
των μεταφορών και τα συστήματα “just-in-time” οδηγούν σε στενές συνδέσεις των στοιχείων των συστημάτων και οι αποφάσεις μπορούν να έχουν άμεσες και δυσανάλογες συνέπειες (Svedung & Rasmussen 2002).

Μία περιγραφή των αιτιών για την ανεπάρκεια των παλαιότερων μοντέλων είναι (Leveson 2004):

- Ραγδαία πορεία τεχνολογικών αλλαγών: οι τεχνολογίες σήμερα φτάνουν στην αγορά σε δύο ή τρία έτη και μπορεί να γίνουν ξεπερασμένες σε πέντε.
- Νέα μορφή ατυχημάτων: οι παλιές τεχνικές (όπως τα παράλληλα εφεδρικά συστήματα) δεν επαρκούν για τα ψηφιακά συστήματα και το λογισμικό (αντιθέτως, μπορεί απλά να αυξήσουν την πολυπλοκότητα), ενώ η υπερβολική στήριξη σε αυτά δημιουργεί επιπλέον προβλήματα.
- Νέα είδη κινδύνων. Η πληροφορία και όχι η ενέργεια είναι πλέον η μεγαλύτερη πηγή κινδύνων.
- Μειούμενη ανοχή για το κάθε ατύχημα: οι απώλειες από τα ατυχήματα αυξάνονται τόσο όσον αφορά στο κόστος, όσο και στην πιθανότητα ολικής καταστροφής του συστήματος.
- Αυξανόμενη πολυπλοκότητα και συσχέτιση: τα νέα συστήματα ξεπερνούν τη νοητική ικανότητα ελέγχου του ατόμου και οι σχεδιαστές τους δεν είναι πλέον δυνατόν να προβλέψουν όλες τις δυνατές καταστάσεις.
- Πιο πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ ατόμων και αυτοματισμών: νέα είδη ανθρώπινου λάθους και νέα είδη κατανομής των ανθρώπινων λαθών.
- Νέες κανονιστικές και δημόσιες απόψεις για την ασφάλεια: τα άτομα δεν μπορούν πλέον να ελέγξουν τους κινδύνους που τους απειλούν και απαιτούν κάτι τέτοιο από τις κυβερνήσεις.

Το πλέον ευρέως διαδεδομένο συστημικό μοντέλο είναι το STAMP (Systems Theory Accident Modeling and Processes – Leveson 2004). Η προσέγγισή του εστιάζει στον έλεγχο, και συγκεκριμένα στις σχέσεις και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων ελέγχου, και όχι σε πιθανά συμβάντα. Αναλύει τη λειτουργία του συστήματος (δηλαδή τα μέρη του και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους) και όχι πιθανά σενάρια όπως γίνεται στα μοντέλα διαδοχής, ή γενικούς «δείκτες υγείας» όπως γίνεται στα «επιδημιολογικά» μοντέλα.

Το STAMP χωρίζει το κοινωνικό-τεχνικό σύστημα σε επίπεδα ελέγχου (π.χ. ιεραρχικά) και στα επίπεδα αυτά επιχειρεί να εντοπίσει αστοχίες στοιχείων, προβληματικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους και περιβαλλοντικές αναταραχές. Έτσι καταγράφονται τα δεδομένα εισόδου σε κάθε επίπεδο, δημιουργείται η δομή ελέγχου, και στη συνέχεια αναλύονται και διορθώνονται ανεπαρκείς ενέργειες ελέγχου.



Σχήμα 3.6 Ενδεικτική δομή μοντέλου STAMP

Η έμφαση δίνεται στο να ελεγχθούν οι πιθανές ανεπάρκειες των παραμέτρων αυτών, και όχι στο να προληφθούν συγκεκριμένες αστοχίες (σενάρια), αφού τα ατυχήματα θεωρείται ότι είναι το αποτέλεσμα της ανεπάρκειας του ελέγχου. Σημαντικές έννοιες στο μοντέλο αυτό είναι η μοντελοποίηση, η ανάδραση, ο έλεγχος και η παρατηρησιμότητα. Το STAMP είναι ένα πλαίσιο που περιλαμβάνει δύο επί μέρους μεθοδολογίες:

- Systems-Theoretic Process Analysis – STPA. Πρόκειται για μία μέθοδο εντοπισμού κινδύνων που μπορεί να προκύψουν από ανεπαρκείς ενέργειες ελέγχου.
- Causal Analysis using System Theory – CAST. Είναι μία μέθοδος εντοπισμού ανεπαρκών ελέγχων που μπορεί να οδηγήσουν σε ατυχήματα.

Σχετικές με τη συστημική προσέγγιση είναι και οι τεχνικές Causal Mapping, Cross impact analysis, FRAM (Functional Resonance Analysis Method - Hollnagel 2012) και MORM (Man-machine Occupational Risk Modeling – Vernez et al. 2004) που συνοψίζονται στην Παράγραφο 3.3.

Η προσέγγιση των συστημικών μοντέλων δέχτηκε κριτική από την πρώτη εμφάνισή της, η οποία κυρίως αφορούσε την πρακτική εφαρμογή και αποτελεσματικότητα. Επίσης, η απόρ-

ριψη της αιτιολογικής συνέχειας από τα συστημικά μοντέλα είχε σαν αποτέλεσμα και την αμφισβήτηση της σχέσης μεταξύ πρόληψης (άρα και «επιπέδου ασφάλειας») και ατυχημάτων. Η σχέση αυτή είχε κοινωνικά αμφισβητηθεί στις ΗΠΑ δια μέσου της κριτικής στις ακριβές διαδικασίες ασφάλειας που δεν είχαν αντίστοιχα αποτελέσματα στα στατιστικά των ατυχημάτων (Singleton 1982).

3.1.4 Συγκριτικό παράδειγμα

Για να γίνουν καλύτερα κατανοητές οι διαφορές των τριών αυτών προσεγγίσεων, ακολουθεί ένα συνοπτικό και απλουστευμένο παράδειγμα εργατικού ατυχήματος, το οποίο θα συζητηθεί και με τις τρεις κατηγορίες μοντέλων ατυχημάτων. Φυσικά, η εξήγηση είναι ενδεικτική, και όχι αναλυτική.

Σε μία θέση εργασίας, όπου γινόταν κοπή δοκιμίων διαφορετικών υλικών με τροχό κοπής, ο δίσκος αστόχησε εν λειτουργία με αποτέλεσμα να εκτοξευθούν τα θραύσματά του και να τραυματίσουν σοβαρά έναν εργαζόμενο. Από την αυτοψία προέκυψε ότι είχε χρησιμοποιηθεί λάθος τύπος δίσκου για το συγκεκριμένο υλικό. Ακόμη και ο λάθος δίσκος, θα μπορούσε να κόψει οριακά και το υλικό αυτό, αλλά το συγκεκριμένο δοκίμιο είχε και κάποια παραμόρφωση, η οποία πίεσε ακόμη περισσότερο τον δίσκο, ξεπερνώντας την αντοχή του. Ο εργαζόμενος δεν θα είχε τραυματιστεί αν είχε τον προφυλακτήρα τοποθετημένο, ενώ η έκταση του τραυματισμού θα ήταν μικρότερη, αν φορούσε ΜΑΠ (γυαλιά προστασίας).

Αρχικά, για την εξέταση με την προσέγγιση διαδοχής, θα χρησιμοποιηθεί το μοντέλο του Green.

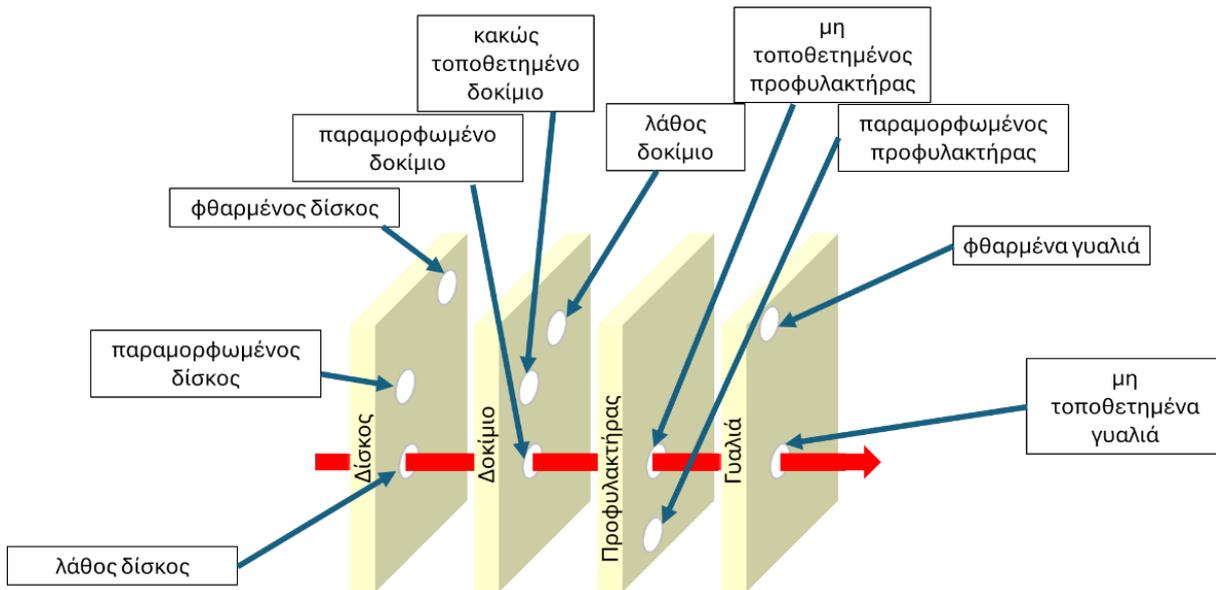


Σχήμα 3.7 Μοντέλο διαδοχής (μοντέλο Green) για το παράδειγμα (Green 1998)

Αίτια του ατυχήματος: μη χρήση γυαλιών, απουσία προφυλακτήρα, παραμορφωμένο δοκίμιο και λάθος δίσκος.

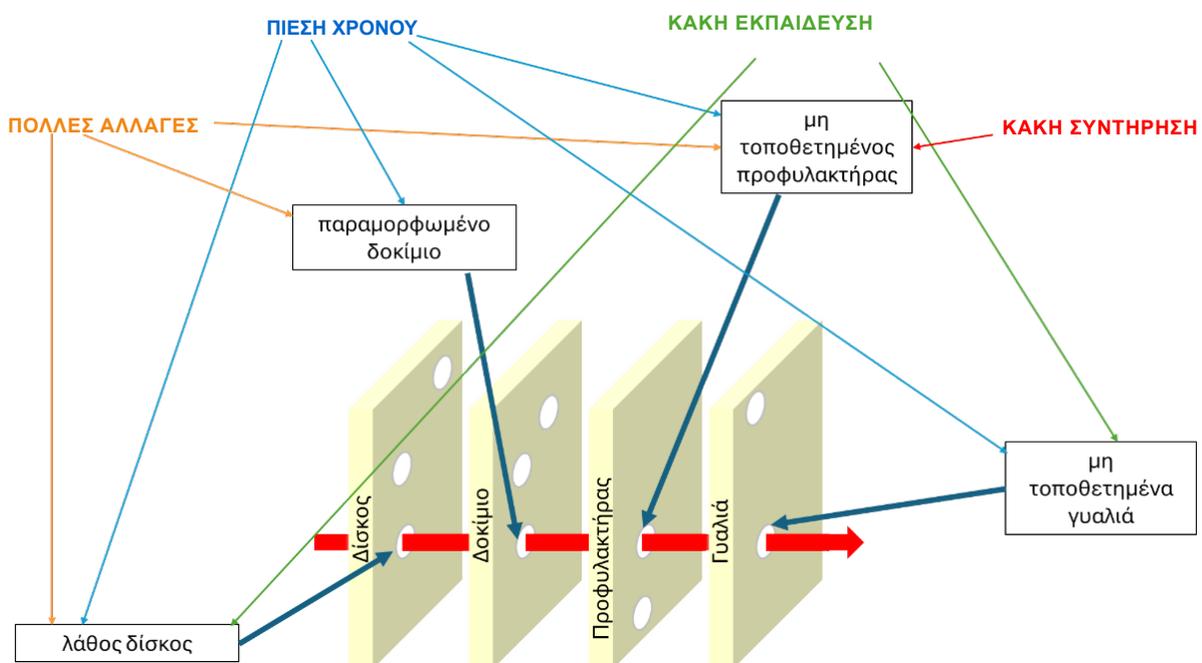
Προτεινόμενα μέτρα: ενίσχυση χρήσης ΜΑΠ στην κοπή, διασφάλιση σωστής θέσης προφυλακτήρα, έλεγχος δοκιμίου πριν την κοπή, έλεγχος χρήσης σωστού δίσκου.

Η ανάλυση με την επιδημιολογική προσέγγιση προχωρά βαθύτερα, αναλύοντας χαρακτηριστικά του συστήματος. Στην περίπτωση αυτή θα χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο του «ελβετικού τυριού». Το μοντέλο αυτό αναλύει σε διαφορετικά επίπεδα, αναγνωρίζοντας τα κενά ασφάλειας στο κάθε επίπεδο και τους παράγοντες που τα επηρεάζουν. Στην περίπτωση αυτή θα εξετάσουμε τέσσερα επίπεδα (δίσκου, δοκιμίου, προφυλακτήρα και γυαλιών). Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται ενδεικτικά τα επίπεδα αυτά και τα κενά ασφαλείας τους:



Σχήμα 3.8α Μοντέλο «ελβετικού τυριού» για το παράδειγμα

Υπάρχουν διάφορα κενά ασφαλείας, τα περισσότερα εκ των οποίων δεν είχαν ρόλο στο συγκεκριμένο ατύχημα. Θα εστιάσουμε σε αυτά που είχαν ρόλο (κόκκινη γραμμή) για να διερευνήσουμε τα αίτια που οδηγούν στα κενά ασφαλείας αυτά. Ενδεικτικά, τα αίτια που εντοπίζουμε να επηρεάζουν τα κενά ασφαλείας είναι οι πολλές αλλαγές είδους τεμαχίου (άρα και δίσκου), η πίεση χρόνου, η κακή εκπαίδευση και η κακή συντήρηση.



Σχήμα 3.8β Αιτιολόγηση κενών ασφαλείας για το ατύχημα

Οι δυνατότητες του δίσκου είναι δεδομένες και γνωστές. Το πρόβλημα βρίσκεται στις πολλές εναλλαγές παραγωγής (άρα και δίσκου), στη χρονική πίεση και στην ελλιπή εκπαίδευση, που θα οδηγήσουν κάποια στιγμή σε επιλογή λάθος δίσκου. Τα δοκίμια είναι επίσης δεδομένα. Το πρόβλημα βρίσκεται στον ανεπαρκή έλεγχο (λόγω των πολλών αλλαγών και του λίγου χρόνου). Τα ίδια δύο αυτά αίτια επηρεάζουν και τη μη τοποθέτηση προφυλακτήρα, καθώς μετά από κάθε αλλαγή δίσκου θα πρέπει ο προφυλακτήρας να επανατοποθετηθεί. Όταν ο εργαζόμενος καλείται να επανατοποθετεί συνεχώς τον προφυλακτήρα υπό πίεση χρόνου είναι πιο πιθανό να το παραλείψει (εκούσια ή ακούσια). Επίσης, οι νέες συνθήκες παραγωγής (πολλές αλλαγές) έχουν αλλάξει τις ανάγκες συντήρησης (μεγαλύτερη φθορά), αλλά η πολιτική συντήρησης δεν έχει αλλάξει λόγω πίεσης χρόνου. Αυτό ενδέχεται να έχει προκαλέσει φθορά στον προφυλακτήρα (δυσκολότερο να τοποθετηθεί). Η χρήση των ΜΑΠ δεν επηρεάζεται από τις αλλαγές και τη συντήρηση, όμως μπορεί να επηρεαστεί από την κακή εκπαίδευση και την πίεση χρόνου.

Αίτια του ατύχηματος: η αλλαγή της παραγωγικής διαδικασίας με μεγάλο αριθμό αλλαγών στην παραγωγή, οπότε απαιτείται επιπλέον χρόνος για αλλαγές δίσκου και δοκιμών, καθώς και για επανατοποθέτηση προφυλακτήρα και γυαλιών μετά από την διακοπή, δημιουργώντας πίεση χρόνου. Οι εργαζόμενοι δεν είναι επαρκώς εκπαιδευμένοι και η συντήρηση δεν είναι επαρκής για τις νέες συνθήκες παραγωγής.

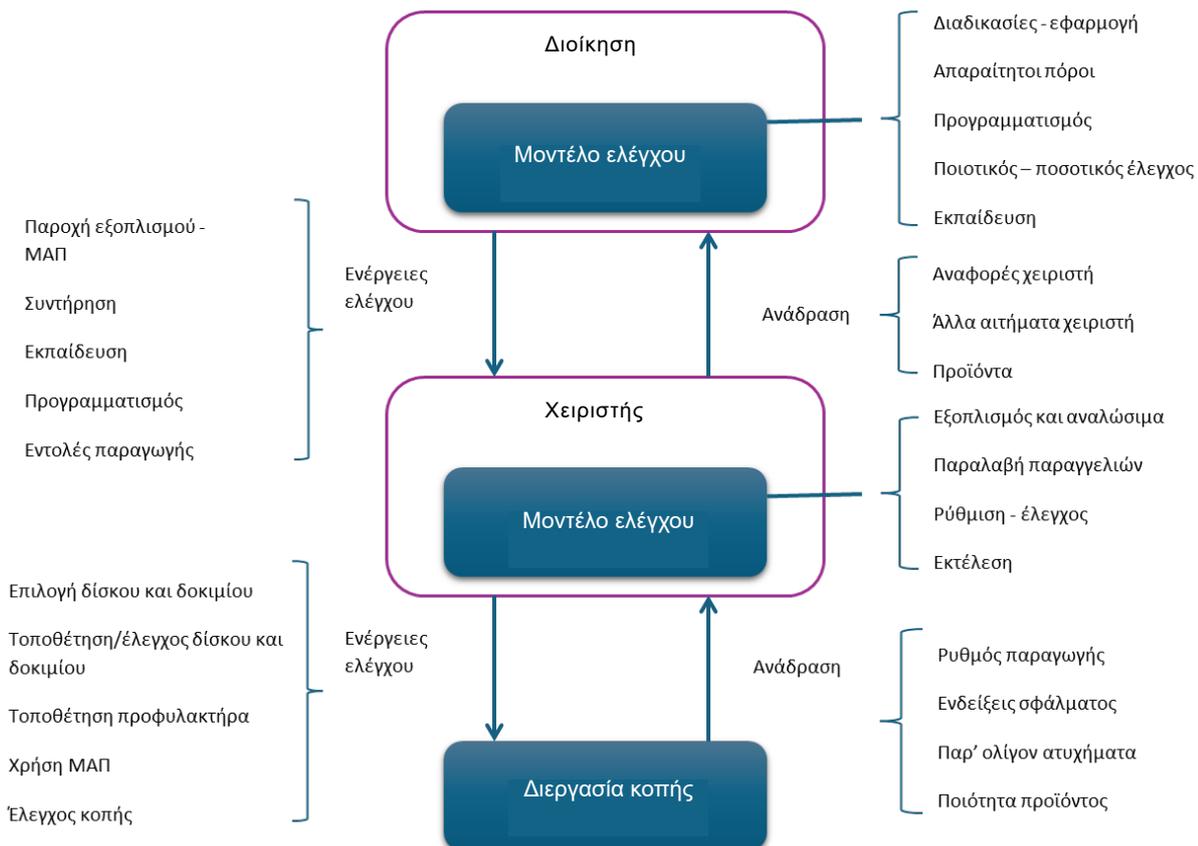
Προτεινόμενα μέτρα: καλύτερος προγραμματισμός παραγωγής, εκπαίδευση, αναπροσαρμογή πολιτικής συντήρησης.

Σύμφωνα με την επιδημιολογική προσέγγιση, το ατύχημα αυτό είναι μόνο μία εκδήλωση των αιτιών. Τα αίτια αυτά επηρεάζουν και άλλα κενά ασφαλείας κι έτσι εξ' αιτίας τους θα μπορούσε να εκδηλωθεί κάποιο άλλο συμβάν που θα περιελάμβανε άλλα κενά (π.χ. να είχε επιλεγεί φθαρμένος δίσκος, να είχε τοποθετηθεί λανθασμένα το δοκίμιο, να είχε παραμορφωθεί ο προφυλακτήρας και να είχε σπάσει από φθορά ο βραχίονας των γυαλιών). Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνει ανάλυση για τον εντοπισμό των σχέσεων αυτών:



Σχήμα 3.8γ Αιτιολόγηση ευρύτερων κενών ασφαλείας (ενδεικτικά)

Για την εξέταση με τη συστημική προσέγγιση, θα χρησιμοποιηθεί μία απλουστευμένη μορφή του μοντέλου STAMP με δύο μόνο επίπεδα ελέγχου (χειριστής και διοίκηση). Όπως αναφέρθηκε, το μοντέλο αυτό δεν εστιάζει ούτε στα συγκεκριμένα συμβάντα (όπως τα μοντέλα διαδοχής), ούτε σε συγκεκριμένους παράγοντες του συστήματος, αλλά στη δομή και στις διαδικασίες του, και σε βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν σε αυτές. Για το λόγο αυτό ξεκινά με μία ανάλυση της λειτουργίας του συστήματος.



Σχήμα 3.9 Μοντέλο STAMP για το παράδειγμα

Μοντέλο ελέγχου του χειριστή: Ο χειριστής διαθέτει τον εξοπλισμό και τα αναλώσιμα (δίσκους). Λαμβάνει γραπτές εντολές παραγωγής και τα αντίστοιχα δοκίμια με τις οδηγίες (είδος δίσκου που θα χρειαστεί). Κάνει τη ρύθμιση του εξοπλισμού, εκτελεί την παραγωγή και παραδίδει τα προϊόντα επιστρέφοντας την εντολή με σχόλια. Έλεγχος: επιλογή δίσκου και δοκιμίου (οπτική – χειροκίνητη), έλεγχος και τοποθέτηση δίσκου και δοκιμίου (οπτική – χειροκίνητη), επιλογή ταχύτητας κοπής (χειροκίνητη), τοποθέτηση προφυλακτήρα και ΜΑΠ, έλεγχος κοπής (οπτικός – δυνατότητα επέμβασης). Ανάδραση: ρυθμός παραγωγής, κάποιες ενδείξεις σφάλματος (θόρυβοι, δονήσεις), παρ' ολίγον ατυχήματα, ποιότητα προϊόντος κ.λπ.

Μοντέλο ελέγχου της διοίκησης. Η διοίκηση καθορίζει όλες τις διαδικασίες και ελέγχει την εφαρμογή τους. Παρέχει τους απαραίτητους πόρους (εξοπλισμό, πρώτες ύλες, αναλώσιμα) και τον έλεγχο και συντήρησή τους. Εκπαιδεύει κατάλληλα τον χειριστή. Καταρτίζει τον προ-

γραμματισμό της παραγωγής και τον ποιοτικό και ποσοτικό έλεγχο. Συγκεκριμένα, ετοιμάζει παραγγελίες (εντολές, οδηγίες, δοκίμια), τις οποίες αποστέλλει στο χειριστή και ελέγχει την επιστρεφόμενη εντολή και τυχόν έκτακτες αναφορές από το χειριστή. Έλεγχος: εξοπλισμός - ΜΑΠ, συντήρηση, εκπαίδευση, προγραμματισμός, εντολές παραγωγής. Ανάδραση: Αναφορές – αιτήματα χειριστή, προϊόν.

Αιτία του ατυχήματος: Αστοχία διαδικασίας επιλογής δίσκου και δοκιμίου, αστοχία διαδικασίας ελέγχου δοκιμίου, αστοχία διαδικασίας τοποθέτησης προφυλακτήρα και ΜΑΠ.

Προτεινόμενα μέτρα: Οι διορθώσεις στις παραπάνω διαδικασίες εξαρτώνται από την πολιτική και τις συνθήκες του συγκεκριμένου χώρου. Μπορεί να επιλεγεί μεγαλύτερος έλεγχος από τη Διοίκηση (π.χ. παράδοση και του κατάλληλου δίσκου μαζί με τα δοκίμια, ή άλλες διαδικασίες που περιορίζουν την αυτονομία, άρα και την πιθανότητα λάθους του χειριστή) ή μεγαλύτερη αυτονομία του χειριστή (π.χ. παράδοση όλων των παραγγελιών της ημέρας για να ρυθμίσει αυτός τη σειρά, μαζί με καλύτερη εκπαίδευση και τεχνικά βοηθήματα συμβατότητας που θα τον διευκολύνουν κ.λπ.) Σε κάθε περίπτωση παρατηρείται έλλειμμα στην παρακολούθηση – καθοδήγηση, καθώς η καθημερινή επικοινωνία γίνεται μόνο μέσω των εντολών παραγωγής.

Η ανάλυση του παραδείγματος είναι απλουστευμένη και ενδεικτική. Σε κάθε περίπτωση, όμως, ο σκοπός είναι να δημιουργηθεί ένα σύστημα (δομή και διαδικασίες) που να λειτουργεί αποτελεσματικά και ευέλικτα στις συνθήκες, λαμβάνοντας υπόψη τις αλλαγές, την πίεση χρόνου κ.λπ.

Σημειώνεται ότι καμία από τις τρεις προσεγγίσεις δεν είναι καλύτερη σε όλες τις περιπτώσεις. Η προσέγγιση διαδοχής φαίνεται να έχει την πιο «ρηχή» αιτιολόγηση, αλλά είναι η μόνη που θα μπορούσε να εφαρμοστεί στη διερεύνηση του ατυχήματος αν ο σκοπός είναι η απόδοση ευθυνών. Όλοι οι υπόλοιποι παράγοντες (π.χ. του επιδημιολογικού μοντέλου) δεν είναι αυταπόδεικτοι και θα χρειαστεί να τεκμηριωθούν σε μία νομική διαδικασία. Αν δεν πρόκειται για απόδοση ευθυνών, η επιδημιολογική προσέγγιση επιτρέπει να εντοπιστούν και να προληφθούν και άλλες πιθανές επικίνδυνες καταστάσεις, αν υπάρχει συμφωνία για τις συνθήκες που επηρεάζουν (π.χ. ρυθμός παραγωγής). Η συστημική προσέγγιση μπορεί να πετύχει τον ίδιο στόχο με μία πιο δομημένη ανάλυση, αλλά δεν είναι σκόπιμη για απλά συστήματα (π.χ. αν υπάρχει μόνο αυτή η θέση εργασίας).

3.2 «Δέντρα»

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα τα πιο διαδεδομένα μοντέλα. Για λόγους απλότητας, η παρουσίαση θα γίνει κυρίως μέσω ενδεικτικών παραδειγμάτων. Τα μοντέλα αυτά ανήκουν στην κατηγορία της προσέγγισης διαδοχής και επικράτησαν λόγω της απλότητας και της εύκολης προσαρμογής τους.

Όπως όλα τα μοντέλα διαδοχής, βασίζονται στο υπόδειγμα του Domino, αλλά διαθέτουν διακλαδωμένες αλληλουχίες, ώστε να μπορούν να συμπεριλάβουν και εναλλακτικές εκδοχές, αίτια ή αποφάσεις. Οι διακλαδώσεις αυτές τους έδωσαν το όνομα του «δέντρου». Τα μοντέλα αυτά είναι:

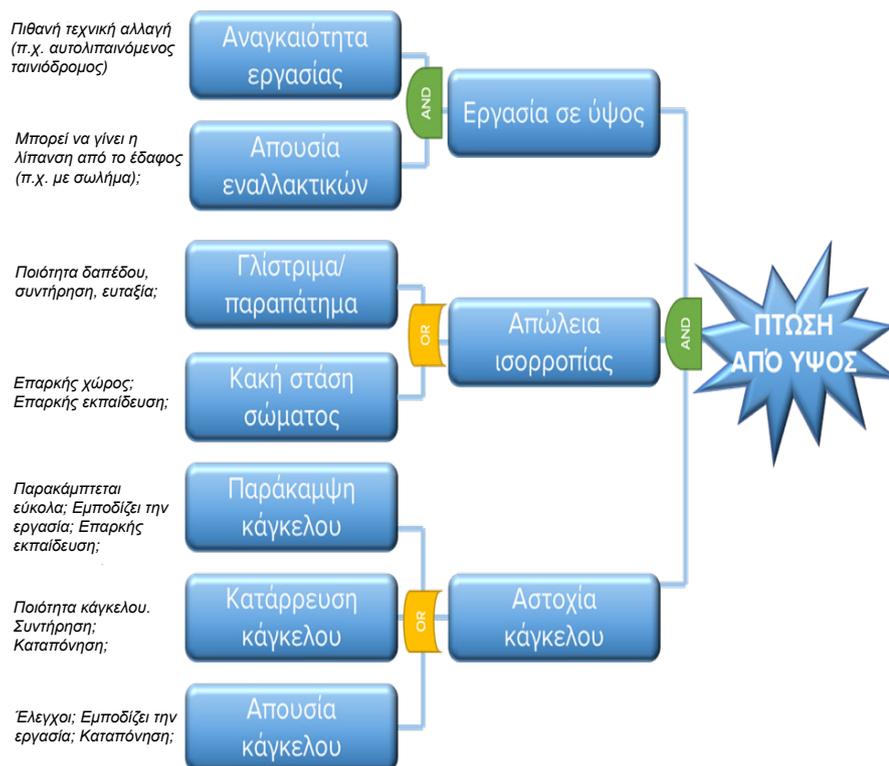
- Το δέντρο σφαλμάτων (Fault Tree Analysis – FTA)
- Το δέντρο γεγονότων (Event Tree Analysis – ETA)
- Το bowtie
- Το δέντρο αποφάσεων (Decision Tree).

3.2.1 Δέντρο σφαλμάτων

Το δέντρο σφαλμάτων εφαρμόζεται στην περίπτωση που έχει συμβεί το ατύχημα (ή έχουμε φανταστεί κάποιο τέτοιο και θέλουμε να το αναλύσουμε προληπτικά) προκειμένου να διερευνηθούν τα αίτιά του. Στο δέντρο αυτό εξετάζονται εξαντλητικά όλα τα ενδιάμεσα αίτια και ενδεχόμενα, ώσπου να οδηγηθούμε στα αρχικά ριζικά αίτια.

Το δέντρο σφαλμάτων ξεκινά από ένα τελικό συμβάν, το οποίο θέλουμε να διερευνήσουμε, και μπορεί να βρίσκεται σε οποιοδήποτε στάδιο (π.χ. μπορεί να είναι η πτώση ή ο τραυματισμός). Ξεκινώντας από εκεί, αναλύουμε τις αναγκαίες προϋποθέσεις προς τα πίσω. Το δέντρο μπορεί να έχει συζεύξεις (“AND”) όταν θα πρέπει να συμβούν και οι δύο (ή περισσότερες) προϋποθέσεις ή διαζεύξεις (“OR”), όταν αρκεί μόνο μία από αυτές. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να βεβαιωνόμαστε ότι έχουμε εντοπίσει και τοποθετήσει στο δέντρο όλες τις αναγκαίες προϋποθέσεις. Συνεχίζουμε την ανάλυση κάθε προϋπόθεσης προς τα πίσω μέχρι να φτάσουμε σε ένα επίπεδο που εμείς θεωρούμε επαρκές. Όταν εξαντληθεί αυτή η διαδικασία αιτιολόγησης (συνήθως αυτό συμβαίνει όταν η απαιτούμενη δράση ξεπεράσει τα εσωτερικά όρια ελέγχου του συστήματος) τότε σταματάμε, θεωρώντας τα στοιχεία του σταδίου αυτού ως ριζικά αίτια.

Ακολουθεί ένα απλοποιημένο και ενδεικτικό παράδειγμα, όπου αναλύουμε το συμβάν της πτώσης από ύψος ενός εργαζομένου από μία εξέδρα όπου πρέπει να ανέβει για να λιπάνει έναν επικλινή ταινιόδρομο:



Σχήμα 3.10 Παράδειγμα δέντρου σφαλμάτων

Ξεκινάμε από δεξιά. Για να πέσει κάποιος από ύψος θα πρέπει να υπάρχει εργασία σε ύψος (δηλαδή να βρίσκεται σε ύψος), απώλεια ισορροπίας για οποιοδήποτε λόγο (αφού απορρίπτεται η εκούσια ενέργεια) και αστοχία κάγκελου που θα συγκρατούσε τον εργαζόμενο. Αν οποιοδήποτε από αυτά δεν συμβεί, δεν θα υπάρξει και πτώση από ύψος. Έτσι ο σύνδεσμος είναι συζευκτικός (“AND”). Κατόπιν συνεχίζουμε προς τα αριστερά, αναλύοντας κάθε μία από τις τρεις αυτές προϋποθέσεις:

- Για να υπάρξει εργασία σε ύψος, σημαίνει ότι αφενός υπήρξε η ανάγκη να εκτελεστεί η συγκεκριμένη εργασία και αφετέρου δεν υπήρχε άλλος τρόπος εκτός από αυτόν (σε ύψος). Οτιδήποτε από τα δύο δεν ισχύει, δεν θα γινόταν η εργασία σε ύψος. Άρα υπάρχει σύζευξη (“AND”).
- Η απώλεια ισορροπίας μπορεί να προέκυψε από γλίστριμα/παραπάτημα ή κακή στάση σώματος. Οποιοδήποτε από τα δύο αρκεί, οπότε τοποθετείται διάζευξη (“OR”).
- Η αστοχία κάγκελου σημαίνει ότι το κάγκελο είτε έλειπε, είτε παρακάμφθηκε είτε κατέρρευσε. Οποιοδήποτε από τα τρία αρκεί, οπότε τοποθετείται διάζευξη (“OR”).

Στο ενδεικτικό αυτό παράδειγμα θα σταματήσουμε στο σημείο αυτό, θεωρώντας ως επαρκή την ανάλυση για να προταθούν μέτρα.

- Αναγκαιότητα εργασίας: Πιθανή τεχνική αλλαγή (π.χ. αυτολιπαινόμενος διάδρομος για να μη χρειάζεται η εμπλοκή εργαζομένου)
- Απουσία εναλλακτικών: Πιθανή τεχνική λύση (π.χ. διάταξη που θα επιτρέπει τη λίπανση από το έδαφος ώστε να μη χρειάζεται ο εργαζόμενος να βρίσκεται σε ύψος).
- Γλίστριμα – παραπάτημα: Προτείνονται μέτρα αποτροπής της πτώσης, όπως ποιότητα δαπέδου, συντήρηση, ευταξία, φωτισμός κλπ.
- Κακή στάση σώματος: Μπορούν να προταθούν μέτρα όπως επάρκεια χώρου, εκπαίδευση, κλπ.
- Παρακάμψη κάγκελου: Θα πρέπει να διερευνηθεί αν οφείλεται στο ότι εμποδίζει ή παρακάμπτεται εύκολα, κλπ. Μπορεί να προταθεί εκπαίδευση ή και τεχνικές παρεμβάσεις.
- Κατάρρευση κάγκελου: Μπορεί να διερευνηθεί αν είναι επαρκές σε αντοχή, αν δέχεται καταπονήσεις, αν συντηρείται τακτικά, κλπ.
- Απουσία κάγκελου: Μπορεί να διερευνηθεί αν αφαιρείται σκόπιμα γιατί εμποδίζει την εργασία, αν έχει φθαρεί, αν ελέγχεται τακτικά η τοποθέτησή του, κλπ.

Διάφορες παραλλαγές του δέντρου σφαλμάτων είναι τα μοντέλα MORT (Management Oversight Risk Tree - Johnson 1980), SRP (Savannah River Plant – Paradies & Busch 1988), Tap-Root (Unger & Paradies 1992), HPIP (Human Performance Investigation Process – Paradies et al 1993) και ERCAP (Event Root Cause Analysis Procedure), το CTM (Causal Tree Method – Leplat 1978), καθώς και CCA (Cause-Consequence Analysis) που παρουσιάζονται στην Παράγραφο 3.3.

3.2.2 Δέντρο γεγονότων

Το δέντρο γεγονότων εφαρμόζεται όταν ο σκοπός είναι να εντοπίσουμε πιθανά ατυχήματα στο μέλλον (μπορεί να μην τα έχουμε ακόμη φανταστεί). Στην περίπτωση αυτή αναλύουμε όλα τα πιθανά ενδεχόμενα και τις εκβάσεις στις οποίες μπορεί να οδηγήσουν, ώστε να εντοπίσουμε κάποια επικίνδυνη κατάσταση. Ξεκινάμε με το αρχικό συμβάν ή κατάσταση, και στη συνέχεια εξετάζουμε όλες τις πιθανές εκβάσεις σε στάδια, ώστε να εντοπίσουμε τους κινδύνους. Στο «δέντρο» αυτό, δεν έχουμε σύζευξη γεγονότων (δηλαδή ότι πρέπει να συμβούν και τα δύο για να προκύψει ο κίνδυνος), αλλά εξαντλητικά όλα τα πιθανά ενδεχόμενα που μπορεί να προκύψουν από κάθε κατάσταση (εφαρμόζονται μόνο διαζευκτικοί σύνδεσμοι OR). Η σειρά των ενδεχομένων δεν χρειάζεται να είναι χρονική.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα (και πάλι απλουστευμένο και ενδεικτικό) όπου αναλύεται το αρχικό συμβάν της πτώσης εργαζομένου από ύψος. Εντοπίζουμε δύο βασικές παραμέτρους: αν φορά αντιπτωτικά ΜΑΠ και αν εργάζεται μόνος.

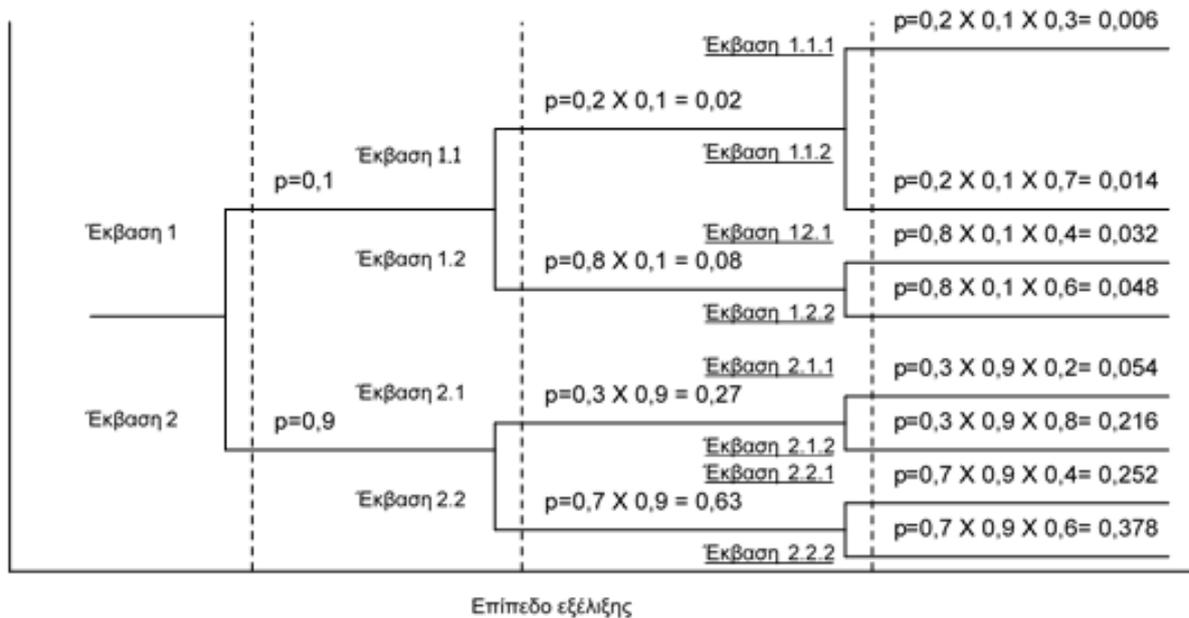


Σχήμα 3.11 Παράδειγμα δέντρου γεγονότων

Ξεκινάμε από αριστερά. Υπάρχουν δύο ενδεχόμενα για κάποιον που πέφτει από ύψος. Αν δε φορά αντιπτωτικά ΜΑΠ, τότε ο εργαζόμενος θα υποστεί την πτώση με σημαντικές συνέπειες. Αν ο εργαζόμενος είναι μόνος και δεν εντοπιστεί άμεσα, ακόμη και οι μικρές του πιθανότητες εξανεμίζονται, αφού δεν θα λάβει έγκαιρα α' βοήθειες ή άλλη φροντίδα (χειρότερο σενάριο). Ο κίνδυνος αυτός είναι λίγο μικρότερος αν δεν είναι μόνος (δεύτερο χειρότερο σενάριο).

Αν φορά αντιπτωτικά ΜΑΠ, τότε αποφεύγει την πτώση αλλά, αν ο εργαζόμενος είναι μόνος και δεν δεχθεί άμεσα βοήθεια, υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να παραμείνει αναρτημένος για πολλή ώρα με επικίνδυνες συνέπειες για την υγεία του (τρίτο χειρότερο σενάριο). Αν δεν είναι μόνος, τότε έχουμε το καλύτερο σενάριο.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι μπορούμε να αποδώσουμε πιθανότητες σε κάθε κόμβο, αν έχουμε ιστορικά δεδομένα, τεχνικούς υπολογισμούς ή κρίσεις ειδικών. Κάθε κόμβος του δέντρου γεγονότων αναπαριστά γεγονότα που είναι ανεξάρτητα από αυτά των άλλων κόμβων. Έτσι, είναι δυνατόν να υπολογιστεί (ή να εκτιμηθεί) η συνολική πιθανότητα p της κάθε έκβασης, όπως στο παράδειγμα που ακολουθεί.



Σχήμα 3.12 Δέντρο γεγονότων με πιθανότητες

Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί τα στάδια να μην είναι ανεξάρτητα, αλλά να σχετίζονται μεταξύ τους (π.χ. αν υπάρχει ανεπαρκής εκπαίδευση και επίβλεψη είναι πιο πιθανό ο εργαζόμενος να εργάζεται μόνος και να μη χρησιμοποιούνται ΜΑΠ). Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι πιθανότητες δεν υπολογίζονται άμεσα με πολλαπλασιασμό, αλλά με τεχνικές προσομοίωσης (π.χ. Monte Carlo – Παράγραφος 3.3) για την εκτίμηση των πιθανοτήτων. Επίσης, η παρατήρηση και καταγραφή συμβάντων («παρ' ολίγον ατυχημάτων») ή ανασφαλών συνθηκών και της συχνότητάς τους, μπορεί να δώσει ανάλογες πληροφορίες.

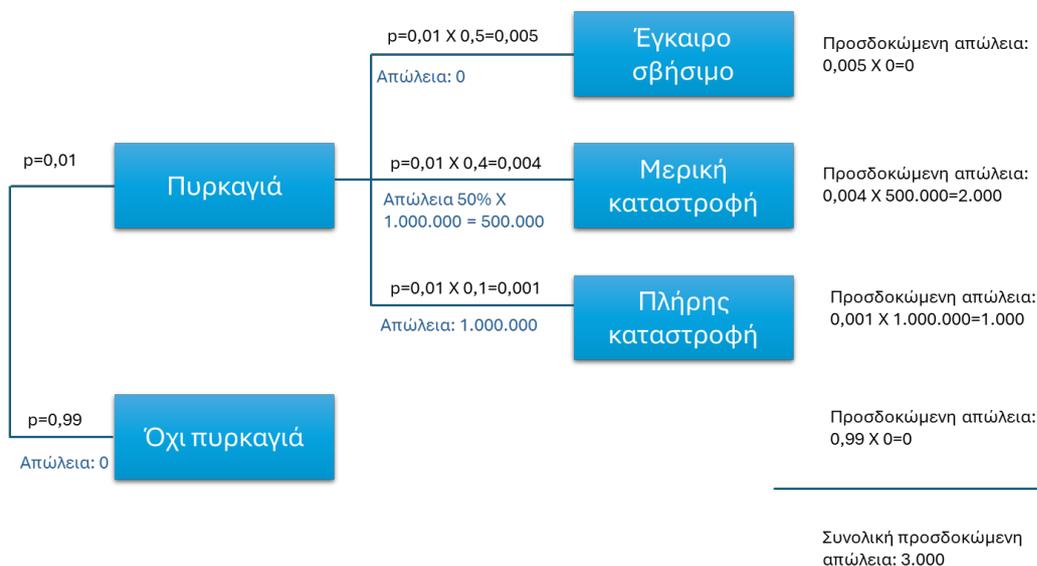
Παρά την επί μέρους κριτική που έχει δεχθεί η μέθοδος αυτή, είναι η πλέον διαδεδομένη στην ανάλυση κρίσιμων κινδύνων, όπου συχνά αναπτύσσονται τεράστια δέντρα γεγονότων. Είναι η μόνη μέθοδος που μπορεί με μεγάλη σαφήνεια και ευκολία να αποδώσει ποσοτικές τιμές (πιθανότητες) στα ενδεχόμενα.

Εάν, επιπλέον, οι εκβάσεις μπορούν να ποσοτικοποιηθούν (π.χ. αν έχουμε μόνο κινδύνους υλικών-οικονομικών ζημιών), τότε μπορούμε να κάνουμε και συγκριτική ανάλυση και να εξάγουμε συμπεράσματα. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω της προσδοκώμενης τιμής, δηλαδή της στατιστικής αξίας που έχει για εμάς μία αβέβαια έκβαση και ισούται με την πιθανότητά της επί την πλήρη αξία της. Για παράδειγμα, αν κερδίζουμε 100 ευρώ σε περίπτωση που το κέρμα έρθει κορώνα (πιθανότητα 0,5) και τίποτε αν έρθει γράμματα, η προσδοκώμενη τιμή του παιχνιδιού

είναι $0,5 \times 100 + 0,5 \times 0 = 50$ ευρώ.

Ακολουθεί ένα απλοποιημένο παράδειγμα. Ας θεωρήσουμε ότι σε μία απομονωμένη αποθήκη τοποθετούνται εμπορεύματα αξίας 1.000.000 ευρώ. Η αποθήκη λειτουργεί χωρίς παρουσία εργαζομένου (οπότε οι τυχόν απώλειες είναι μόνο υλικές και μπορούν να αποτιμηθούν σε ευρώ). Θεωρούμε ότι κάθε χρόνο υπάρχει πιθανότητα 1% ($=0,01$) να υπάρξει φωτιά στην αποθήκη. Το αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης έχει πιθανότητα 0,5 να σβήσει έγκαιρα τη φωτιά χωρίς απώλειες, 0,4 να σβήσει τη φωτιά με απώλειες περίπου των μισών εμπορευμάτων και 0,1 να αποτύχει εντελώς (πλήρης καταστροφή).

Το δέντρο γεγονότων στην περίπτωση αυτή θα έχει ως εξής:



Σχήμα 3.13 Πλήρως ποσοτικοποιημένο δέντρο γεγονότων

Η πιθανότητα να έχουμε πλήρη καταστροφή είναι 0,001. Η πιθανότητα να έχουμε κάποια καταστροφή είναι $0,001 + 0,004 = 0,005$, δηλαδή πενταπλάσια. Η συνολική προσδοκώμενη απώλεια είναι 3.000 ευρώ. Με άλλα λόγια θα άξιζε να πληρώσουμε ένα ασφάλιστρο έως 3.000 ευρώ ετησίως.

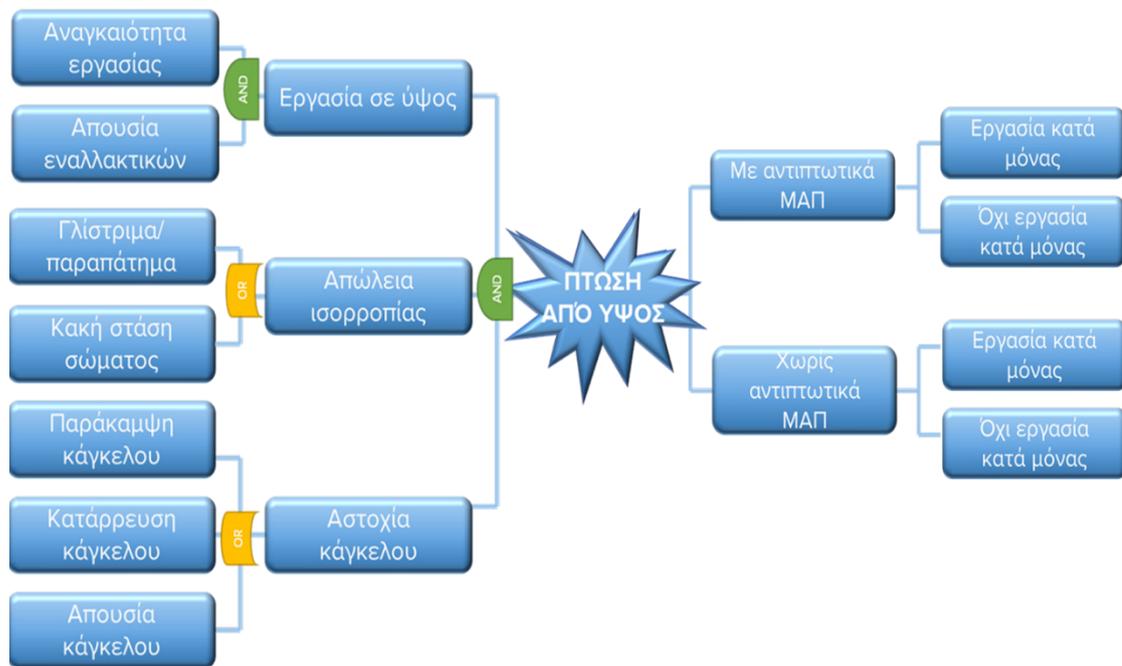
Διάφορες παραλλαγές του δέντρου γεγονότων είναι το RCM (Reliability Centered Maintenance), MES (Multilinear Events Sequencing - Benner 1975), STEP (Sequential Timed Events Plotting – Hendrick & Benner 1987), SRAD (Schematic Report Analysis Diagram – Toft & Turner 1987), INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité - Leplat 1978, Monteau 1977), και CARAT (Chemical Accident Risk Assessment Thesaurus - Rosenthal et al. 2002) που παρουσιάζονται στην Παράγραφο 3.3.

3.2.3 Bowtie

Τα δέντρα γεγονότων και σφαλμάτων έχουν συνδυαστεί προκειμένου να δημιουργηθεί η μέθοδος bow-tie. Από το κεντρικό συμβάν αρχίζουν (σε αντίθετες κατευθύνσεις) ένα δέντρο γεγονότων και ένα δέντρο σφαλμάτων. Λόγω του μεγάλου μεγέθους του, η έκταση της ανάλυσης συχνά περιορίζεται, ώστε να επικεντρώνει μόνο στις επικίνδυνες καταστάσεις, και όχι σε όλες τις πιθανές εκβάσεις από λειτουργική άποψη. Το όνομα του οφείλεται στο σχήμα του (bowtie = πατιγιόν), όπου το κεντρικό συμβάν διακλαδώνεται και προς τις δύο κατευθύνσεις.

Το bow-tie ξεκινά με ένα δέντρο σφαλμάτων, όπου αναλύουμε προς τα πίσω όλα τα πιθανά προηγούμενα συμβάντα ή συνθήκες. Αφού τα καταγράψουμε μέχρι να προσδιοριστούν τα ριζικά αίτια του κεντρικού συμβάντος, ακολουθεί ένα δέντρο γεγονότων προς την αντίθετη κατεύθυνση για να εντοπίσουμε την αλυσίδα γεγονότων ανάμεσα στην εμφάνιση του κεντρικού συμβάντος και τις τελικές ανεπιθύμητες συνέπειες. Τα πιθανά προληπτικά μέτρα εντοπίζονται και στις δύο κατευθύνσεις (πριν και μετά το κεντρικό συμβάν), είτε για να αποφευχθεί η εμφάνιση του κεντρικού συμβάντος (δέντρο σφαλμάτων) είτε για να μειωθούν οι συνέπειες του (δέντρο γεγονότων).

Ακολουθεί παρουσίαση του προηγούμενου παραδείγματος συνδέοντας τα δέντρα γεγονότων και σφαλμάτων που εφαρμόστηκαν στα προηγούμενα παραδείγματα, λαμβάνοντας ως κεντρικό συμβάν την πτώση από ύψος.



Σχήμα 3.14 Παράδειγμα bowtie

Το αριστερό μέρος αντιπροσωπεύει το πόσο πιθανό είναι να προκύψει το συμβάν (π.χ. πτώση από ύψος), άρα την πιθανότητα του κινδύνου. Το δεξί μέρος αντιπροσωπεύει το ενδεχόμενο

να προκύψουν μικρότερες ή μεγαλύτερες συνέπειες αφού προκύψει ο κίνδυνος, άρα τη σοβαρότητα του. Τα διάφορα στάδια μπορούν να επηρεαστούν από μέτρα πρόληψης (τεχνικά ή οργανωτικά). Π.χ. η κακή στάση σώματος μπορεί να αντιμετωπιστεί με καλύτερη εκπαίδευση, παρεμβάσεις στο χώρο, κλπ. μειώνοντας έτσι την πιθανότητα πτώσης. Αντίστοιχα μπορεί να συμβεί και στη δεξιά πλευρά (π.χ. χρήση κατάλληλων κι συντηρημένων ΜΑΠ) μειώνοντας τη σοβαρότητα.

Στα bowtie βασίστηκαν διάφορες τεχνικές, όπως η ORM (Occupational Risk Model, WORM – Workgroup Occupational Risk Model, Ale et al. 2006) και η TRIPOD (Wagenaar et al. 1994) που συνοψίζονται στην Παράγραφο 3.3.

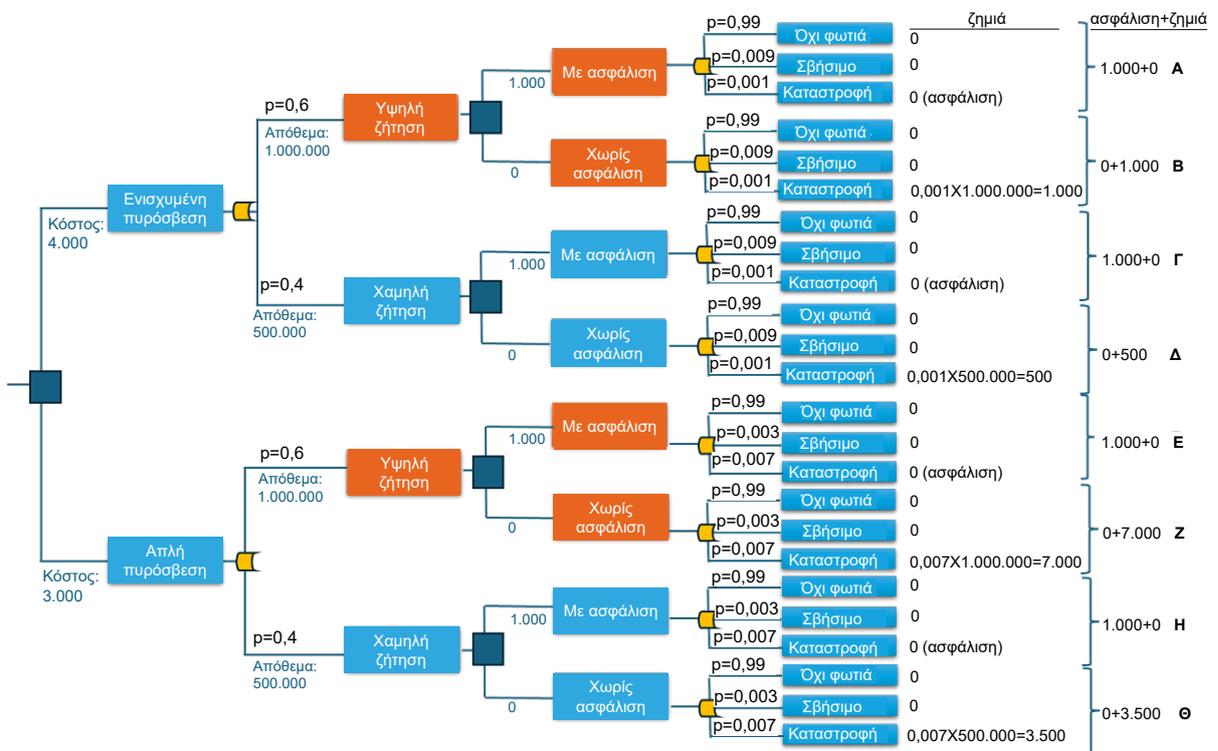
3.2.4 Δέντρα αποφάσεων

Τα δέντρα αποφάσεων μοιάζουν αρκετά με τα δέντρα γεγονότων, αλλά χρησιμοποιούνται για τη λήψη αποφάσεων. Ξεκινούν και αυτά από μία αρχική συνθήκη και αναλύουν όλες τις πιθανές εκβάσεις. Η διαφορά τους είναι ότι δεν περιλαμβάνουν μόνο κόμβους ενδεχομένων (chance nodes) αλλά και κόμβους αποφάσεων (decision nodes), όπου η έκβαση δεν καθορίζεται από την «τύχη» αλλά την επιλέγουμε συνειδητά εμείς. Ενώ, λοιπόν, το δέντρο γεγονότων σχεδιάζεται από την αρχή και εμείς παρακολουθούμε την εξέλιξη χωρίς να μπορούμε να επεμβούμε, στο δέντρο αποφάσεων υπάρχουν και κάποια σημεία όπου μπορούμε εμείς να επεμβούμε σε κάποιο σημείο της εξέλιξης και να καθορίσουμε την έκβαση.

Στο δέντρο αποφάσεων δεν υπολογίζουμε όλες τις πιθανότητες, αφού παρεμβάλλονται αποφάσεις. Οι πιθανότητες μπορούν να υπολογιστούν μόνο ανάμεσα σε δύο κόμβους απόφασης. Έτσι, ξεκινάμε από το τέλος (δεξιά) και υπολογίζουμε μέχρι να φτάσουμε σε έναν κόμβο απόφασης. Εκεί, συγκρίνοντας τις προσδοκώμενες τιμές, επιλέγουμε τον κλάδο με τη μεγαλύτερη αξία (ή μικρότερη ζημιά), που είναι αυτός που θα πρέπει να επιλέξουμε αν φτάσουμε ως εκεί και χρειαστεί να πάρουμε απόφαση. Η αξία αυτή αντιπροσωπεύει πια τον κλάδο αυτό και μπορούμε να συνεχίσουμε τον υπολογισμό μέχρι τον επόμενο κόμβο απόφασης.

Ακολουθεί ένα απλουστευμένο παράδειγμα. Σε μία μη στελεχωμένη αποθήκη, η πιθανότητα έναυσης πυρκαγιάς είναι 0,01 ετησίως. Η αποθήκη έχει υποχρεωτικά σύστημα αυτόματης πυρόσβεσης, το οποίο κοστίζει 3.000 ευρώ ετησίως. Το σύστημα αυτό έχει πιθανότητα 0,3 να σβήσει τη φωτιά εγκαίρως. Αλλιώς καταστρέφεται ολοσχερώς. Μας προτείνεται ένα ενισχυμένο σύστημα που μπορεί να σβήσει τη φωτιά με πιθανότητα 0,9 και κοστίζει 4.000 ευρώ ετησίως. Έχουμε υπολογίσει ότι υπάρχει 0,6 πιθανότητα η ζήτηση να είναι υψηλή, οπότε και η αποθήκη θα είναι γεμάτη με εμπορεύματα αξίας 1.000.000 ευρώ και 0,4 η ζήτηση να είναι χαμηλή, οπότε θα έχουμε εμπορεύματα αξίας 500.000 ευρώ. Υπάρχει πάντοτε και η δυνατότητα να ασφαλίσουμε την αποθήκη έναντι πυρκαγιάς για 1.000 ευρώ ετησίως, οπότε θελήσουμε. Σκοπός μας είναι να αποφασίσουμε αν θα πρέπει να προμηθευτούμε το σύστημα αυτόματης πυρόσβεσης και αν θα πρέπει να ασφαλίσουμε την αποθήκη.

Το Δέντρο Αποφάσεων για το παράδειγμα αυτό έχει ως εξής:



Σχήμα 3.15 Δέντρο αποφάσεων

Η πρώτη απόφαση είναι αν θα έχουμε ενισχυμένη ή απλή πυρόσβεση. Αυτή την απόφαση πρέπει να την πάρουμε πρώτη, γιατί δεν υπάρχει ευελιξία (να αλλάζουμε κατά περίπτωση σύστημα πυρόσβεσης). Η επόμενη απόφαση είναι αν θα ασφαλίσουμε το εμπόρευμα. Αυτό μπορούμε να το κάνουμε ευέλικτα, οπότε μπορούμε να λάβουμε αργότερα αυτή την απόφαση, αναλόγως της ζήτησης. Έτσι, τον κόμβο απόφασης για το σύστημα πυρόσβεσης τον ακολουθούν κόμβοι ενδεχομένων για υψηλή ή χαμηλή ζήτηση. Σε κάθε έναν από τους κλάδους αυτούς, θα ακολουθήσει ένας κόμβος απόφασης για την ασφάλιση. Τέλος, για κάθε κλάδο μετά τον κόμβο αυτό, θα ακολουθήσουν κόμβοι ενδεχομένων για πιθανή πυρκαγιά.

Ξεκινάμε να υπολογίζουμε το δέντρο αντίθετα, δηλαδή από δεξιά. Για την πυρκαγιά υπάρχουν τρία ενδεχόμενα: να μην υπάρξει καθόλου (πιθανότητα 0,99 παντού), να ανάψει και να σβηστεί από το σύστημα (πιθανότητα $0,01 \times 0,9 = 0,009$ για την ενισχυμένη πυρόσβεση και $0,01 \times 0,3 = 0,003$ για την απλή πυρόσβεση), και να μη σβηστεί από το σύστημα ($0,01 \times 0,1 = 0,001$ για την ενισχυμένη πυρόσβεση και $0,01 \times 0,7 = 0,007$ για την απλή πυρόσβεση). Στις περιπτώσεις όπου η φωτιά δεν ανάψει ή σβήνεται, ή η αποθήκη είναι ασφαλισμένη, το κόστος της πυρκαγιάς είναι 0. Κόστος υπάρχει μόνο στις περιπτώσεις καταστροφής χωρίς ασφάλιση και ισούται με την εκάστοτε πιθανότητα ($0,001$ για ενισχυμένη και $0,007$ για απλή πυρόσβεση) επί το εκάστοτε εμπόρευμα (1.000.000 ευρώ για υψηλή και 500.000 ευρώ για χαμηλή ζήτηση). Η συνολική προσδοκώμενη τιμή κάθε κόμβου ενδεχομένων ισούται με το άθροισμα των προσδοκώμενων τιμών όλων των κλάδων του. Όπου υπάρχει ασφάλιση θα πρέπει στη συνέχεια να προσθέσου-

με στην τιμή αυτή και το κόστος του ασφαλιστρού (1.000 ευρώ).

Στην περίπτωση που έχουμε ενισχυμένη πυρόσβεση και υψηλή ζήτηση (Α και Β), βλέπουμε ότι η απόφαση της ασφάλισης είναι αδιάφορη (κόστος 1.000 ευρώ είτε από ζημιά είτε από ασφαλιστρού). Αν, όμως, η ζήτηση είναι χαμηλή (Γ και Δ), τότε το κόστος της ασφάλισης (1.000 ευρώ) υπερβαίνει το προσδοκώμενο κόστος της καταστροφής (500 ευρώ - Δ), οπότε η ασφάλιση δεν συμφέρει. Άρα το πιθανό κόστος σε περίπτωση ενισχυμένης πυρόσβεσης είναι 1.000 ευρώ για υψηλή ζήτηση (Α και Β) και 500 ευρώ για χαμηλή (Δ). Ομοίως, αν έχουμε απλή πυρόσβεση το πιθανό κόστος είναι 1.000 ευρώ (Ε ή Η), καθώς θα πρέπει να ασφαλίσουμε την αποθήκη, αφού αλλιώς το προσδοκώμενο κόστος είναι πολύ υψηλότερο (7.000 ευρώ για υψηλή ζήτηση - Ζ, και 3.500 ευρώ για χαμηλή - Θ).

Πολλαπλασιάζοντας με την πιθανότητα υψηλής (0,6) και χαμηλής (0,4) ζήτησης, το προσδοκώμενο κόστος για ενισχυμένη πυρόσβεση είναι $0,6 \times 1.000 + 0,4 \times 500 = 800$ ευρώ. Σε αυτό θα πρέπει να προσθέσουμε και το ετήσιο κόστος του συστήματος (4.000 ευρώ), οπότε το συνολικό προσδοκώμενο κόστος είναι 4.800 ευρώ. Στην περίπτωση του απλού συστήματος, το προσδοκώμενο κόστος είναι $0,6 \times 1.000 + 0,4 \times 1000 = 1000$ ευρώ. Στο κόστος αυτό πρέπει να προσθέσουμε και το ετήσιο κόστος των 3.000 ευρώ, οπότε το συνολικό προσδοκώμενο κόστος είναι 4.000 ευρώ.

Η καλύτερη αρχική απόφαση, λοιπόν, είναι να μην προμηθευτούμε το σύστημα ενισχυμένης πυρόσβεσης και να ασφαλίσουμε σε κάθε περίπτωση την αποθήκη. Εάν ήδη έχουμε σύστημα ενισχυμένης πυρόσβεσης, η καλύτερη απόφαση είναι να ασφαλίσουμε την αποθήκη μόνο σε περίπτωση υψηλής ζήτησης.

Βέβαια, στην πραγματικότητα, η απόφαση δεν βασίζεται μόνο στα δεδομένα αυτά, αλλά πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες (περιβαλλοντική καταστροφή, ζημιά στη φήμη, διατάραξη εφοδιαστικής αλυσίδας, κλπ.) Το παράδειγμα είναι ενδεικτικό μόνο για να δείξει τη λειτουργία ενός δέντρου αποφάσεων. Σημαντικό είναι να τονίσουμε ότι οι προσδοκώμενες τιμές θα πρέπει να υπολογίζονται κάθε φορά μόνο στο σημείο όπου βρισκόμαστε. Οι καλύτερες επιλογές μπορεί να είναι διαφορετικές σε διαφορετικά στάδια. Σε κάθε περίπτωση, όμως, το δέντρο αποφάσεων είναι μόνο ένα μέρος της συνολικής εικόνας.

3.3 Τεχνικές και μεθοδολογίες

Υπάρχει ένα πλήθος ολοκληρωμένων τεχνικών και μεθοδολογιών, καθώς και μοντέλων είτε για την ανάλυση κινδύνου, είτε για την ανάλυση αιτίων ατυχημάτων που δεν μπορεί να εξαντληθεί στο βιβλίο αυτό. Κάποια από αυτά (κυρίως όσα έχουν ευρύτερη εφαρμογή σε κλάδους και καταστάσεις) έχουν ήδη αναφερθεί στις κατηγορίες προσεγγίσεων και παρουσιάζονται συνοπτικά και εποπτικά στην παράγραφο αυτή. Ο αναγνώστης που επιθυμεί να εφαρμόσει κάποια από αυτές θα πρέπει να καταφύγει σε κάποιο εξειδικευμένο εγχειρίδιο. Όσοι, πάλι, δεν ενδιαφέρονται για συγκεκριμένα μοντέλα και τεχνικές μπορούν να παρακάμψουν την Παράγραφο αυτή. Για διευκόλυνση της εύρεσης, η παρουσίαση γίνεται σε αλφαβητική σειρά.

3CA (Control Change Cause Analysis – Kingston 2007). Πρόκειται για μία μεθοδολογία ανάλυσης ατυχημάτων, όπου εντοπίζονται τυχόν αλλαγές που έχουν γίνει σε σημαντικούς παράγοντες και διερευνάται η τυχόν επίδρασή τους στο συμβάν.

AAM (Accident Anatomy Method). Αναπτύχθηκε στη βάση του MORT και επιχειρεί να αναπτύξει ένα σχηματικό διάγραμμα με τη λογική «δέντρου» για κρίσιμα συμβάντα. Το διάγραμμα μπορεί να βασιστεί σε ιστορικά δεδομένα ή σε υποθέσεις για το μέλλον. Ενώ το MORT έχει τη λογική της εξειδίκευσης γενικών αρχών στην κάθε περίπτωση, η AAM έχει και τη λογική της γενίκευσης των περιπτώσεων, οπότε είναι και πιο σύνθετη.

AcciMap (Rasmussen 1997). Είναι μία μεθοδολογία ανάλυσης ατυχημάτων, η οποία επιχειρεί να μοντελοποιήσει το κοινωνικο-τεχνικό σύστημα μέσω διαδοχικών επιπέδων, προσπαθώντας να εντοπίσει βαθύτερες αιτίες σε αυτά. Το ατύχημα είναι η άμεση συνέπεια ενός κρίσιμου συμβάντος, το οποίο με τη σειρά του είναι άμεσο ή έμμεσο αποτέλεσμα μιας ενέργειας στα πλαίσια καθηκόντων, αποφάσεων, συνθηκών και σχεδίων.

ACSNI (Advisory Committee on the Safety of Nuclear Installations – ACSNI 1991), το οποίο δίνει βαρύτητα σε λανθάνουσες καταστάσεις. Εντοπίζει οργανωσιακούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες (ανεπαρκείς διαδικασίες, κακή επικοινωνία, κακός σχεδιασμός) που δημιουργούν λανθάνουσες καταστάσεις οι οποίες προκαλούν αστοχίες τόσο στον εξοπλισμό όσο και στην ανθρώπινη απόδοση.

AEB (Accident Evolution and Barrier Technique - Svenson 1991). Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε από τη Σουηδική Υπηρεσία Επιθεώρησης Πυρηνικής Ενέργειας και επίσης βασίζεται στην MORT. Επικεντρώνεται, όμως, στα παρ' ολίγον ατυχήματα και στην αλληλεπίδραση τεχνικών συστημάτων και ανθρωπίνων παραγόντων. Συγκεκριμένα καταγράφει κάθε ένα τέτοιο στοιχείο και προσπαθεί να βρει συσχετίσεις μεταξύ τους, καθώς και αν υπάρχουν μεταξύ τους εμπόδια που μπορούν να αποτρέψουν ένα ανεπιθύμητο συμβάν. Περιγράφει τα μέτρα ασφάλειας που αστόχησαν (και όχι τα συμβάντα που οδήγησαν στο ατύχημα).

ALARP – SFAIRP (As low as reasonably practicable - so far as is reasonably practicable). Η ALARP στοχεύει στη μείωση του κινδύνου στο χαμηλότερο πρακτικά δυνατό επίπεδο και η SFAIRP στην αύξηση της ασφάλειας στο υψηλότερο δυνατό επίπεδο (ακόμη και πέραν του αποδεκτού επιπέδου). Το πρακτικά δυνατόν ορίζεται από τη νομοθεσία. Ο κίνδυνος χαρακτηρίζεται ως «μη αποδεκτός», «αποδεκτός μόνο αν το κόστος περαιτέρω μείωσης είναι δυσανάλογο», και «γενικά αποδεκτός».

APS (Accident Prototypical Scenario - Fleury & Brenac 2001). Πρόκειται για μία μεθοδολογία διαδοχής, η οποία χωρίζει την αλληλουχία σε στάδια. Κάθε συμβάν δημιουργεί μία νέα κατάσταση, η οποία εξετάζεται στο σύνολό της και όχι μόνο σε σχέση με την άμεση επίδρασή της στο επόμενο βήμα.

ATSB (Australian Transport Safety Bureau – Walker & Bills 2008). Βασίζεται στη λογική του «Ελβετικού τυριού» και προτείνει πέντε παράγοντες ασφάλειας (επίπεδα). Οι πρώτοι τρεις είναι δείκτες ασφάλειας (γενικοί): γεγονότα (που περιγράφουν ένα συμβάν), ατομικές ενέργειες (που αύξησαν τον κίνδυνο), και τοπικές συνθήκες (που επηρέασαν). Οι άλλοι δύο είναι θέματα ασφάλειας, ήτοι μέτρα ελέγχου (που μειώνουν τον κίνδυνο) και οργανωσιακές επιρροές.

Bayesian networks and influence diagrams. Πρόκειται για μία δομημένη διαγραμματική τεχνική, η οποία είναι βασισμένη στην επικαιροποίηση πιθανοτήτων με το Θεώρημα του Bayes. Στην τεχνική αυτή απεικονίζονται διάφορες αβέβαιες (μεταβλητές) παράμετροι και οι πιθανές καταστάσεις (τιμές) τους. Η απεικόνιση γίνεται με κόμβους που συνδέονται μεταξύ τους με βέλη, τα οποία συμβολίζουν αλληλεπιδράσεις (όπως στα μοντέλα δικτύου). Οι αρχι-

κές εκτιμήσεις για τις πιθανότητες αστοχίας επικαιροποιούνται (με το Θεώρημα του Bayes) αναλόγως των κατά συνθήκη πιθανοτήτων ανάμεσα στους κόμβους. Η τεχνική αυτή είναι σύνθετη και συνήθως απαιτείται χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

BIA (Business impact analysis). Η μέθοδος αυτή αναλύει τις συνέπειες που μπορεί να έχουν διάφορα πιθανά συμβάντα πάνω στην οργάνωση, καθώς και τους πόρους και τις ικανότητες που θα πρέπει να διαθέτει η οργάνωση για να τα αντιμετωπίσει. Προϋποθέτει επαρκή κατανόηση των ευάλωτων σημείων, των αλληλεπιδράσεων, των σκοπών και των δυνατοτήτων της οργάνωσης. Οι πληροφορίες συλλέγονται με ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις ή ομαδικές συνεδρίες.

CARAT (Chemical Accident Risk Assessment Thesaurus - Rosenthal et al. 2002). Είναι ένα ευρωπαϊκό πρότυπο για τη χημική βιομηχανία που περιλαμβάνει έναν χάρτη στοιχειωδών έργων – ενεργειών με πιθανότητες αστοχίας. Ο κάθε οργανισμός μπορεί να τα συνθέσει για να «χτίσει» τις εργασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτόν, προκειμένου να δημιουργήσει μία εκτίμηση των κινδύνων του.

CASMET (Casualty Analysis Methodology for Maritime Operations – Caridis 1999). Μέθοδος ανάλυσης ατυχημάτων κυρίως για τον τομέα της ναυτιλίας. Επικεντρώνει στη διοίκηση και στην κατανομή πόρων στα πλαίσια της καθημερινής λειτουργίας, η οποία μπορεί λόγω ατελειών να καταστήσει ένα συμβάν, ατύχημα.

Causal mapping. Πρόκειται για μία τεχνική για τη διερεύνηση και τεκμηρίωση αιτιολογικών σχέσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ συμβάντων, καταστάσεων και άλλων στοιχείων του συστήματος, με στόχο τη δημιουργία ενός πλήρη χάρτη με το δίκτυο των πιθανών συμβάντων. Συγκεντρώνονται διάφορες απόψεις και εξετάζονται μαζί, ώστε να εντοπιστούν αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών μερών του συστήματος. Ο σκοπός είναι η δημιουργία ολιστικών πολιτικών αντιμετώπισης και όχι μέτρων για κάθε κίνδυνο ξεχωριστά. Αφορά κυρίως σύνθετα συστήματα.

CCA (Cause-consequence analysis). Πρόκειται για μία διαγραμματική τεχνική που χρησιμοποιείται εναλλακτικά του δέντρου σφαλμάτων ως απλούστερη. Χρησιμοποιείται συνήθως σε περιπτώσεις όπου οι αιτιακές σχέσεις είναι πολύ σύνθετες για να απεικονιστούν με αλληλουχίες γεγονότων ή όταν κάποια μέρη είναι ανεξάρτητα από τα άλλα και δεν χρειάζεται να μπαίνουν σε ένα ενιαίο δέντρο σφαλμάτων.

CHTFPM (Continuous Hazards Tracking and Failure Prediction Methodology - Long & Fischhoff 2000). Πρόκειται για μία ποσοτική μέθοδο, όπου οι αρχικές εκτιμήσεις πιθανότητας αστοχίας επικαιροποιούνται με υποκειμενικές κατανομές πιθανότητας που δημιουργούνται από τα δεδομένα από τη λειτουργία του συστήματος.

Cindynic approach. Πρόκειται για μία προσέγγιση σε στρατηγικό επίπεδο, η οποία εστιάζει σε ανεπάρκειες (π.χ. αβεβαιότητες, ασυνέπειες, παραλείψεις, κλπ.) και δυσαρμονίες (π.χ. διαφωνίες μεταξύ εμπλεκομένων), τις οποίες καταγράφει συστηματικά σε πίνακες. Στοιχείει στη βαθύτερη κατανόηση του πλαισίου και των αλληλεπιδράσεων, καθώς και των κινδύνων.

Consequence/likelihood matrix (risk matrix ή heat map). Πρόκειται για απλούς πίνακες που έχουν ένα μέτρο της συχνότητας στον ένα άξονα και ένα μέτρο των συνεπειών στο άλλο, ώστε κάθε κίνδυνος να τοποθετείται στην ενδιάμεση περιοχή (συνήθως χρωματισμένη διαγώνια) ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα σαν

εργαλείο εκτίμησης του κινδύνου(για απλές περιπτώσεις) ή σαν εργαλείο απεικόνισης των ευρημάτων μιας αναλυτικής εκτίμησης του κινδύνου. Η κλίμακα μπορεί να είναι απλή (2X2) ή πιο αναλυτική, συμμετρική ή μη, και να περιέχει μόνο κινδύνους ή και ευκαιρίες. Συνήθως προτείνεται οι κλίμακες να είναι περιορισμένες και σαφώς καθορισμένες.

Cross impact analysis. Είναι μία οικογένεια τεχνικών που έχουν σκοπό να εξετάσουν πολλά πιθανά συμβάντα μαζί, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Βασίζεται σε επικαιροποίηση πιθανοτήτων κατά Bayes και χρησιμοποιεί προσομοίωση Monte Carlo. Μπορεί να συνδυαστεί με ανάλυση σεναρίων (WHATIF) και εφαρμόζεται σε συστήματα με πολλούς και αλληλεπιδρώντες κινδύνους.

CTM (Causal Tree Method – Leplat 1978). Πρόκειται για μία τεχνική ανάλυσης ατυχημάτων που θεωρεί την αλλαγή ή τη μεταβλητότητα από την κανονική κατάσταση σαν αιτία των ατυχημάτων. Η διαδικασία αιτιολόγησης βασίζεται σε ελεύθερα κείμενα και συνεργασία μιας ομάδας ειδικών διαχωρίζοντας τα γεγονότα ως σχετικά, αναγκαία ή ικανά αίτια.

Energy model (Gibson 1961, Haddon 1968). Το μοντέλο αυτό θεωρεί ένα ατύχημα ως αποτέλεσμα της έκθεσης ενός ατόμου σε κάποια (επικίνδυνη) μορφή ενέργειας. Λαμβάνει υπόψη τρία στοιχεία (πηγή ενέργειας, εμπόδια και θύμα) και προσπαθεί να αναγνωρίσει την κατάσταση που οδήγησε στη συγκέντρωση και απελευθέρωση ενέργειας που προκάλεσε τον τραυματισμό.

ERCAP (Event Root Cause Analysis Procedure). Πρόκειται για μία παραλλαγή του HPIP με ιδιαίτερη έμφαση στην ανθρώπινη απόδοση (περιλαμβάνει στοιχεία του ASSET). Τα βασικά στάδια των μοντέλων αυτών (ανάλυση αλλαγών, ανάλυση εμποδίων, συμβάντα, παράγοντες αιτιότητας και δέντρα) συμπληρώνονται από επιπλέον τεχνικές, όπως η ΑΕΒ για να ληφθούν υπόψη και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ ανθρώπινων και τεχνικών παραγόντων.

F-N (Frequency-number) diagrams. Είναι διαγράμματα παρόμοια με τους πίνακες εκτίμησης κινδύνου (Consequence/likelihood matrix), έχοντας ένα μέτρο της συχνότητας στον ένα άξονα και ένα μέτρο των συνεπειών στο άλλο, όμως στην περίπτωση αυτή η κλίμακα είναι λογαριθμική. Απαιτούνται εκτεταμένα στατιστικά δεδομένα για τη δημιουργία ενός τέτοιου διαγράμματος. Χρησιμοποιείται για συγκεκριμένες εφαρμογές όπου απαιτείται μεγάλη ακρίβεια.

FMEA - FMECA (Failure modes and effects analysis και Failure modes, effects and criticality analysis). Πρόκειται για διαδοσμένες και αναλυτικές μεθοδολογίες. Τα συστήματα, οι διαδικασίες και οι υποδομές αναλύονται στα δομικά τους στοιχεία και εξετάζεται η επίδραση τυχόν αστοχίας καθενός από αυτά στο συνολικό σύστημα. Ιδιαίτερα στη FMECA, γίνεται και ανάλυση της κρισιμότητας κάθε τέτοιας αστοχίας. Οι μέθοδοι αυτές απαιτούν τη συνεργασία ειδικών σε διαφορετικά πεδία και απευθύνονται κυρίως σε πολύπλοκα συστήματα όπου δεν είναι εύκολος ο εντοπισμός όλων των στοιχείων και των επιδράσεων.

FRAM (Functional Resonance Analysis Method – Hollnagel 2012). Είναι μία τεχνική που εστιάζει στη δημιουργία ενός μοντέλου «κανονικής» λειτουργίας, πάνω στο οποίο αναλύονται παρεκκλίσεις και συμβάντα. Βασίζεται σε τέσσερις αρχές: ισοδυναμία αστοχιών και επιτυχιών (equivalence of failures and successes), προσεγγιστικές ρυθμίσεις (approximate adjustments), εμφάνιση (emergence) και λειτουργικός συντονισμός (functional resonance).

HACCP (Hazard analysis and critical control points). Πρόκειται για μία τεχνική ανάλυσης

λειτουργικού επιπέδου που χρησιμοποιείται ευρέως για την ασφάλεια τροφίμων, αλλά και σε άλλες περιπτώσεις ανάλυσης κινδύνου. Σκοπός της είναι να διασφαλίσει ότι οι κίνδυνοι περιορίζονται μέσω παρακολούθησης και ελέγχων κατά τη λειτουργία, και όχι να διαπιστώσει αίτια με εκ των υστέρων αυτοψίες και ανάλυση. Επικεντρώνει στο να καθορίσει σημεία στη λειτουργία, στα οποία μπορούν να παρακολουθούνται κρίσιμες παράμετροι ώστε να ελέγχονται οι πηγές κινδύνου.

Hale & Hale model (Hale & Hale 1970). Είναι ένα μοντέλο που εστιάζει σε ατομικό επίπεδο και συγκεκριμένα στον τρόπο που το άτομο χειρίζεται πηγές κινδύνου και αποκλίσεις. Το ατύχημα θεωρείται ως αποτέλεσμα της αδυναμίας του ατόμου να ανταπεξέλθει στην απόκλιση του συστήματος, η οποία μπορεί να οφείλεται σε κακή αντίληψη του περιβάλλοντος, και λανθασμένες αποφάσεις ή ενέργειες. Είναι δομημένο πάνω στις έννοιες της αντίληψης (π.χ. αντίληψη προειδοποίησης), της γνωστικής διαδικασίας (π.χ. αναγνώριση της προειδοποίησης και της διαδικασίας αποφυγής, απόφαση αποφυγής) και της φυσικής αντίδρασης (π.χ. ικανότητα αποφυγής)

Hazard-carrier theory (Skiba 1973), Πρόκειται για μοντέλο συναφές του Energy Model, στο οποίο ο τραυματισμός εκλαμβάνεται ως το αποτέλεσμα της σύγκρουσης μεταξύ ενός ατόμου (το υποκείμενο) και του περιβάλλοντος (αντικείμενο), με απελευθέρωση ενέργειας. Τα αίτια της σύγκρουσης οφείλονται σε τεχνικούς, ανθρώπινους και οργανωτικούς παράγοντες.

HAZOP (Hazard and operability). Η ευρέως διαδεδομένη αυτή μέθοδος περιλαμβάνει τη συστηματική εξέταση ενός συστήματος, με σκοπό τον εντοπισμό αποκλίσεων από τον αρχικό σχεδιασμό και την ανάλυση των πιθανών επιπτώσεών τους. Είναι κατάλληλο για καταστάσεις όπου υπάρχει ένα εύρος πιθανών καταστάσεων λειτουργίας, δηλαδή συστήματα που μπορεί να λειτουργούν με αποκλίσεις. Οι αποκλίσεις αυτές θα πρέπει να μπορούν να εντοπιστούν και να μετρηθούν. Γενικά είναι μία απαιτητική μέθοδος που απαιτεί σημαντική προσπάθεια και χρόνο από ειδικούς.

Houston model (Houston 1971, 1977), Πρόκειται για ένα μοντέλο διαδοχής στο οποίο είναι αναγκαία η συνύπαρξη τριών παραγόντων για να προκύψει ένα ατύχημα: του στόχου, της κινητήριας δύναμης (π.χ. ενέργεια, τοξικότητα, κλπ.) και του εναύσματος. Ο στόχος έχει κάποια οριακή τιμή κάτω από την οποία η κινητήρια δύναμη δεν έχει καμία επίδραση. Η εξέλιξη του ατυχήματος καθορίζεται από ένα πλήθος παραμέτρων, όπως η πιθανότητα επαφής (πιθανότητα παρουσίας όλων των παραγόντων), η επάρκεια της επαφής (το μέρος της κινητήριας δύναμης που πράγματι φθάνει στον στόχο), η αποτελεσματικότητα της επαφής (το ποσοστό της καταστροφής που γίνεται με τις συγκεκριμένες συνθήκες σε σχέση με αυτό που γίνεται υπό κανονικές συνθήκες) και ο χρόνος επαφής. Η πρόληψη μπορεί να επιτευχθεί είτε με την απομάκρυνση ενός από τους τρεις παράγοντες είτε μέσω επέμβασης στις παραμέτρους (προληπτική δράση για μείωση της πιθανότητας επαφής και διορθωτική δράση για τη μείωση της επάρκειας και αποτελεσματικότητας της επαφής).

HPIP (Human Performance Investigation Process – Paradies et al 1993). Πρόκειται για παραλλαγή των MORT και TapRoot προσαρμοσμένη στις ανάγκες της US Nuclear Regulatory Commission. Περιλαμβάνει διαγράμματα συμβάντων και αιτίων, ανάλυση εμποδίων, ανάλυση διαφορών μεταξύ των καταστάσεων (πριν και μετά) και ανάλυση κρίσιμων ανθρωπίνων ενεργειών.

HSG245 (HSE 2004). Μέθοδος για την εύρεση βαθύτερων αιτίων ατυχήματος. Περιλαμβάνει

νει ανάλυση της αλληλουχίας του συμβάντος και έτοιμες ερωτήσεις (λίστα ελέγχου) για τη διερεύνηση βαθύτερων (ή και ετεροχρονισμένων) αιτίων που επηρέασαν το συμβάν σε κάθε στάδιο.

Inherent Safety. Πρόκειται για μία ευρύτερη προσέγγιση, η οποία εστιάζει στην εγγενή ασφάλεια, παρά στην πρόληψη συγκεκριμένων συμβάντων. Βασίζεται σε κρίσιμους παράγοντες απόδοσης στην ασφάλεια (IS-KPI's – Inherent Safety Key Performance Indicators) για την ποσοτικοποίηση της ασφάλειας.

INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité - Leplat 1978, Monteau 1977) Το μοντέλο αυτό επίσης βασίζεται στα δέντρα γεγονότων και βλέπει το ατύχημα σαν αποτέλεσμα μιας σειράς γεγονότων όχι ως διακριτά συμβάντα, αλλά στη μορφή αποκλίσεων από τον αναμενόμενο κύκλο εργασίας.

ISA (Lagerlöf & Andersson 1979). Παλαιότερο μοντέλο καταγραφής και ταξινόμησης εργατικών ατυχημάτων του Εθνικού Συμβουλίου Ασφάλειας και Υγείας της Σουηδίας, το οποίο περιγράφει τη διαδοχή ατυχημάτων στη μορφή ενός συμβάντος τραυματισμού, ενός συμβάντος επαφής, προ-συμβάντα και εξωτερικούς παράγοντες όπως εξοπλισμός και υλικά. Μοιάζει με την προσέγγιση που χρησιμοποιείται στην καταγραφή ατυχημάτων ESAW της Eurostat.

Ishikawa – Fishbone method. Πρόκειται για αναλυτική μέθοδο που χρησιμοποιείται ευρέως, και πέραν της ανάλυσης κινδύνου. Ξεκινά από ένα αρχικό γεγονός ή συνθήκη («κεφάλι του ψαριού») και προσπαθεί να εντοπίσει και να διαχωρίσει όλους τους πιθανούς παράγοντες που το επηρεάζουν, οι οποίοι παρατίθενται εκατέρωθεν του κορμού («ψαροκόκκαλα») και αναλύονται όσο χρειαστεί. Συχνά χρησιμοποιούνται για απλότητα έξι συνήθεις κατηγορίες παραγόντων (Εξοπλισμός, Διαδικασίες, Άνθρωποι, Περιβάλλον και Διοίκηση, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθούν και άλλοι. Συνήθως στην ανάλυση κινδύνου χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την ανάλυση των ριζικών αιτίων (π.χ. σε συνδυασμό με τα 5 «γιατί» της Toyota).

ISIM (Integrated Safety Investigation Methodology – Transportation Safety Board of Canada). Πρόκειται για μία μεθοδολογία εντοπισμού παραγόντων (καθήκοντα, προσωπικό, εξοπλισμός και περιβάλλον) που επηρεάζουν την ασφάλεια του συστήματος και την αξιολόγηση του επιπέδου τους, καθώς και των εμποδίων που μπορούν να μειώσουν την επικινδυνότητα.

ISRS (International Safety Rating System) Το μοντέλο αναπτύχθηκε το 1978 από τον Frank Bird στη βάση ενός δείγματος 1,75 εκατομμυρίων ατυχημάτων και έκτοτε εξελίσσεται με νέες εκδόσεις. Είναι ένα σύστημα που έχει σαν στόχο να αξιολογεί συγκεκριμένους «δείκτες υγείας» του συστήματος στη βάση της «επιδημιολογικής» προσέγγισης. Δίνει έμφαση κυρίως σε διοικητικά θέματα.

Kjellén model (Kjellén 1983). Είναι ένα μοντέλο ανάλυσης συμβάντων (παρόμοιο με του MacDonald), το οποίο ακολουθεί μία αλληλουχία συγκεκριμένων καταστάσεων του συστήματος σε χρονική σειρά: απώλεια ελέγχου, αρχική φάση, τελική φάση, φάση τραυματισμού και φάση ολοκλήρωσης συνεπειών. Αντίστοιχα προτείνει συγκεκριμένες κατηγορίες λήψης μέτρων: αρχικός σχεδιασμός, έλεγχος, αναγνώριση κινδύνων, ανάκαμψη, δευτερεύουσα ασφάλεια, επισκευή.

LOPA (Layers of protection analysis). Εστιάζει στην επίδραση των ελέγχων στη μείωση του

κινδύνου. Συγκεκριμένα, εντοπίζει και απομονώνει ζεύγη αιτίου – συνεπειών, ανεξαρτήτως των ριζικών αιτίων που προηγούνται από αυτά. Ο σκοπός της είναι να εντοπίσει και να εξετάσει «στρώματα» προστασίας (ανεξάρτητα μεταξύ τους) και τις αντίστοιχες πιθανότητες αστοχίας του καθενός. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε τεχνικό – επιχειρησιακό και όχι σε ολιστικό – στρατηγικό επίπεδο.

MacDonald model (MacDonald 1972). Είναι ένα μοντέλο ανάλυσης συμβάντων, το οποίο ακολουθεί μία αλληλουχία συγκεκριμένων καταστάσεων του συστήματος σε χρονική σειρά: κανονική κατάσταση, ανάπτυξη συνθηκών προδιάθεσης, απόκλιση, μετασταθερή κατάσταση, ασταθής κατάσταση, καταστροφή. Αντίστοιχα προτείνει συγκεκριμένες κατηγορίες λήψης μέτρων: αρχικός σχεδιασμός, έλεγχος, αναγνώριση κινδύνων, ανάκαμψη, δευτερεύουσα ασφάλεια, επισκευή.

Markov analysis (Billinton & Alan 1983). Είναι μία ποσοτική τεχνική, η οποία εφαρμόζεται σε συστήματα που μπορούν να βρεθούν σε διάφορες καταστάσεις και υπάρχουν συγκεκριμένες πιθανότητες για να μεταβούν από τη μία κατάσταση στην άλλη. Αναλύει το σύστημα αναγνωρίζοντας όλα τα διαφορετικά στάδια στα οποία μπορεί να βρεθεί (και την αντίστοιχη αξιοπιστία του κάθε σταδίου) και έτσι μπορεί να παράγει ακριβή μέτρα αξιοπιστίας του συστήματος, αποδίδοντας ρυθμούς μεταβολής μεταξύ αυτών των σταδίων (Sun & Andrews 2004). Βοηθά στον υπολογισμό των πιθανοτήτων με δυναμικό τρόπο, στη βάση των υφιστάμενων πληροφοριών για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το σύστημα. Λόγω της πολυπλοκότητας της, συνήθως εφαρμόζεται μόνο στα μέρη του συστήματος όπου υπάρχουν αλληλεξαρτήσεις και εφαρμόζονται δέντρα σφαλμάτων στο υπόλοιπο σύστημα (Pullum & Dugan 1996, Meshkat & Dugan 2002).

MES (Multilinear Events Sequencing - Benner 1975). Πρόκειται για μία εξέλιξη, η οποία εισήγαγε τη χρονική παράμετρο στα διαγράμματα διαδοχής. Διακρίνει άτομα, ενέργειες και συμβάντα. Οι ενέργειες διακρίνονται κατά άτομο και εξελίσσονται οριζόντια πάνω σε μία χρονική κλίμακα. Κάθε συμβάν συνδέεται με ένα (ή περισσότερα) άτομα και μία (ή περισσότερες) ενέργειες σε έναν συγκεκριμένο χρόνο.

Monte Carlo simulation. Πρόκειται για μία αριθμητική τεχνική που βασίζεται στην παραγωγή τυχαίου δείγματος. Χρησιμοποιείται για αβέβαιες καταστάσεις που έχουν ποσοτική φύση, αλλά δεν μπορούν να απεικονιστούν εύκολα με ένα μαθηματικό μοντέλο, λόγω της πολυπλοκότητάς τους, όπως οι καταστάσεις με πολλούς βαθμούς ελευθερίας (πολλές εξισώσεις με πολλές μεταβλητές). Για το λόγο αυτό, όλες οι σχετιζόμενες εξισώσεις τροφοδοτούνται από μία γεννήτρια τυχαίων αριθμών, ώστε να δημιουργηθεί ένα μεγάλο δείγμα, το οποίο στη συνέχεια υπόκειται σε στατιστική επεξεργασία για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Απαιτεί μεγάλη ένταση υπολογισμών και για το λόγο αυτό εφαρμόζεται μόνο με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

MORM (Man-machine Occupational Risk Modeling – Vernez et al. 2004). Είναι μία τεχνική βασισμένη στα δίκτυα Petri (Petri 1963), τα οποία αρχικά αναπτύχθηκαν για μοντέλα ηλεκτρονικών υπολογιστών και απεικονίζουν καταστάσεις και τάσεις μετάβασης των διαφόρων στοιχείων ενός συστήματος. Το MORM επιχειρεί να προσομοιώσει τρία συστατικά: τις μηχανές, τα άτομα και τη ροή διαδικασιών.

MORT (Management Oversight Risk Tree - Johnson 1980). Είναι μία ιδιαίτερη και πιο σύνθετη μορφή των δέντρων σφαλμάτων, και περιλαμβάνει μία συγκεκριμένη λίστα ελέγχου

βασισμένη σε δέντρο σφαλμάτων για τον εντοπισμό των αδυναμιών και παραλείψεων. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, το ατύχημα προϋποθέτει μία ανεπιθύμητη ροή ενέργειας, την αποτυχία ή παράλειψη ενός εμποδίου και την παρουσία ατόμων με τα οποία έρχεται σε επαφή η ανεπιθύμητη ενέργεια. Το μοντέλο αυτό ξεκινά με ένα κορυφαίο γεγονός που αντιπροσωπεύει κάποια απώλεια (τραυματισμό, καταστροφή, κλπ.) για την οποία θεωρεί ότι έχει προέλθει είτε από ένα «εκλαμβανόμενο κίνδυνο», είτε από «παραλείψεις και ελλείψεις διοίκησης». Τα στοιχεία αυτά εξετάζονται αρχικά ως προς τη σχέση τους με το περιστατικό και στη συνέχεια ως προς την επάρκειά τους να το προκαλέσουν, διαχωρίζοντας τα γεγονότα από τις αιτίες (Livingston et al. 2001). Χρησιμοποιεί ένα προκατασκευασμένο δέντρο από οκτώ συνδεόμενα δέντρα που αναλύεται περαιτέρω σε προβλήματα και αίτια.

OARU (Occupational Accident Research Unit). Πρόκειται για ένα μοντέλο ανάλυσης συμβάντων που εκλαμβάνει τα στάδια εξέλιξης του συμβάντος σαν αλυσίδα αποκλίσεων ποικίλης διάρκειας, των διαφόρων παραγόντων (τεχνικών, ανθρώπινων ή οργανωσιακών) που επηρεάζουν την εμφάνιση των αποκλίσεων ή των συνεπειών τους (Kjellén & Larsson 1981, Kjellén 1984). Περιλαμβάνει μία σύγκριση της κατάστασης του ατυχήματος με την ασφαλή κατάσταση, ώστε να εντοπίσει όλες τις διαφορές. Στη συνέχεια εξετάζεται η επίδραση (ή μη) της κάθε διαφοράς στο συμβάν.

ORM (Occupational Risk Model, **WORM** – Workgroup Occupational Risk Model, Ale et al. 2006). Πρόκειται για ένα μοντέλο βασισμένο στο bowtie. Αναλύει τις εργασίες σε στοιχειώδεις και μέσω στατιστικών από ατυχήματα στις στοιχειώδεις αυτές εργασίες, και επιχειρεί να υπολογίσει τη επικινδυνότητα όλων των εργασιών (στοιχειωδών και σύνθετων).

Pareto charts. Είναι μία τεχνική για τον εντοπισμό και καταγραφή των πιο κρίσιμων στοιχείων ή εργασιών, η οποία βασίζεται στον κανόνα του Pareto (80% των προβλημάτων δημιουργούνται από το 20% των αιτιών). Είναι ένα ιστόγραμμα, όπου η συχνότητα των προβλημάτων ή των συνεπειών σχετίζεται με το κάθε στοιχείο (εργασία, υποσύστημα, κλπ.) ώστε να εντοπιστούν τα πλέον κρίσιμα. Είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια, τα συστήματα είναι σχετικά απλά και απαιτείται να καθοριστούν προτεραιότητες στα στοιχεία.

PRAT (Proportional Risk Assessment Technique – Fina & Kinney 1971,). Είναι μία μεθοδολογία με στόχο την ποσοτική εκτίμηση των κινδύνων. Βασίζεται στην FMEA, με τη χρήση fuzzy logic στον υπολογισμό της επικινδυνότητας (Marhavidas & Koulouriotis 2007).

PROACT. Πρόκειται για μία ηλεκτρονική εφαρμογή με στόχο τον εντοπισμό, την ανάλυση και την εύρεση λύσεων για τα βασικά αίτια του ατυχήματος. Καταγράφει και αποθηκεύει δεδομένα αστοχιών, και χρησιμοποιεί μία δομημένη διαδικασία ανάλυσης των αιτιών και της ακολουθίας τους, με ένα λογικό δέντρο που ξεκινά από το συμβάν και εξελίσσεται προς τα πίσω.

QUASA (Quality of Safety Analysis – Acikalin 2009). Περιλαμβάνει μια λίστα ελέγχου για τον εντοπισμό αδυναμιών ενός συστήματος ασφάλειας και δύο απλές εξισώσεις για την ποσοτικοποίηση των ευρημάτων, ώστε να αξιολογείται το επίπεδο ασφάλειας.

RCM (Reliability centred maintenance ή **RBM** – Risk based maintenance). Πρόκειται για ένα εργαλείο καθορισμού πολιτικής συντήρησης με βάση την εκτίμηση του κινδύνου αστοχίας. Συνήθως συνδυάζεται με τη FMECA χρησιμοποιώντας κατανομές πιθανότητας αστοχίας των στοιχείων, οι οποίες στη συνέχεια υπόκεινται σε επεξεργασία, ανάλογα με τις αλληλε-

πιδράσεις τους με άλλα στοιχεία του συστήματος. Συνήθως γίνεται αρχικά (στάδιο σχεδιασμού) αλλά επικαιροποιείται αναλόγως των αλλαγών που γίνονται ή μέσω επικαιροποίησης κατά Bayes με στοιχεία που συλλέγονται από τη λειτουργία.

Risk indices. Πρόκειται για μία προσπάθεια να χτιστεί ένα μοντέλο (μία εξίσωση) που θα περιγράψει τον κίνδυνο. Ξεκινά με τον εντοπισμό των παραγόντων που θεωρείται ότι επηρεάζουν τον κίνδυνο και τη δημιουργία μιας κλίμακας για τα επίπεδα του καθενός από αυτούς. Στη συνέχεια, η εξίσωση δημιουργείται πολλαπλασιάζοντας με παράγοντες που αυξάνουν τον κίνδυνο και διαιρώντας με παράγοντες που τον μειώνουν. Αυτή η αρχική αυθαίρετη εξίσωση προσαρμόζεται κατάλληλα ώστε να παράγει λογικά αποτελέσματα. Τυχόν αλληλεπιδράσεις μεταξύ παραγόντων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Η μέθοδος εξαρτάται από τον κατάλληλο εντοπισμό και κλιμάκωση (π.χ. συντελεστές βαρύτητας) των παραγόντων.

Risk registers. Πρόκειται για έναν απλό πίνακα που περιλαμβάνει βασικές πληροφορίες για τον κίνδυνο, με στόχο την επικοινωνία μεταξύ των εκτιθέμενων και αυτών που τον χειρίζονται. Συνήθως περιλαμβάνει μία σύντομη περιγραφή, αρχική εκτίμηση πιθανότητας ή και σοβαρότητας, πηγές ή αίτια του κινδύνου και ενέργειες που έχουν ληφθεί ή πρέπει να ληφθούν για τον περιορισμό του. Διαφέρει κατά περίπτωση.

RoSPA (Manning 1974) Παλαιότερο μοντέλο της Royal Society for the Prevention of Accidents που επιχειρεί να εξηγήσει ένα ατύχημα σαν αποτέλεσμα έως τριών διαδοχικών απρόβλεπτων συμβάντων, καθώς και του είδους αντικειμένων και κινήσεων που περιλαμβάνει το καθένα από αυτά. Η ανάλυση αυτή γίνεται σε διαφορετικά στάδια και επίπεδα αιτίου, εξετάζοντας την αλληλεπίδραση σε ατομικό και οργανωσιακό επίπεδο.

S-curves. Σε περιπτώσεις όπου οι συνέπειες ενός κινδύνου μπορούν να έχουν διαφορετικές τιμές, μπορεί να δημιουργηθεί μία συνάρτηση κατανομής πιθανότητας, είτε ως συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (PDF), είτε ως συνάρτηση αθροιστικής πιθανότητας (CDF). Η τελευταία συνήθως έχει ένα σχήμα τύπου S. Ο συνδυασμός πιθανότητας και συνεπειών δίνει μία ολοκληρωμένη εικόνα της επικινδυνότητας, η οποία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν εξετάζονται κίνδυνοι με αποδεκτά και μη αποδεκτά επίπεδα.

Saari model (Saari 1984) Είναι ένα μοντέλο ανάλυσης συμβάντων, σύμφωνα με το οποίο το ατύχημα προκαλείται από διατάραξη της ροής πληροφοριών στο σύστημα του χώρου εργασίας. Εστιάζει στο ατομικό επίπεδο και θεωρεί ότι το ατύχημα είναι η συνέπεια της αδυναμίας του ατόμου να αναγνωρίσει ή να ελέγξει τις πηγές κινδύνου του συστήματος. Όπως και το μοντέλο Hale & Hale βασίζεται στις έννοιες της αντίληψης, της γνωστικής διαδικασίας και της φυσικής αντίδρασης.

SACA (Systematic Accident Cause Analysis – Waldram 1988). Πρόκειται για μοντέλο απόδοσης αιτίων. Αναγνωρίζει ότι όλα τα αίτια είναι ίσης σημασίας, αλλά όχι και το ίδιο αντιμετωπίσιμα. Διαχωρίζει ιδιαίτερα τα αίτια που οφείλονται σε εσωτερικούς (ελέγξιμους) και εξωτερικούς (μη ελέγξιμους) παράγοντες και στοχεύει στη συγκέντρωση στατιστικών στοιχείων για τα αίτια. Συγκεκριμένα διαχωρίζει τις βασικές κατηγορίες: άμεσα εμπλεκόμενα άτομα, εξοπλισμός και χώρος εργασίας, συστήματα εργασίας, εξωτερικός έλεγχος, με υποκατηγορίες για την κάθε μία.

SADT (Structured Analysis and Design Technique – Hale et al. 1997). Είναι ένα πλαίσιο προσομοίωσης της διαδικασίας του ατυχήματος που λαμβάνει υπόψη την ανάλυση inputs, πόρων και περιορισμών.

SCAT (Systematic Cause Analysis Technique – Bird & Germain 1985). Πρόκειται για μία τεχνική που βασίστηκε στο εννοιολογικό μοντέλο του Domino η οποία δίνει συγκεκριμένες λίστες πιθανών στοιχείων για το κάθε ένα από τα 5 Domino: Απώλεια ελέγχου (θέματα διοίκησης, π.χ. ύπαρξη και επάρκεια standard απόδοσης), Βασικά αίτια (παράγοντες σχετικοί με το άτομο ή την εργασία), Άμεσα αίτια (ακατάλληλες ενέργειες, π.χ. στάση σώματος ή συνθήκες, π.χ. θόρυβος), Συμβάν (επαφή με ενέργεια ή ουσία, π.χ. ηλεκτρικό ρεύμα, πτώση, κλπ.), Απώλεια (άνθρωποι, περιουσίες, διαδικασίες)

SOL (Safety through Organizational Learning – Becker et al. 1994). Πρόκειται για τεχνική που αναπτύχθηκε για την πυρηνική βιομηχανία, προκειμένου να υποστηρίξει τη συνεργασία ομάδων ειδικών από διαφορετικά γνωστικά πεδία να συνεργαστούν για την επίτευξη της ασφάλειας.

SSSM (Systematic Safety Management System - Santos-Reyes & Beard, 2009). Βασισμένο στο SADT, επιχειρεί να αναδείξει προληπτικά μέτρα για να διατηρούνται οι κρίσιμες παράμετροι εντός αποδεκτών επιπέδων.

STEP (Sequential Timed Events Plotting – Hendrick & Benner 1987). Είναι μία περαιτέρω εξέλιξη του μοντέλου MES και περιλαμβάνει μία διαδικασία εντοπισμού χρονικά διαδοχικών γεγονότων, καθώς και ένα διάγραμμα όπου στον κάθετο άξονα τοποθετούνται τα άτομα και στον οριζόντιο ο χρόνος. Οι ενέργειες εντοπίζονται από την αρχή και μέχρι το τέλος της διαδικασίας και τα γεγονότα τοποθετούνται σχετικά το ένα με το άλλο κατά μήκος της χρονικής κλίμακας, ενώ τοποθετούνται αιτιολογικές συνδέσεις μεταξύ τους.

SRAD (Schematic Report Analysis Diagram – Toft & Turner 1987) Το διάγραμμα σχηματικής αναφοράς ανάλυσης είναι μία ακόμη παραλλαγή των MES και STEP, η οποία αντί για ενέργειες χρησιμοποιεί τις συνθήκες. Έτσι, ξεκινά από μία γενική αναφορά από την οποία εξάγονται όλα τα γεγονότα ή συνθήκες που μπορεί να σχετίζονται με το συμβάν και συναρμολογούνται σε χρονική σειρά ώστε να εντοπιστούν σχέσεις μεταξύ τους.

SREST (Substance, Reactivity, Equipment and Safety Technology – Shah et al. 2003). Το μοντέλο αυτό χωρίζει το σύστημα σε τέσσερα επίπεδα: υλικών, αλληλεπιδράσεων, εξοπλισμού και τεχνολογίας ασφάλειας. Το κάθε επίπεδο εξετάζεται ξεχωριστά για τον εντοπισμό παραγόντων που επηρεάζουν την ασφάλεια.

SRP (Savannah River Plant – Paradies & Busch 1988) Το μοντέλο αυτό ακολουθεί παρόμοια δομή με το MORT, αλλά δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα σε παράγοντες που σχετίζονται την ανθρώπινη απόδοση (διαδικασίες, εκπαίδευση, ποιοτικός έλεγχος, επικοινωνίες, δυστήματα διαχείρισης, ανθρώπινη μηχανική, άμεση επίβλεψη) και τον εξοπλισμό (προληπτική συντήρηση, επαναλαμβανόμενη αστοχία, απρόβλεπτη αστοχία, σχεδιασμός, ελαττωματικά μέρη – εξοπλισμός) παρά με τη διοίκηση.

TapRoot (Unger & Paradies 1992). Είναι μία ηλεκτρονική εφαρμογή στη βάση του SRP. Χρησιμοποιεί παρόμοια δομή αιτιότητας με το SRP (και το HPIP), αλλά διαφοροποιείται στο ότι χρησιμοποιεί λογικό διάγραμμα αντί για δέντρο. Τα βήματα που χρησιμοποιεί είναι η συλλογή πληροφοριών, η ανάπτυξη διαγράμματος συμβάντων και αιτίων και η χρήση δέντρου ανάλυσης βασικών αιτίων.

TCM (Trigger Coupling Model – Humphreys & Jenkins 1991). Είναι μία μέθοδος ανάλυσης συμβάντων που ακολουθεί συγκεκριμένες κατηγορίες αιτίων: προσεγγίζοντα αίτια (proxi-

mate causes), προκαταρκτικά συμβάντα (conditioning events), συμβάντα έναυσης (trigger events) και παράγοντες σύζευξης (coupling factors). Προσπαθεί να αποδώσει ένα συμβάν στην αλληλεπίδραση των αιτίων αυτών των κατηγοριών.

TEM (Threat and Error Management - Helmreich & Musson 2003). Το μοντέλο αυτό επιχειρεί να εντοπίσει λανθάνουσες και φανερές απειλές που οδηγούν σε λάθη, τα οποία επηρεάζουν (ή και καθορίζουν) το ατύχημα.

TEPA (Top Event Prevention Analysis – Youngblood 1998). Μοντέλο ασφάλειας που επικεντρώνει στην επίτευξη ασφαλούς λειτουργίας. Βασίζεται στην αξιολόγηση της σημασίας των μέτρων ασφάλειας μέσω ενός λογικού διαγράμματος.

TOR (Technic of Operations Review – Weaver 1973). Αναπτύχθηκε ως ένα εκπαιδευτικό εργαλείο για την πρόληψη ατυχημάτων, αλλά χρησιμοποιείται και ως μοντέλο ανάλυσης ατυχημάτων. Είναι μία ομαδική τεχνική όπου οι συμμετέχοντες απαντούν με «ναι» ή «όχι» σε συγκεκριμένες ερωτήσεις, ώστε να επιτευχθεί σύγκλιση. Οι ερωτήσεις αφορούν στοιχεία όπως εκπαίδευση, ευθύνη, απόφαση και καθοδήγηση, επίβλεψη, ομάδες, έλεγχος, προσωπικά χαρακτηριστικά και διοίκηση. Χρησιμοποιήθηκε ευρέως στο σχεδιασμό πολιτικής και στην ασφάλιση.

TRIPOD (Wagenaar et al. 1994) Είναι μία μέθοδος ανάλυσης ατυχημάτων που βασίζεται στην αλληλουχία ερωτήσεων «τι συνέβη, πως και που», διερευνώντας τυχόν υφιστάμενες αστοχίες σε εμπόδια ή άλλους οργανωσιακούς παράγοντες που μπορεί να επιδρούν. Στηρίζεται στο bowtie, αλλά με τη χρήση παραγόντων από τα μοντέλα ανθρώπινου λάθους.

Toxicological risk assessment. Πρόκειται για μέθοδο που επικεντρώνει σε περιβαλλοντικούς κινδύνους. Περιλαμβάνει την περιγραφή του προβλήματος (πλαίσιο), τον εντοπισμό και ανάλυση των πηγών κινδύνου (φύση και αλληλεπιδράσεις), την εκτίμηση δόσης – απόκρισης, την εκτίμηση της έκθεσης (εκτιμώμενη δόση) και το χαρακτηρισμό του κινδύνου (αξιολόγηση). Εφαρμόζεται συνήθως σε περιπτώσεις κινδύνων όπου η έκθεση (και οι επιπτώσεις) μπορεί να είναι διαφορετικές και μεταβλητές.

WAIT (Work Accidents Investigation Technique – Jacinto & Aspinwall 2003). Μεθοδολογία εντοπισμού αιτίων ατυχήματος με χρήση ερωτηματολογίων. Περιλαμβάνει δύο επίπεδα ανάλυσης: την απλοποιημένη, όπου εντοπίζεται η αλληλουχία του συμβάντος και οι εμπλεκόμενοι παράγοντες, και την εις βάθος, όπου εξετάζονται και ατομικοί ή οργανωσιακοί παράγοντες.

WHATIF - SWIFT (Scenario analysis - Structured what if technique). Η μέθοδος αυτή ξεκινά με τον εντοπισμό πιθανών αρχικών συνθηκών και εξετάζει τις ενδεχόμενες επιδράσεις τους στο σύστημα. Σκοπό έχει την ανάπτυξη μοντέλων που εξετάζουν πιθανά μελλοντικά σενάρια. Χρησιμοποιείται σε σύνθετα συστήματα όπου δεν είναι προφανείς οι συνέπειες τυχόν αλλαγών στις συνθήκες, καθώς και σε ασαφείς καταστάσεις, όπου υπάρχουν πολλοί (και πιθανώς ανεξάρτητοι) παράγοντες που τις επηρεάζουν ή όταν υπάρχουν υποψίες για νέες και απρόβλεπτες καταστάσεις. Η SWIFT είναι μία παραλλαγή της WHATIF, όπου χρησιμοποιείται μία δομημένη τεχνική brainstorming για τον εντοπισμό των πιθανών αρχικών συνθηκών.

WSA (Work Safety Analysis). Πρόκειται για μία μέθοδο συστηματικής εκτίμησης κινδύνου. Χρησιμοποιείται ως προληπτικό εργαλείο και όχι ως εργαλείο ανάλυσης συμβάντων.

4. Ανθρώπινοι παράγοντες

4.1 Γενικά

Όλα τα συστήματα αποτελούνται τόσο από υλικούς παράγοντες, όσο και (άμεσα ή έμμεσα) από ανθρώπους. Στα παραδείγματα των αναλυτικών τεχνικών του προηγούμενου Κεφαλαίου, είδαμε αλυσίδες συμβάντων που περιλάμβαναν, τόσο αστοχίες υλικών παραγόντων, όσο και ανθρώπινες ενέργειες. Οι τεχνικές αυτές αναπτύχθηκαν, είτε για να εντοπίσουμε πιθανούς κινδύνους, είτε για να διερευνήσουμε συμβάντα ή ατυχήματα που ήδη συνέβησαν. Παρόλο που ο πρωταρχικός λόγος της διερεύνησης των συμβάντων είναι ο εντοπισμός αστοχιών (ώστε να προβλεφθούν στο μέλλον), η διερεύνηση αναπόφευκτα περιλαμβάνει και την απόδοση ευθυνών. Και η απόδοση ευθυνών μπορεί να γίνει μόνο σε ανθρώπους.

Η συμπεριφορά των υλικών παραγόντων, όσο πολύπλοκο και αν είναι το σύστημα, θεωρούμε ότι είναι (ή θα μπορούσε να είναι) προβλέψιμη. Ότι υπάρχει ένα (πιθανώς πολύπλοκο) μαθηματικό μοντέλο που θα μπορούσε να περιγράψει πλήρως τη συμπεριφορά του, έστω αν και εμείς δεν το γνωρίζουμε. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν είναι γενικά αποδεκτό για τη συμπεριφορά των ανθρώπων, αφού αυτοί λαμβάνουν αποφάσεις. Από αυτούς περιμένουμε να αντιληφθούν επαρκώς την κατάσταση και να δράσουν «λογικά», δηλαδή με τρόπο που θα αποτρέψει το ατύχημα. Σε αυτούς μπορούμε να αποδώσουμε ευθύνη. Για το λόγο αυτό, η μελέτη της ανθρώπινης συμπεριφοράς σε ένα σύστημα, διαφέρει από τη συμπεριφορά των άλλων παραγόντων.

Στο Κεφάλαιο αυτό επιχειρείται να συνοψιστούν διάφορα στοιχεία από την έρευνα στον τομέα αυτό και να μπουν σε ένα ενιαίο πλαίσιο. Σε καμία περίπτωση, όμως, δεν μπορεί να υπάρξει μία ολική θεωρία ή ένα ολιστικό μοντέλο που να περιγράφει την ανθρώπινη συμπεριφορά. Αυτό που μπορούμε να κάνουμε είναι να αναγνωρίζουμε τις συνθήκες μιας κατάστασης στην οποία λειτουργεί ένας άνθρωπος, και να αντιστοιχούμε (όποτε υπάρχει) ένα κατάλληλο μοντέλο ή φαινόμενο που θα μας βοηθήσει να προβλέψουμε πιθανές συμπεριφορές.

Μέχρι σχετικά πρόσφατα, επικρατούσε η μελέτη της ανθρώπινης συμπεριφοράς σε δύο διακριτές και σχεδόν ανεξάρτητες κατευθύνσεις: την εκούσια συμπεριφορά (υποκειμενική αντίληψη του κινδύνου) και την ακούσια συμπεριφορά («ανθρώπινο λάθος»). Η πρώτη περιλάμβανε τη μελέτη των καταστάσεων όπου ο άνθρωπος παίρνει (σωστές ή λάθος) αποφάσεις για να εκτελέσει, και η δεύτερη τη μελέτη της (σωστής ή λάθος) εκτέλεσης μιας δεδομένης απόφασης. Τα τελευταία χρόνια επικρατεί η τάση να μελετώνται οι δύο αυτές κατευθύνσεις μαζί, σε ένα ενιαίο πλαίσιο όλων των ανθρώπινων περιορισμών, το οποίο περιλαμβάνει επίσης και τους περιορισμούς των αισθήσεων και της αντίληψης των ανθρώπων. Το πλαίσιο αυτό είναι οι Ανθρώπινοι Παράγοντες (Human Factors), το οποίο εντάσσεται στην επιστήμη της Εργονομίας και ειδικότερα στη γνωστική και οργανωσιακή Εργονομία.

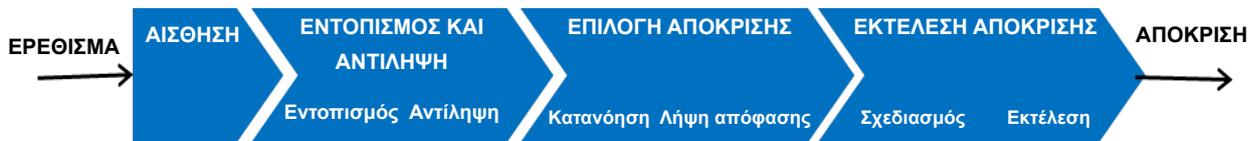
Σκοπός του Κεφαλαίου αυτού, λοιπόν, είναι μία συνοπτική εισαγωγή στις βασικές έννοιες των Ανθρωπίνων Παραγόντων, για αναγνώστες που δεν είναι ειδικοί και μπορεί να έχουν διαφορετικό γνωσιακό υπόβαθρο. Όσοι θέλουν να εμβαθύνουν, θα πρέπει να μελετήσουν λεπτομερείς εκδόσεις (π.χ. Salvendy & Karwowski 2021). Επίσης, ακολουθεί και μία συνοπτική παρουσίαση του πεδίου του Ανθρώπινου Λάθους – Ανθρώπινης Αξιοπιστίας, στο επόμενο Κεφάλαιο, καθώς ο αναγνώστης μπορεί να το συναντήσει ακόμη, τόσο στη βιβλιογραφία όσο και σε εφαρμογές.

Για να μελετήσουμε τους Ανθρώπινους Παράγοντες θα είναι πολύ χρήσιμο να βγούμε από τη έμφυτη αίσθηση που έχουμε, ότι ο κόσμος είναι ακριβώς αυτό που αντιλαμβανόμαστε. Για παράδειγμα, ας αναλογιστούμε ένα αυτόνομο κινούμενο ρομπότ με αισθητήρες. Μπορεί να αντιληφθεί το ανάγλυφο του χώρου και τα εμπόδια, και να προσαρμόσει την κίνησή του ανάλογα. Σίγουρα, όμως, ο κόσμος δεν μοιάζει με τις αριθμητικές συντεταγμένες που καταγράφει και αντιλαμβάνεται το ρομπότ. Αυτός είναι απλά ο κώδικας που έχει το ρομπότ για να απεικονίζει τον κόσμο. Αντίστοιχα κι εμείς, έχουμε τον δικό μας κώδικα με τον οποίο μεταφράζουμε τις πληροφορίες που λαμβάνουμε από τα αισθητήρια μας, ο οποίος κώδικας περιλαμβάνει χρώματα, γεύσεις, ήχους και αρώματα αντί για αριθμούς. Ξέρουμε πως δεν υπάρχουν χρώματα και ήχοι, αλλά συχνότητες φωτός και μεταβολές πίεσης. Σίγουρα ο κώδικας μας είναι πιο πλούσιος από αυτόν του κατασκευάσμάτος μας, αλλά και πάλι, είναι ένας κώδικας με περιορισμούς.

Με δεδομένους τους περιορισμούς αυτούς, θα πρέπει να ξεπεράσουμε την αίσθηση ότι είμαστε μεγάλες και παθητικές μηχανές, οι οποίες απεικονίζουν πλήρως το περιβάλλον τους. Η εικόνα που έχουμε κάθε στιγμή, οφείλεται μόνο κατά ένα μικρό μέρος στις «εκ των έξω» (bottom-up) πληροφορίες που μας στέλνουν οι αισθήσεις μας. Όσες μπορούμε να μαζέψουμε κάθε στιγμή είναι πολύ λίγες για να σχηματίσουν εικόνα. Το μεγαλύτερο μέρος αποτελείται από «εκ των έσω» (top-down) πληροφορίες που «στέλνουμε» εμείς στην «οθόνη» μας, ακόμη και αν νομίζουμε ότι τις βλέπουμε με τα μάτια μας.

Οι περιορισμοί δεν υπάρχουν μόνο στις αισθήσεις και στην αντίληψη μας για το περιβάλλον. Ακόμη και όταν έχουμε ακριβείς πληροφορίες, η δυνατότητα μας να κατανοήσουμε και να λάβουμε αποφάσεις είναι περιορισμένη. Επιπλέον, δεν λειτουργούμε μεμονωμένα, ούτε και τα κίνητρά μας είναι απλά (π.χ. να μεγιστοποιήσουμε κάθε φορά το όφελός μας). Μεταφέρουμε κοινωνικές συμβάσεις, πεποιθήσεις, αρχές, κλπ. που επηρεάζουν τόσο αυτό που κατανοούμε, όσο και αυτό που αποφασίζουμε. Τέλος, οι περιορισμοί εκτείνονται και στην εκτέλεση. Εδώ, βέβαια, γνωρίζουμε ότι δεν είμαστε τέλειοι εκτελεστές, καθώς έχουμε εμπειρία από δυνατότερους, ταχύτερους και ακριβέστερους εκτελεστές από εμάς, όπως και εμπειρία στα «ανθρώπινα λάθη».

Όλες αυτές τις διαφορετικές ανθρώπινες λειτουργίες θα προσπαθήσουμε να συζητήσουμε, με σκοπό να κατανοήσουμε τους περιορισμούς τους και το πώς επηρεάζουν την ασφάλεια. Το πλαίσιο που θα χρησιμοποιηθεί είναι μια απλουστευμένη μορφή της προσέγγισης σταδίων. Η προσέγγιση αυτή διαχωρίζει την επεξεργασία της πληροφορίας από τον άνθρωπο σε συγκεκριμένα (διακριτά) στάδια. Τα στάδια αυτά δεν είναι στην πραγματικότητα διακριτά και ανεξάρτητα, αλλά κάνουμε αυτή τη διάκριση για να μας βοηθήσει να εξετάσουμε τις λειτουργίες αυτές με μία σειρά. Βασίζόμενοι, λοιπόν, στο μοντέλο του Wickens (2013) και στην ανάλυση των Wickens & Carswell (2021), τα στάδια που θα εξετάσουμε είναι:



Σχήμα 4.1 Στάδια επεξεργασίας πληροφοριών

Χωρίς, επίσης, να εμβαθύνουμε, θα αναφέρουμε συνοπτικά τους δύο νοητικούς πόρους που επηρεάζουν σημαντικά την επεξεργασία πληροφοριών από τον άνθρωπο.

- Μνήμη. Η μνήμη μας έχει διαφορετικές λειτουργίες. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η εργασιακή μνήμη, η οποία είναι η μόνη όπου μπορούμε να κάνουμε νοητική επεξεργασία των πληροφοριών (σαν τη RAM στους υπολογιστές), αλλά είναι περιορισμένη (7 ± 2 αντικείμενα για 20 sec – Miller, 1956). Εξίσου σημαντική είναι η μακροχρόνια μνήμη (σαν τη ROM στους υπολογιστές), στην οποία είναι αποθηκευμένος όλος ο όγκος των πληροφοριών μας, αλλά όποιες από αυτές θέλουμε να τις επεξεργαστούμε θα πρέπει να τις μεταφέρουμε στην εργασιακή. Άλλες λειτουργίες της μνήμης είναι η βραχυχρόνια (π.χ. απομνημόνευση ενός αριθμού μέχρι να τον καλέσουμε) και η αισθητηριακή (επιμήκυνση ερεθίσματος για να γίνει αντιληπτό).
- Προσοχή. Λόγω των περιορισμών που έχουμε στις αισθήσεις και στη μνήμη μας, έχουμε την ικανότητα να τις στρέφουμε και να τις επικεντρώνουμε σε μία κατάσταση, ώστε να μπορέσουμε να ανταποκριθούμε καλύτερα (κάπως σαν να έχουμε έναν φακό για να εξετάζουμε μια μικρή περιοχή κάθε φορά). Υπάρχουν διαφορετικά είδη προσοχής, όπως η επιλεκτική (ελεύθερη), η επικεντρωμένη (σε ένα στόχο), η διαμοιρασμένη (σε πολλούς στόχους) και η οπτική αναζήτηση (ενός στόχου στο πλήθος).

Συμπερασματικά, το φάσμα των πληροφοριών που μπορούμε να έχουμε «μπροστά μας» είναι περιορισμένο. Το ότι κάτι είναι εύληπτο, δεν σημαίνει ότι θα γίνει και αντιληπτό. Το ότι μία πληροφορία είναι γνωστή, δεν σημαίνει ότι είναι και άμεσα διαθέσιμη. Όταν εστιάζουμε σε ένα στόχο ή σε έναν τρόπο λειτουργίας, δεν μπορούμε να αντιληφθούμε όσα θα αντιλαμβανόμασταν κάνοντας κάτι άλλο.

Συχνά (κυρίως κατά το σχεδιασμό ή τη διερεύνηση) έχουμε την τάση να θεωρούμε ότι ο άνθρωπος θα πρέπει να αντιληφθεί οτιδήποτε συμβαίνει γύρω του και να δράσει αναλόγως («λογικά»). Σε κάποιες περιπτώσεις, όμως, αυτό είναι απλώς αδύνατον στις συνθήκες αυτές και δεν οφείλεται στην ανεπάρκεια του συγκεκριμένου ατόμου. Στις ακόλουθες παραγράφους θα δούμε ότι ένα ερέθισμα δεν είναι πάντοτε δυνατόν να γίνει αισθητό. Ακόμη, όμως, και αν γίνει αισθητό, δεν σημαίνει ότι απαραίτητα θα εντοπιστεί (δηλαδή θα το προσέξουμε). Ούτε κι αν το προσέξουμε σημαίνει και ότι θα αντιληφθούμε τι είναι, ούτε και ότι θα το κατανοήσουμε. Ακόμη και όσα ερεθίσματα περνούν όλα αυτά τα στάδια, όμως, δεν σημαίνει ότι οδηγούν σε συγκεκριμένες αποφάσεις. Αλλά ακόμη και η εκτέλεση των αποφάσεων που παίρνουμε, δεν θα πρέπει να θεωρείται δεδομένη.

4.2 Αισθήσεις

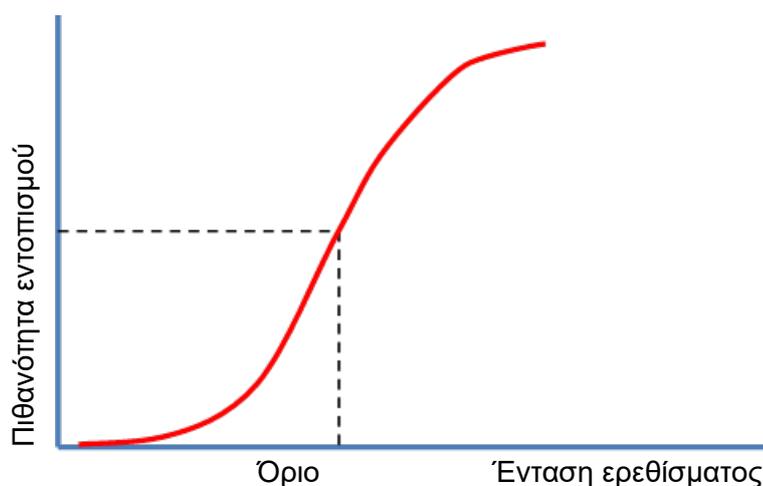
Ο άνθρωπος μπορεί να λειτουργήσει μόνο σε συνεχή επαφή με το περιβάλλον του, από το οποίο προσλαμβάνει πληροφορίες που επεξεργάζεται. Αυτό γίνεται μέσω των αισθήσεων. Η αίσθηση είναι η αρχική πρόσληψη ενέργειας από το φυσικό περιβάλλον και ο κύριος τρόπος με τον οποίο λαμβάνουμε πληροφορίες από αυτό (Rosenbaum 2011). Όπως όλοι γνωρίζουμε, υπάρχουν πέντε είδη αισθήσεων που αλληλοσυμπληρώνονται: η όραση, η ακοή, η όσφρηση, η γεύση και η αφή.

Γνωρίζουμε, επίσης, ότι οι αισθήσεις μας έχουν συγκεκριμένους περιορισμούς. Δεν μπορούμε να αισθανθούμε τα πάντα γύρω μας, δεν απεικονίζουμε επακριβώς το περιβάλλον μας. Οι αισθήσεις μας είναι «σχεδιασμένες» για να μας δίνουν τις πληροφορίες που είναι απαραίτητες για να λειτουργήσουμε στο περιβάλλον μας. Και δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι τόσο η λειτουργία μας, όσο και το περιβάλλον μας έχουν αλλάξει κατά πολύ στη σύγχρονη εποχή, σε αντίθεση με τις αισθήσεις μας, οι οποίες παραμένουν οι ίδιες.

Όλες οι αισθήσεις δεν είναι ίδιες. Κάποιες μπορούν να ανιχνεύσουν μακρινά ερεθίσματα (όραση, ακοή, όσφρηση), ενώ άλλες μόνο ερεθίσματα σε επαφή (γεύση και αφή). Διαφέρουν, επίσης, στη δυνατότητα συνειδητής αίσθησης (π.χ. στρέφω το βλέμμα μου ή ψηλαφίζω), στο εύρος από το οποίο μπορούν να δεχτούν ερεθίσματα (π.χ. οπτικό πεδίο) και στην ικανότητα να διακρίνουν πολλά ερεθίσματα ταυτόχρονα (π.χ. στην όραση αλλά όχι στην όσφρηση).

Παρά τις διαφορές τους, όμως, τα ερεθίσματα όλων των αισθήσεων έχουν κάποια παρόμοια χαρακτηριστικά (Gardner & Martin 2000):

- Κατηγορία ερεθίσματος (π.χ. ήχος ή εικόνα), δηλαδή την αίσθηση με την οποία γίνεται αντιληπτό και υποκατηγορίες (π.χ. ομιλία ή μουσική).
- Ένταση του ερεθίσματος. Είναι το κυριότερο χαρακτηριστικό. Όσο πιο έντονο το ερέθισμα, τόσο πιο πιθανό να εντοπιστεί, αρκεί να ξεπερνά το όριο αντίληψης του αντίστοιχου αισθητήριου συστήματος, το οποίο είναι, φυσικά, διαφορετικό για κάθε αίσθηση. Πρέπει να τονίσουμε ότι η ένταση δεν είναι απόλυτη (Liu et al. 2021), αλλά αναφέρεται στη διαφορά που έχει το ερέθισμα (π.χ. ένας ήχος) από το αρχικό υπόβαθρο (π.χ. το θόρυβο του περιβάλλοντος).



Σχήμα 4.2 Καμπύλη έντασης ερεθίσματος (Smith, 2008)

- Διάρκεια του ερεθίσματος. Συνήθως ερεθίσματα μεγαλύτερης διάρκειας έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να εντοπιστούν.
- Θέση του ερεθίσματος. Συνήθως πιο κοντινά ερεθίσματα έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα εντοπισμού. Στη γεύση και στην αφή η επαφή είναι απαραίτητη για τον εντοπισμό, ενώ στην όραση είναι απαραίτητο η θέση του ερεθίσματος να βρίσκεται εντός του οπτικού πεδίου.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τα χαρακτηριστικά κάθε αίσθησης ξεχωριστά.

4.2.1 Όραση

Η όραση είναι η κυρίαρχη αίσθηση, τόσο για την αντίληψη του χώρου και των αντικειμένων, όσο και για την εμπιστοσύνη που της δείχνουμε (π.χ. είναι πιθανόν να αναγνωρίσουμε κάτι αγγίζοντας ή ακούγοντάς το, αλλά θα σιγουρευτούμε όταν το δούμε με τα μάτια μας). Άρα, για κρίσιμες και πιθανώς αμφίβολες πληροφορίες (π.χ. συναγερμοί), είναι σημαντικό να υπάρχει (και) οπτικό ερέθισμα. Επειδή με την όραση λαμβάνουμε τις περισσότερες πληροφορίες, πολύ συχνά την υπερτιμούμε, θεωρώντας ότι μας δίνει μία πλήρη και ακριβή εικόνα του περιβάλλοντός μας σε κάθε στιγμή, ή με άλλα λόγια, ότι τα μάτια ενός ανθρώπου θα μπορούν να δουν τα πάντα.

Χωρίς να αναφερθούμε σε προφανείς περιορισμούς (π.χ. υπεριώδες – υπέρυθρο φως) ή σε προβλήματα όρασης, κάποια από τα οποία μπορεί να είναι αρκετά κοινά (π.χ. πρεσβυωπία), θα αναφέρουμε συνοπτικά κάποιους περιορισμούς στην όραση που συχνά παραβλέπουμε κατά το σχεδιασμό ή την αιτιολόγηση.

Φωτισμός. Η όραση σε υψηλό ή χαμηλό φωτισμό γίνεται από διαφορετικές οπτικές μονάδες. Τα ραβδία, που βρίσκονται κυρίως στην περιφέρεια του ματιού, είναι αρμόδια για την όραση σε χαμηλό φωτισμό ενώ τα κωνία (που βρίσκονται στο κεντρικότερο μέρος, από όπου και λαμβάνουμε το κύριο μέρος της οπτικής πληροφορίας), χρειάζονται 50-100 φορές περισσότερο φως από τα ραβδία.

Αποτέλεσμα αυτού του διαφορετικού συστήματος όρασης στο φως και στο σκοτάδι, είναι και η προσαρμογή στο σκοτάδι, η οποία είναι η χρονική περίοδος που απαιτείται για να αποκατασταθεί η ευαισθησία της όρασης, όταν γίνεται σημαντική μείωση στο φως (π.χ. όταν μπαίνουμε σε ένα σκοτεινό δωμάτιο) και η οποία διαρκεί περίπου μισή με μία ώρα. Για παράδειγμα, ένας εργαζόμενος που εισέρχεται σε ένα σχετικά σκοτεινό χώρο (π.χ. μηχανοστάσιο) δεν θα έχει στο διάστημα αυτό την ίδια ορατότητα που θα έχει όταν εργάζεται για πολύ ώρα εκεί.

Η ένταση του οπτικού σήματος, άρα και η πιθανότητα να γίνει αντιληπτό, καθορίζεται κυρίως (αλλά όχι μόνο) από τη λαμπρότητα. Η λαμπρότητα αποδίδεται είτε σε φωτεινότητα (φως που παράγεται από το αντικείμενο) είτε σε αντανάκλαση (φως που πέφτει στο αντικείμενο). Και στις δύο περιπτώσεις μετράται σε ένταση φωτός (candelas ή lumens) ανά τετραγωνικό μέτρο. Η διάρκεια και η θέση έχουν επίσης επίδραση στην αντίληψη της λαμπρότητας. Σε ορισμένες περιπτώσεις (για σχετικά μικρές διάρκειες του οπτικού ερεθίσματος), αν ένα αντικείμενο έχει μεγαλύτερο μέγεθος ή προβάλλεται για περισσότερο χρόνο, τότε δίνει την εικόνα μεγαλύτερης λαμπρότητας (Proctor and Proctor, 2021), άρα είναι και πιο πιθανό να γίνει ορατό και αντιληπτό.

Χρώματα. Τα ραβδία δεν μπορούν να διακρίνουν χρώματα, οπότε σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού βλέπουμε μόνο ασπρόμαυρες ή γκρι σκιές. Τα χρώματα γίνονται αντιληπτά μόνο από τα κωνία. Κι αυτά, όμως, δεν έχουν την ίδια ευαισθησία σε όλα τα μήκη κύματος (περισσότερη στην πράσινη/κίτρινη περιοχή και λιγότερη στη μπλε και στην κόκκινη). Επίσης, το κόκκινο και το πράσινο μπορούν να διακριθούν μόνο σε οπτικό πεδίο γωνίας 20-30°, ενώ το κίτρινο και το μπλε μέχρι 40-60° (Gegenfutner & Sharpe 1999). Μετά το σημείο αυτό η διάκριση χρωμάτων δεν είναι δυνατή, καθώς μεταβαίνουμε στην περιφέρεια, όπου επικρατούν τα ραβδία. Άρα, αντικείμενα κόκκινου ή πράσινου χρώματος (π.χ. σήμανση πυροπροστασίας ή διαφυγής) θα πρέπει να τοποθετούνται πιο κοντά στο κέντρο της όρασης (π.χ. στο ύψος του μέσου ατόμου).

Όμως, ένα σημαντικό πλεονέκτημα των χρωμάτων (Brainard & Radonic, 2014) είναι ότι παραμένουν αρκετά σταθερά σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού (αν δεν είναι πολύ χαμηλή η ένταση). Έτσι, το χρώμα χρησιμοποιείται συχνά για να διακρίνονται οπτικές πληροφορίες (π.χ. σήμανση ασφάλειας ή διάκριση διαφορετικών συναγερμών).

Οπτικό πεδίο. Η όραση έχει συγκεκριμένους περιορισμούς απόστασης αλλά και κατεύθυνσης. Δεν μπορούμε να δούμε ταυτόχρονα ό,τι βρίσκεται γύρω μας. Δεν μπορούμε να εστιάσουμε κάθε φορά, ούτε καν σε όλο μας το οπτικό πεδίο, αλλά μόνο σε ένα μέρος του. Βέβαια, τα μάτια μας εκτελούν και αυθόρμητες μεταβάσεις (σακκαδικές κινήσεις - έως 3 ανά δευτερόλεπτο) προκειμένου να αποκτούμε συνεχώς μια εικόνα του χώρου. Εάν σε αυτές εντοπιστεί κάτι σημαντικό, μπορεί να τραβήξουν το βλέμμα. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούμε να αναμένουμε από έναν εργαζόμενο να έχει λεπτομερή εικόνα από οτιδήποτε βρίσκεται μπροστά του, παρά μόνο αν το καταστήσουμε αρκετά εντυπωσιακό για να εστιάσει εκεί (εγκαταλείποντας άλλα ερεθίσματα).

Επίσης, το οπτικό πεδίο δεν είναι παντού το ίδιο. Με την περιφερειακή όραση, μπορούμε συνήθως να δούμε μόνο κίνηση και όχι σχήμα ή χρώμα (αν σταματήσει να κινείται παύει να είναι «ορατό») και απλώς αποτελεί έναυσμα για να τραβήξει το βλέμμα. Δεν μπορούμε να αναμένουμε από κάποιον να αντιληφθεί λεπτομέρειες από κάτι που βρίσκεται στα όρια του οπτικού του πεδίου, ιδιαίτερα αν είναι ακίνητο (π.χ. μπορεί να γίνει αντιληπτή η παρουσία ενός άλλου εργαζομένου που κινείται, αλλά όχι κάποιου που είναι ακίνητος).

Ακρίβεια. Ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό της όρασης είναι η οπτική οξύτητα, δηλαδή η ικανότητα να εντοπίζουμε και να διακρίνουμε λεπτομέρειες. Η οξύτητα είναι μεγαλύτερη στο κεντρικό μέρος του οπτικού πεδίου όπου επικρατούν τα κωνία. Αξίζει να τονίσουμε ότι η οξύτητα δεν είναι ενιαία (απλώς «καλή» ή «κακή» όραση), αλλά υπάρχουν διάφορα είδη οξύτητας (Proctor & Proctor, 2021), όπως η οξύτητα ταυτοποίησης (αναγνώριση γραμμών), η οξύτητα κλίμακας (διάκριση μεταξύ ολόκληρων και διακεκομμένων γραμμών), η οξύτητα ανάλυσης (διάκριση παρόμοιων χρωμάτων) και η δυναμική οξύτητα (διάκριση κινούμενων αντικειμένων). Κάποιος εργαζόμενος μπορεί να έχει μειωμένη οξύτητα σε ένα είδος, ενώ στα υπόλοιπα να είναι ικανοποιητική. Όπως είναι φυσικό, για όποιες εργασίες απαιτείται σχετικά υψηλή ακρίβεια (π.χ. μικρές διαφορές ή ανάγνωση κειμένου) θα πρέπει το ερέθισμα να τοποθετείται κοντά στο κέντρο της όρασης.

Γιατί, όμως, πολλές φορές δεν βλέπουμε στην πράξη να ισχύουν όλοι ή κάποιοι από αυτούς τους περιορισμούς; Αυτό συμβαίνει επειδή εμείς οι ίδιοι συμπληρώνουμε «εκ των έσω» την εικόνα μας με αυτό που προσδοκούμε (π.χ. το αυτοκίνητο στην περιφέρεια της όρασής μου

είναι κόκκινο, γιατί το είδα πιο πριν μπροστά μου). Αυτό είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα, αρκεί η προσδοκία μας να είναι σωστή.

Σαφώς και υπάρχουν πολλές περισσότερες παράμετροι και φαινόμενα που επηρεάζουν το οπτικό μας σύστημα. Τα λίγα στοιχεία που αναφέραμε, όμως, μας δίνουν μία εικόνα των περιορισμών στην αρχική πρόσληψη οπτικών πληροφοριών. Τα μάτια μας δεν είναι τέλειοι καταγραφείς. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό, τόσο κατά το σχεδιασμό, όσο και κατά τη διερεύνηση, να εξετάζεται η δυνατότητα οπτικής αίσθησης από τη συγκεκριμένη θέση (ή θέσεις), όπου μπορεί να βρίσκεται το άτομο.

4.2.2 Ακοή

Η ακοή είναι η δεύτερη σημαντικότερη αίσθηση, τουλάχιστον όσον αφορά τον όγκο πληροφοριών που λαμβάνουμε από αυτήν (κυρίως μέσω του προφορικού λόγου). Όπως και η όραση, αντιλαμβάνεται κυματικά ερεθίσματα (μεταβολές πίεσης του αέρα) από απόσταση. Σε αντίθεση με την όραση, όμως, μπορεί να λαμβάνει ερεθίσματα από οποιαδήποτε κατεύθυνση, χωρίς να μπορεί να προσδιορίζει με ακρίβεια τη θέση τους. Για το λόγο αυτό προτιμάται σε γενικούς συναγερμούς ή ανακοινώσεις.

Τα δύο χαρακτηριστικά του κύματος είναι η ένταση (μέγεθος ενέργειας που μετράται σε dB) και ο τόνος (συχνότητα που μετράται σε Hz), τα οποία, όμως, αλληλοεπηρεάζονται, όσον αφορά στην αίσθησή τους. Το ανθρώπινο σύστημα ακοής μπορεί να αντιληφθεί ήχους έντασης μεταξύ 0 και 130dB και συχνότητας μεταξύ περίπου 20Hz και 20kHz. Ακόμη, όμως, και στην περιοχή αυτή, η ευαισθησία του συστήματος ακοής δεν είναι ίδια για όλες τις εντάσεις και συχνότητες. Το ανθρώπινο αυτί είναι προσαρμοσμένο έτσι ώστε να είναι περισσότερο ευαίσθητο σε συχνότητες ήχων που παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τις ανάγκες του. Δηλαδή, ήχοι ίδιας έντασης αλλά διαφορετικής συχνότητας «μεταφράζονται» ως ήχοι διαφορετικής έντασης. Γενικότερα η αίσθηση της έντασης επηρεάζεται από τον τόνο και η αίσθηση του τόνου επηρεάζεται από την ένταση.

Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι αντιλαμβανόμαστε μόνο έναν ήχο ανά συχνότητα, σημαίνει ότι κάποιοι ήχοι δεν είναι δυνατόν να γίνονται αισθητοί. Επιπλέον, ένας ήχος μπορεί να επικαλύψει άλλους, ακόμη και αν αυτοί θα μπορούσαν να είναι αισθητοί. Έτσι, η ακοή δεν είναι η καταλληλότερη αίσθηση για τη μετάδοση μηνυμάτων, παρά μόνο αν είμαστε σίγουροι για την απουσία (ή πολύ χαμηλότερη ένταση) άλλων ήχων.

Παρόλο που υπάρχουν και άλλα μέλη του σώματος που υποστηρίζουν την ακοή, αυτή κατά βάση γίνεται αισθητή από τα αυτιά μας. Χαρακτηριστικό, λοιπόν, του συστήματος ακοής είναι η ύπαρξη δύο υποδοχέων (αυτιά) που είναι τοποθετημένοι αντιδιαμετρικά του κεφαλιού, γεγονός που διευκολύνει τον εντοπισμό της γενικής κατεύθυνσης από την οποία προέρχεται ο ήχος. Το κεφάλι μας αποσβένει μέρος του ήχου, οπότε συμπεραίνουμε ότι ο ήχος προέρχεται από την πλευρά που ακούγεται δυνατότερα. Δεν μπορεί, όμως, να εντοπιστεί η πηγή του ήχου γρήγορα και με ακρίβεια. Ένας ηχητικός συναγερμός θα είναι αποτελεσματικός μόνο αν δε χρειάζεται να εντοπίσουμε τη θέση της πηγής του.

Εκτός από την αίσθηση της ακοής, τα αυτιά σχετίζονται και με την αίσθηση της ισορροπίας. Η αίσθηση που έχουμε για τη θέση του σώματος μας σε σχέση με την κατεύθυνση της βαρύτητας

καθορίζεται από τη σχετική θέση των δύο αυτιών μας (συμπληρωματικά με την εικόνα που αποκτούμε από την όρασή μας). Επιπλέον, συνεισφέρει στην αντίληψη της θέσης και της κίνησης των ματιών όταν κινείται το κεφάλι (Lackner, 2010). Όταν τα μάτια εστιάζουν σε ένα αντικείμενο και το κεφάλι κινείται, τα μάτια αλλάζουν θέση για να διατηρήσουν την εστίαση στο αντικείμενο.

Το σύστημα ισορροπίας, όμως, λειτουργεί τόσο «εκ των έξω» αντιλαμβανόμενο τη θέση μας μέσω της βαρύτητας και της όρασης, όσο και «εκ των έσω» με βάση τη θέση που πιστεύουμε ότι βρισκόμαστε. Τυχόν ασυμβατότητες μεταξύ των δεδομένων αυτών (π.χ. να δέχομαι και επιταχύνσεις ενώ το περιβάλλον μου είναι σταθερό, όπως σε έναν επιβάτη αυτοκινήτου) μπορεί να οδηγήσουν σε σύγχυση με νοητικές και σωματικές συνέπειες (π.χ. ζάλη, χωρικό αποπροσανατολισμό ή ναυτία - Benson 1990, Kennedy et al. 2010). Η παρουσία υψηλών πιέσεων ή άλλων επιδράσεων στα αυτιά κάποιου, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά προβλήματα. Γενικά, το σύστημα ισορροπίας επηρεάζει την αντίληψη του χώρου, την αντίληψη του σώματος, τον αυτοπροσδιορισμό, την επεξεργασία συναισθημάτων, την ψυχική υγεία και την κοινωνική ενσυναίσθηση (Lopez 2016, Smith, 2017).

4.2.3 Οι υπόλοιπες αισθήσεις

Οι υπόλοιπες τρεις αισθήσεις έχουν λιγότερο σημαντικό ρόλο στην πρόσληψη πληροφοριών. Θα τις εξετάσουμε μαζί και συνοπτικά, παρά τις σημαντικές διαφορές τους.

Η κύρια ιδιαιτερότητα της αφής είναι ότι ενώ όλες οι υπόλοιπες αισθήσεις βασίζονται σε υποδοχείς που βρίσκονται κοντά στον εγκέφαλο (στο κεφάλι μας), η αφή μπορεί να γίνει αντιληπτή από όλο το σώμα και μόνο σε επαφή. Με αυτήν μπορούν να γίνουν αντιληπτές αρκετές φυσικές (φυσική κατάσταση, σχήμα, σκληρότητα, ρευστότητα, τραχύτητα, κίνηση/δόνηση, θερμοκρασία, κλπ.) και κάποιες χημικές ιδιότητες αντικειμένων. Το σύστημα αφής περιλαμβάνει τέσσερα ξεχωριστά είδη που γίνονται αντιληπτά μέσω διαφορετικών ειδών υποδοχέων, δηλαδή, ως ξεχωριστές πληροφορίες και όχι σαν μία συνολική αίσθηση (Gardner et al. 2000):

- Επαφή, όπου το δέρμα προσπαθεί να προσομοιώσει το ερέθισμα από αυτό που αγγίζουμε.
- Ιδιοδεκτικότητα, όπου αισθανόμαστε τις μηχανικές κινήσεις των μυών και των αρθρώσεών μας.
- Πόνος, όταν προσλαμβάνουμε ερεθίσματα ικανής έντασης για να καταστρέψουν ιστούς.
- Θερμικό, μέσω των θερμών ή ψυχρών ερεθισμάτων.

Όπως και η όραση, η αφή μπορεί να κατευθυνθεί και με σκόπιμο τρόπο, όταν τείνουμε ένα μέλος μας συνειδητά προς το ερέθισμα. Υπάρχουν αρκετές διαφορές μεταξύ αυτής της ενεργητικής (σκόπιμης) και της παθητικής (ακούσιας) επαφής (Gibson 1966, Katz 1989). Χωρίς να προχωρήσουμε σε επιμέρους λεπτομέρειες, η ενεργητική επαφή είναι ανώτερη της παθητικής επαφής (Appelle, 1991) και μπορεί να συμπεριλάβει περισσότερο και «εκ των έσω» πληροφορίες (τι αναμένουμε να αγγίζουμε). Αν κάποιος ακουμπήσει κάτι ακούσια (π.χ. μία επικίνδυνη επιφάνεια), δεν θα λάβει τις ίδιες πληροφορίες, όπως όταν το ψηλαφούμε εκούσια (π.χ. κατά το σχεδιασμό ή τη διερεύνηση).

Η γεύση και η όσφρηση αλληλοεπιδρούν, καθώς οι γεύσεις εξαρτώνται από την όσφρηση (το 90% των γεύσεων προέρχεται από οσμές - γι' αυτό κλείνουμε τη μύτη μας όταν τρώμε ένα φαγητό που δεν μας αρέσει), καθώς και από τη διέγερση του τρίδυμου νεύρου (υφή, πόνος, θερμοκρασία). Φυσικά, συνδέονται και με «εκ των έσω» πληροφορίες (γεύσεις ή οσμές από τις οποίες έχουμε θετικές ή αρνητικές εμπειρίες).

Η όσφρηση είναι η λιγότερο γνωστή και περισσότερο «πρωτόγονη» αίσθηση. Είναι η μόνη αίσθηση τα ερεθίσματα της οποίας δεν περνούν από το κέντρο ελέγχου (θάλαμος) και συνδέονται περισσότερο με αναμνήσεις και συναισθήματα. Είναι η αίσθηση που κυριαρχεί για κατώτερες ενστικτώδεις λειτουργίες ή προστασία (π.χ. στη βρεφική ηλικία). Οι οσμές είναι πολύ ισχυρές, τόσο όσον αφορά τη δυνατότητά μας να τις διακρίνουμε μεταξύ τους, όσο και να τις συνδέουμε με συναισθήματα ή γεγονότα. Γι' αυτό και χρησιμοποιούνται συχνά για να προειδοποιούν (π.χ. για επικίνδυνα αέρια). Δεν είναι, όμως, εξίσου ισχυρές σαν ερέθισμα συναγερμού όταν αλλάζει η κατάσταση (π.χ. να ξυπνήσουν κάποιον). Επίσης, είναι εύκολο να επηρεαστούν από προκαταλήψεις, όπως να αντιληφθούμε λανθασμένα μία οσμή ή να υπερεκτιμήσουμε μια κατάσταση λόγω της παρουσίας μιας οσμής (Proctor & Proctor, 2021).

Συμπερασματικά, υπάρχουν ερεθίσματα, τα οποία αν εξεταστούν μεμονωμένα, πληρούν τις προϋποθέσεις (θέση, ένταση κ.λπ.) για να γίνουν αισθητά, άρα αναμένουμε ότι θα έπρεπε να γίνουν αισθητά, τουλάχιστον από ένα άτομο που λειτουργεί όπως έχει προβλεφθεί. Κι όμως, τα ερεθίσματα αυτά μπορεί να είναι αντικειμενικά αδύνατον να γίνουν αισθητά, ανεξαρτήτως της συμπεριφοράς του ατόμου, λόγω των συνθηκών (περιβάλλον, άλλα ερεθίσματα κ.λπ.), των εργασιών που εκτελεί (μνήμη, προσοχή) ή κοινών αισθητηριακών διαταραχών (πρεσβυωπία, βαρηκοΐα κ.λπ.) Αυτό θα πρέπει να το λαμβάνουμε υπόψη, τόσο κατά το σχεδιασμό, όσο και κατά τη διερεύνηση συμβάντων. Και ισχύει, τόσο για το πρωταρχικό στάδιο της αίσθησης όσο και για τα επόμενα στάδια που θα εξετάσουμε στις παραγράφους που ακολουθούν.

4.3 Εντοπισμός και αντίληψη

Είδαμε ότι υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί στο να μπορέσουν τα ερεθίσματα να γίνουν αισθητά. Κι όμως, αν παρατηρήσουμε αρκετά το οπτικό μας πεδίο, θα δούμε πάρα πολλά τέτοια ερεθίσματα (αντικείμενα, θέση, χρώματα, σχήματα, κινήσεις, κλπ.) Όλα αυτά γίνονται αισθητά κάθε στιγμή, αλλά μόνο λίγα από αυτά μπορούμε να προσέξουμε, και ακόμη λιγότερα να αντιληφθούμε τι είναι. Παρόλα αυτά, η εικόνα που έχουμε δεν είναι ατελής. «Ξέρουμε» τι είναι εκεί, αν και δεν είμαστε σίγουροι αν είναι ακόμη εκεί, όπως ήταν, ή αν προστέθηκε και κάτι άλλο «κάτω από τη μύτη μας».

Υπάρχει, λοιπόν, ένα «φίλτρο», το οποίο αποκλείει τα περισσότερα από τα ερεθίσματα που αισθανόμαστε κάθε στιγμή από το να προχωρήσουν προς περαιτέρω επεξεργασία, αφήνοντας μόνο αυτά που κρίνουμε (με κάποιον τρόπο) ότι μπορεί να έχουν αρκετή αξία. Και αφού πρέπει να «φιλτραριστεί» ένας τεράστιος όγκος δεδομένων σε πολύ μικρό χρόνο, ο τρόπος αυτός θα πρέπει να έχει σαφή και απλά κριτήρια, που θα πρέπει να προσαρμόζονται στις εκάστοτε απαιτήσεις μας. Φυσικά, τέτοια κριτήρια δεν μπορεί να είναι τέλεια.

Η διαδικασία αυτή γίνεται στο στάδιο του εντοπισμού, το οποίο, σε αντίθεση με το πιο «παθητικό»

στάδιο της αίσθησης, περιλαμβάνει ουσιαστικές νοητικές λειτουργίες. Ακολουθεί το στάδιο της αντίληψης, δηλαδή της «πρώτης μετάφρασης» και αξιολόγησης των ερεθισμάτων που έχουμε εντοπίσει. Αν το ερέθισμα που τράβηξε αρχικά την προσοχή μας για να εντοπιστεί, κριθεί τελικά ότι δεν είχε την πληροφορία που ζητούσαμε, θα απορριφθεί. Και, αντίστροφα, μπορεί να αναζητούμε ένα ερέθισμα που περιμένουμε, ξεχωρίζοντάς το από τα άλλα.

4.3.1 Εντοπισμός

Αφού δεν μπορούμε να διαχειριστούμε όλες τις πληροφορίες που έχει το κάθε αντικείμενο (π.χ. αποχρώσεις, καμπύλες, γωνίες, κλπ.), συνήθως το εντοπίζουμε κυρίως «εκ των έσω», δηλαδή από όσα ήδη «ξέρουμε». Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούμε έτοιμα πρότυπα που έχουμε για το κάθε αντικείμενο, τόσο για τα χαρακτηριστικά του (σχήμα, χρώμα, κλπ.) όσο και για τη θέση του, τα οποία απλώς προσαρμόζουμε με τα λίγα σήματα που λαμβάνουμε από τις αισθήσεις μας («εκ των έξω»). Για παράδειγμα, έχουμε ένα πρότυπο τού πώς είναι ένα σπίτι ή ένα αυτοκίνητο, και αναγνωρίζουμε διαφορετικά σπίτια και αυτοκίνητα από διαφορετικές οπτικές γωνίες ως τέτοια, χωρίς να μελετήσουμε όλες τους τις λεπτομέρειες. Γνωρίζουμε ότι ένα αυτοκίνητο θα βρίσκεται στο δρόμο και ένα σπίτι έξω από αυτόν, κι έτσι εντοπίζουμε και τη θέση του, χωρίς καν να το ελέγξουμε.

Τα σημαντικότερα κριτήρια για την «εκ των έσω» αξιολόγηση των ερεθισμάτων κατά τον εντοπισμό, είναι (Wickens and Carswell, 2021):

- Αναμενόμενη μορφή (format): αν το ερέθισμα παρουσιάζεται με τον τρόπο που έχουμε συνηθίσει, τουλάχιστον γι' αυτό το είδος ερεθισμάτων. Για παράδειγμα, αν ένας εργαζόμενος έχει συνηθίσει να παίρνει μια πληροφορία για μία βλάβη ηχητικά, είναι πιθανό να μην εντοπίσει έναν συναγερμό της βλάβης που θα του δοθεί οπτικά.
- Προσδοκίες: η αρχική κατανόηση που έχουμε για το πως λειτουργεί το σύστημα και άρα τι πληροφορίες θα χρειαστούμε ή μπορεί να περιμένουμε να λάβουμε. Αν ένας εργαζόμενος λάβει μία πληροφορία (π.χ. έναν θόρυβο) που δεν θεωρεί σχετική με την εργασία που εκτελεί, το πιθανότερο είναι να την αγνοήσει.
- Τοπική γνώση: η εξειδικευμένη γνώση που έχουμε για το συγκεκριμένο σύστημα-κατάσταση και τη λειτουργία του. Όσο μεγαλύτερη η γνώση ή η εμπειρία, τόσο ασφαλέστερος και ο εντοπισμός. Για παράδειγμα, ο έμπειρος χειριστής θα εντοπίσει και κάποια ένδειξη (π.χ. θόρυβο) που εμφανίζεται πολύ σπάνια και θα μπορούσε να θεωρηθεί άσχετη.
- Σημασιολογικές αντιστοιχίσεις: από τη γενικότερη εμπειρία μας, έχουμε αντιστοιχίσει κάποια στοιχεία με κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (π.χ. μπλε για κρύο, κόκκινο για ζεστό ή πυρκαγιά, κλπ.). Οι αντιστοιχίσεις αυτές μπορεί να είναι γενικές ή να ισχύουν μόνο για το συγκεκριμένο περιβάλλον, και κάποιες φορές μπορεί να βοηθήσουν τον εντοπισμό (π.χ. αν ο διάδρομος διαφυγής είναι πράσινος), αλλά άλλες φορές να προκαλέσουν σύγχυση (π.χ. αν ο διάδρομος διαφυγής είναι κόκκινος).

Γενικά, είναι πιο εύκολο να εντοπίσουμε ένα ερέθισμα όταν είναι ενταγμένο σε ένα περιβάλλον στο οποίο έχουμε συνηθίσει ή αναμένουμε να βρίσκεται (άρα δε χρειάζεται να ψάξουμε αλλού). Αν θέλουμε κάποιος να πατήσει το κουμπί συναγερμού σε περίπτωση φωτιάς, θα είναι

ευκολότερο να το βρει αν η περιοχή γύρω έχει κόκκινο φόντο και σήμανση που παραπέμπει σε συναγερμό, οπότε θα περίμενε και να το βρει εκεί.

Αυτή η ιδιότητα έρχεται κάποιες φορές σε αντίθεση με τη γενική αρχή σχεδιασμού “less is more”, δηλαδή την αρχή να απλοποιούμε το περιβάλλον, ώστε να μειώσουμε όλα τα υπόλοιπα ερεθίσματα που μπορεί να αποσπάσουν την προσοχή (στο παράδειγμα μας, να έχουμε έναν λευκό τοίχο όπου το μόνο ερέθισμα θα είναι το κουμπί συναγερμού). Είναι πιο αποτελεσματικό το να υπάρχουν στο περιβάλλον άλλα ερεθίσματα που βοηθούν στο να καταλάβουμε. Αυτό είναι κάτι που μπορεί να έχει διάφορες εφαρμογές στο σχεδιασμό του χώρου εργασίας.

Σχετική είναι η αρχή της Εγγύτητας και Συμβατότητας (Carswell & Wickens 1987), η οποία χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στο σχεδιασμό, και σύμφωνα με την οποία:

- Όταν δύο ή περισσότερα στοιχεία πρέπει να συνδυαστούν, θα πρέπει να είναι το ένα κοντά στο άλλο.
- Όταν ένα στοιχείο θα πρέπει να το χειριστούμε μόνο του, θα πρέπει να είναι απομακρυσμένο από τα άλλα.

Ιδιαίτερη περίπτωση είναι τα μεταβλητά σήματα (π.χ. συναγερμοί). Σε αυτά, όταν αλλάζει η κατάσταση, θα πρέπει να αλλάζει σημαντικά και το περιβάλλον, ώστε να τονίσουμε την αλλαγή του ερεθίσματος. Για παράδειγμα, από το να έχουμε μία λευκή οθόνη όπου υπάρχει μόνο το μήνυμα «ΟΚ» ή «Κίνδυνος», είναι προτιμότερο να έχουμε πράσινο φόντο οθόνης στην πρώτη περίπτωση και κόκκινο στη δεύτερη. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τον εντοπισμό ενός συναγερμού είναι (Proctor & Proctor, 2021):

- η προσδοκία του συναγερμού (π.χ. ένας πολύ σπάνιος συναγερμός για τον οποίο δεν υπάρχει εμπειρία εντοπίζεται λιγότερο εύκολα από έναν συχνό, ακόμη και αν είναι εμφανώς σχετικός)
- ο ταυτόχρονος φόρτος εργασίας (π.χ. ένας εργαζόμενος που εκτελεί μία οπτικά απαιτητική εργασία, δεν θα εντοπίσει εύκολα έναν συναγερμό, ιδιαίτερα αν είναι οπτικός)
- η αξιοπιστία του συναγερμού (το κατά πόσο συχνά υπάρχουν λάθος συναγερμοί, οπότε παύουν να τραβούν την προσοχή).

Οι παραπάνω παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν το κατά πόσον θα εντοπιστεί ένας συναγερμός και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό. Επίσης, υπάρχουν και κάποιες μεροληψίες, λόγω της «προτίμησής» μας σε ορισμένα ερεθίσματα, οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν τον εντοπισμό. Δύο τέτοια παραδείγματα είναι (Κοντογιάννης, 2019):

- Η προδιάθεση απόκρισης, δηλαδή η προδιάθεση που έχουμε να εντοπίσουμε ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα. Π.χ. αν νιώθουμε ότι είναι πολύ σημαντικό να εντοπίσουμε μία παράβαση, τότε θα εντοπίσουμε περισσότερες παραβάσεις (ακόμη και μερικές λάθος), ενώ αν θεωρούμε σημαντικό να αποδείξουμε ότι όλα έγιναν σωστά (ή ότι έχουν ελεγχθεί σωστά από τους προηγούμενους), τότε είναι πιο πιθανό να μας ξεφύγουν κάποιες παραβάσεις.
- Η μείωση της επαγρύπνησης, δηλαδή η σταδιακή μείωση της προσοχής μας (άρα και της ικανότητάς μας να εντοπίσουμε κάτι) όταν για πολύ χρόνο ελέγχουμε μήπως

εμφανιστεί κάτι πολύ σπάνιο, ιδιαίτερα αν συνδυάζεται με κόπωση (π.χ. ο έλεγχος για κρυμμένα όπλα σε αποσκευές αεροδρομίου).

Παρά τον κυρίαρχο ρόλο της «εκ των έσω» πληροφορίας, τα χαρακτηριστικά του ερεθίσματος μπορεί επίσης να έχουν σημαντικό ρόλο στον εντοπισμό. Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό είναι και η «ζωηρότητα» της πληροφορίας, η οποία καθορίζεται από (Nisbett & Ross 1980):

- Το συναισθηματικό περιεχόμενο, δηλαδή τα συναισθήματα που μας δημιουργεί η πληροφορία. Για παράδειγμα, αν το σήμα μας προκαλεί ανησυχία (π.χ. ήχος υψηλής συχνότητας, όπως μιας σειρήνας) είναι πιο πιθανό να εντοπιστεί (π.χ. από έναν ήχο χαμηλής συχνότητας αλλά ίδιας έντασης).
- Το πόσο συγκεκριμένη είναι και πόσο εύκολα μπορούμε να την αναπαραστήσουμε στο μυαλό μας. Για παράδειγμα, μία πληροφορία για μία συγκεκριμένη μηχανική βλάβη ενός μηχανήματος μπορεί να τραβήξει την προσοχή περισσότερο από μία γενική προειδοποίηση αστοχίας λογισμικού.
- Το πόσο κοντινή και πρόσφατη είναι. Είναι πιθανότερο να εντοπίσουμε ένα σήμα για έναν κίνδυνο για τον οποίο έχουμε πληροφορηθεί πρόσφατα (π.χ. αν έγινε κάποιος σχετικό συμβάν ή εκπαίδευση), παρά για κάποιον που έχουμε καιρό να ακούσουμε.

Επιπλέον παράγοντες μπορεί να είναι (Proctor & Proctor, 2021):

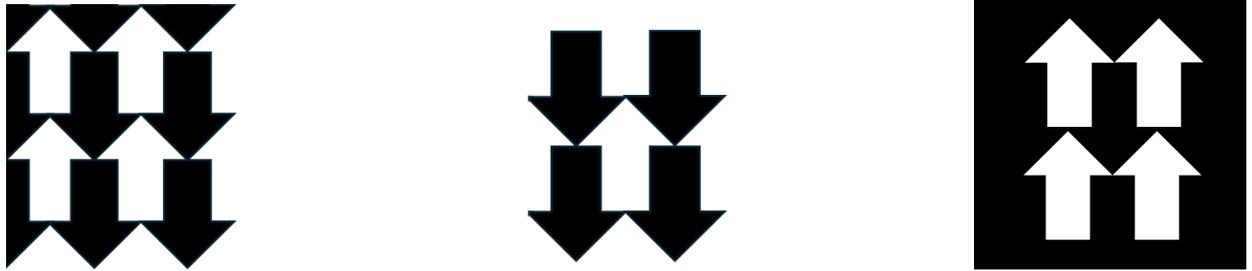
- Η αξία της πληροφορίας του ερεθίσματος, δηλαδή οι ενδείξεις ότι πρόκειται για κάτι σημαντικό (π.χ. ένα λογότυπο κύρους ή η σφραγίδα του κράτους μπορεί να μας κάνει να προσέξουμε περισσότερο ένα ενημερωτικό σήμα).
- Η απαιτούμενη προσπάθεια για την προσοχή (π.χ. αν απαιτείται άβολη στάση του σώματος ή ψάξιμο, πιθανόν να μην μπούμε στον κόπο να επιβεβαιώσουμε αν ένα εξάρτημα έχει τοποθετηθεί σωστά, αν δεν είναι κρίσιμο).

Ειδικά για τα μεταβλητά σήματα (π.χ. συναγερμοί), σημαντικά «εκ των έξω» χαρακτηριστικά είναι:

- τα χαρακτηριστικά προεξοχής της αλλαγής (π.χ. πόσο διαφορετική χροιά και ένταση έχει η σειρήνα σε σχέση με τους ήχους της κανονικής λειτουργίας),
- η απόσταση από το κέντρο της όρασης (συνήθως η ικανότητα εντοπισμού μειώνεται σε περισσότερο από 20 μίρες από το κέντρο του οπτικού πεδίου).

Ειδικά για τα οπτικά ερεθίσματα, το πρώτο στάδιο για να τα εντοπίσουμε είναι το να τα διακρίνουμε από το περιβάλλον τους. Αυτό που ουσιαστικά εντοπίζουμε και αντιλαμβανόμαστε είναι αυτό που θεωρούμε ως προσκήνιο. Τα υπόλοιπα (υπόβαθρο) αποκτούν χαμηλότερη προτεραιότητα και συνήθως απορρίπτονται.

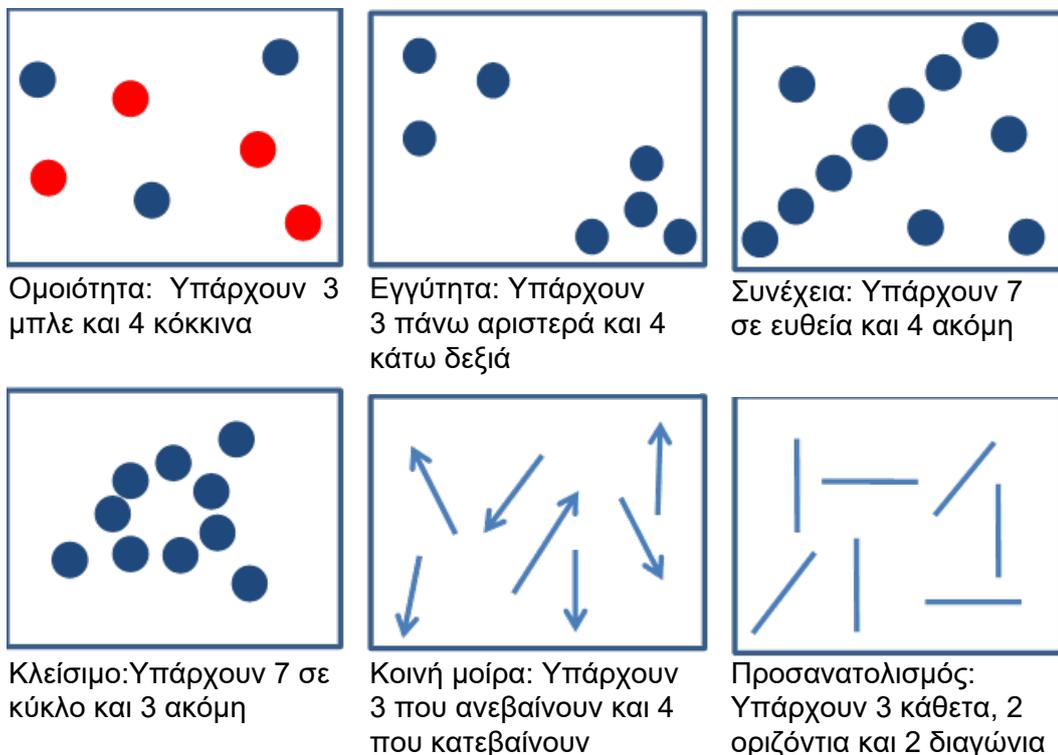
Το τι, όμως, εκλαμβάνεται ως προσκήνιο δεν είναι δεδομένο. Είναι γνωστές οι «μαγικές εικόνες» όπου αλλάζοντας την παραδοχή του ποιο είναι το προσκήνιο και ποιο το υπόβαθρο, αλλάζει εντελώς το μήνυμα. Για παράδειγμα, στο σχήμα που ακολουθεί, μπορεί κανείς στην αριστερή εικόνα να δει λευκά βέλη προς τα πάνω ή μαύρα προς τα κάτω, αναλόγως των παραδοχών που κάνει για το ποιο είναι το προσκήνιο και ποιο το υπόβαθρο. Ένας εργαζόμενος που θα έβλεπε ξαφνικά την εικόνα αυτή θα μπορούσε εύκολα να μπερδευτεί. Στη μεσαία και δεξιά εικόνα, το δίλημμα αυτό δεν υπάρχει.



Σχήμα 4.3 Προσκήνιο και υπόβαθρο

Τα χαρακτηριστικά που κάνουν ένα οπτικό ερέθισμα πιθανότερο να εκληφθεί ως προσκήνιο παρά ως υπόβαθρο, είναι να έχει συμμετρικό μοτίβο, εντελώς περικυκλωμένες περιοχές, κυρτές επιφάνειες, τη μικρότερη επιφάνεια στην όλη εικόνα και το μοτίβο του να είναι οριζόντια ή κάθετα προσανατολισμένο (Proctor & Proctor, 2021).

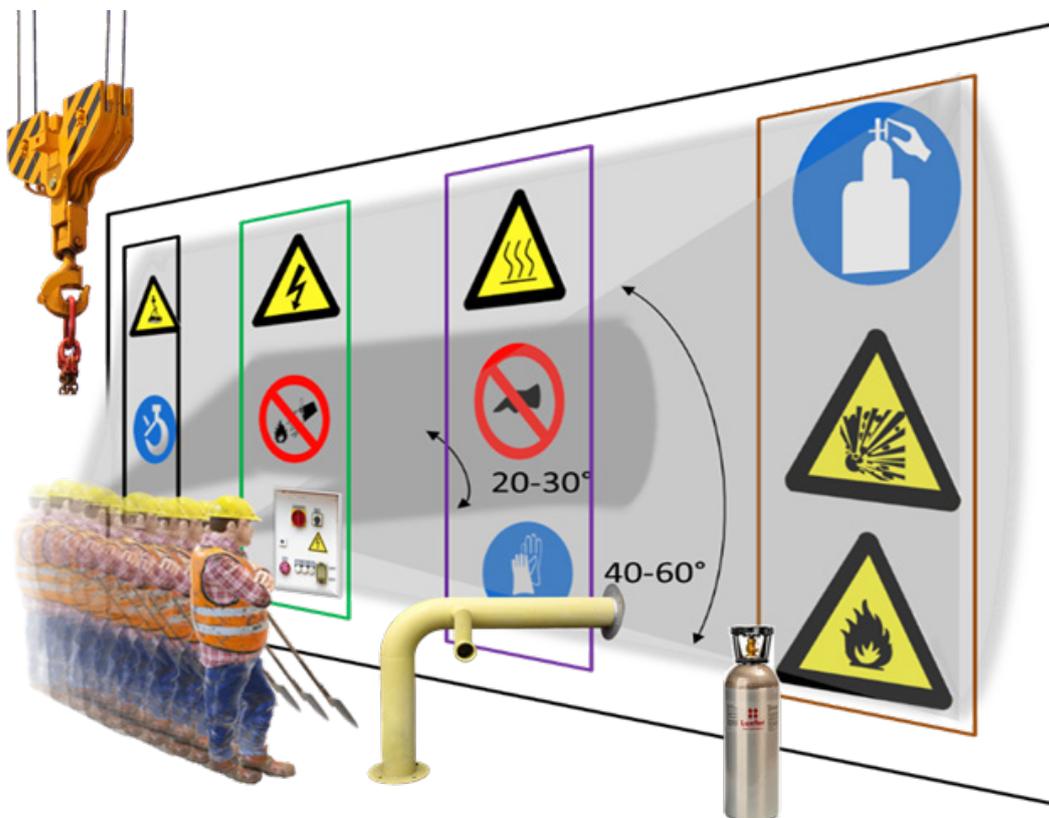
Έχουμε ήδη αναφέρει πως η δυνατότητά μας να συγκρατούμε στην (εργασιακή) μνήμη μας διαφορετικά αντικείμενα την ίδια στιγμή, είναι περιορισμένη. Μπορούμε, όμως, να παρακολουθούμε μία ή περισσότερες ομάδες με πολλά αντικείμενα η κάθε μία. Η ομαδοποίηση αυτή γίνεται με κάποιο κριτήριο που μας εξυπηρετεί (π.χ. στο σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης ομαδοποιούμε τους ανθρώπους ανάλογα με το χώρο που βρίσκονται και όχι ανάλογα με το φύλο ή την ηλικία τους). Βέβαια, δεν παύουν να υπάρχουν κάποιες γενικές κατηγορίες για τα κριτήρια αυτά, οι οποίες είναι (Proctor & Proctor, 2021):



Σχήμα 4.4 Αρχές ομαδοποίησης

Χρησιμοποιώντας τις αρχές ομαδοποίησης μπορούμε να αυξήσουμε το πλήθος των στοιχείων που μπορεί να γίνουν αντιληπτά, αν και όχι για όλες τους τις ιδιότητες, αλλά μόνο για τις κοινές.

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται ένα απλοποιημένο παράδειγμα εφαρμογής κάποιων από αυτές τις αρχές εντοπισμού στη σήμανση. Λόγω του πλήθους τους, τα σήματα ομαδοποιούνται κατά κίνδυνο και μπαίνουν σε αντίστοιχο πλαίσιο για οριοθέτηση και διαχωρισμό. Τοποθετούνται κοντά στο σημείο όπου υπάρχει ο εκάστοτε κίνδυνος (αρχή εγγύτητας). Τα κόκκινα (απαγορευτικά) σήματα τοποθετούνται στο κέντρο όπου και είναι πιο ορατά και τα υπόλοιπα εντός των 60° του οπτικού πεδίου, ανάλογα με τη θέση που αναμένεται να βρίσκεται ο εργαζόμενος.



Σχήμα 4.5 Παράδειγμα τοποθέτησης σήμανσης

Παρόλο που στον εντοπισμό δεν υπάρχουν παράγοντες που καθιστούν αντικειμενικά αδύνατον να γίνει αντιληπτή μία πληροφορία (όπως γίνεται στην αίσθηση), υπάρχει πλήθος παραγόντων τόσο σε σχέση με το σήμα, όσο και σε σχέση με το άτομο και την κατάσταση που, είτε μειώνουν σημαντικά την πιθανότητα αυτή, είτε αλλοιώνουν την πληροφορία.

4.3.2 Αντίληψη

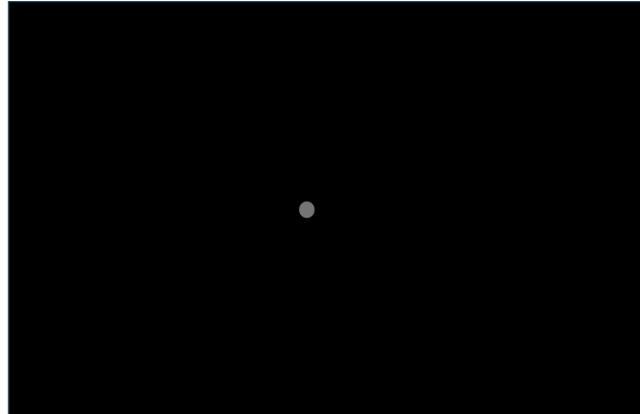
Είναι δύσκολο να διακρίνει κανείς την έννοια της αντίληψης από την έννοια του εντοπισμού. Σε απλά ερεθίσματα οι δύο αυτές έννοιες ταυτίζονται (π.χ. αν εντοπίσω ένα περονοφόρο, αυτόματα αντιλαμβάνομαι το τι είναι). Σε άλλες περιπτώσεις, όμως, (π.χ. όταν ψάχνουμε ένα φθαρμένο περονοφόρο) ο εντοπισμός (ενός περονοφόρου) δεν επαρκεί, και απαιτείται επιπλέον προσπάθεια για να αντιληφθούμε αν είναι φθαρμένο.

Στην παράγραφο αυτή θα περιοριστούμε στην αντίληψη της όρασης. Όπως είδαμε, η όραση είναι μία δυναμική διαδικασία, στην οποία δεν μεταδίδεται απλά μία εικόνα από τα μάτια προς τον εγκέφαλο («εκ των έξω»), αλλά τα δύο αυτά αλληλοεπιδρούν για να δημιουργήσουν την εικόνα. Αν τα ερεθίσματα ανταποκρίνονται στα κριτήρια (π.χ. εντοπίσαμε τροχούς και πηρούνια, άρα ανταποκρίνεται στο πρότυπο του περονοφόρου), τότε συνεχίζουμε την προσπάθεια και καθορίζουμε τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία ζητούνται από τα μάτια μας να διερευνήσουν (αν είναι φθαρμένο). Αλλιώς η όλη προσπάθεια εγκαταλείπεται.

Χωρίς να μπορούμε σε λεπτομέρειες, είναι σημαντικό να καταλάβουμε το πώς σχηματίζουμε την εικόνα μας. Οι περιοχές του εγκεφάλου που σχετίζονται με την όραση, περιλαμβάνουν έναν τεράστιο αριθμό απολύτως εξειδικευμένων οπτικών κυττάρων (π.χ. ένα ασχολείται μόνο αν το χρώμα είναι πράσινο ή όχι, άλλο μόνο αν δύο γραμμές είναι παράλληλες, κλπ.) Αντίθετα από ότι, ίσως, θα περιμέναμε, δεν υπάρχει ένας μηχανισμός σύνθεσης των χαρακτηριστικών αυτών, που να τα μαζεύει για να σχηματιστεί μία ολοκληρωμένη εικόνα (Ντινόπουλος, 2019). Μάλιστα, δεν αντιλαμβανόμαστε καν όλα τα χαρακτηριστικά μαζί: πρώτα αντιλαμβανόμαστε το χρώμα, μετά τη μορφή και μετά την κίνηση (Zeki & Moutousis, 1997). Κάτι τέτοιο κάνει το σχηματισμό μιας ολοκληρωμένης εικόνας πάρα πολύ δύσκολο και απαιτητικό.

Δεν βλέπουμε, λοιπόν, με τον τρόπο που ζωγραφίζουμε μια εικόνα. Δεν σχηματίζουμε ολοκληρωμένες νέες εικόνες από τα μεμονωμένα χαρακτηριστικά που εντοπίζουμε, αλλά από πρότυπα που έχουμε ήδη στο μυαλό μας, και τα οποία απλώς τροποποιούμε και προσαρμόζουμε με τα χαρακτηριστικά αυτά. Αυτό μας επιτρέπει να εστιάζουμε σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρουν αποφεύγοντας «τη γαρνιτούρα». Έχουμε ήδη εικόνα και σκοπό και απλώς «ρωτάμε» τις αισθήσεις μας για συγκεκριμένες λεπτομέρειες προκειμένου να τα διορθώσουμε. Αυτό μπορεί να οδηγήσει και σε διαφορετική αντίληψη της ίδιας εικόνας, αναλόγως του σκοπού.

Επειδή αυτό που ψάχνουμε είναι τυχόν διαφορές από το πρότυπο που ήδη έχουμε, η οπτική μας αντίληψη είναι κυρίως διαφορική: βλέπουμε διαφορές (από πρότυπα ή υφιστάμενες εικόνες) ή αλλαγές, παρά «απόλυτες» εικόνες. Για παράδειγμα, ένα αντικείμενο μας φαίνεται ελαφρώς πιο σκοτεινό όταν το φόντο του είναι πιο φωτεινό.



Σχήμα 4.6 Επίδραση του υπόβαθρου στην αντίληψη της απόχρωσης.

Υπάρχει, λοιπόν, μία σημαντική ιδιότητα των ανθρώπων: να αποδίδουν νόημα σε καταστάσεις, ακόμη και αν η οπτική εικόνα που λαμβάνουν είναι πολύ περιορισμένη. Έτσι, ακόμη και αν δεν έχουμε κάποιο επαρκές πρότυπο, απλά εστιάζουμε σε κάποια χαρακτηριστικά που μας επιτρέπουν να σχηματίσουμε το νόημα για την εικόνα, χωρίς να χρειαστεί να τη συνθέσουμε ολόκληρη. Αν δω ένα καινούριο μηχάνημα στο χώρο εργασίας μου, δεν θα το επεξεργαστώ από όλες τις οπτικές γωνίες, αλλά θα παρατηρήσω μόνο τα χαρακτηριστικά που με αφορούν (π.χ. αν εμποδίζει, αν είναι επικίνδυνο, κλπ.) Αυτό που «βλέπουμε» δεν είναι αθροισμένα ερεθίσματα, αλλά δικά μας νοήματα. Γι' αυτό και μπορούμε να το περιγράψουμε σε κάποιον που δεν το έχει δει, ή να σχηματίσουμε εικόνα από ένα απλό σχέδιο.

Τα πρότυπα δεν αφορούν μόνο στατικές εικόνες αλλά και πιο δυναμικές καταστάσεις με μεταβαλλόμενα ερεθίσματα. Για παράδειγμα, αν δούμε την εικόνα ενός μπαλονιού να μεγαλώνει, θεωρούμε αυτόματα ότι φουσκώνει, ενώ αν δούμε την εικόνα ενός αυτοκινήτου να μεγαλώνει, θεωρούμε ότι μας πλησιάζει. Το πρότυπο «μπαλόني» περιλαμβάνει το φούσκωμα, ενώ το πρότυπο του αυτοκινήτου την κίνηση. Αντίθετα, μία τεχνητή μεγέθυνση του αυτοκινήτου στο οπτικό μας πεδίο μπορεί να μας εξαπατήσει ότι κινδυνεύουμε (όπως γίνεται στα κινούμενα σχέδια).

Αυτό το χαρακτηριστικό της όρασης, δηλαδή το γεγονός ότι είναι επίπεδη και προσπαθεί να απεικονίσει σε δύο διαστάσεις, τον τρισδιάστατο χώρο, είναι και το σημαντικότερο. Αυτό γίνεται κυρίως «εκ των έσω», δημιουργώντας μία αίσθηση του βάθους από «τρικ» που τα ονομάζουμε «ενδείξεις βάθους». Έτσι, η αίσθηση του βάθους δημιουργείται σε κάποιο βαθμό (για κοντινές αποστάσεις) από την εστιακή σύγκλιση της εικόνας των δύο ματιών, αλλά κυρίως από άλλες ενδείξεις, όπως ο συνδυασμός της αίσθησης του μεγέθους/απόστασης, η σκιά, κλπ. Γενικότερα, για να δοθεί η αίσθηση του βάθους στη δισδιάστατη εικόνα χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες «ενδείξεις βάθους» (Proctor & Proctor, 2021):

- Αμφιβληστροειδικό μέγεθος. Τα κοντινότερα αντικείμενα απεικονίζονται ως μεγαλύτερα.
- Γνωστό μέγεθος. Όταν γνωρίζουμε ότι ένα αντικείμενο είναι μεγάλο (π.χ. ένα φορτηγό), τότε όταν φαίνεται να είναι μικρό, αυτόματα συμπεραίνουμε ότι βρίσκεται μακριά. Αυτό, βέβαια, μπορεί να δημιουργήσει σύγχυση σε παρόμοια αντικείμενα διαφορετικού

μεγέθους, όταν ο χρόνος εμφάνισης είναι περιορισμένος.

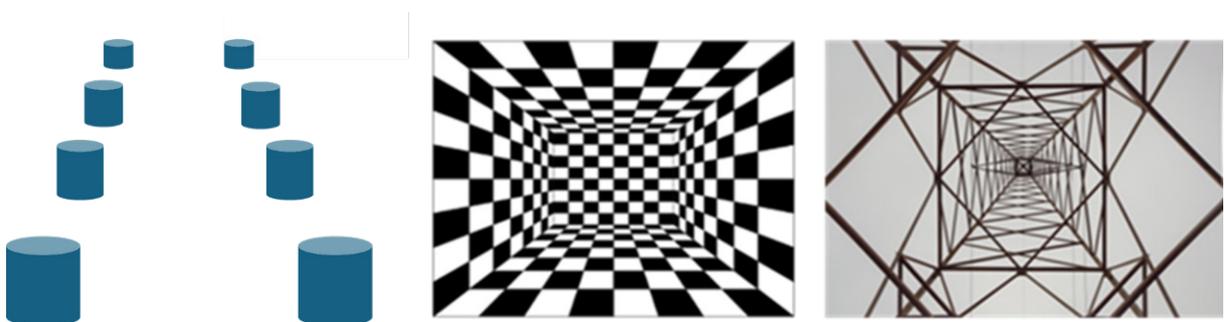
- Σκίαση. Όταν ένα αντικείμενο δείχνει να σκιάζεται από ένα άλλο, θεωρούμε ότι βρίσκεται πιο πίσω.
- Ατμοσφαιρική προοπτική. Τα πολύ μακρινά αντικείμενα αποκτούν μία ελαφρώς μπλε και θολή απόχρωση.
- Γραμμική προοπτική. Οι παράλληλες γραμμές σε μεγάλη απόσταση φαίνεται σαν να συγκλίνουν (π.χ. τα όρια ενός διαδρόμου). Αν οι γραμμές δεν είναι παράλληλες, αλλά συγκλίνουν, μπορεί να δημιουργηθεί σύγχυση.
- Επικάλυψη. Όταν η εικόνα ενός αντικειμένου υπερκαλύπτει μερικά την εικόνα ενός άλλου (δηλαδή φαίνεται ολόκληρο ενώ το άλλο διακόπτεται), τότε συμπεραίνουμε ότι βρίσκεται πιο κοντά, ανεξαρτήτως μεγέθους. Σύγχυση μπορεί να δημιουργηθεί όταν οι συνθήκες φωτισμού και σκίασης δεν επιτρέπουν να φανούν επαρκώς οι επικαλύψεις.



Σχήμα 4.7 Επικάλυψη (προσανατολισμός διαφανούς κύβου)

Επιπλέον ενδείξεις που χρησιμοποιούνται για την αίσθηση του βάθους είναι (Wickens & Carswell, 2021):

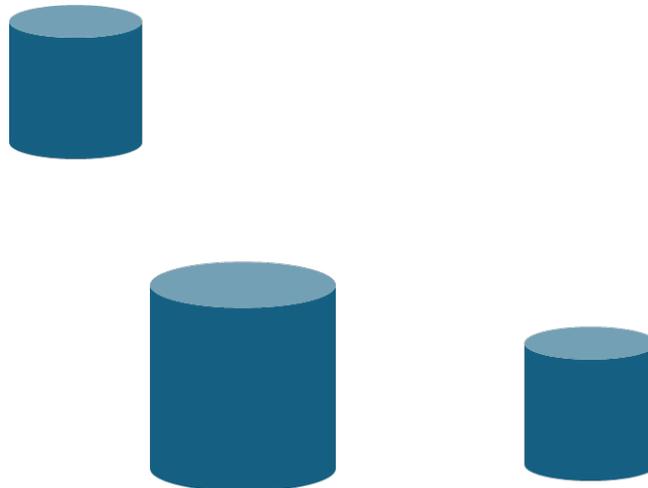
- Η αλλαγή μεγέθους ή πυκνότητας στοιχείων μιας εικόνας προς μία κατεύθυνση. Π.χ. αν βλέπουμε τους κώνους να μικραίνουν ή να πυκνώνουν προς τα πάνω της εικόνας ή το σχήμα της διάταξής τους να στενεύει (τραπεζοειδές) τότε σχηματίζεται η εικόνα της μεγάλης απόστασης.



Σχήμα 4.8 Αλλαγή μεγέθους και πυκνότητας

- Η κατακόρυφη θέση. Επειδή τα μακρινά αντικείμενα συνήθως επικαλύπτονται από

πλησιέστερα αντικείμενα, είναι ορατά μόνο όταν προεξέχουν από αυτά (δηλαδή είναι μεγαλύτερα ή τοποθετημένα ψηλότερα). Έτσι, αντικείμενα που βρίσκονται πιο ψηλά στο οπτικό πεδίο δείχνουν να είναι και πιο μακριά.



Σχήμα 4.9 Κατακόρυφη θέση (Ο μικρός κύλινδρος όταν τοποθετείται δεξιά και στο ίδιο ύψος, φαίνεται σίγουρα μικρότερος από τον μεγάλο, αλλά όχι και όταν τοποθετείται σε μεγαλύτερο ύψος)

Στην καθημερινότητά μας, αυτά τα «τρικ» είναι απλά, και δύσκολα θα μας οδηγήσουν σε λάθος εκτιμήσεις. Όμως, ο χώρος εργασίας δεν είναι πια ένα απλό φυσικό περιβάλλον, αλλά μία σύνθεση φυσικών αντικειμένων και τεχνητών απεικονίσεων. Ιδιαίτερα σε ειδικές περιπτώσεις, όπως μία εντελώς νέα κατάσταση ή μία κατάσταση που εξελίσσεται με τόσο μεγάλη ταχύτητα που δεν επιτρέπει να επιβεβαιώσουμε, τα «τρικ» αυτά μπορούν να οδηγήσουν σε λανθασμένη αντίληψη.

Η αίσθηση του βάθους δεν χρειάζεται μόνο για να προσδιορίσουμε τη θέση, αλλά και την κίνηση, όταν υπάρχει. Γενικά, η αίσθηση της ταχύτητας προκύπτει από την αλλαγή μεγέθους (μεγαλώνει όταν πλησιάζει – μικραίνει όταν απομακρύνεται) και το ρυθμό της. Αυτή η ένδειξη δεν είναι, όμως, πάντοτε ακριβής. Τα αντικείμενα μικρού μεγέθους που «μεγαλώνουν πλησιάζοντας» δίνουν την αίσθηση ότι έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα, καθώς ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνεται το μέγεθός τους στο οπτικό μας πεδίο είναι γρηγορότερος από ότι σε μεγαλύτερα αντικείμενα με την ίδια ταχύτητα (Leibowitz, 1985).

Ιδιαίτερα όταν κινείται ο παρατηρητής (π.χ. ο εργαζόμενος), η αντίληψη γίνεται όλο και πιο πολύπλοκη και μπορεί να υπάρξουν πολλές ψευδαισθήσεις. Στην περίπτωση αυτή, δεν κινείται μόνο ένα αντικείμενο αλλά, πρακτικά, όλα. Εδώ εμφανίζεται το φαινόμενο της κινητικής παράλλαξης, όπου τα κοντινότερα αντικείμενα εμφανίζονται να έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα από ότι τα μακρινότερα. Φυσικά και εδώ χρησιμοποιούνται «εκ των έσω» πληροφορίες (γνώση, εμπειρία) για την εκτίμηση.

Αν υπάρχει κίνδυνος να μπερδέψει την κίνηση ένας εργαζόμενος (π.χ. αν κινείται αργά προς τα πίσω το δικό του περνοφόρο ή προς τα εμπρός το διπλανό) μπορούμε να τοποθετήσουμε άλλες ενδείξεις (π.χ. μόνιμα ακίνητες επιφάνειες που είναι πάντοτε ορατές).

Εάν υπάρχει κάποιο συμμετρικό μοτίβο (π.χ. η διακεκομμένη διαγράμμιση στο δρόμο), τότε μπορούμε να εκτιμήσουμε την αλλαγή ταχύτητας από την αλλαγή στο ρυθμό με τον οποίο πλησιάζουν τα αντικείμενα αυτά. Χαρακτηριστική «χρήσιμη» οφθαλμαπάτη σε επικίνδυνα σημεία ενός δρόμου, ήταν η τοποθέτηση κώνων στα πλάγια του δρόμου, σε αποστάσεις μεταξύ τους, που γινόταν όλο και μικρότερες, ώστε να δίνουν στους οδηγούς την εντύπωση ότι επιταχύνουν και έτσι να μειώνουν την ταχύτητά τους όλο και περισσότερο (Allpress & Leland, 2010).

Όλες οι ενδείξεις (θέσης και κίνησης) λειτουργούν ταυτόχρονα για τη δημιουργία της αίσθησης του βάθους. Οι ισχυρότερες, όμως, από αυτές είναι η επικάλυψη, η κινητική παράλλαξη και η εστιακή σύγκλιση (Wickens & Carswell, 2021)

Δεν είναι δυνατόν να παρουσιαστούν όλα αυτά τα φαινόμενα στην Παράγραφο αυτή (ούτε να παρουσιαστούν περιορισμοί των άλλων αισθήσεων), αλλά επισημαίνονται τα σημαντικότερα, ώστε να αντιληφθεί ο αναγνώστης την πολυπλοκότητα του φαινομένου της οπτικής αντίληψης. Ακόμη, λοιπόν, και αν κάποιος έχει εντοπίσει ένα ερέθισμα, δεν είναι καθόλου βέβαιο ότι θα μπορέσει να το αντιληφθεί σωστά. Τα φαινόμενα που είδαμε υπάρχουν για να βοηθήσουν την καλύτερη αντίληψή μας (και πολλές φορές το πετυχαίνουν) αν και σε κάποιες συνθήκες μπορεί να οδηγήσουν σε κακές εκτιμήσεις. Σε κάθε περίπτωση, η οπτική αντίληψη προέρχεται κυρίως «εκ των έσω» κι έτσι περιλαμβάνει σημαντική υποκειμενικότητα και δεν είναι προϊόν αντικειμενικών δεδομένων.

4.4 Κατανόηση

Αφού έχουμε αντιληφθεί κάτι, το επόμενο στάδιο είναι να αποδώσουμε ένα συγκεκριμένο νόημα στην ευρύτερη κατάσταση και στο τι θα πρέπει να κάνουμε. Σε κάποιες απλές καταστάσεις η απόδοση νοήματος είναι αυτονόητη με το που αντιλαμβανόμαστε το μήνυμα (π.χ. συναγεμμός πυρκαγιάς, άρα κινδυνεύουμε). Συνήθως, όμως, η κατάσταση είναι πιο σύνθετη, και η ύπαρξη ενός και μόνο ερεθίσματος δεν επαρκεί για να προχωρήσουμε στη λήψη απόφασης. Απαιτείται να κατανοήσουμε βαθύτερα την κατάσταση με μεγαλύτερη νοητική προσπάθεια. Η κατανόηση είναι ένα μεγάλο κεφάλαιο των Ανθρώπινων Παραγόντων. Εδώ θα εξεταστεί συνοπτικά μόνο η κατανόηση της κατάστασης στην οποία βρισκόμαστε και για την οποία θα χρειαστεί να λάβουμε αποφάσεις.

Το πρώτο βήμα για την κατανόηση είναι η επίγνωση της κατάστασης, δηλαδή η ευρύτερη αντίληψή της. Αυτή περιλαμβάνει τρία επίπεδα (Wickens & Carswell, 2021):

- Αντίληψη της παρατήρησης: να κατανοήσουμε πλήρως το ερέθισμα που έχει γίνει αντιληπτό, με χρήση διαδικασιών τόσο «εκ των έξω» όσο και «εκ των έσω», όπως ήδη έχουμε δει.
- Απόδοση σημασίας: να αποδοθεί νόημα στην ευρύτερη κατάσταση (και όχι μόνο στο ερέθισμα) χρησιμοποιώντας όλες τις πτυχές της μνήμης μας (γνώσεις, εμπειρίες, κλπ.)
- Πρόγνωση ή πρόβλεψη: να σχηματίσουμε νοητικά τις πιθανές μελλοντικές εκβάσεις.

Η επίγνωση της κατάστασης περιλαμβάνει, λοιπόν, τη γνώση τόσο για το «τι συμβαίνει» (διάγνωση) όσο και για το «τι θα γίνει» ή «τι πρέπει να γίνει» (πρόγνωση). Η διάγνωση

χρειάζεται πρώτα μία αφορμή για να ξεκινήσει (π.χ. να εντοπίσουμε κάποιο σύμπτωμα) και συνεχίζεται με τη συλλογή πληροφοριών για να εξακριβωθεί, τόσο η κατάσταση, όσο και τα αίτια που τη δημιουργούν. Όπως και με τις αισθήσεις, η διάγνωση δεν «χτίζεται» από την αρχή και «εν λευκώ» αλλά αναπτύσσονται διάφορες υποθέσεις, οι οποίες επιβεβαιώνονται ή απορρίπτονται. Κάποιοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν είναι (Κοντογιάννης 2019):

- Η συχνότητα των αιτιών: το συχνότερο αίτιο είναι το πρώτο που θα σκεφτούμε. Αν η συνήθης αιτία των δονήσεων είναι η φθορά του δίσκου κοπής, τότε είναι πιο πιθανό σε περίπτωση δονήσεων, ο χειριστής να δοκιμάζει εναλλακτικά άλλους δίσκους και να μην εξετάζει την πιθανότητα βλάβης του μηχανήματος.
- Η δυσκολία των απαιτούμενων ελέγχων: ένα αίτιο που ελέγχεται ευκολότερα (π.χ. να ελέγξουμε αν είναι στη πρίζα) μπορεί να προηγηθεί στη σειρά από πιο σύνθετα (π.χ. να ελέγξουμε για εσωτερικές βλάβες).
- Η διαθεσιμότητα των μέσων ελέγχου: ένα αίτιο το οποίο μπορεί να ελεγχθεί άμεσα ενδέχεται να προηγηθεί των άλλων. Αν ο χειριστής παρατηρήσει ότι το ηλεκτροκίνητο εργαλείο δεν λειτουργεί, είναι πιθανότερο να δοκιμάσει και άλλα εργαλεία ή πρίζες, παρά να αναζητήσει προβλήματα στον ηλεκτρικό πίνακα, έστω κι αν υποψιάζεται αυτό το ενδεχόμενο.
- Σοβαρότητα κινδύνων: το αίτιο που αν ισχύει θα σημαίνει και μεγαλύτερο κίνδυνο μπορεί να προηγηθεί (π.χ. αν δω καπνό, πρώτα θα ψάξω για τυχόν πυρκαγιά και μετά για υπερθέρμανση ή ξεχασμένο σιγάρο).

Σε κάποιες περιπτώσεις, τα συστήματα είναι πιο απλά, τα συμπτώματα περισσότερο διακριτά, ή υπάρχει μεγάλη εμπειρία που μπορεί να μειώσει σημαντικά, τόσο τον χρόνο και την προσπάθεια που απαιτείται, όσο και την αβεβαιότητα. Σε άλλες περιπτώσεις η κατάσταση είναι πιο δύσκολη και η διάγνωση θα πρέπει να γίνει αναλυτικά. Γενικά, στη διάγνωση υπάρχουν δύο άκρα (Wickens & Carswell, 2021):

- Εμπειρική διάγνωση. Γίνεται με βάση την εμπειρία μας και όχι με διεξοδική ανάλυση. Αυτό σημαίνει ότι κερδίζουμε σε ταχύτητα και εξοικονόμηση πόρων, αλλά υπάρχει ο κίνδυνος να κάνουμε κάποια λανθασμένη συσχέτιση με προηγούμενες εμπειρίες, ενώ πρόκειται για νέα κατάσταση.
- Διάγνωση σε λευκό χαρτί. Πρόκειται για μία αναλυτική διάγνωση που απαιτεί χρόνο και προσπάθεια, αλλά μπορεί να αναγνωρίσει και νέες καταστάσεις, χρησιμοποιώντας και πάλι και προηγούμενες εμπειρίες, αλλά όχι δεσμευτικά.

Συνήθως η διάγνωση γίνεται με μία ενδιάμεση κατάσταση, περισσότερο κοντά σε κάποιο από τα δύο άκρα, αναλόγως της κατάστασης.

Την διάγνωση ακολουθεί σχεδόν αυτόματα η διαδικασία της πρόγνωσης. Σε αυτήν προσομοιώνουμε νοερά τις εναλλακτικές (Κοντογιάννης 2019). Οι εναλλακτικές αυτές μπορεί να είναι είτε οι πιθανές ενέργειες που μπορούμε να κάνουμε (με τα συνεπακόλουθά τους), είτε κάποια ενδεχόμενα που μπορεί να συμβούν πέρα από τον έλεγχό μας. Συνήθως πρόκειται για αλληλουχίες τέτοιων συνδυασμών («ενδεχομενικά σχέδια»).

Αναλυτικά, η κατανόηση γίνεται με γραφικά εργαλεία («Δέντρα Αποφάσεων» - παράγραφος 3.2.4), καθώς είναι δύσκολο διαισθητικά και μόνο να καταγράψουμε και να διατηρήσουμε στη μνήμη μας όλα τα πιθανά ενδεχόμενα. Κάτι που συνήθως γίνεται, είναι να απορρίπτουμε με

την εμπειρία μας κάποια ενδεχόμενα χαμηλής πιθανότητας, αν και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε λάθη.

Ακόμη, λοιπόν, και όταν έχουμε αντιληφθεί όλες τις ενδείξεις γύρω μας, δεν είναι βέβαιο ότι μπορούμε να κατανοήσουμε την όλη κατάσταση, ειδικά σε μοντέρνα και πολύπλοκα συστήματα.

4.5 Λήψη αποφάσεων

Η λήψη αποφάσεων είναι μία λειτουργία που περιλαμβάνει έντονη νοητική προσπάθεια και δεν μπορούμε να την περιγράψουμε με μία ενιαία διαδικασία, γιατί οι καταστάσεις στις οποίες πρέπει να λάβουμε αποφάσεις μπορεί να είναι πολύ διαφορετικές, οπότε απαιτείται και διαφορετικό είδος διαδικασιών στην καθεμία.

Παραδείγματα τέτοιων διαφορετικών καταστάσεων είναι (Lehto & Nanda, 2021):

- Ομαδική: όταν η απόφαση λαμβάνεται συλλογικά μέσα από διαδικασίες διαλόγου, διαπραγμάτευσης ή ψήφου. Π.χ. η κατανομή εργασιών ανάμεσα στα μέλη της ομάδας.
- Δυναμική: όταν η κατάσταση αλλάζει συνεχώς και χρειάζεται διαρκής ανατροφοδότηση. Π.χ. το πρόγραμμα εργασιών ενός εξωτερικού κινητού συνεργείου, που επηρεάζεται από την κίνηση στους δρόμους, απρόβλεπτες κλήσεις, κλπ.
- Ρουτίνας: όταν υπάρχει σημαντική γνώση και εμπειρία. Π.χ. η εφαρμογή των πάγιων διαδικασιών συντήρησης σε ένα μηχάνημα.
- Συγκρουσιακή: όταν υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις και η απόφαση θα πρέπει να ληφθεί μέσω επίλυσης διαφορών ή εφαρμογής κανόνων. Π.χ. όταν πρέπει να γίνει προγραμματισμός εργασιών στις οποίες εμπλέκονται διαφορετικά συνεργεία που διεκδικούν προτεραιότητα.

Η λήψη αποφάσεων είναι ένα πεδίο που έχει μελετηθεί πολύ, από διαφορετικές επιστημονικές προσεγγίσεις. Γενικά, υπάρχουν τρεις οπτικές για την εξέταση των ενεργειών του λήπτη αποφάσεων: η κανονιστική, η υποκειμενική, και η νατουραλιστική. Πρέπει να τονίσουμε ότι αυτή δεν είναι μία ιστορική αναδρομή όπου καταλήγουμε στην πιο βελτιωμένη οπτική. Όλες συνεχίζουν να μελετώνται και να εφαρμόζονται σε διαφορετικές καταστάσεις.

4.5.1 Κανονιστική οπτική

Σύμφωνα με την οπτική αυτή ο άνθρωπος είναι ένας ορθολογικός λήπτης αποφάσεων και λαμβάνει την απόφαση που θα του αποφέρει τη μεγαλύτερη αξία. Άρα, μπορούμε να προβλέψουμε ποια θα είναι αυτή η απόφαση, αν υπολογίσουμε την αξία που του αποφέρει η κάθε πιθανή εναλλακτική απόφαση. Οποιαδήποτε απόκλιση από τη βέλτιστη απόφαση, μπορεί να είναι μόνο αποτέλεσμα ελλιπούς ενημέρωσης ή μη ορθολογικής λειτουργίας.

Εδώ περιλαμβάνονται υπολογιστικές προσεγγίσεις τεχνικής ή οικονομικής προέλευσης, που ήδη είδαμε στο προηγούμενο Κεφάλαιο, όπως το «δέντρο αποφάσεων» (ή και το «δέντρο γεγονότων»), η Utility Theory (Θεωρία Χρησιμότητας – von Neumann & Morgenstern, 1953), η Game Theory (Θεωρία Παιγνίων), κλπ.

4.5.2 Υποκειμενική οπτική

Συχνά έχουμε την τάση να υιοθετούμε διαισθητικά την κανονιστική οπτική και να θεωρούμε ότι το άτομο, με βάση τα δεδομένα της κατάστασης θα πρέπει να λάβει τη «σωστή» απόφαση. Αλλιώς, μπορούμε να το κατηγορήσουμε. Όμως, η όποια ορθολογικότητά μας, οριοθετείται από τους περιορισμούς που έχουμε στην πληροφόρηση/γνώση, στην ικανότητα σκέψης και στο διαθέσιμο χρόνο. Επίσης, οι αποφάσεις μας επηρεάζονται και από κοινωνικές αρχές, όπως η δικαιοσύνη, η ισότητα, ο αλτρουισμός, κλπ. που δεν μας οδηγούν πάντοτε στη μεγιστοποίηση της δικής μας ατομικής αξίας, άρα και των αποφάσεων που προεξοφλεί η κανονιστική οπτική.

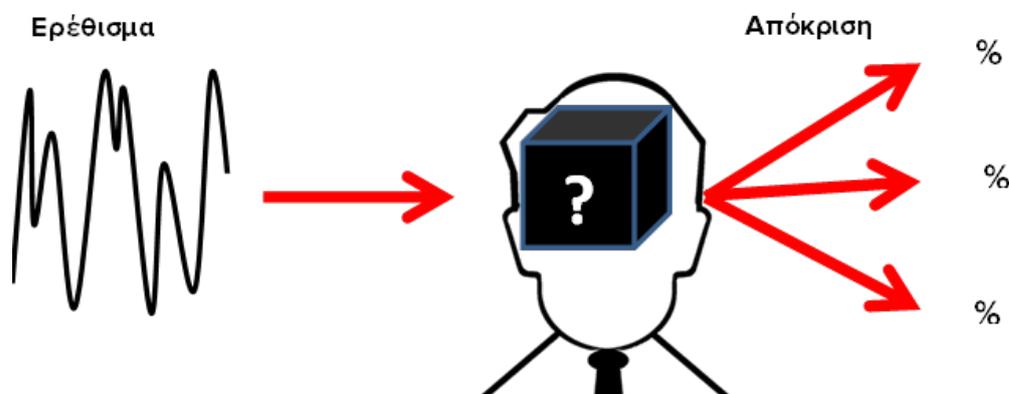
Η μελέτη της υποκειμενικής οπτικής έχει μακρά ιστορία. Πολλοί ερευνητές (κυρίως από τις επιστήμες της Ψυχολογίας και των Οικονομικών) προσπάθησαν να μελετήσουν το πώς οι άνθρωποι εκλαμβάνουν συγκεκριμένες καταστάσεις και πώς παίρνουν αποφάσεις γι' αυτές. Η πλέον κοινή κατηγοριοποίηση είναι σε τρεις γενικές προσεγγίσεις:

- Συμπεριφοριστική προσέγγιση.
- Γνωστική προσέγγιση.
- Κοινωνικο-πολιτιστική προσέγγιση.

Στην Παράγραφο αυτή γίνεται προσπάθεια να παρουσιαστούν, όσο γίνεται πιο απλά και συνοπτικά, οι σημαντικότερες θεωρίες και μοντέλα, όχι για να εκπαιδευτεί ο αναγνώστης στην εφαρμογή τους, αλλά για να έχει μία γενική κατανόηση των αρχών και φαινομένων που παρουσιάζονται όταν οι άνθρωποι καλούνται να λάβουν αποφάσεις (φυσικά σε καθεστώς αβεβαιότητας).

Συμπεριφοριστική προσέγγιση

Η προσέγγιση αυτή επιχειρήσε απλά να μελετήσει το πώς οι άνθρωποι αποκρίνονται στα ερεθίσματα. Στο συμπεριφοριστικό υπόδειγμα, το ανθρώπινο μυαλό εξετάζεται σαν ένα «μαύρο κουτί», στο οποίο εισέρχεται ένα συγκεκριμένο ερέθισμα και εξέρχονται συγκεκριμένες αποκρίσεις με κάποια αναλογία μεταξύ τους.



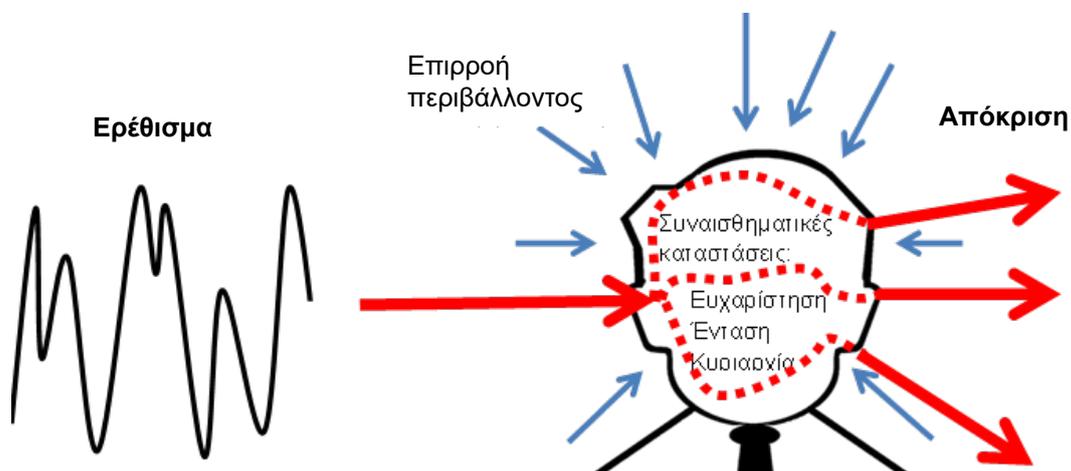
Σχήμα 4.10 Το συμπεριφοριστικό υπόδειγμα

Αυτό το «μαύρο κουτί» είναι το ίδιο, για όλους τους ανθρώπους, σε όλα τα περιβάλλοντα. Δεν εξετάζεται η εσωτερική κατάσταση ή το περιβάλλον μέσα στο οποίο λαμβάνουν την απόφαση. Δεν λαμβάνεται υπόψη αν κάποιος άνθρωπος αποκρίνεται συστηματικά με τον ένα ή τον άλλο τρόπο, παρά μόνο η συνολική αναλογία των αποκρίσεων στο ίδιο ερέθισμα για ένα δείγμα ανθρώπων (για παράδειγμα, ποιο ποσοστό των ανθρώπων τείνει να αγνοεί έναν συναγερμό πυρασφάλειας). Ακολουθεί στατιστική επεξεργασία για να αναγνωριστούν (και σε κάποιο βαθμό να προβλεφθούν) πρότυπα ή προκαταλήψεις που καθορίζουν τη σχέση μεταξύ ερεθίσματος και απόκρισης.

Παρόλο που η προσέγγιση αυτή ίσως ακούγεται πολύ απλοϊκή, υπήρξε το πρώτο σημαντικό βήμα για να αποτυπωθούν κάποιες ανθρώπινες συμπεριφορές, έστω και αν δεν υπήρχε αναλυτική εξήγηση. Σημαντικότερα μοντέλα είναι τα MCA (Multi-Criteria Analysis), RCT (Risk Compensation Theory – Lave & Weber 1970), RHT (Risk Homeostasis Theory - Wilde 1982), RalloT (Risk Allostasis Theory – Fuller 2011), RAT (Risk Adaptation Theory), ZRT (Zero-Risk Theory – Naatanen & Summala 1976) και CERM (Conjoint Expected Risk Model – Luce & Weber 1986), που συνοψίζονται στην Παράγραφο 4.7. Ανάλογη είναι και η λογική της BBS (Behavioral – Based Safety).

Γνωστική προσέγγιση

Η γνωστική προσέγγιση απέρριψε το υπόδειγμα του «μαύρου κουτιού» και προσπάθησε να αποτυπώσει και να μελετήσει τις διαδικασίες που εφαρμόζουν οι άνθρωποι για να επεξεργαστούν τις πληροφορίες και να λάβουν αποφάσεις, καθώς υποστηρίζει ότι οι διαδικασίες αυτές, όπως και οι παράγοντες που τις επηρεάζουν (τα χαρακτηριστικά του πλαισίου λήψης απόφασης) είναι αυτά που καθορίζουν την απόκριση και όχι η τυχειότητα και η φυσική μεταβλητότητα.



Σχήμα 4.11 Το γνωστικό υπόδειγμα

Υποκειμενικοί παράγοντες – *Psychometric approach*

Η γνωστική προσέγγιση ξεκίνησε με την «Ψυχομετρική προσέγγιση» (Psychometric Approach - Fischhoff et al. 1978), προσπαθώντας να εντοπίσει ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε μία κατάσταση. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, η δράση καθορίζεται από το πώς αντιλαμβανόμαστε εμείς την κατάσταση και όχι από την ίδια την κατάσταση. Οι παράγοντες αυτοί, οι οποίοι ονομάστηκαν «υπογραφή του κινδύνου» (Petts et al. 2001) είναι:

- **Ελεγχιμότητα.** Ο βαθμός στον οποίο (πιστεύουμε πως) ελέγχουμε την έκθεση στον κίνδυνο (π.χ. το να είσαι ο οδηγός και όχι ο επιβάτης).
- **Εθελοντικότητα.** Ο βαθμός στον οποίο η έκθεσή μας στον κίνδυνο γίνεται από δική μας επιλογή (π.χ. ενεργητικό ή παθητικό κάπνισμα).
- **Τρόμος.** Ο βαθμός στον οποίο οι συνέπειες ενός κινδύνου είναι τρομακτικές, ανεξάρτητα από την αντικειμενική τους εκτίμηση (π.χ. ο κίνδυνος σύνθλιψης είναι πιο τρομακτικός από τον επίσης μοιραίο κίνδυνο εμφράγματος).
- **Βαθμός οργανωμένης ασφάλειας.** Η έκταση στην οποία η ασφάλεια είναι οργανωμένη και θεωρείται μία ισχυρή αξία στο κοινωνικό σύνολο (π.χ. η προσεκτικότερη συμπεριφορά οδηγών στις διαβάσεις πεζών στα αεροδρόμια).
- **Ισότητα.** Κατά πόσο εκτίθενται όλοι ισότιμα (δηλαδή το ίδιο ή αναλόγως των οφελών τους από την κατάσταση) στον κίνδυνο (π.χ. αν οι εναερίτες αμείβονται αρκετά περισσότερο).
- **Βαθμός άγνοιας.** Ο βαθμός στον οποίο τα άτομα έχουν άγνοια του κινδύνου. (π.χ. από τον κίνδυνο πανδημίας πριν εμφανιστεί η Covid-19).
- **Οικειότητα.** Ο βαθμός στον οποίο είμαστε συνηθισμένοι στην έκθεση στο συγκεκριμένο κίνδυνο (π.χ. η εργασία σε ύψος για έναν εναερίτη, σε σχέση με οποιονδήποτε άλλο).

Επιπλέον, σχετικές μελέτες εντόπισαν και άλλους πιθανούς παράγοντες, όπως η σοβαρότητα των ανεπιθύμητων συνεπειών, η υποψία πιθανής απόκρυψης, η μειωμένη εμπιστοσύνη στους αρμόδιους θεσμούς, ηθικά θέματα, κλπ. (Weyman & Kelly 1999). Επίσης, τα συναισθήματα (Loewenstein et al. 2001) και η γενικότερη αίσθηση (“affect” – Slovic et al. 2004) που προκαλεί η κατάσταση, εντοπίστηκαν ως σημαντικοί παράγοντες. Κυριότερες τεχνικές στο πλαίσιο της ψυχομετρικής προσέγγισης είναι οι RPM (Risk Perception Model, Sjöberg, 1993), IHI (Impersonal Impact Hypothesis - Tyler & Cook, 1984) και η DIH (Differential Impact Hypothesis) που παρουσιάζονται συνοπτικά στην Παράγραφο 4.7.

Η προσέγγιση των Value Expectancy Models βασίστηκε στην επίδραση των παραγόντων αυτών. Θεωρεί ότι η συμπεριφορά ενός ατόμου απέναντι σε μία αβέβαια κατάσταση, είναι το αποτέλεσμα μιας προσωπικής (και υποκειμενικής) ανάλυσης κόστους – οφέλους με βάση τους παράγοντες αυτούς. Με άλλα λόγια, οι άνθρωποι κάνουν μία υποκειμενική εκτίμηση της πιθανότητας και των συνεπειών του κινδύνου (Fishbein & Ajzen 1975), καθώς και του «κόστους» (π.χ. ενόχληση, προσπάθεια, κλπ.) που θα τους επιφέρουν τα πιθανά μέτρα για την αποτροπή του κινδύνου και τα συγκρίνουν, προσπαθώντας τελικά να μεγιστοποιήσουν τη συνολική αξία που θα αποκομίσουν (Cleary 1987).

Για παράδειγμα, κάποιος που σκέφτεται να σταματήσει το κάπνισμα θα σκεφτεί (πέρα από τον κίνδυνο του καπνίσματος για την υγεία), το πόσο ευάλωτος νιώθει ο ίδιος (π.χ. ιστορικό νεοπλασιών στην οικογένεια), το πόσο τρομακτικές του φαίνονται οι συνέπειες στην υγεία, το

πόσο θα δυσκολευτεί για να αλλάξει τη συνήθεια, τι άλλα οφέλη θα έχει (π.χ. αυξημένη φυσική κατάσταση), τι αντίκτυπο θα έχει στην κοινωνική του ζωή, κλπ. Σε αντίθεση με την κανονιστική προσέγγιση, οι αξίες όλων αυτών των παραγόντων (πιθανότητα, συνέπειες, εμπόδια στην πρόληψη) είναι υποκειμενικές και αντανακλούν την αντίληψη του ατόμου. Τελικά, αν ο κίνδυνος εκληφθεί ως χαμηλός και το «κόστος» των μέτρων πρόληψης ως μεγάλο, τότε μάλλον θα παραμεληθεί.

Μοντέλα της προσέγγισης αυτής είναι η TRA (Theory of Reasoned Action - Fishbein & Ajzen 1975), TPB (Theory of Planned Behaviour - Ajzen 1991), HBM (Health Belief Model – Janz & Becker 1984), PMV (Protection Motivation Theory - Rogers 1983), RPAF (Risk Perception Attitude Framework – Rimal & Real 2003) και EPPM (Extended Parallel Process Model - Witte, 1992) που παρουσιάζονται συνοπτικά στην Παράγραφο 4.7

Τρόπος παρουσίασης της πληροφορίας – Prospect Theory

Μία διαφορετική λογική (πάντα με βάση το γνωστικό υπόδειγμα) είναι αυτή που εστιάζει στον τρόπο με τον οποίο παρουσιάζεται η κατάσταση και το πώς αυτός ο τρόπος επηρεάζει τη λήψη της απόφασης. Έρευνες (Fischhoff et al. 1980, Tversky and Kahneman 1981, Hogarth 1982) έδειξαν ότι διαφορετικές περιγραφές ενός προβλήματος, ακόμη και αν είναι λογικά ισοδύναμες, μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικές αποφάσεις.

Η σημαντικότερη θεωρία στην προσέγγιση αυτή είναι η Prospect Theory (Tversky & Kahneman 1981), σύμφωνα με την οποία, οι άνθρωποι είναι επιφυλακτικοί απέναντι στο ρίσκο όταν θεωρούν ότι αντιμετωπίζουν ενδεχόμενα κέρδη, και φιλικοί απέναντι στο ρίσκο όταν θεωρούν ότι αντιμετωπίζουν ενδεχόμενες απώλειες. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται να είναι ισχυρότερο στα κέρδη από ότι στις απώλειες (Slovic & Lichtenstein 1968). Τονίζεται ότι η ίδια κατάσταση μπορεί να παρουσιαστεί είτε ως δίλημμα κερδών, είτε ως δίλημμα απωλειών (π.χ. θα γλιτώσουν λιγότεροι ή θα χαθούν περισσότεροι).

Για παράδειγμα, αν η απόδοση των εργαζομένων κρίνεται με βάση το χαμηλότερο ρυθμό παραγωγής, είναι λιγότερο πιθανό να πάρουν ρίσκα για να αυξήσουν το ρυθμό τους (ακόμη και αν υπάρχουν bonus παραγωγικότητας για υψηλότερους ρυθμούς). Αντίθετα, αν το σημείο αναφοράς είναι η μέγιστη απόδοση, είναι πιο πιθανό να πάρουν ρίσκα για να την φτάσουν.

Πάνω στη θεωρία αυτή αναπτύχθηκαν πολλές παραλλαγές, όπως η Markowitz Utility Theory (Markowitz, 1952), η Cumulative Prospect Theory (Tversky & Kahneman 1992) και η Venture Theory (Hogarth & Einhorn 1990), οι οποίες παρουσιάζονται στην Παράγραφο 4.7. Επίσης, στη λογική αυτή μελετήθηκε η επίδραση του τρόπου που παρουσιάζεται η πληροφορία για τον κίνδυνο (σε ποσοστά ή σε απόλυτες τιμές, με απόλυτο ή συγκριτικό τρόπο, κλπ.) καθώς και τα παράδοξα των Allais (1953), Ellsberg (1961), κλπ.

Μεροληψίες και ευρετικά

Ένα σημαντικό πεδίο που ερεύνησε η γνωστική προσέγγιση, ήταν και οι περιορισμοί στον τρόπο που επεξεργάζεται ο άνθρωπος τις πληροφορίες για τους κινδύνους. Ο άνθρωπος, στην καθημερινότητά του, πρέπει να αντιμετωπίσει πλήθος καταστάσεων για τις οποίες δεν διαθέτει ούτε το χρόνο, ούτε τις πληροφορίες, ούτε τους νοητικούς πόρους για να τις αντιμετωπίσει

όλες με το βέλτιστο τρόπο. Γι' αυτό, αναπτύσσει απλουστεύσεις που του επιτρέπουν να ανταποκρίνεται άμεσα και χωρίς πολλή προσπάθεια με έναν τρόπο που θα είναι συνήθως σωστός ή, τουλάχιστον, αποδεκτός. Φυσικά, σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί η απλούστευση αυτή να μην είναι η κατάλληλη, αλλά αυτό είναι ένα αναπόφευκτο ρίσκο. Γενικά, υπάρχουν τριών ειδών απλουστεύσεις (αν και τα όρια μεταξύ τους δεν είναι πάντοτε διακριτά): οι μεροληψίες, τα ευρετικά και τα νοητικά μοντέλα.

Οι μεροληψίες είναι αποκλίσεις από την ορθολογικότητα, οι οποίες δεν έχουν πάντοτε σαν στόχο την απλοποίηση και συντόμευση, αλλά και συμφέροντα, ιδεολογίες, κλπ. και αφορούν τον τρόπο που εκλαμβάνουμε ή αντιδρούμε σε μία συγκεκριμένη κατάσταση (π.χ. προκατάληψη εναντίον οποιασδήποτε αλλαγής).

Οι συνηθέστερες από τις μεροληψίες είναι:

- *Μεροληψία επιβεβαίωσης* (“confirmation bias” - Einhorn & Hogarth 1978): η περίπτωση όπου οι άνθρωποι, έχοντας μία συγκεκριμένη αρχική άποψη, ψάχνουν (ή δίνουν ιδιαίτερη βαρύτητα σε) στοιχεία που επιβεβαιώνουν την άποψη αυτή, αγνοώντας (η υποτιμώντας) στοιχεία που δείχνουν το αντίθετο. Για παράδειγμα, ένας χειριστής που θεωρεί ότι έκανε τη σωστή ρύθμιση μπορεί να αγνοήσει (ή να αποδώσει σε άλλους παράγοντες) προειδοποιητικές αρρυθμίες που δείχνουν ότι η ρύθμιση δεν είναι η σωστή.
- *Μεροληψία του “status quo”* (Samuelson & Zeckhauser 1988): η προτίμηση των ανθρώπων σε μία κατάσταση που ήδη υπάρχει («ο διάβολος που γνωρίζεις»), υπερεκτιμώντας τη δυσκολία ή το κόστος μετάβασης σε μία νέα κατάσταση. Για παράδειγμα, μπορεί να χρειαστεί προσπάθεια για να πείσουμε κάποιους εργαζόμενους ότι το εξελιγμένο νέο μηχάνημα είναι ασφαλέστερο και αποδοτικότερο από το παλιό που έχουν συνηθίσει.
- *Μεροληψία αισιοδοξίας* (Armor & Taylor 2002): οι άνθρωποι συχνά θεωρούν ότι ο (ίδιος) κίνδυνος είναι μικρότερος γι' αυτούς σε σχέση με τους άλλους (π.χ. εγώ δεν θα γλιστρήσω). Σχετικό είναι και το φαινόμενο Dunning-Kruger (Kruger & Dunning 1999), σύμφωνα με το οποίο οι άνθρωποι συχνά υπερεκτιμούν την ικανότητα τους να αντιμετωπίσουν μία κατάσταση.
- *Αθροιστική μεροληψία* (“cumulative bias”): η επανάληψη της έκθεσης σε έναν κίνδυνο (σε σχέση με τη μεμονωμένη έκθεση σε αυτόν) δεν γίνεται συχνά κατάλληλα κατανοητή, οπότε οι άνθρωποι υποτιμούν τον κίνδυνο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μελέτη των Slovic et al. (1977) στην οποία η πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού σε τροχαίο ατύχημα δόθηκε με τη μορφή 0,01% για κάθε ταξίδι ή 33% για 50 έτη οδήγησης: η τελευταία έκφραση είναι αυτή που προκάλεσε τη μεγαλύτερη επιφυλακτικότητα.
- *Μυωπική μεροληψία* (Fischhoff et al. 1977): συχνά οι άνθρωποι εστιάζουν στα φαινόμενα του κοντινού παρελθόντος ή μέλλοντος, αγνοώντας τη «μεγάλη εικόνα». Έτσι, η εμφάνιση ενός σχετικά σπάνιου συμβάντος δίνει την εντύπωση ότι ήταν πιο αναμενόμενο ή πιο πιθανό από ότι ήταν στην πραγματικότητα (ή αλλιώς «το ήξερα ότι θα συμβεί»).
- *Συμπεριφορά της αγέλης* (Bikhchandani et al. 1992): η περίπτωση όπου οι άνθρωποι υιοθετούν την άποψη και συμπεριφορά της πλειοψηφίας και όχι τη δική τους εκτίμηση. Για παράδειγμα, να χρησιμοποιούν μία διάβαση που νιώθουν ότι είναι επικίνδυνη, επειδή το κάνουν και οι άλλοι.
- *Γνωστική παραφωνία* (“cognitive dissonance” - Festinger 1957). Τα άτομα τα οποία

έχουν υιοθετήσει (λόγω συνήθειας, συμφέροντος, κλπ.) μία συνήθεια, η οποία δεν είναι γενικά αποδεκτή (π.χ. κάπνισμα), τείνουν να διαμορφώνουν μία άποψη για τη συνήθεια αυτή με τρόπο που να την υποστηρίζει γενικότερα (π.χ. «δεν προκαλούνται πυρκαγιές από τα αποσείγαρα»). Σχετική είναι και η τάση των ανθρώπων να βλέπουν όσα έχουν υιοθετήσει στον τρόπο ζωής τους ως ασφαλέστερα, είτε λόγω της ανάγκης τους να νιώσουν ασφαλείς, είτε για να επιβεβαιώσουν τις επιλογές τους.

- *Υπόθεση της αυτό-άμυνας στην αιτιολόγηση* (“self-defensive attribution” –Walster 1966), σύμφωνα με την οποία οι συμμετέχοντες σε ένα συμβάν που είχε ανεπιθύμητη έκβαση, τείνουν να το εξηγούν με τρόπο που να ελαχιστοποιεί τη δική τους προσωπική ευθύνη. Για παράδειγμα, ένας ηλεκτρολόγος μπορεί να θεωρήσει ότι η όποια ατέλεια στην εγκατάσταση που αυτός έφτιαξε, δεν είχε κανένα ρόλο στην ηλεκτροπληξία που συνέβη, ή ότι δεν θα μπορούσε να αποφύγει την ατέλεια.
- *«Θεωρία του δίκαιου κόσμου»* (“Just World Belief Theory” – Learner 1980), σύμφωνα με την οποία οι άνθρωποι τείνουν να αποδίδουν ένα δυσάρεστο συμβάν στα χαρακτηριστικά του παθόντα (τα οποία διαφέρουν από τα δικά τους), αποδίδοντας του αρνητικά χαρακτηριστικά (Learner & Miller 1978). Σε σχετική μελέτη (Torell & Bremberg 1995) το 79% περίπου των ερωτώμενων απέδιδαν την αιτία των ατυχημάτων στο θύμα. Για παράδειγμα, αν ένας εργαζόμενος – θύμα ατυχήματος είναι ηλικιωμένος, είναι πιθανόν ότι θα αποδοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα σε παράγοντες που σχετίζονται με την ηλικία του θύματος, ιδιαίτερα από τα νεότερα άτομα.
- *Χρονικές μεροληψίες* (O’Donogue & Rabin 1999): Η τάση να υπερεκτιμώνται μικρότερες αμοιβές στο παρόν, παρά μεγαλύτερες στο μέλλον. Για παράδειγμα, κάποιος μπορεί να υποτιμήσει την προστασία από έκθεση σε θόρυβο, αν αυτή δημιουργεί κάποιους μικρούς περιορισμούς στη λειτουργία.

Τα ευρετικά είναι πιο σύνθετα και αφορούν «σύντομες μεθόδους» για την αντίληψη μιας σύνθετης κατάστασης και τη λήψη απόφασης (π.χ. σύντομη αξιολόγηση των προτεινόμενων αλλαγών με βάση το αν μας «ακούγεται» καλά). Τα συνηθέστερα είναι:

- *Ευρετικό αντιπροσωπευτικότητας* (“representativeness heuristic” - Tversky & Kahneman 1974): Για να μειώσουμε την προσπάθεια που πρέπει να καταβάλλουμε για να αξιολογήσουμε το κάθε γεγονός, τείνουμε να κατατάσσουμε γεγονότα σε συγκεκριμένες κατηγορίες (π.χ. βαρετά, άδικα, αναμενόμενα, κλπ.). Συνήθως κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες έχει και μία προδιαγεγραμμένη πολιτική απόκρισης κι έτσι, απλοποιείται η επιλογή της απόκρισης. Για παράδειγμα, κάποιος εργαζόμενος γραφείου μπορεί να κατατάσσει όλες τις ειδοποιήσεις για την ασφάλεια, ως θέματα που αφορούν την παραγωγή (και όχι τον ίδιο).
- *Ευρετικό διαθεσιμότητας* (“availability heuristic” - Tversky & Kahneman 1974): Οι άνθρωποι τείνουν να εκλαμβάνουν ως πιο πιθανά (δηλαδή ρεαλιστικά) τα γεγονότα που μπορούν να αναπαραστήσουν περιγραφικά πιο εύκολα στο μυαλό τους (π.χ. να πάθω ένα εργατικό ατύχημα, παρά μία επαγγελματική ασθένεια).
- *Ευρετικό αγκύρωσης και προσαρμογής*: (Tversky & Kahneman 1974): Για εξοικονόμηση χρόνου και προσπάθειας, οι άνθρωποι συνήθως αποδίδουν εμπειρικά (ίσως και εντελώς αυθαίρετα) μία αρχική εκτίμηση σε έναν κίνδυνο. Στη συνέχεια, καθώς λαμβάνουν νέες πληροφορίες, προσαρμόζουν την εκτίμηση τους σταδιακά ξεκινώντας από την αυθαίρετη αυτή αφετηρία και όχι από την αρχή βασιζόμενοι αποκλειστικά στις νέες

πληροφορίες. Για παράδειγμα, μπορεί κάποιος να έχει την εσφαλμένη εκτίμηση ότι μία σπάνια εργασία έχει μικρή διάρκεια. Ακόμη και αν σε όλες τις περιπτώσεις χρειάστηκε μεγαλύτερη διάρκεια, η εκτίμησή του θα παραμένει χαμηλότερη από την πραγματική.

- *Ευρετικό αίσθησης (Slovic et al. 2002): Η λήψη αποφάσεων σε σχέση με ένα ερέθισμα, συχνά γίνεται με βάση τη γενική αίσθηση που δημιουργεί αυτό (affect - «πως με κάνει να νιώθω») και όχι με βάση μία αναλυτική και αντικειμενική εξέταση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων. Για παράδειγμα, μία νέα μέθοδος εργασίας ή ένα νέο μέτρο προστασίας μπορεί να κριθεί από κάποιον όχι με αντικειμενικά κριτήρια, αλλά αν τον κάνει να νιώθει ανησυχία.*
- *Ευρετικό “Take the first” (Samson 2016). Προκειμένου να ληφθεί άμεσα μία απόφαση (ειδικά υπό χρονική πίεση), επιλέγεται η πρώτη επιλογή που δείχνει να είναι επαρκής για όλα τα κριτήρια («κάνει τη δουλειά»), χωρίς περαιτέρω ανάλυση για να επιλεγεί η καλύτερη. Για παράδειγμα, μόλις κάποιος χειριστής βρει ένα εξάρτημα που μπορεί να εκτελέσει την εργασία, ενδέχεται να μην ψάξει περισσότερο για κάποιο πιο ασφαλές.*
- *Ευρετικό “Take the best” (Gigerenzer & Gaissmaier, 2011). Για να ληφθεί άμεσα η απόφαση επιλέγεται ένα συγκεκριμένο κριτήριο και στη συνέχεια η εναλλακτική που έχει την καλύτερη επίδοση στο κριτήριο αυτό, χωρίς να συνεξεταστούν και τα άλλα κριτήρια. Για παράδειγμα, μπορεί ο χειριστής ενός ανυψωτικού να επιλέξει το μέσο πρόσδεσης με τη μεγαλύτερη ονομαστική αντοχή, χωρίς να συνεκτιμήσει άλλες παραμέτρους (π.χ. φθορά, ηλικία κ.λπ.)*

Τα νοητικά μοντέλα είναι ακόμη πιο σύνθετα και ολιστικά και περιλαμβάνουν έναν απλουστευμένο τρόπο με τον οποίο εκλαμβάνουμε ακόμη πιο ευρείες καταστάσεις (π.χ. το νοητικό μοντέλο του χειριστή και του επιβλέποντα). Περιλαμβάνουν μεροληψίες και ευρετικά που συνθέτουν το εκάστοτε νοητικό μοντέλο.

Κοινωνικοπολιτιστικές προσεγγίσεις

Οι περισσότερες αποφάσεις που καλούμαστε να πάρουμε είναι συλλογικές και όχι ατομικές. Ειδικά στην εργασία, αυτό γίνεται συχνά συνειδητά, καθώς η οπτική και τα συμφέροντα μιας οργάνωσης δεν ταυτίζονται πάντοτε με αυτά του εκάστοτε ατόμου. Η συλλογική λήψη αποφάσεων σημαίνει ότι δεν θα ικανοποιηθούν πλήρως οι προτιμήσεις όλων, ενώ σημαντικό ρόλο θα έχουν οι κοινωνικοί κανόνες και αρχές.

Μία ομάδα, όμως, δεν είναι απλώς το άθροισμα των μελών της, αλλά μία ξεχωριστή οντότητα. Μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο από τα άθροισμα των μελών της. Για παράδειγμα, εάν συγκροτήσουμε μία ομάδα με άτομα, των οποίων οι μεμονωμένες απόψεις σε ένα θέμα (π.χ. η σκοπιμότητα της χρήσης μέσων ατομικής προστασίας σε μία εργασία) παρουσιάζουν μία συγκεκριμένη αναλογία, τότε δεν είναι καθόλου βέβαιο ότι και στην ομαδική λειτουργία θα αναδειχθεί η ίδια αναλογία. Οι άνθρωποι αλληλοεπιδρούν, επηρεάζονται και συμμορφώνονται. Χαρακτηριστικά φαινόμενα είναι:

- Η «σκέψη ομάδας» (“groupthink” - Janis & Mann 1977), δηλαδή η διαφορετική σκέψη και συμπεριφορά που αναπτύσσει ένα άτομο όταν γίνεται μέλος μιας ομάδας. Μεταξύ άλλων (π.χ. την τάση να συμφωνούν τα μέλη της ομάδας σε όλα), αυτή περιλαμβάνει μία αυτονόητη ηθική ανωτερότητα των μελών της ομάδας σε σχέση με τους άλλους,

ή στερεοτυπίες προς τα μη μέλη της ομάδας (στιγματισμός). Είναι κάτι που μπορεί να απαντηθεί στους χώρους εργασίας όπου συνυπάρχουν συνεργεία διαφορετικών εργολάβων, ή διαφορετικών ειδικοτήτων.

- Η «πόλωση» (“polarization” - Kameda & Davis 1990), όπου όταν η επιλογή γίνεται συλλογικά, το αποτέλεσμα συνήθως περιλαμβάνει πιο ακραίες επιλογές από ότι θα έκανε το κάθε μέλος ατομικά. Αφενός τα άτομα τείνουν να υπερθεματίσουν στις απόψεις της ομάδας (παρασύροντας ο ένας τον άλλο στην ίδια κατεύθυνση) και αφετέρου η υποστήριξη της ομάδας κάνει τα άτομα να νιώθουν πιο προστατευμένα (π.χ. στην άρνηση λήψης κάποιων μη δημοφιλών μέτρων ασφάλειας ή στην άρνηση ανάληψης μιας επικίνδυνης εργασίας).
- Η «υπακοή» (“obedience”), δηλαδή το φαινόμενο όπου το άτομο συγκλίνει προς τις κοινές νόρμες της ομάδας, με σκοπό να γίνει αποδεκτό μέσα σε αυτήν, ακόμη και αν οι αρχικές απόψεις του είναι διαφορετικές. Για παράδειγμα, σε μία ομάδα με αρνητική στάση απέναντι στα μέσα ατομικής προστασίας, είναι πιθανό να μην τα χρησιμοποιήσει ακόμη και κάποιος που τα θεωρεί χρήσιμα.

Η κοινωνικο-πολιτιστική προσέγγιση (Douglas & Wildavsky 1982) υποθέτει ότι η αντίληψη του κινδύνου είναι κοινωνικά τοποθετημένη και δεν καθορίζεται μόνο από τα χαρακτηριστικά του κινδύνου και την ατομική αντίληψη. Η πληροφορία μεταφράζεται και κατανοείται σε συλλογικό πλαίσιο, και σε αυτό το πλαίσιο λαμβάνονται επίσης και οι αποφάσεις.

Η σημαντικότερη επίδραση στον καθορισμό της συμπεριφοράς, είναι η επίδραση της ηγεσίας (Gadd & Collins 2002), καθώς οι άνθρωποι είναι πιο πιθανό να συμμορφωθούν σε μέτρα έναντι ενός κινδύνου όταν πιστεύουν ότι η ίδια η ηγεσία τα θεωρεί σημαντικά (Murphy et al. 1993, Wayne et al. 1997). Επίσης, οι συλλογικές οργανώσεις και τα χαρακτηριστικά τους (συμπεριλαμβανομένης της αντίληψης του κινδύνου) δεν μπορούν να αλλάξουν άμεσα και δραστικά, ακόμη κι αν αυτό επιδιώκεται (Dyhrberg & Jensen 2004). Οποιαδήποτε παρέμβαση για να αλλάξουν οι στάσεις απέναντι στον κίνδυνο σε συλλογικό πλαίσιο, μπορεί να είναι μόνο μακροπρόθεσμη.

Μία σημαντική έννοια των κοινωνικο-πολιτιστικών προσεγγίσεων είναι η «κουλτούρα κινδύνου» ή «κουλτούρα ασφάλειας». Γενικά, η κουλτούρα μιας οργάνωσης είναι οι αξίες, οι παραδοχές και οι πεποιθήσεις που καθορίζουν τις συμπεριφορές και τον τρόπο λειτουργίας μιας οργάνωσης (O’Reilly et al, 1991). Ενώ η διοίκηση περιλαμβάνει διαδικασίες, υποδομές και ρόλους, η κουλτούρα περιλαμβάνει τους «άγραφους κανόνες» με τους οποίους αυτά εφαρμόζονται.

Παρόλο που είναι δύσκολο να δοθεί ένας ακριβής ορισμός (ένα πλήθος ορισμών κουλτούρας και κλίματος ασφαλείας παρατίθεται από τον Guldenmund 2000), μπορούμε να πούμε ότι η κουλτούρα ασφαλείας είναι το μέρος εκείνο της γενικής κουλτούρας της οργάνωσης που επηρεάζει τις στάσεις και αντιλήψεις για την ασφάλεια. Είναι ένα δομημένο σύστημα που καθορίζει τι είναι σημαντικό και λογικό. Με απλά λόγια το «πώς χειριζόμαστε την ασφάλεια εδώ».

Καθορίζει τις στάσεις των ατόμων και τον τρόπο που αντιμετωπίζουν την ασφάλεια, θεωρώντας τον τρόπο αυτό ως νομιμοποιημένο, είτε αυτό προκύπτει από επίσημες διαδικασίες και κανόνες, είτε όχι. Για παράδειγμα, το να παρασχεθούν μέσα ατομικής προστασίας σε όλους τους εργαζόμενους είναι θέμα διοίκησης, ενώ η ουσιαστική χρήση του από τους εργαζόμενους, είναι θέμα κουλτούρας.

Η κουλτούρα ασφάλειας αναπτύσσεται σταδιακά καθώς οι άνθρωποι συμπεριφέρονται με ένα συγκεκριμένο πρότυπο που επιβραβεύεται (ή τουλάχιστον δεν αποτρέπεται). Έχει μακροπρόθεσμο ορίζοντα και δημιουργεί πρακτικές («άγραφους κανόνες»). Γι' αυτό μπορεί να διδαχθεί στα νέα μέλη και χρειάζεται μεγάλο χρονικό διάστημα για να αναπτυχθεί ή να αλλάξει.

Δεν είναι εύκολο να οριστεί μια «καλή» ή «κακή» κουλτούρα. Γενικά η κουλτούρα ασφάλειας εκτιμάται μέσω του «κλίματος ασφάλειας», το οποίο είναι μία ένδειξη του πώς η κουλτούρα επηρεάζει και δημιουργεί πρακτικές (π.χ. υπερβολική ανάληψη ρίσκου). Το κλίμα και η κουλτούρα της οργάνωσης, είναι δύο έννοιες που συχνά συγχέονται. Μία διάκριση (De Cock et al. 1986) είναι ότι το κλίμα είναι η αντίληψη του συνδετικού ιστού των εργασιών της οργάνωσης από όλα τα μέλη της. Η κουλτούρα είναι το υποβόσκον νόημα του ιστού αυτού με τη μορφή αξιών ή, αλλιώς, το κλίμα είναι η αντανάκλαση και έκφραση της κουλτούρας (Schein 1992).

Σημαντικά μοντέλα της κοινωνικο-πολιτιστικής προσέγγισης είναι και αυτά που σχετίζονται με την επικοινωνία, όπως η SAR (Kasperson et al. 1988) και το C-HIP (Communication Human Information Processing - Wogalter et al. 1999) που παρουσιάζονται συνοπτικά στην Παράγραφο 4.7.

4.5.3 Νατουραλιστική οπτική

Τόσο η κανονιστική όσο και η υποκειμενική οπτική, ανέπτυξαν σημαντικά θεωρητικά μοντέλα που έχουν σαν σκοπό να απεικονίσουν συγκεκριμένες αποκρίσεις (αποφάσεις) του ατόμου σε συγκεκριμένες ειδικές καταστάσεις. Όμως, στον «πραγματικό κόσμο» οι αποφάσεις δεν λαμβάνονται με τον τρόπο αυτό. Τα νατουραλιστικά μοντέλα αναπτύχθηκαν με σκοπό να απεικονίσουν τη λήψη αποφάσεων σε ρεαλιστικό πλαίσιο, το οποίο είναι συχνά διαφορετικό, και σε πολλές περιπτώσεις περιλαμβάνει πολλές μικρές αποφάσεις σε μία συνεχώς εξελισσόμενη κατάσταση. Βασίστηκαν στην εργασία των Klein et al (2003), η οποία εξετάζει τη νοητική λειτουργία σε δύο επίπεδα.

Το πρώτο επίπεδο είναι η μικρογνωσία, όπου κάνουμε λεπτομερή ανάλυση και επεξεργασία στοιχείων, και αφορά ιδιαίτερα σημαντικές καταστάσεις. Στις περιπτώσεις αυτές αφιερώνουμε χρόνο, προσοχή και προσπάθεια στη λήψη αποφάσεων, οπότε είναι πιο πιθανό να πλησιάσουμε την κανονιστική οπτική.

Το δεύτερο επίπεδο, η μακρογνωσία, είναι συντομευτικό, και εφαρμόζεται σε ρεαλιστικές καταστάσεις, δηλαδή καταστάσεις όπου υπάρχουν πολλές πληροφορίες και πρέπει να ληφθούν πολύπλοκες αποφάσεις υπό χρονική πίεση και υψηλό ρίσκο. Οι στόχοι μπορεί να είναι ασαφώς ορισμένοι και πολλές από τις συνθήκες να μην είναι εύκολο να ελεγχθούν. Σε τέτοια περιβάλλοντα η κατάσταση εξελίσσεται συνεχώς, και οι δράσεις εκτυλίσσονται διαδοχικά στο χρόνο (δυναμικά περιβάλλοντα), αλλάζοντας έτσι πάλι την κατάσταση με μία κυκλική διαδικασία αλληλεπίδρασης. Επιπλέον, απαιτούνται τόσο πολλές αποφάσεις που (με δεδομένους τους περιορισμούς χρόνου και νοητικών πόρων) οι περισσότερες λαμβάνονται με βάση τη ρουτίνα και όχι με ενδελεχή ανάλυση.

Ιδιαίτερα σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, βρισκόμαστε σε μεγάλο στρες και πρέπει να βρούμε μία κατάλληλη λύση σε πολύ περιορισμένο χρόνο. Σε μία τέτοια κατάσταση δεν μπορούμε να προβούμε σε σύνθετη αιτιολόγηση (μικρογνωστική) και έτσι βασιζόμαστε στην προηγούμενη εμπειρία μας σε ανάλογες καταστάσεις (Cacciabue 1998), όταν η απόφαση αυτή είχε θετικά

αποτελέσματα. Εκεί ακολουθείται το μακρογνωστικό επίπεδο λήψης αποφάσεων, το οποίο είναι πιο κοντά στην υποκειμενική οπτική.

Τα σημαντικότερα μοντέλα της προσέγγισης αυτής είναι το RPD (Recognition-Primed Decision Making – Klein 1993), το Dominance Structuring (Montgomery, 1989), το Explanation-Based Decision Making (Oskarsson et al. 2009) και το μοντέλο μακρογνωσίας (Whaley et al, 2016) που συνοψίζονται στην Παράγραφο 4.7.

Σε κάθε περίπτωση, η διαδικασία λήψης αποφάσεων (όπως και οι παράγοντες που την επηρεάζουν), είναι σύνθετη και δεν μπορεί να απεικονιστεί εύκολα. Στις παραπάνω παράγραφους εντοπίσαμε διάφορα φαινόμενα που μπορεί (σε συγκεκριμένες συνθήκες το καθένα) να επηρεάσουν τη λήψη αποφάσεων με συστηματικό τρόπο. Αυτό είναι κάτι που θα πρέπει να αναγνωρίζουμε κατά το σχεδιασμό (ή την ανάλυση συμβάντων). Παρόλο που η λήψη απόφασης είναι μία συνειδητή διαδικασία, υπάρχουν συγκεκριμένοι και αντικειμενικοί περιορισμοί.

4.6 Εκτέλεση

Όλοι γνωρίζουμε ότι η λήψη μιας κατάλληλης απόφασης δεν σημαίνει αυτόματα και επιτυχές αποτέλεσμα. Το στάδιο της εκτέλεσης ακολουθεί αυτά της κατανόησης και λήψης αποφάσεων, και περιλαμβάνει το σχεδιασμό και την υλοποίηση των δράσεων που έχουν αποφασιστεί, αλλά και το νοητικό φόρτο κατά το στάδιο της εκτέλεσης, το οποίο μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την απόδοση.

4.6.1 Σχεδιασμός και επίλυση προβλημάτων

Ο σχεδιασμός είναι η διαδικασία κατά την οποία ξεκινάμε από μία ρεαλιστική κατάσταση (συχνά την τρέχουσα) και οραματιζόμαστε πώς θα φτάσουμε σε μία κατάσταση – στόχο. Μπορεί να περιλαμβάνει, είτε την επιλογή ενός σχεδίου που ήδη υπάρχει ή έχουμε εκτελέσει στο παρελθόν και θα προσαρμοστεί στην παρούσα κατάσταση (μακρογνωσία), είτε τον σχεδιασμό από την αρχή των απαραίτητων σταδίων (μικρογνωσία). Ο σχεδιασμός μάς επιτρέπει να «δοκιμάσουμε» νοητικά από πριν τις πιθανές λύσεις, ώστε να επιλέξουμε την καλύτερη, χωρίς να υποστούμε το κόστος των συνεπειών τους. Να δράσουμε, δηλαδή, προορατικά.

Σε κάποιες περιπτώσεις, ο σχεδιασμός μπορεί να περιλαμβάνει μία σειρά ενεργειών ή μία χρονική σειρά, οπότε μιλάμε για προγραμματισμό. Αυτός μπορεί να αποτελείται από «ενδεχομενικά σχέδια», δηλαδή εναλλακτικά σχέδια για κάθε αλλαγή που μπορεί να προκύψει (όπως σε ένα «δέντρο αποφάσεων»), ή από ένα «χαλαρό» σχέδιο που επιτρέπει παρεκκλίσεις εντός ενός συγκεκριμένου πλαισίου, αναλόγως των αλλαγών που θα προκύψουν. Σε κάθε περίπτωση, μπορεί να είναι λιγότερο ή περισσότερο λεπτομερές και ακριβές.

Ο σχεδιασμός έχει διάφορα χαρακτηριστικά (Wickens & Carswell 2021):

- Είναι μία ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία, οπότε όταν υπάρχει έλλειμμα χρόνου ή αυξη-

μένο φορτίο, είναι ο πρώτος που εγκαταλείπεται.

- Έχει σχετικά μεγάλο χρονικό ορίζοντα, αν και συχνά τον «σπάμε» σε μικρότερες διαδοχικές περιόδους.
- Επηρεάζεται από τις εμπειρίες και τα διαθέσιμα σχέδια, οπότε προτιμούμε σχέδια που ήδη υπάρχουν ή μπορούμε πιο εύκολα να φανταστούμε («ευρετικό διαθεσιμότητας» – Παράγραφος 4.5.2).
- Σχεδιαστική πλάνη. Πολύ συχνά κατά το σχεδιασμό, υποτιμούμε την αβεβαιότητα και πιθανές αρνητικές εκβάσεις («προκατάληψη αισιοδοξίας» – Παράγραφος 4.5.2) ή υπερτιμούμε τις δυνάμεις μας (φαινόμενο Dunning-Kruger – Παράγραφος 4.5.2) κι έτσι υποτιμούμε το χρόνο που θεωρούμε ότι απαιτείται.
- Απαιτεί πρόβλεψη του μέλλοντος. Είτε πρόκειται να δημιουργήσουμε ένα νέο σχέδιο, είτε να προσαρμόσουμε ένα υφιστάμενο σχέδιο, θα πρέπει να προβλέψουμε την κατάσταση στο μέλλον. Βέβαια, οι άνθρωποι έχουμε διάφορες δυσκολίες και μεροληψίες στη διαδικασία αυτή της πρόβλεψης.

Σε αντίθεση με τον σχεδιασμό, που είναι αναλυτικός και συνήθως προορατικός, η επίλυση προβλημάτων δεν ξεκινά από μία κατάσταση, αλλά από μία παρέκκλιση που βάζει σε κίνδυνο την επίτευξη των στόχων μας, είτε υπάρχει αρχικός σχεδιασμός είτε όχι. Η επίλυση προβλημάτων είναι, λοιπόν, η διαδικασία όπου προσπαθούμε να προσαρμόσουμε μία αρχική κατάσταση στους στόχους μας. Αυτό μπορεί να γίνει, είτε τροποποιώντας την αρχική κατάσταση, είτε τροποποιώντας τους στόχους, είτε και τα δύο.

Είναι μία διαδικασία που σε πολλά σημεία επικαλύπτεται με το σχεδιασμό, αλλά είναι πιο άμεση και προσαρμοσμένη σε συγκεκριμένους στόχους. Επίσης, μπορεί να γίνεται τη στιγμή που προκύπτει η παρέκκλιση, ή να έχει γίνει προορατικά από πριν σαν μία «έτοιμη» ρουτίνα αντίδρασης σε περίπτωση που θα προκύψει η παρέκκλιση.

Υπάρχουν δύο τυπικές μέθοδοι με τις οποίες γίνεται η επίλυση προβλημάτων (Anderson, 2014):

- Η μέθοδος μείωσης διαφοράς, δηλαδή να κάνουμε σταδιακά βήματα για να μειώσουμε τις διαφορές μεταξύ της κατάστασης και των στόχων και να επανελέγχουμε. Είναι μία ομοιοστατική λειτουργία, όπως η ρύθμιση της ταχύτητας με επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις (ή οι RHT και RCT – Παράγραφος 4.7).
- Ανάλυση μέσων-σκοπού, όπου αποφασίζουμε μία πορεία και την ακολουθούμε. Αν ο αρχικός στόχος δεν είναι εφικτός στην πορεία αυτή, τότε θέτουμε έναν νέο στόχο. Για παράδειγμα, αν δούμε ότι δεν μπορούμε να φτάσουμε στην ταχύτητα που επιθυμούμε, θέτουμε μία άλλη ταχύτητα ως στόχο.

Στο στάδιο αυτό, η εμπειρία μπορεί αφενός να βοηθήσει στην επίλυση προβλημάτων (ιδιαίτερα όταν έχουν εμφανιστεί παρόμοια προβλήματα στο μέλλον) αλλά αφετέρου μπορεί να προκαλέσει προκαταλήψεις σε παρόμοιες (αλλά όχι επαρκώς όμοιες) καταστάσεις. Επίσης, αν χρειαστεί τροποποίηση των στόχων, θα πρέπει να έχουμε και την εξουσία για να το κάνουμε. Άρα, λοιπόν, το επίπεδο εξουσίας του ατόμου που καλείται να επιλύσει ένα πρόβλημα (αυτονομία) είναι ακόμη ένας καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχία του.

4.6.2 Νοητικό φορτίο

Το νοητικό φορτίο έχει να κάνει με το πλήθος των πληροφοριών που πρέπει να επεξεργαστούμε και το διαθέσιμο χρόνο. Μπορεί να εμφανιστεί σε όλα τα στάδια, αλλά είναι περισσότερο ορατό στην εκτέλεση, όπου και εκδηλώνονται όλα τα προβλήματα. Επίσης, κατά την εκτέλεση, το νοητικό φορτίο είναι μεγαλύτερο, καθώς απαιτείται η πρόσληψη πληροφοριών (ανάδραση), η επεξεργασία τους (σχεδιασμός και επίλυση προβλημάτων) και οι σωματικές και νοητικές λειτουργίες της εκτέλεσης, όλα αυτά συνήθως υπό πίεση χρόνου.

Ο νόμος των Hick και Hyman (Hick 1952 και Hyman 1953) ορίζει ότι ο χρόνος απόκρισης αυξάνεται με τον όγκο των πληροφοριών που απαιτούνται. Με τη σειρά του, αυτός ο όγκος των πληροφοριών εξαρτάται από την πολυπλοκότητα της κατάστασης (δηλαδή πόσες εναλλακτικές υπάρχουν και με ποια πιθανότητα η κάθε μία). Όσο πιθανότερο είναι ένα ενδεχόμενο, τόσο μικρότερο πληροφοριακό φορτίο χρειάζεται.

Πέρα από τα αντικειμενικά αυτά δεδομένα, υπάρχουν και κάποιες συντομεύσεις που μπορούν να μειώσουν το χρόνο απόκρισης (Wickens & Carswell, 2021). Τέτοιοι παράγοντες είναι το αν ένα ζευγάρι ερεθίσματος-απόκρισης εμφανίζεται πολύ συχνά ή αν το ερέθισμα και η απόκριση είναι συμβατά μεταξύ τους (π.χ. «αν εμφανιστεί αριστερά πάτα το αριστερό κουμπί»). Αντίθετα, όταν οι αποκρίσεις σε διαφορετικά ερεθίσματα είναι παρόμοιες (π.χ. παρόμοια κουμπιά) ή μη συμβατές (π.χ. «δεξιά – αριστερά»), τότε μπορεί να προκληθεί σύγχυση.



Σχήμα 4.12 Το σήμα στα δεξιά απαιτεί λιγότερη νοητική προσπάθεια λόγω οπτικής ομοιότητας με την πραγματική κατάσταση.

Όταν δεν απαιτείται μόνο μία απλή απόκριση (π.χ. να πατήσουμε ένα κουμπί) αλλά μία ακολουθία πολλών ενεργειών, τότε υπάρχουν και κάποιοι επιπλέον παράγοντες, που μπορούν να συντομεύσουν την απόκριση, όπως (Wickens & Carswell, 2021):

- Παράλληλη επεξεργασία (π.χ. να κοιτάμε τις επόμενες λέξεις ενώ δακτυλογραφούμε τις προηγούμενες), η οποία μπορεί να πετύχει σημαντικές συντομεύσεις.
- Σύνθεση της απόφασης (δηλαδή να μαζέψουμε πολλές μικρές αποκρίσεις σε λίγες και μεγαλύτερες). Είμαστε καλύτεροι στο να παίρνουμε λίγες και πολύπλοκες αποφάσεις, παρά πολλές και απλές. Για παράδειγμα, ένας εργαζόμενος μπορεί καλύτερα να

καταρτίσει ένα ημερήσιο πρόγραμμα, παρά να επιλέγει κάθε στιγμή την καταλληλότερη εργασία για να εκτελέσει.

- Ρυθμός. Όταν έχουμε τη δυνατότητα να καθορίζουμε εμείς το ρυθμό (π.χ. τη σειρά εξυπηρέτησης), τότε μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερη ευελιξία και ποικιλία στις αποφάσεις μας. Για παράδειγμα, ένας εργαζόμενος σε άμεση αλληλεπίδραση με εξωτερικό παράγοντα (“front office”) δεν μπορεί να έχει τον ίδιο ρυθμό απόδοσης με κάποιον άλλο που εργάζεται μόνος.

Λειτουργία σε υψηλό νοητικό φορτίο

Έχουν προταθεί διάφορες θεωρίες για τη λειτουργία των ατόμων σε καταστάσεις υψηλού νοητικού φορτίου. Μία από αυτές είναι ότι οι λειτουργούμε ομοιοστατικά (όπως στην RHT ή RCT – Παράγραφος 4.7), δηλαδή τείνουμε να διατηρούμε ένα βέλτιστο επίπεδο νοητικού φόρτου εργασίας. Ψάχνουμε για επιπλέον εργασίες όταν ο φόρτος πέσει κάτω από το επίπεδο-στόχο, ή υποβαθμίζουμε εργασίες όταν το ξεπεράσει (Wickens & Hollands, 2000). Η υποβάθμιση αυτή εξαρτάται από την προτεραιότητα που έχουμε, όπως (Hollnagel 1992):

- Εάν η προτεραιότητά μας είναι να μην επηρεαστεί η ενέργεια που εκτελούμε από άλλα συμβάντα (π.χ. όταν συμπληρώνουμε μια λίστα ελέγχου), τότε συνήθως παρατηρούνται παραλείψεις (π.χ. να ξεχάσουμε να ενημερώσουμε ότι τελειώσαμε μία ενότητα).
- Εάν η προτεραιότητα είναι να εκτελέσουμε την τρέχουσα ενέργεια όσο γίνεται πιο γρήγορα (π.χ. να στείλουμε ένα επείγον γραπτό μήνυμα), τότε είναι πιθανόν να μειώσουμε την ακρίβεια (π.χ. των πληροφοριών).
- Εάν η προτεραιότητα είναι να μη χαθεί τίποτε (π.χ. να λάβουμε πλήρη αναφορά από όλες τις πηγές), τότε μπορεί να δημιουργήσουμε μία ουρά αναμονής.
- Εάν υπάρχουν έντονοι περιορισμοί χρόνου ή χωρητικότητας, τότε είναι πιθανόν να παραλείψουμε συγκεκριμένες κατηγορίες εργασιών (π.χ. έλεγχοι) προς όφελος άλλων.
- Εάν απλώς επιδιώκουμε να μην υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις, τότε είναι πιο πιθανό να αποκόψουμε κάποιες κατηγορίες εργασιών και να επικεντρωθούμε στις πιο κατάλληλες.

Όμως, η ομοιόσταση, μπορεί να ισχύει μόνο όταν ελέγχουμε αρκετά την κατάσταση, ώστε να μπορούμε να τη ρυθμίζουμε. Για τις περιπτώσεις που αυτό δεν είναι δυνατόν (π.χ. έκτακτες καταστάσεις υπερφόρτωσης ή απειλής), η επικρατούσα άποψη είναι ότι συνήθως καταφεύγουμε σε τρόπους αντίδρασης που μας είναι περισσότερο γνωστές (Hollnagel 1992). Το μοντέλο «ακαμψίας στην απειλή» (Staw et al. 1981) υποστηρίζει ότι στις καταστάσεις αυτές γινόμαστε άκαμπτοι και το πιθανότερο είναι να ανταποκριθούμε με τρόπο όμοιο με προηγούμενες αντιδράσεις μας. Υπάρχουν αρκετές έρευνες (Barlett 1943, Mosneron-Durpin et al. 1997) που έδειξαν ότι όταν βρισκόμαστε σε κατάσταση στρες προσκολλόμαστε στις εμπειρικές ρουτίνες, οι οποίες άλλωστε μας νομιμοποιούν για τις επιλογές μας.

Ακόμη και αν καταλαβαίνουμε ότι η κατάσταση δεν είναι αρκετά όμοια με τις προηγούμενες (για να κάνουμε τα ίδια πράγματα), η εικόνα της κανονικότητας (έστω και του παρελθόντος) έχει σημαντική συναισθηματική επίδραση πάνω μας σε τέτοιες στιγμές (νιώθουμε «ασφαλείς»). Αν, πάλι, διαπιστώσουμε ότι δεν μπορούμε να ακολουθήσουμε πια τις ρουτίνες αυτές, τότε δεν θα

θέσουμε εκ νέου το θέμα αλλά θα ακολουθήσουμε αυτό που πιστεύουμε ότι είναι η πλησιέστερη ισοδύναμη δράση (Kletz, 1991). Για παράδειγμα, σε περίπτωση έκτακτης εκκένωσης είναι πιθανό οι άνθρωποι να κατευθυνθούν προς την κεντρική είσοδο από την οποία μπήκαν, παρά προς μια πλησιέστερη έξοδο κινδύνου.

Multitasking

Η εκτέλεση διαφορετικών εργασιών ταυτόχρονα (multitasking) είναι κάτι που συμβαίνει όλο και πιο τακτικά στο σύγχρονο κόσμο, λόγω των πολλών και διαφορετικών απαιτήσεων. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των εργασιών, η επιτυχία στην παράλληλη εκτέλεση τους εξαρτάται από (Wickens & Carswell 2021):

- Την ομοιότητα των εργασιών. Αν τα αντικείμενα ή τα σήματα των παράλληλων εργασιών έχουν μεγάλη ομοιότητα μεταξύ τους (π.χ. παρόμοια μηχανήματα με διαφορετικά πρωτόκολλα ενεργειών), τότε μπορεί να προκληθεί σύγχυση μεταξύ τους. Αντίστροφα, αν μπορούν να μπουν κοινοί κανόνες ελέγχου για όλες τις εργασίες (π.χ. κοινά πρωτόκολλα για όλα τα μηχανήματα), τότε αυτό μπορεί να βοηθήσει την κατάσταση ακόμη και αν υπάρξει σύγχυση.
- Τις απαιτήσεις της εργασίας. Οι ευκολότερες εργασίες προφανώς είναι πιο εύκολο και να εκτελεστούν ταυτόχρονα. Π.χ. κάποιος μπορεί να παρακολουθεί δύο αυτόματες μηχανές ταυτόχρονα, αλλά όχι να λειτουργεί δύο χειροκίνητες.
- Τη δομή των πόρων εργασίας. Σύμφωνα με τη Θεωρία Πολλαπλών Πόρων, υπάρχουν διαφορετικά «είδη» νοητικών πόρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Για παράδειγμα, κάποιος μπορεί να εκτελεί μία εργασία με οπτικό περιεχόμενο (π.χ. να οδηγεί) παράλληλα με μία εργασία με ακουστικό περιεχόμενο (π.χ. να συζητά με το συνοδηγό), ενώ δεν θα ήταν δυνατόν να εκτελέσει δύο εργασίες με οπτικό περιεχόμενο παράλληλα (π.χ. να γράφει κείμενο). Το «είδος» των νοητικών πόρων, λοιπόν, που απαιτούνται από τις εργασίες είναι καθοριστικό για τη συμβατότητά τους (π.χ. ξεχωριστοί πόροι ανά στάδιο, ξεχωριστοί πόροι αντίληψης ή ξεχωριστά οπτικά κανάλια).
- Το πως κατανέμονται οι πόροι μεταξύ των εργασιών (π.χ. με βάση την εντύπωση, το ενδιαφέρον, την προτεραιότητα, τη δυσκολία, κλπ.) Εδώ, ο κατάλληλος σχεδιασμός μπορεί να βοηθήσει, όπως π.χ. μην συμπίπτουν χρονικά, κάποια στάδια των δύο εργασιών που είναι απαιτητικά.

Η ταυτόχρονη εκτέλεση, πέρα από τα χαρακτηριστικά των ίδιων των εργασιών, έχει να κάνει και με την εμπειρία και τις ικανότητες του ατόμου που τις εκτελεί. Αυτό συμβαίνει γιατί τα περισσότερα εμπειρα ή ικανά άτομα, μπορούν να κάνουν τις εργασίες, είτε απασχολώντας λιγότερους νοητικούς πόρους, είτε χρησιμοποιώντας διαφορετικούς νοητικούς πόρους (π.χ. ο έμπειρος οδηγός δεν χρειάζεται ούτε να δει το στροφόμετρο, ούτε να κοιτάξει το λεβιέ ταχυτήτων για να αλλάξει ταχύτητα, οπότε δεν απαιτείται να αποσπαστεί η οπτική προσοχή του από το δρόμο).

Τα σημαντικότερα προβλήματα δημιουργούνται όταν συμβαίνουν έκτακτες καταστάσεις που οδηγούν σε διακοπή, καθώς απαιτείται να συγκεντρωθεί όλη η προσοχή μας σε μία εργασία και μετά να επανέλθει στην άλλη (ή να ξαναμοιραστεί στις δύο). Πρέπει να τονίσουμε ότι ο συνολικός χρόνος δεν περιλαμβάνει μόνο τη διάρκεια της εργασίας που παρεμβάλλεται, αλλά

και το χρόνο μετάβασης από και προς την αρχική εργασία. Δεν πρέπει να θεωρούμε δεδομένο ότι το άτομο θα σταματήσει αμέσως την εργασία που εκτελεί για να μεταβεί στην άλλη, ούτε ότι ο χρόνος μετάβασης είναι συγκεκριμένος. Αυτό μπορεί να εξαρτηθεί από τα χαρακτηριστικά της κάθε εργασίας και του ατόμου.

Η μετάβαση στη νέα εργασία μπορεί να καθυστερήσει αν είμαστε ιδιαίτερα αφοσιωμένοι στην τρέχουσα εργασία ή αν η άφιξη της νέας εργασίας δεν είναι ιδιαίτερα προεξέχουσα (π.χ. γίνεται γραπτώς και όχι δια ζώσης ή με τηλεφώνημα). Επίσης, σημαντικός παράγοντας είναι το πόσο απαιτητική είναι η νέα εργασία ή πόσο δύσκολη είναι η διαδικασία μετάβασης σε αυτήν. Η σχέση μεταξύ των δύο εργασιών, δηλαδή αν οι εργασίες εναλλάσσονται συχνά ή έχουν αρκετά κοινά στοιχεία μεταξύ τους, μπορεί να επιταχύνει τη μετάβαση. Ένα χαρακτηριστικό του ατόμου (ή και της κουλτούρας) που επηρεάζει τη μετάβαση είναι αν υπάρχει η τάση να ολοκληρώνονται επί μέρους στόχοι (π.χ. «περίμενε να τελειώσω κάτι») πριν τη μετάβαση (Wickens & Carswell 2021).

Όταν, λοιπόν, υπάρχουν εργασίες που θα εκτελούνται μαζί ή εναλλασσόμενα, ο σχεδιασμός θα πρέπει να γίνεται συνολικά, υπολογίζοντας την αλληλεπίδραση και τη μετάβαση μεταξύ των εργασιών. Θα πρέπει να καθορίζουμε ποιες εργασίες θα εκτελούνται ταυτόχρονα, πότε, πώς και από ποιον.

4.7 Τεχνικές και μεθοδολογίες

Στην Παράγραφο αυτήν περιγράφονται συνοπτικά τεχνικές, θεωρίες και μεθοδολογίες που αναφέρθηκαν στις διάφορες προσεγγίσεις παραπάνω. Σημειώνεται ότι δεν αποτελεί εξαντλητικό κατάλογο, ούτε πλήρη περιγραφή. Ο αναγνώστης που απλώς ενδιαφέρεται να έχει μία γενική εικόνα μπορεί να παρακάμψει την Παράγραφο αυτήν. Αν επιθυμεί να εφαρμόσει μία τεχνική, τότε θα πρέπει να καταφύγει σε αναλυτικό εγχειρίδιό της.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανομή των επιστημονικών άρθρων των τελευταίων 60 ετών και της τελευταίας δεκαετίας ανά μοντέλο λήψης απόφασης, από μία εκτεταμένη συστηματική επισκόπηση της βιβλιογραφίας (Skarlatos 2020).

GRAND TOTAL AVERAGE OF THE LAST SIXTY YEARS		GRAND TOTAL AVERAGE OF THE LAST DECADE	
Cultural Theory	18,20%	Theory of Planned Behavior	17,33%
Utility Theory	17,11%	Cultural Theory	16,39%
Prospect Theory	14,47%	Prospect Theory	14,95%
Theory of Planned Behavior	14,42%	Utility Theory	14,10%
Health Belief Model	11,51%	Health Belief Model	10,93%
Theory of Reasoned Action	9,49%	Theory of Reasoned Action	8,98%
Protection Motivation Theory	3,24%	Protection Motivation Theory	4,08%
Psychometric Paradigm/Approach	3,15%	Psychometric Paradigm/Approach	3,34%
Cumulative Prospect Theory	2,20%	Cumulative Prospect Theory	2,92%
Venture Theory	1,70%	Risk Perception Model	1,70%
	95,48%		94,71%

BBS (Behavioral-Based Safety). Πρόκειται για μία αρκετά διαδεδομένη τεχνική, η οποία εστιάζει στον εντοπισμό επικίνδυνων συμπεριφορών στο χώρο εργασίας, καθώς και σε δεδομένα από δηλωμένα ατυχήματα ή παρ' ολίγον ατυχήματα, με στόχο την αλλαγή των συμπεριφορών αυτών μέσω εκπαίδευσης.

CERM (Conjoint Expected Risk Model - Luce & Weber 1986). Είναι ένα μοντέλο παρόμοιο με τα μοντέλα Προσδοκώμενης Αξίας, το οποίο έχει συντελεστές βαρύτητας και πέντε διαστάσεις: πιθανότητα κέρδους, απώλειας και σταθερότητας, και προσδοκώμενα κέρδη και απώλειες, στα οποία μπαίνουν συντελεστές βαρύτητας για την ατομική διαφοροποίηση. Σύμφωνα με αυτό, η απόφαση απέναντι στην αβεβαιότητα είναι μία μαθηματική συνάρτηση των παραπάνω διαστάσεων.

CHIP (Communication Information Processing Model - Wogalter et al. 1999). Είναι ένα μοντέλο που εφαρμόζει τη διαδικασία επικοινωνίας του μηνύματος για τον κίνδυνο μέσα από στά-

δια επεξεργασίας πληροφορίας του περιβάλλοντος (πηγή, κανάλι, παράδοση, περιβαλλοντικά ερεθίσματα), όσο και του ατόμου (τράβηγμα προσοχής, διατήρηση προσοχής, κατανόηση, στάσεις – πεπιοθήσεις, κινητοποίηση, συμπεριφορά).

CPT (Cumulative Prospect Theory – Tversky & Kahneman 1992). Βασίζεται στην Prospect Theory, την οποία χρησιμοποιεί αθροιστικά (και όχι ειδικά) για κάθε κίνδυνο, επιτρέποντας διαφορετικούς συντελεστές βαρύτητας για τα κέρδη και τις απώλειες. Προβλέπει αποφυγή του ρίσκου για κέρδη και προτίμηση ρίσκου για απώλειες (όπως στην Prospect Theory), για μέσες και υψηλές πιθανότητες, αλλά αντίστροφες τάσεις όταν οι πιθανότητες είναι μικρές.

DIH (Differential Impact Hypothesis). Πρόκειται για μία υπόθεση (όχι ολοκληρωμένο μοντέλο) που εστιάζει στην επίδραση που έχει το μήνυμα για τον κίνδυνο στο άτομο, εστιάζει στην ταυτοποίηση (δηλαδή στο κατά πόσον το άτομο θεωρεί ότι το μήνυμα απευθύνεται σε αυτό και στα χαρακτηριστικά του, ή ταυτίζεται με αυτόν που μεταφέρει την πληροφορία).

DS (Dominance Structuring – Montgomery, 1989). Πρόκειται για νατουραλιστικό μοντέλο που υποστηρίζει ότι οι αποφάσεις λαμβάνονται με το κριτήριο της κυριαρχίας. Μία εναλλακτική είναι κυρίαρχη απέναντι σε μία άλλη όταν είναι γενικά αποδεκτό ότι είναι συνολικά καλύτερη. Έτσι, σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, αφού εντοπίσουμε τις εναλλακτικές, επιλέγουμε την πρώτη και τη συγκρίνουμε με τη δεύτερη. Αν είναι κυρίαρχη, την κρατάμε και τη συγκρίνουμε με την τρίτη. Αν όχι, συνεχίζουμε με τη δεύτερη.

EBDM (Explanation-Based Decision Making - Oskarsson et al. 2009). Σύμφωνα με αυτό το νατουραλιστικό μοντέλο λήψης αποφάσεων, όταν λαμβάνουμε αποφάσεις που κρίνουμε ότι δεν χρειάζεται ιδιαίτερη ανάλυση, τότε δεν εξετάζουμε και συγκρίνουμε τις εναλλακτικές, αλλά δημιουργούμε ένα νοητικό μοντέλο της κατάστασης και στη συνέχεια συγκρίνουμε κάθε πληροφορία με αυτό και όχι με τα πραγματικά γεγονότα της κατάστασης.

EPPM (Extended Parallel Process Model - Witte, 1992). Πρόκειται για εξέλιξη του PMT που προσπαθεί να διερευνήσει γιατί αποτυγχάνουν οι προειδοποιήσεις κινδύνου. Εστιάζει στη σχέση μεταξύ της απειλής και της αποτελεσματικότητας (οφέλους). Σύμφωνα με αυτήν, ο φόβος έχει ιδιαίτερα μεγάλη ψυχολογική επίδραση (μεγαλύτερη της αντικειμενικής απειλής) και απαιτεί υψηλή αποτελεσματικότητα (όφελος) για να αντισταθμιστεί.

Game theory. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα εκτεταμένο μαθηματικό πεδίο με πολλές εφαρμογές. Μελετά τις λογικές αντιδράσεις ατόμων τόσο σε τακτικό όσο και σε στρατηγικό επίπεδο, όταν βρίσκονται σε αβέβαιο περιβάλλον. Περιλαμβάνει έλλειμα πληροφόρησης, παράλληλες ή διαδοχικές ενέργειες και αντιδράσεις, κλπ. Το υπόβαθρό της είναι καθαρά «ρεαλιστικό», και βασίζεται στο στόχο μεγιστοποίησης της προσδοκώμενης χρησιμότητας (expected utility) των ατόμων, αλλά σε πολύ σύνθετο επίπεδο. Για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα απαιτητική και χρησιμοποιείται μόνο σε πολύ κρίσιμη κατάσταση.

HBM (Health Belief Model – Janz & Becker 1984). Πρόκειται για ένα μοντέλο προσδοκώμενης αξίας, σύμφωνα με το οποίο, πέντε είναι οι παράγοντες που καθορίζουν την υιοθέτηση προληπτικής δράσης: η εκτιμώμενη τρωτότητα του ατόμου, η εκτιμώμενη σοβαρότητα του κινδύνου, το εκτιμώμενο όφελος από την προληπτική συμπεριφορά, τα εκτιμώμενα εμπόδια για την υιοθέτηση της προληπτικής δράσης και οι πηγές πληροφόρησης για την υγεία.

IHI (Impersonal Impact Hypothesis - Tyler & Cook, 1984). Πρόκειται για μία προσέγγιση σύμφωνα με την οποία ένα κοινό (όχι προσωπικό) μήνυμα για τον κίνδυνο (π.χ. από ΜΜΕ) εκλαμ-

βάνεται από το άτομο ότι αφορά κυρίως το σύνολο και όχι το ίδιο (μεροληψία αισιοδοξίας). Έτσι η γενική επικοινωνία του κινδύνου, έχει διαφορετικό αντίκτυπο για το άτομο από ότι η διαπροσωπική επικοινωνία.

Macrocognition model (Whaley et al. 2016). Πρόκειται για νατουραλιστικό μοντέλο που επεκτείνει την κάλυψή του σε όλα τα στάδια της επεξεργασίας πληροφορίας. Δηλαδή δεν περιορίζει τη μακρογνωσία στην επεξεργασία πληροφοριών που ήδη έχουν ληφθεί, αλλά θεωρεί πως όταν λειτουργούμε στο επίπεδο της μακρογνωσίας, υπάρχει μία διαφορετική λειτουργία σε όλα τα προηγούμενα (και επόμενα) στάδια. Συγκεκριμένα, το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει πέντε λειτουργίες: Εντοπισμού και προσοχής, κατανόησης, λήψης αποφάσεων, δράσης, ομαδικής δουλειάς.

Markowitz Utility Theory (Markowitz, 1952), Πρόκειται για μία παραλλαγή της Prospect Theory, η οποία προβλέπει αποφυγή ρίσκου στην περιοχή κερδών κέρδη και προτίμηση ρίσκου στην περιοχή απωλειών όταν τα κέρδη είναι μεγάλα, αλλά αντίστροφες τάσεις όταν τα κέρδη είναι μικρά.

MCA (Multi-criteria analysis). Πρόκειται για μία τεχνική, στην οποία τα κριτήρια καθορίζονται, κλιμακώνονται και προτεραιοποιούνται με συντελεστές βαρύτητας, δημιουργώντας έτσι ένα σετ κριτηρίων. Κάθε εναλλακτική αξιολογείται με βάση αυτό το διαμορφωμένο σετ, ώστε να συγκεντρώσει μία βαθμολογία που θα επιτρέψει την προτεραιοποίηση. Χρειάζεται αρκετή προσπάθεια για τον ορισμό, την κλιμάκωση και τη βαρύτητα των κριτηρίων, καθώς και συμφωνία σε αυτά (αφού δεν μπορούν να οριστούν αντικειμενικά).

PMT (Protection Motivation Theory – Rogers 1983). Εισάγει δύο γνωστικές διαδικασίες: την εκτίμηση της απειλής και την εκτίμηση της αντιμετώπισης που συνδυάζονται για να σχηματίσουν την κινητοποίηση προστασίας. Η εκτίμηση της απειλής περιλαμβάνει την εσωτερική (π.χ. απόλαυση) και εξωτερική (π.χ. κοινωνική αποδοχή) ανταμοιβή που αυξάνουν την πιθανότητα απροσάρμοστης αντίδρασης έναντι των αντισταθμιστικών αντιλήψεων της τρωτότητας και της σοβαρότητας των συνεπειών που μειώνουν την πιθανότητα αυτή. Δηλαδή, η εκτίμηση της απειλής είναι το αλγεβρικό άθροισμα των παραπάνω μεταβλητών. Η εκτίμηση της αντιμετώπισης αποτελείται από τις κρίσεις για την αποτελεσματικότητα μιας προληπτικής αντίδρασης συν την εκτίμηση της ικανότητας του ατόμου να εκτελέσει τις απαραίτητες αντιδράσεις ή συμπεριφορές μείον τα κόστη που σχετίζονται με την αντίδραση αυτή (DeJoy 1996). Έτσι το άτομο είναι πιθανότερο να αντιδράσει όταν η απειλή είναι μεγάλη, νιώθει ευάλωτο, η αντίδραση φαίνεται αποτελεσματική, πιστεύει ότι μπορεί να την πραγματοποιήσει, οι ανταμοιβές μιας απροσάρμοστης συμπεριφοράς είναι μικρές και τα κόστη της προσαρμοσμένης συμπεριφοράς χαμηλά (DeJoy 1996).

RalloT (Risk Allostasis Theory - Fuller 2011). Πρόκειται για μετεξέλιξη των RCT και RHT, η οποία προσθέτει και την έννοια της δυσκολίας στην εκτέλεση. Έτσι, αυτό που αντισταθμίζεται από τα οφέλη είναι το «άθροισμα» του κινδύνου και της δυσκολίας εκτέλεσης.

RAT (Risk Adaptation Theory - Koornstra M. J. 2009). Πρόκειται για συνδυασμό άλλων θεωριών που υποθέτει ότι ο κίνδυνος εκτιμάται από το άτομο ως άθροισμα αντικρουόμενων συναισθημάτων απέναντι στα οφέλη και στις απειλές. Η ένταση των συναισθημάτων αυτών δεν είναι γραμμική, αλλά ακολουθεί διαφορετικές καμπύλες για διαφορετικά είδη, μερικά από τα οποία μελετήθηκαν από τη θεωρία αυτή..

RCT (Risk Compensation Theory - Lave & Weber, 1970). Πρόκειται για μία θεωρία η οποία

υποστηρίζει ότι τα άτομα τείνουν να αντισταθμίζουν τη μείωση του κινδύνου με πιο επικίνδυνη συμπεριφορά (αν αυτή δίνει κάποιο άλλο όφελος ή ευχαρίστηση). Έτσι, η επίτευξη της ασφάλειας δεν πρέπει να εστιάζει μόνο στη μείωση των επικίνδυνων καταστάσεων, αλλά στο ισοζύγιο οφελών – κινδύνων της επικίνδυνης συμπεριφοράς.

RHT (Risk Homeostasis Theory - Wilde 1982). Πρόκειται για μία προσέγγιση για την εκτίμηση της συμπεριφοράς απέναντι σε κίνδυνο, η οποία υποθέτει ότι τα άτομα τείνουν να διατηρούν ένα συνολικό αποδεκτό επίπεδο κινδύνου και λειτουργούν ομοιοστατικά προς αυτό. Αν ο συνολικός κίνδυνος αυξηθεί, τα άτομα θα συμπεριφερθούν πιο προσεκτικά ώστε να αντισταθμίσουν αυτή την αύξηση (και το αντίστροφο αν ο κίνδυνος μειωθεί). Άρα τα μέτρα θα πρέπει να στοχεύουν στη μείωση του αποδεκτού επιπέδου κινδύνου από το άτομο και όχι απλώς στη μείωση του κινδύνου με τεχνικά μέτρα. Βασίστηκε στην RCT αλλά διαφοροποιείται στο ότι εξετάζει τον εκλαμβανόμενο (και όχι τον πραγματικό) κίνδυνο, καθώς και τη συνεχή ανάδραση.

RPAF (Risk Perception Attitude Framework – Rimal & Real 2003). Βασίστηκε στο EPPM και στη λογική των μοντέλων προσδοκώμενης αξίας. Θεωρεί ότι ο εκλαμβανόμενος κίνδυνος είναι αποτέλεσμα αφενός της αποδοχής ότι το άτομο είναι ευάλωτο στον κίνδυνο και αφετέρου της εκτίμησης της βαρύτητας της απειλής. Η αποτελεσματικότητα είναι αποτέλεσμα της αυτοπεποίθησης του ατόμου να αλλάξει την πιθανή έκβαση και της πίστης του ότι η ενέργειά του θα είναι αποτελεσματική. Κατηγοριοποιεί τα άτομα σε τέσσερις κατηγορίες συμπεριφορών: αντίδρασης, αποφυγής, πρόληψης και αδιαφορίας.

RPD (Recognition-Primed Decision Making - Klein 1993). Το νατουραλιστικό αυτό μοντέλο επικεντρώθηκε στη μακρογνωσία, και σύμφωνα με αυτό η λήψη απόφασης είναι ένας συνδυασμός τριών ευρετικών: ευρετικό διαθεσιμότητας (πόσο κοινό είναι το αντικείμενο ή η κατάσταση με άλλα που ήδη υπάρχουν στη μνήμη μας), ευρετικό προσομοίωσης (πόσο εύκολα μπορούμε να αναπαραστήσουμε στο μυαλό μας την κατάσταση ή το αντικείμενο) και ευρετικό αντιπροσωπευτικότητας προσομοίωσης (πόσο συναφές είναι με τις προσδοκίες και τις εμπειρίες μας). Γενικά, οι άνθρωποι, με κριτήρια τα ευρετικά αυτά, ψάχνουν για μία παρόμοια κατάσταση που να ταιριάζει, ώστε να πράξουν με τον ίδιο τρόπο.

RPM (Risk Perception Model - Sjoberg 1993). Βασίζεται στην ψυχομετρική προσέγγιση και στο ατομικό επίπεδο, προσπαθώντας να μελετήσει τις διαφορές στην αντίληψη του κινδύνου με βάση τους παράγοντες της στάσης, της ευαισθησίας στο ρίσκο, του φόβου, της εμπιστοσύνης και των ηθικών αξιών.

SAR (Social Amplification of Risk – Kasperson et al. 1988). Πρόκειται για ένα μοντέλο που θεωρεί ότι η αντίληψη του μεγέθους ενός κινδύνου εξαρτάται από ψυχολογικές, κοινωνικές, θεσμικές και πολιτιστικές διαδικασίες και τις αντιδράσεις που αυτές προκαλούν. Ανέπτυξε έναν κύκλο επικοινωνίας και ανάδρασης, καθώς και παράγοντες που επηρεάζουν την πληροφορία για τον κίνδυνο στο κάθε στάδιο.

TPB (Theory of Planned Behaviour - Ajzen 1991). Είναι μία επέκταση του Ajzen πάνω στην προηγούμενη εργασία του με τον Fishbein, με σκοπό να συμπεριλάβει μία εξήγηση όλων των συμπεριφορών και όχι μόνο αυτών που βρίσκονται υπό εθελοντικό έλεγχο (Johnson & Hall 2005). Το μοντέλο αυτό εισάγει και την έννοια του εκλαμβανόμενου ελέγχου της συμπεριφοράς, ο οποίος αντιπροσωπεύει την αντίληψη του ατόμου για το κατά πόσον ελέγχει τη συγκεκριμένη συμπεριφορά που μαζί με τις άλλες 3 βασικές παραμέτρους αποτελεί τις πεπιοθήσεις.

TRA (Theory of Reasoned Action – Fishbein & Ajzen 1975). Πρόκειται για ένα μοντέλο προσδο-

κώμενης αξίας που πρότεινε ότι η πρόθεση να εκτελεστεί μία ενέργεια επηρεάζεται από τη στάση και τις υποκειμενικές νόρμες (Johnson & Hall 2005), οι οποίες μπαίνουν σε ένα ισοζύγιο υποκειμενικού κόστους – οφέλους που θα καθορίσει την απόφαση. Εξελίχθηκε περαιτέρω από την TPB.

Utility Theory (Neumann & Morgenstern 1953). Πρόκειται για μία θεμελιώδη θεωρία για την Οικονομική Επιστήμη με ευρύτερες εφαρμογές. Βασίζεται στην έννοια της χρησιμότητας, δηλαδή της αξίας που αποδίδει το κάθε άτομο σε μία κατάσταση και η οποία διαφέρει, δημιουργώντας προφίλ λιγότερο ή περισσότερο φιλικά προς το ρίσκο. Σύμφωνα με αυτήν, το άτομο δρα με τρόπο που να μεγιστοποιεί την προσδοκώμενη χρησιμότητά του (δηλαδή το γινόμενο της αξίας επί την πιθανότητα).

Venture Theory (Hogarth & Einhorn 1990). Βασίζεται στην Prospect Theory και εστιάζει στη βαρύτητα που αποδίδουν τα άτομα στις αποφάσεις. Προβλέπει αυξανόμενη αποφυγή ρίσκου με την αύξηση της πιθανότητας κερδών και μείωση της αποφυγής ρίσκου με την αύξηση της πιθανότητας απωλειών. Επίσης προβλέπει αυξανόμενη αποφυγή ρίσκου με την αύξηση του λόγου κερδών / πιθανότητα για κέρδη και μειούμενη αποφυγή ρίσκου με την αύξηση της απόλυτης τιμής του λόγου κερδών / πιθανότητα για απώλειες.

ZRT (Zero-Risk Theory - Naatanen & Summala 1976). Πρόκειται για μία προσέγγιση που αναπτύχθηκε για τον κίνδυνο στην οδήγηση αλλά έχει και ευρύτερη εφαρμογή. Σύμφωνα με αυτήν, οι οδηγοί δεν ισορροπούν τον κίνδυνο (όπως στην RHT), αλλά λειτουργούν μηχανικά στη βάση της εμπειρίας τους μεταξύ συγκεκριμένων ορίων επικινδυνότητας και όχι σε μία συνεχή σχέση ταχύτητας – κινδύνου.

5. Ανθρώπινη αξιοπιστία – Ανθρώπινο λάθος

Το ανθρώπινο λάθος ξεκίνησε να μελετάται ανεξάρτητα ως θέμα. Οι κύριοι τομείς όπου μελετήθηκε, ήταν η αεροπλοΐα και τα πυρηνικά εργοστάσια. Μάλιστα, η ουσιαστική ώθηση δόθηκε στη δεκαετία του 1980, σαν αποτέλεσμα της μελέτης του πυρηνικού ατυχήματος στο Three Miles Island των ΗΠΑ (Hollnagel 2004). Βασίστηκε στην ανάγκη εκτίμησης πιθανοτήτων για τα ανθρώπινα λάθη και λειτούργησε ολιστικά, εντοπιώνοντας κάποια στάδια επεξεργασίας πληροφορίας και αγνοώντας άλλα (π.χ. αισθήσεις).

Η «ανθρώπινη αξιοπιστία» είναι η πιθανότητα ένας άνθρωπος να εκτελέσει σωστά μία ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα σε μία δεδομένη χρονική περίοδο (αν ο χρόνος είναι κρίσιμη παράμετρος), χωρίς να εκτελέσει κάποια άλλη ενέργεια που θα βλάψει το σύστημα. Το επίκεντρο της έρευνας είναι γιατί ένα δεδομένο άτομο μπορεί άλλες φορές να αποτύχει και άλλες να πετύχει σε μία συγκεκριμένη εργασία, όταν δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στους εξωτερικούς παράγοντες (Hollnagel 1992).

Διαφορετικοί ερευνητές εστίασαν σε διαφορετικές πτυχές του ανθρώπινου λάθους, γεγονός που οδήγησε και σε διαφορετικές προσεγγίσεις (Lees 1996):

- Συμπεριφοριστική: το λάθος οφείλεται στη φυσική μεταβλητότητα της ανθρώπινης συμπεριφοράς.
- Πλαισιακή: το λάθος οφείλεται στα χαρακτηριστικά της εργασίας, δηλαδή του πλαισίου στο οποίο λαμβάνει χώρα.
- Γνωστική: το λάθος οφείλεται σε ασυμβατότητες με τις διαδικασίες κατανόησης του ανθρώπου.
- Οργανωσιακή: το λάθος γίνεται στο συλλογικό/ομαδικό πλαίσιο όπου λαμβάνει χώρα.

5.1 Συμπεριφοριστική προσέγγιση

Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στο συμπεριφοριστικό υπόδειγμα, το οποίο ήδη εξετάσαμε στην παράγραφο 4.5.2 (το ανθρώπινο μυαλό ως «μαύρο κουτί»). Θεωρεί ότι η ανθρώπινη απόδοση έχει από μόνη της μία φυσική μεταβλητότητα, η οποία βοηθά στο να ανακαλύπτονται καινούριοι τρόποι. Δεν μπορούμε να κάνουμε συνεχώς τα ίδια πράγματα με τον ίδιο τρόπο, κι έτσι κάποιες φορές τα κάνουμε (ακούσια) με διαφορετικό τρόπο. Αν το αποτέλεσμα είναι θετικό, τότε έχουμε μία ανακάλυψη που θα επαναλάβουμε. Αν όχι, τότε έχουμε ένα λάθος που θα μάθουμε να αποφεύγουμε.

Τα μοντέλα της προσέγγισης αυτής, αναλύουν τις πιο σύνθετες διαδικασίες (π.χ. μία ποιοτική διαλογή), σε απλά ζεύγη ερεθίσματος-απόκρισης (π.χ. σωστός/λάθος εντοπισμός, σωστή/λάθος εξαγωγή, σωστή/λάθος ταξινόμηση). Στη συνέχεια, τα απλά αυτά ζεύγη μπορούν να μελετηθούν στατιστικά, ώστε να εκτιμήσουμε τις πιθανότητες λάθους σε καθένα από αυτά. Στο τέλος, συνθέτουμε ξανά όλα τα στάδια της διαδικασίας, για να υπολογιστεί η συνολική

πιθανότητα λάθους. Το σημαντικότερο μοντέλο της προσέγγισης αυτής, ήταν το THERP (Swain & Guttman 1983). Άλλα μοντέλα στην κατηγορία αυτή είναι τα AEA (Action Error Analysis), HSYS (Byers et al. 1991) και το μοντέλο ASSET (Assessment of Safety Significant Event Teams – IAEA 1991), που συνοψίζονται στην Παράγραφο 5.6.

Σύμφωνα με τη συμπεριφοριστική προσέγγιση, καθώς ανυπομονούμε για την τελική έκβαση, έχουμε την τάση να παραλείπουμε τις ενδιάμεσες ενέργειες (οι οποίες φαίνονται λιγότερο ενδιαφέρουσες ή λιγότερο ωφέλιμες), χωρίς να ελέγχουμε αν οι συνθήκες επιτρέπουν κάτι τέτοιο. Επίσης, έχουμε την τάση να αναβάλλουμε (σε κάποιες περιπτώσεις ακόμα και να παραμελούμε) ενέργειες που θεωρούμε λιγότερο σημαντικές. Έτσι, όσο σημαντικότερη θεωρείται μια ενέργεια, τόσο λιγότερες είναι οι παρεκκλίσεις από την προδιαγεγραμμένη διαδικασία (δηλαδή η πιθανότητα λάθους).

Μία ιδιαίτερη κατηγορία μοντέλων της προσέγγισης αυτής είναι αυτά που επικεντρώνουν στο χρόνο. Σύμφωνα με αυτά, το ανθρώπινο λάθος είναι μία αναπόφευκτη χρονική μεταβλητή (δηλαδή οι άνθρωποι θα κάνουν λάθος σε ένα συγκεκριμένο ποσοστό περιπτώσεων σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα). Αφού, λοιπόν, το λάθος είναι αναπόφευκτο, θα πρέπει να εστιάσουμε τις προσπάθειες μας στο να εξασφαλίσουμε αρκετό χρόνο για να εντοπίσουμε και να διορθώσουμε το λάθος, και όχι στο να αποτρέψουμε την εμφάνισή του (Κοντογιάννης, 2019). Το σημαντικότερο από τα μοντέλα της κατηγορίας αυτής είναι το TRC (Hall et al. 1982), και οι εξελίξεις και συνδυασμοί του. Συνοψίζεται στην Παράγραφο 5.6.

5.2 Πλαισιακή προσέγγιση

Τα πλαισιακά ή «εργονομικά» μοντέλα μελετούν την αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων και τεχνικών μέσων (μηχανές / υπολογιστές) και όχι απλώς τη μεμονωμένη αξιοπιστία του ατόμου. Σύμφωνα με αυτά, το ανθρώπινο λάθος οφείλεται στο πλαίσιο όπου γίνεται η εργασία και όχι απλώς στη φυσική μεταβλητότητα της ανθρώπινης απόδοσης. Για να μειώσουμε τα λάθη, λοιπόν, πρέπει να εστιάσουμε στη βελτίωση του πλαισίου αυτού (Lees 1996, Cacciabue 1998), το οποίο περιλαμβάνει το περιβάλλον, τα χαρακτηριστικά της εργασίας και τα χαρακτηριστικά του ατόμου. Εργασίες που εκτελούνται υπό τις ίδιες συνθήκες, αναμένεται να έχουν την ίδια αξιοπιστία (σε ένα μεγάλο δείγμα ανθρώπων), δηλαδή το ίδιο ποσοστό λαθών.

Γενικά, τα μοντέλα αυτά επιχειρούν να καταγράψουν διάφορα είδη λάθους και να εξετάσουν τη σχέση του καθενός με το περιβάλλον στο οποίο εκτελείται η εργασία. Όπως και τα συμπεριφοριστικά μοντέλα, αναλύουν σύνθετες διαδικασίες σε απλές εργασίες, εκτιμούν την πιθανότητα λάθους στην κάθε τέτοια απλή εργασία και στη συνέχεια τις επανασυνθέτουν για να εκτιμήσουν τη συνολική πιθανότητα λάθους.

Πώς, όμως, μπορεί να απεικονιστεί το πλαίσιο, το οποίο εξαρτάται από εντελώς διαφορετικούς παράγοντες; Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, λοιπόν, το λάθος είναι αποτέλεσμα της πίεσης (στρες) που δέχεται το άτομο και μπορεί να περιλαμβάνει (Park, 1987):

- Πιέσεις σχετιζόμενες με την ίδια την εργασία.
- Πιέσεις σχετιζόμενες με την ψυχοσωματική κατάσταση του ατόμου.
- Περιβαλλοντικές πιέσεις, φυσικές ή κοινωνικές.

Οι πιέσεις αυτές είναι που περιγράφονται με τους PSF (Performance Shaping Factors - παράγοντες επηρεασμού απόδοσης). Αυτές είναι συγκεκριμένες παράμετροι που σχετίζονται με την εργασία και μπορούν να βαθμονομηθούν σε μία κλίμακα (π.χ. 1-10). Παραδείγματα PSF είναι η οργάνωση εργασίας, οι συνθήκες εργασίας (θόρυβος, φωτισμός, κλπ.), η επάρκεια διεπιφάνειας ανθρώπου – μηχανής (HMI – Human Machine Interface), η ύπαρξη σχεδίων και διαδικασιών, ο αριθμός ταυτόχρονων στόχων, ο διαθέσιμος χρόνος, η ώρα της ημέρας (κυκλικός ρυθμός), η εκπαίδευση και εμπειρία, η ποιότητα συνεργασίας πληρώματος – ομάδας, τα κίνητρα, κλπ.

Στις τιμές αυτές αποδίδεται και ένας συντελεστής βαρύτητας ο οποίος εκφράζει της σημασία που έχει ο κάθε παράγοντας στη σωστή εκτέλεση της εργασίας. Τελικά, οι τιμές αυτές προστίθενται για να δώσουν μία συνολική εκτίμηση του πλαισίου. Υπάρχει, βέβαια, μία υποκειμενικότητα όσον αφορά την απόδοση τιμών στους PSF, αλλά είναι ο μόνος τρόπος για να συμπεριληφθούν πολλοί παράγοντες σε μία ποσοτική εκτίμηση. Έτσι, είναι δύσκολο να καθοριστούν τα όρια του στρες για ένα συγκεκριμένο έργο (Hudoklin & Rozman 1992) ή να περιγραφούν με «αντικειμενικούς» PSF, αφού ο καθένας εκλαμβάνει τις πιέσεις διαφορετικά (Hollnagel 2004).

Τα πλαισιακά μοντέλα έχουν μία καλή επεξηγηματική βάση (τουλάχιστον καλύτερη από των συμπεριφοριστικών), ειδικά σε περιπτώσεις όπου το πλαίσιο είναι ο καθοριστικός παράγοντας. Δεν είναι, όμως, εξίσου καλά στην πρόβλεψη, ειδικά όταν διαφορετικά είδη λαθών συμβαίνουν στις ίδιες συνθήκες. Τα σημαντικότερα μοντέλα της κατηγορίας αυτής είναι το SLIM (Embrey et al. 1984), το SMART, το HEART (Williams 1986) και το info gap (Ben-Heim 2001) που παρουσιάζονται στην Παράγραφο 5.6

5.3 Γνωστική προσέγγιση

Η γνωστική προσέγγιση βασίζεται στο γνωστικό υπόδειγμα, το οποίο είδαμε στην Παράγραφο 4.5.2. Επικεντρώνει στη σχέση μεταξύ των ειδών λάθους και των αιτίων τους και όχι στο πότε αυτά θα συμβούν, το οποίο θεωρείται εγγενώς απρόβλεπτο (Dougherty 1997). Ένα γνωστικό λάθος είναι μία ενέργεια ή αδράνεια που βασίζεται σε μία απόφαση, αλλά παράγει ένα ανεπιθύμητο αποτέλεσμα.

Ιδιαίτερα σημαντικό μοντέλο της κατηγορίας αυτής ήταν το SRK του Rasmussen (1983) που ταξινομεί την ανθρώπινη συμπεριφορά σε τρία επίπεδα αναλόγως του είδους της εργασίας που εκτελείται:

- Στη συμπεριφορά «βάσει δεξιοτήτων» ή “skill-based”, όπου η νοητική προσπάθεια είναι περιορισμένη, λόγω των περιορισμένων απαιτήσεων της εργασίας (π.χ. σφράγιση και αρχειοθέτηση πανομοιότυπων αιτήσεων). Στο επίπεδο αυτό συμπεριφοράς, τα λάθη συνήθως έχουν να κάνουν με παράλειψη, επανάληψη, ή μπέρδεμα κάποιων σταδίων μιας ή περισσότερων αλληλουχιών (π.χ. αρχειοθέτηση χωρίς σφράγισμα, διπλό σφράγισμα ή αρχειοθέτηση και σφράγισμα του επόμενου φακέλου, αντίστοιχα).
- Στη συμπεριφορά «βάσει κανόνων» ή “rule-based”, όπου υπάρχουν κάποιες απαιτήσεις νοητικής προσπάθειας, αλλά μέσα σε ένα προκαθορισμένο πλαίσιο κανόνων (π.χ. αρχειοθέτηση διαφορετικών αιτήσεων σε ξεχωριστούς φακέλους). Στο επίπεδο αυτό συμπεριφοράς, το πιο κοινό είδος λάθους είναι η λανθασμένη ενέργεια (π.χ. επιλογή)

λάθος φακέλου).

- Στη συμπεριφορά «βάσει γνώσης» ή “knowledge-based” οι απαιτήσεις νοητικής προσπάθειας είναι αυξημένες, καθώς περιλαμβάνουν νέες καταστάσεις χωρίς προδιαγεγραμμένες ρουτίνες (π.χ. μία νέα εντελώς διαφορετική αίτηση). Στο επίπεδο αυτό τα λάθη μπορεί να είναι, είτε η επιλογή λάθος στόχου, είτε η λάθος εφαρμογή ενός σωστού στόχου (π.χ. απόρριψη μιας σωστής αίτησης ή αρχειοθέτηση μιας μη αποδεκτής αίτησης).

Συνδέοντας τα επίπεδα αυτά με τα δύο επίπεδα νόησης που είδαμε στα Νατουραλιστικά μοντέλα λήψης αποφάσεων:

- Στο «μικρογνωστικό» επίπεδο, η απόφαση είναι αποτέλεσμα ελεγχόμενης και συνειδητής ανάλυσης, κι έτσι απαιτεί σημαντικό χρόνο και νοητική προσπάθεια. Αντιστοιχεί στα επίπεδα «βάσει γνώσης» και «βάσει κανόνων».
- Στο «μακρογνωστικό» επίπεδο, η λήψη αποφάσεων γίνεται με αυτόματη και μη συνειδητή επεξεργασία που βασίζεται πάνω στην εμπειρία και σε εμπειρικούς κανόνες, χωρίς να έχει μεγάλες απαιτήσεις χρόνου και νοητικής προσπάθειας. Αντιστοιχεί στο επίπεδο «βάσει δεξιοτήτων».

Γενικά (Hale 1990), έχουμε την αυθόρμητη τάση να «υποβιβάζουμε» τη συμπεριφορά μας σε επίπεδα που έχουν περισσότερες ρουτίνες και απαιτούν λιγότερη προσπάθεια (από «βάσει γνώσης» σε «βάσει κανόνων» ή από «βάσει κανόνων» σε «βάσει δεξιοτήτων»), τουλάχιστον όταν μπορούμε. Αυτή είναι μία τυπική πηγή λαθών. Παρόμοια κοινή πηγή λαθών είναι και όταν συνεχίζουμε να λειτουργούμε σε χαμηλότερο επίπεδο συμπεριφοράς (π.χ. «βάσει δεξιοτήτων») ενώ οι συνθήκες έχουν πια αλλάξει και θα έπρεπε να αναβαθμίσουμε το επίπεδο. Για παράδειγμα, αν έχουν ανατεθεί και κάποια πιο σπάνια είδη αιτήσεων στον ίδιο υπάλληλο, παρόλο που οι περισσότερες αιτήσεις που λαμβάνει είναι ακόμη του συνηθισμένου είδους.

Τα πιο διαδεδομένα μοντέλα της προσέγγισης αυτής είναι το SRK (Skill, Rurl, Knowledge - Rasmussen 1983), το HCR (Human Cognitive Reliability - Hannaman et al. 1984) και το HCR/ORE, το HERMES (Human Error Risk Management for Engineering Systems - Cacciabue 2004), το TALENT (Task Analysis-Linked Evaluation Technique - Ryan 1988) και το SHARP (Systematic Human Action Reliability Procedure - Hannaman, et al. 1984), που παρουσιάζονται στην Παράγραφο 5.6.

5.4 Κοινωνικο-τεχνική προσέγγιση

Τα οργανωσιακά ή κοινωνικο-τεχνικά μοντέλα εξετάζουν το ανθρώπινο λάθος σαν αποτέλεσμα κοινωνικών και διοικητικών παραγόντων (Lees 1996) και όχι ατομικών. Αφού τα σύνθετα τεχνολογικά συστήματα (όπου το ανθρώπινο λάθος είναι πιο κρίσιμο) τα χειρίζονται ομάδες ανθρώπων και όχι μεμονωμένα άτομα, θα πρέπει να εξετάσουμε την ομαδική συμπεριφορά για την ανάλυση της αξιοπιστίας. Η ομαδική συμπεριφορά, όπως ήδη είδαμε στην Παράγραφο 4.5.2, δεν είναι απλώς το άθροισμα των ατομικών συμπεριφορών των μελών της ομάδας, αλλά εμπλουτίζεται από την επικοινωνία και τη συνεργασία τους σε μία δυναμική διαδικασία. *«Η συμπεριφορά ενός πληρώματος δεν είναι ο γραμμικός συνδυασμός των συμπεριφορών των ατόμων που το απαρτίζουν»* (Kantowitz & Fujita 1990).

Δύο σημαντικές έννοιες στην προσέγγιση αυτή είναι η «ομαδική σκέψη» (“team thinking” – διαφορετική από το “groupthink”), για συστήματα όπου τα στοιχεία τους είναι ανεξάρτητα, και η «εξάρτηση» (“dependence”), για συστήματα όπου τα στοιχεία τους αλληλεπιδρούν (Greenstreet Bertman, 2001):

Η «ομαδική σκέψη» είναι το φαινόμενο κατά το οποίο οι άνθρωποι ακολουθούν μία λανθασμένη εκτίμηση κάποιου άλλου χωρίς να την εξετάζουν αρκετά (π.χ. επειδή εμπιστεύονται τον άλλο ή απλά νομιμοποιούνται αφού κάποιος άλλος το εξέτασε ήδη). Έτσι, το λάθος ενός ατόμου μεταφέρεται απaráλλαχτο και από τους άλλους χωρίς να το αμφισβητήσουν. Τέτοια φαινόμενα θεωρείται ότι είναι από τα σημαντικότερα αίτια για την αστοχία συστημάτων που έχουν ανεξάρτητα/παράλληλα μέτρα πρόληψης τα οποία, όμως, δεν ενεργοποιούνται αυτόματα, αλλά μόνο μετά από ανθρώπινη κρίση (π.χ. «να το δει και ένα δεύτερο μάτι»).

Η «εξάρτηση» είναι ένας γενικός όρος που περιγράφει την κατάσταση όπου κάποια στοιχεία τα οποία θεωρητικά είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, στην πραγματικότητα δεν είναι έτσι. Κάποιο είδος προσωπικού, διαπροσωπικού ή εξωτερικού παράγοντα δημιουργεί μία κρυφή σύνδεση μεταξύ δύο ενεργειών ή γεγονότων, τα οποία είχαν σχεδιαστεί εξ' αρχής να είναι ανεξάρτητα, ώστε η αστοχία του ενός να μην επηρεάζει το άλλο (και έτσι θεωρούμε ότι είναι ακόμη). Υπάρχουν δύο είδη εξάρτησης:

- Τα λάθη κοινού αιτίου (CCF - Common Cause Failures), όπου μια σειρά ανθρώπων κάνουν το ίδιο ή παρόμοια λάθη (π.χ. και οι δύο ηλεκτρολόγοι που ζητήσαμε να εξετάσουν τη βλάβη δεν την εντόπισαν, λόγω του ότι και οι δύο είχαν την ίδια ανεπαρκή εκπαίδευση). Στην περίπτωση αυτή, η πιθανότητα το κάθε άτομο να κάνει το λάθος εξαρτάται από την κοινή συνθήκη (π.χ. εκπαίδευση).
- Ανθρωπογενής ή εσωτερική εξάρτηση, όπου μία ανθρώπινη ενέργεια δημιουργεί εξάρτηση μεταξύ δύο ή περισσότερων συστημάτων που θεωρούνται ανεξάρτητα (π.χ. έχουμε δύο εναλλακτικές αντλίες ώστε να μην μείνουμε χωρίς παροχή, αλλά συντηρούνται από τον ίδιο τεχνικό, ο οποίος κάνει το ίδιο λάθος και στις δύο, απενεργοποιώντας τες ταυτόχρονα).

Τα κοινωνικο-τεχνικά μοντέλα δεν είναι από μόνα τους επαρκή ως μέθοδοι, αφού δεν εντοπίζουν την πηγή του λάθους, αλλά μόνο το πώς το λάθος μπορεί να επεκταθεί σε όλο το σύστημα. Όμως, δίνουν μία απαραίτητη οπτική για την εξέταση σύνθετων συστημάτων, όπου οι αλληλεπιδράσεις είναι ο κύριος παράγοντας.

5.5 Μοντέλα 2ης γενιάς

Προς το τέλος του 20^{ου} αιώνα παρουσιάστηκε μία σειρά πιο σύνθετων μοντέλων ανθρώπινου λάθους (τα αποκαλούμενα «μοντέλα 2^{ης} γενιάς»), τα οποία προσπάθησαν να συνδυάσουν χαρακτηριστικά διαφορετικών προηγούμενων μοντέλων με πιο εξελιγμένες και εφαρμοσμένες τεχνικές. Ο σκοπός τους ήταν να παρέχουν πιο πρακτικά εργαλεία για την πρόβλεψη πιθανών ανθρώπινων λαθών. Τέτοια μοντέλα ήταν το IDAC (Information - Decision - Action – Crew, Mosleh & Chang 2004), το ATHEANA (A Technique for Human Error Analysis - Cooper et al. 1996), το CAHR (Connectionism Assessment of Human Reliability - Sträter 2000) και το CREAM (Cognitive Reliability Error Analysis Method – Hollnagel 1998) που παρουσιάζονται συνοπτικά στην Παράγραφο 5.6.

5.6 Τεχνικές και Μεθοδολογίες

Στην Παράγραφο αυτήν περιγράφονται συνοπτικά τεχνικές, και μοντέλα που αναφέρθηκαν στις διάφορες προσεγγίσεις του Κεφαλαίου αυτού. Σημειώνεται ότι δεν αποτελεί εξαντλητικό κατάλογο, ούτε πλήρη περιγραφή. Ο αναγνώστης που επιθυμεί να εφαρμόσει μία τεχνική, τότε θα πρέπει να καταφύγει σε αναλυτικό εγχειρίδιό της.

Absentmindedness (Reason, 1990). Βασίζεται στο SRK αλλά κάνει διάκριση των λαθών σε “slips” (λάθος στην εκτέλεση ενός σωστού σχεδίου), “lapses” (λάθος όπου η ηθελημένη ενέργεια δεν εκτελέστηκε λόγω αστοχίας της μνήμης), “mistakes” (λάθος στον καθορισμό του πλάνου δράσης, όπως διάγνωση, λήψη αποφάσεων ή σχεδιασμός) και violations (σκόπιμες ενέργειες που επιδιώκουν τους κατάλληλους στόχους αλλά αψηφούν κάποιο πρότυπο, διαδικασία ή πρακτική). Χρησιμοποιώντας τα επίπεδα συμπεριφοράς SRK, ο Reason ανέπτυξε μια μεγάλη λίστα τύπων λαθών, καθώς και τις συνθήκες που ευνοούν την εμφάνισή τους.

AEA (Action Error Analysis). Πρόκειται για αναλυτική τεχνική που επικεντρώνεται στην ανθρώπινη απόδοση, επιχειρώντας να εντοπίσει προβλήματα σε σχέση με γραπτές εντολές. Καταγράφει τις ανθρώπινες ενέργειες και τις τοποθετεί σε μία ακολουθία, εντοπίζοντας τις συνέπειες. Αφού καταγράψει τη σωστή ακολουθία συμπληρώνει σε κάθε στάδιο τα λάθη και τα συνέπειες.

ASSET. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε από τη Διεθνή Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (IAEA). Υποθέτει ότι οι τα συμβάντα οφείλονται σε αστοχίες λόγω λανθανουσών καταστάσεων που δεν εντοπίζονται, λόγω αδυναμιών των συστημάτων ελέγχου των πυρηνικών εγκαταστάσεων. Το μοντέλο επιχειρεί να εντοπίσει τα βασικά αίτια κάθε συμβάντος επικεντρώνοντας αποκλειστικά στον έλεγχο των εσωτερικών παραγόντων.

ATHEANA (A Technique for Human Error Analysis - Cooper et al. 1996). Είναι μία μέθοδος που βασίζεται σε ένα πολυσυλλεκτικό πλαίσιο που εξετάζει τόσο τους ανθρωποκεντρικούς παράγοντες όσο και τις συνθήκες του συστήματος που προκαλούν την ανάγκη δράσης και αλληλεπιδράσεων (Konstantinidou et al. 2006). Η προσέγγιση της ATHEANA είναι να μοντελοποιήσει τους πλαισιακούς παράγοντες (PSF) με μεγαλύτερη έκταση. Μπορούν να εμπλουτιστούν λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικά είδη στοιχείων για την απόδοση αξιοπιστίας συστημάτων ανθρώπου – μηχανής (Pyg 2000). Η ATHEANA (όπως και η HEART) βασίζεται σε κρίσεις για την εκτίμηση της πιθανότητας λάθους για συγκεκριμένο πλαίσιο και δραστηριότητα (Hallbert et al. 2004).

CAHR (Connectionism Assessment of Human Reliability - Sträter 2000). Πρόκειται για μία ηλεκτρονικά υποστηριζόμενη μέθοδο που διαχωρίζει τα συμβάντα σε «τεχνικά», «σχετιζόμενα με ανθρώπινους παράγοντες» και συμβάντα «ανθρωπίνων παραγόντων». Στηρίζεται σε έναν αλγόριθμο «συνδεσιμότητας (“connectionism”) και στην υπόθεση ότι η ανθρώπινη απόδοση επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση πλήθους συνθηκών και παραγόντων και όχι από ατομικούς παράγοντες που μπορούν να εξεταστούν μεμονωμένα.

CREAM (Cognitive Reliability Error Analysis Method – Hollnagel 1998). Βασίζεται σε ένα μοντέλο (COCOM – Cognitive Control Model – Hollnagel 1998) που αποτελεί συνδυασμό επιπέδων λειτουργίας (όπως τα νατουραλιστικά μοντέλα ή η SRK, αλλά με 4 επίπεδα: ακανόνιστο,

ευκαιριακό, τακτικό και στρατηγικό), καθώς και περιβαλλοντικών παραγόντων (PSF, όπως στα πλαίσιακά μοντέλα), και παρουσιάζει ένα σύστημα ταξινόμησης λαθών που συμπεριλαμβάνει ατομικούς, τεχνολογικούς και οργανωσιακούς παράγοντες (Konstantinidou et al. 2006).

FLIM (Failure Likelihood Index Method): βλέπε SLIM

HCR (Human Cognitive Reliability -Hannaman et al. 1985). Πρόκειται για συνδυασμό του μοντέλου επεξεργασίας πληροφοριών SRK και της TRC. Ο στόχος της μεθόδου αυτής είναι η ποσοτικοποίηση των πιθανοτήτων ανθρώπινου λάθους ανεξαρτήτως χρόνου. Αντιπροσωπεύεται από τρεις καμπύλες TRC που αντιστοιχούν στους τρεις τύπους γνωστικής επεξεργασίας της SRK. Οι μορφές των καμπυλών προσεγγίζονται με μία κατανομή Weibull τριών παραμέτρων (Hannaman et al. 1985) Η μέθοδος **HCR/ORE** είναι μία εξέλιξη της HCR, η οποία εισάγει μία τροποποιημένη συσχέτιση της HCR για καλύτερη εφαρμογή σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές: αντί για κατανομή Weibull χρησιμοποιείται μία εκθετική κατανομή για να χαρακτηρίσει τις καμπύλες χρόνου – αξιοπιστίας χειριστή. Υποστηρίζεται από βάση δεδομένων της EPRI (Electrical Power Research Institute, 1990)

HEART (Human Error Assessment and Reduction Technique – Williams 1986). Στην τεχνική αυτή η πιθανότητα λάθους αντιμετωπίζεται σαν συνάρτηση του είδους της δραστηριότητας και των σχετικών παραγόντων επηρεασμού, δηλαδή τους PSF (Jo & Park 2003). Η ανθρώπινη αξιοπιστία θεωρείται και εδώ άμεσα εξαρτώμενη από τους PSF. Τα καθήκοντα γενικής χρήσης και οι αντίστοιχες πιθανότητες λάθους τροποποιούνται μέσω της εφαρμογής συντελεστών συνθηκών παραγωγής λαθών (Williams 1986). Η μέθοδος βασίζεται σε κάποια συγκεκριμένη ταξινόμηση στοιχειωδών δραστηριοτήτων που περιλαμβάνει ονομαστικές πιθανότητες λάθους, όπως στην THERP, όπου, όμως προστίθεται και η επίδραση των PSF με συγκεκριμένους συντελεστές βαρύτητας, όπως στην SLIM (Lees 1996).

HERMES (Human Error Risk Management for Engineering Systems - Cacciabue 2004). Είναι μία αναλυτική – συνθετική μέθοδος βασισμένη, όμως, στις αρχές της γνωστικής ψυχολογίας. Η μέθοδος αυτή επιχειρεί να λάβει υπόψη όλες τις οπτικές γωνίες και να καθορίσει μία χρονική και λογική σειρά. Η διαφοροποίηση της από την THERP έγκειται στη γνωστική βάση της. Ενώ η πιθανότητα λάθους στο στοιχειώδες έργο στη THERP εκτιμάται χωρίς εξήγηση, η προσέγγιση HERMES στοχεύει στην κατανόηση των μηχανισμών.

HSYS (Byers et al. 1991). Είναι ένα μοντέλο ανάλυσης της ανθρώπινης απόδοσης βασισμένο σε ένα δέντρο γεγονότων που ακολουθεί πέντε διαδοχικά στοιχεία: απόφαση, κατανόηση απόφασης, επιλογή δράσης, σχεδιασμός δράσης, εκτέλεση δράσης, τα οποία στη συνέχεια διασπώνται ακόμη περισσότερο. Όλα τα στοιχεία είναι απαραίτητα για την επίτευξη της ασφάλειας.

IDAC (Information - Decision - Action – Crew, Mosleh & Chang 2004) Είναι ένα αιτιολογικό μοντέλο που βασίστηκε σε ευρήματα της γνωστικής και συμπεριφοριστικής ψυχολογίας, και των μοντέλων πρώτης γενιάς. Μοντελοποιεί την ατομική συμπεριφορά στο πλαίσιο ενός πληρώματος και υπό μη κανονικές συνθήκες. Καλύπτει όλες τις φάσεις της δυναμικής αντίδρασης από την εκτίμηση κατάστασης, τη διάγνωση και την αντίδραση. Αποτελείται από αφαιρετικά μοντέλα για την επεξεργασία της πληροφορίας, τη λήψη απόφασης και τη δράση για όλο το πλήρωμα μέσω φανερών αιτιολογικών αλυσίδων. Το λάθος έχει νόημα μόνο μέσα στο πλαίσιο όπου συμβαίνει (π.χ. η παράλειψη ενός προδιαγεγραμμένου βήματος είναι παραβίαση κανόνων αλλά μπορεί να είναι και η κατάλληλη αντίδραση για τη συγκεκριμένη κατάσταση).

Info gap model (Ben-Heim 2001). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό το λάθος είναι αποτέλεσμα του χάσματος πληροφορίας, δηλαδή μιας ανισότητας μεταξύ του τι γνωρίζει ο λήπτης αποφάσεων και του τι θα μπορούσε να είναι γνωστό για την κατάσταση.

NDM (Nominal Diagnosis Model – Dougherty & Fragola 1988) Είναι παραλλαγή της TRC, η οποία εστιάζει στην καμπύλη TRC για τη διάγνωση. Η καμπύλη αυτή (σε αντίθεση με την άλλη καμπύλη που συνήθως περιλαμβάνεται στα μοντέλα TRC, δηλαδή την απόδοση μετά τη διάγνωση) αντιστοιχεί και σε απόδοση ομάδας και όχι μόνο σε ατομική απόδοση, ενώ μπορεί να προσεγγιστεί ικανοποιητικά από λογαριθμική κατανομή. Μία παραλλαγή του είναι το μοντέλο επάνδρωσης (manning)

PHEA (Predictive Human Error Analysis – Murgatroyd & Tate 1987, Embrey 1990). Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε κρίσιμες υποδομές και συστήματα και συνήθως υποστηρίζεται ηλεκτρονικά. Περιλαμβάνει τη συστηματική ανάλυση των εργασιών με τρεις τύπους ανάλυσης: preconditioned (λάθη στο σχεδιασμό), embedded (λάθη από την εξειδίκευση του σχεδιασμού), task (λάθη σε χαμηλό επίπεδο).

SHARP (Systematic Human Action Reliability Procedure – Hannaman et al. 1984) Είναι μία μέθοδος που υιοθετεί ταυτόχρονα την HCR και την THERP σαν μεθόδους για την εκτίμηση των γνωστικών και διαδικαστικών λαθών αντίστοιχα (Fujita 1992). Εξετάζονται δύο γνωστικά επίπεδα συμπεριφοράς χειριστή (Bersini et al. 1988): Το πρώτο, το υψηλό επίπεδο λήψης αποφάσεων (High Level Decision Making - HLDM) και το δεύτερο, το χαμηλό επίπεδο λήψης αποφάσεων (Low Level Decision Making - LLDM), κατά την αναλογία «μικρογνωσίας» και «μακρογνωσίας».

SLIM (Success Likelihood Index Method – Embrey et al. 1984). Η μέθοδος αυτή εξετάζει όχι μόνο την ποιότητα των παραμέτρων επηρεασμού απόδοσης (PSF), αλλά και τη βαρύτητα της επιρροής τους (Lees 1996). Η βασική της αρχή της είναι ότι το ενδεχόμενο λάθος σε μία συγκεκριμένη κατάσταση εξαρτάται από τη συνδυασμένη επίδραση σχετικά λίγων PSF, είτε ανθρώπινων (ικανότητα, νοητική φόρτωση, ένταση, διορθώσεις), είτε σχετιζόμενων με τις συνθήκες της εργασίας (διαθέσιμος χρόνος, συναγερμοί, λοιπά βοηθήματα) (Raafat & Abdouni 1987). Για το λόγο αυτό χρησιμοποιεί μία σχέση της μορφής $SLI = \sum r_i w_i$, όπου r ένας συντελεστής σχετικότητας και w ένας συντελεστής βαρύτητας, καθορισμένοι από γνώμες ειδικών (Lees 1996). Η πιθανότητα λάθους (HEP) υπολογίζεται ως $\log_{10}(HEP) = a SLI + b$, όπου a και b είναι σταθερές που υπολογίζονται από περιπτώσεις με γνωστή πιθανότητα λάθους.

SMART (Simple Method for Assessing the Reliability of Tasks). Η μέθοδος αυτή αναγνωρίζει κάποιες κατηγορίες παραγόντων επηρεασμού E (αντίστοιχων με τους PSF) και κάποιους τύπους καθηκόντων με ονομαστικές πιθανότητες λάθους (HEP_0). Υπολογίζει την πιθανότητα λάθους για κάθε καθήκον σε ένα πλαίσιο εργασίας με i παράγοντες επηρεασμού ως: $HEP = HEP_0 \cdot \prod [(E_i - 1) \cdot W_i + 1]$ για κάθε έναν από τους i παράγοντες.

SPAR (Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis - Byers et al. 2000). Η μέθοδος αυτή επιχειρεί να υπολογίσει πιθανότητες λαθών σε πολύπλοκα συστήματα. Εστιάζει στον εντοπισμό και αξιολόγηση (PSFs), και της επίδρασής τους μέσω πέντε βημάτων: κατηγοριοποίηση λαθών (διαγνωστικά, εκτέλεσης ή συνδυασμός τους), προσδιορισμός PSF (χρησιμοποιεί οκτώ), εκτίμηση πιθανοτήτων λάθους (προεκτιμήσεις για κάθε κατηγορία λάθους), εκτίμηση αλληλεπίδρασης ενεργειών, ρυθμίσεις και διορθώσεις.

SRK (Skill, Rule, Knowledge – Rasmussen, 1983). Είναι το πλέον συζητημένο μοντέλο

ανθρώπινου λάθους στη βιβλιογραφία. Σύμφωνα με αυτό, διακρίνονται τρία είδη ή επίπεδα ανθρώπινης συμπεριφοράς σε διεργασίες ελέγχου: “skill-based” (ρουτίνες στον «αυτόματο πιλότο»), “rule-based” (επιλογή ρουτίνας από ένα μεγάλο οπλοστάσιο δυνατών ρουτίνων) και “knowledge-based” (δεν υπάρχουν ρουτίνες, οπότε η δράση πρέπει να σχεδιαστεί εξ’ αρχής). Η κάθε κατηγορία έχει τα δικά της είδη λαθών, καθώς και τα λάθη επιλογής ακατάλληλου επιπέδου συμπεριφοράς (πιο απλού από ότι θα έπρεπε).

TALENT (Task Analysis-Linked Evaluation Technique – Ryan 1988). Βασίζεται στην παραδοχή ότι τα άτομα σε πολύπλοκα συστήματα και ιδιαίτερα σε περιόδους υψηλού στρες οδηγούνται στη δράση ή απραξία κυρίως από λανθάνοντες και γνωστικούς, ή συμπεριφοριστικούς και κοινωνικούς παράγοντες, και όχι από παράγοντες σχετιζόμενους με τον εξοπλισμό (Ryan 1990). Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή, τα άτομα και οι ομάδες σε συστήματα υψηλής αξιοπιστίας, ιδιαίτερα κατά τις μη φυσιολογικές καταστάσεις, συμπεριφέρονται σαν ανθρώπινα όντα με ελεύθερη βούληση και κοινωνικά ένστικτα παρά σαν αυτόματα που κινούνται από μηχανική λογική (Ryan 1990). Το TALENT ουσιαστικά αποτελεί μία επιλεκτική μέθοδο που συνδυάζει διάφορες προσεγγίσεις σε διαφορετικά «στρώματα» (“layers”) ανάλυσης.

THERP (Technique for Human Error Rate Prediction). Αναπτύχθηκε στα εργαστήρια Sandia (ΗΠΑ), χρησιμοποιεί ψηφιακή λογική και είναι αναλυτική - συνθετική. Ξεκινά από μία ανάλυση δραστηριοτήτων, αποσυνθέτοντας τες σε στοιχειώδεις ενέργειες και στη συνέχεια περιγράφοντας τες μέσω δέντρων γεγονότων. Οι πιθανότητες λάθους ανά δραστηριότητα στη συνέχεια συντίθενται ως υπό συνθήκη πιθανότητες αλγεβρικά από τις επί μέρους πιθανότητες των στοιχειωδών ενεργειών (Lees 1996). Αναπτύχθηκαν και διάφορες παραλλαγές της.

TRC (Time-Reliability Correlation). Ξεκίνησε στη δεκαετία του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή παρόλο που υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση, ο χρόνος είναι ο σημαντικότερος (Lees 1996). Η TRC, λοιπόν, εκφράζει την πιθανότητα αστοχίας σαν συνάρτηση του χρόνου (Pyg 2000). Η βασική υπόθεση της συσχέτισης χρόνου-αξιοπιστίας ήταν ότι όσο μεγαλύτερος ο διαθέσιμος χρόνος διάγνωσης τόσο μεγαλύτερη η αξιοπιστία (Fujita 1992). Στα μέσα της δεκαετίας του 1980 οι αρχές της TRC συνδυαστήκαν με διάφορα άλλα μοντέλα, όπως **OAT** (Hall et al. 1982), **ASEP-TRC** (Swain & Guttman 1983, Swain 1987), **ORE** (Moieni et al. 1989).

6. Αναφορές

- Ajzen I. 1991. The Theory of Planned Behaviour. Organizational and Human Decision Processes. Vol 50. pp 159-211.
- Ale B. J. M, Bellamy L., Geyer T. A., Goosens L. H. J., Hale A. R., Oh J., Mud M., Bloemhof A., Papazoglou I. A., Whiston J. Y. 2006. Story Builder a Tool for the analysis of Accident Reports. Reliability Engineering and System Safety 92(6), pp. 735-744
- Allais M. 1953. Le Comportement de l' Homme rationnel devant le Risque: Critique le Postulats et Axioms de L' Ecole Américaine. Econometrica. 21. pp. 503-546.
- Allpress J., A., Leland, L., S., 2010. Reducing traffic speed within roadwork sites using obtrusive perceptual countermeasures. Accident Analysis and Prevention, 42, 377-383
- Anderson J. R. 2014. Cognitive Psychology and its Implications (8th Edition). New York: Worth Publishers
- Andrews J. D., Moss T. R. 2002. Reliability and Risk Assessment. 2nd ed. Professional Engineering Publishing.
- Armor, D. A., & Taylor, S. E. (2002). When predictions fail: The dilemma of unrealistic optimism. In T. Gilovich, D. W. Griffin, & D. Kahneman (Eds.), *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgement* (pp. 334–347). Cambridge: Cambridge University Press.
- Barlett 1943. Fatigue Following Highly Skilled Work. Proceedings of the Royal Society. Series B. 131. 247.
- Ben-Heim Y. 2001. Information-Gap Decision Theory: Decisions Under Severe Uncertainty. London: Academic Press.
- Benner L. Jr. 1975. Accident Investigations: Multilinear Events Sequencing Methods. Journal of Safety Research. V. 7. N. 2. pp. 67 – 73. Washington DC. USA. Retrieved in: Livingston A. D., Jackson G., Priestley K. 2001. Root Causes Analysis: Literature Review. HSE Contract Research Report. 325/2001. Available at: www.hse.gov.uk
- Benson, A. J. (1990). Sensory functions and limitations of the vestibular system. In R. Warren & A. H. Wertheim (Eds.), *Perception and control of self motion* (pp. 145–170). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bersini U., Cacciabue P. C., Mancini G. 1988. Cognitive Modelling : A Basic Complement of Human Reliability Analysis. Reliability Engineering and System Safety. 22. pp. 107-128.
- Bieder C., Le Bot P. Desmares E., Cara F., Bonnet J. L. 1998. MERMOS: EdF's New Advanced HRA Method. In: Mosleh A., Bari R (eds.). Proceedings of an International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management. New York. September 1998. Springer Verlag. pp. 129 – 134.
- Bikhchandi, S., Hirschleifer, D., & Welch, I. (1992). A theory of fads, fashion, custom and cultural change as informational cascades. *Journal of Political Economy*, 100, 992–1026.

- Billinton R. Alan R. 1983. Reliability Evaluation of Engineering Systems. London. Pitman.
- Bird F. E. Jr, Germain GL. 1985. Proactical Loss Control Leadership, ILCI, Loganville. Georgia. Retrieved in: Livingston A. D., Jackson G., Priestley K. 2001. Root Causes Analysis: Literature Review. HSE Contract Research Report. 325/2001. Available at: www.hse.gov.uk
- Brainard, D. H., & Radonjić, A. (2014). Color constancy. In L. M.Chalupa & J. S. Werner (Eds.), *The new visual neurosciences* (pp. 545–556). Cambridge, MA: MIT Press
- Bruun, O., Rasmussen, A., & Taylor, J. R. (1979). Cause consequence reporting for accident reduction. The accident anatomy method. Risø-M No. 2206
- Byers, J. C., Harbour, J. L., & Wilhelmsen, C. A. (1991). HSYS: A Computerized Methodology for Analyzing Human Performance in Complex Operational Settings. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, 35(16), 1173.
- Cacciabue P. C. 1998. Modeling and Simulation of Human Behaviour for Safety Analysis and Control of Complex Systems. *Safety Science*. Vol. 28. No. 2. pp.97-110.
- Cacciabue P. C. 2004. Human Error Risk Management for Engineering Systems: A Methodology for Design, Safety Assessment, Accident Investigation and Training. *Reliability Engineering and System Safety*. 83. pp. 229-240.
- Caridis P. 1999. CASMET Casualty Analysis Methodology for Maritime Operations. Final Report for Publication October 1999. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/CASMET-CASUALTY-ANALYSIS-METHODOLOGY-FOR-MARITIME-Caridis/ca67f-692ce2f3090840ec5b9c0bcacd8126552ac>
- Carswell C. M., and Wickens C. D. 1987. Information Integration and the Object Display: An interaction of Task Demands and Display Superiority. *Ergonomics*, 30, pp. 511-527
- Cleary P. D. 1987. Why People take Precautions Against Health Risks. In N. D. Weinstein (Ed.). *Taking Care: Understanding and Encouraging Self-Protective Behavior*. pp. 119-149. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cooper S. E., Ramey – Smith A. M., Wreathall J., Parry G. W., Bley D. C., Luckas W. J., Taylor J. H., Barriere M. T. 1996. A Technique for Human Error Analysis (ATHEANA) – Technical Basis and Methodology Description. NUREG/CR-6350. U.S. Nuclear Regulatory Commission. May 1996. 86 p. + app. 24p.
- DeCock G., Bouwen R., de Witte K. 1986. Organisatieklimaat : Een Opdracht Voor het Personeelbeleid ? Praktisch Personeelsbeleid. *Capita Selecta*. 16. pp. 1-20.
- Dougherty E. M. 1997. Is Human Failure a Stochastic Process? *Reliability Engineering and System Safety*. 55. pp. 209-215.
- Dougherty, Jr., E.M., & J.R. Fragola, 1988. *Human Reliability Analysis: A Systematic Engineering Approach with Nuclear Power Plant Applications*, Wiley - Interscience, New York, New York (USA).
- Douglas M, Wildavsky A. 1982. *Risk and Culture*. University of California Press. Berkeley

Dyhrberg M. B., Jensen P. L. 2004. Organizations in Context: Proposal for a New Theoretical Approach in Prescriptive Accident Research. *Safety Science*. 42. pp. 961-977.

Einhorn, H. J., & Hogarth, R. M. (1978). Confidence in judgment: Persistence of the illusion of validity. *Psychological Review*, 70, 193–242.

Electrical Power Research Institute. 1990. Operator Reliability Experiments Using Power Plant Simulators. EPRI NP-6937. Palo Alto. CA. 1990. Retrieved in: Lydell B.O.Y. Human Reliability Methodology. A Discussion of the State of the Art. *Reliability Engineering and System Safety*. 36. pp. 15-21.

Ellsberg D. 1961. Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms. *Quarterly Journal of Economics*. 75 (4): 643–669.

Embrey D. E., Humphreys P., Rosa E. A., Kirwan B., Rea K. 1984. SLIM-MADUD: An Approach to Assessing Human Error Probabilities Using Structured Expert Judgement. NUREG/CR-3518. US Nuclear Regulatory Publication.

Embrey D. E., Humphreys P., Rosa E. A., Kirwan B., Rea K. 1984. SLIM-MADUD: An Approach to Assessing Human Error Probabilities Using Structured Expert Judgement. NUREG/CR-3518. US Nuclear Regulatory Publication. Retrieved in: Mosleh A., Chang Y. H. 2004. Model-Based Human Reliability Analysis: Prospects and Requirements. *Reliability Engineering and System Safety*. 83. pp. 241-253

Festinger, L. (1957). A theory of cognitive dissonance. Evanston, IL: Row, Peterson.

Fischhoff B., Slovic P., Lichtenstein S. 1980. Subjective Sensitivity Analysis. *Organisational Behaviour and Human Decision Making Processes*. June, vol. 23(3), pp. 127-152.

Fischhoff, B., Slovic, P., Lichtenstein, S. (1977). Knowing with certainty: The appropriateness of extreme confidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 552–564.

Fishbein M., Ajzen I. 1975. *Belief, Attitude, Intention and Behaviour: An Introduction to Theory and Research*. Reading, MA Addison – Wesley.

Fleury D. & Brenac T. 2001 Accident prototypical scenarios, a tool for road safety research and diagnostic studies. *Accid Anal Prev*. Mar; 33(2):267-76.

Fujita Y. 1992. Human Reliability Analysis: A Human Point of View. *Reliability Engineering and System Safety*. 38. pp. 71-79.

Fuller, R. (2011). Driver control theory: from task difficulty homeostasis to risk allostasis. In Porter, B. (Ed.), *Handbook of Traffic Psychology*. London: Academic Press.

Gadd S., Collins A. M. 2002. Safety Culture: A Review of the Literature. HSL/2002/25. Available at: www.hse.gov.uk

Gardner E. P., Martin J. H. 2000. Coding of sensory information. In E. R. Kandel, J. H. Schwarz, T. M. Jessel (Eds). *Principles of Neural Science* (Vol. 4, pp. 430-450. Amsterdam. Elsevier

Gardner, E. P., Martin, J. H., & Jessell, T. M. (2000). The bodily senses. In E. R. Kandel, J. H.

Schwartz, & T. M. Jessell (Eds.), Principles of neural science (Vol. 4, pp. 430–450). Amsterdam: Elsevier.

Gegenfurtner K. R., Sharpe L. T. 1999. Color Vision: From Genes to Perception. New York. Cambridge University Press.

Gibson J. 1961. The Contribution of Experimental Psychology to the Formulation of the Problem of Safety. In: Behavioral Approaches to Accident Research. Association for the Aid of Crippled Children. New York.

Gibson, J. J. (1966). The senses considered as perceptual systems. Boston: Houghton Mifflin.

Gigerenzer, G., & Gaissmaier, W. (2011). Heuristic decision making. Annual Review of Psychology, 62(1), 451–482.

Green E. 1998. The Use of Evaluation Strategies to Assess the Effectiveness of Public Information Campaigns. The Institute for Health and Environment. Retrieved in Weyman A. K., Kelly C. J., 1999. Risk Perception and Risk Communication: A Review of Literature. HSE Contract Research Report 248/1999. Available at: www.hse.gov.uk

Greenstreet Berman Ltd. 2001. Preventing the Propagation of Error and Misplaced Reliance on Faulty Systems: A guide to Human Error Dependency. Offshore Technology Report 2001/053. Available at: www.hse.gov.uk

Guldenmund FW. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. Safety Science. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.

Haastrup P., Funtowicz S. 1992. Accident Generating Systems and Chaos: A Dynamic Study of Accident Time Series. Reliability Engineering and Systems Safety. 35. pp. 31-37.

Haddon W. 1968. The Changing Approach to Epidemiology, Prevention and Amelioration of Trauma. American Journal of Public Health. 58 (8). Pp. 1431 – 1438.

Hale A. R. 1990. How People Learn to Live with Risk: Prediction and Control. Journal of Occupational Accidents. 13. pp. 33-45.

Hale A. R., Glendon A. I. 1987. Individual Behaviour in the Control of Danger. Elsevier Science Publishers. Amsterdam, The Netherlands.

Hale A. R., Hale M. 1970. Accidents in Perspective. Occupational Psychology. 44. pp. 115 – 121.

Hale A. R., Heming B. H. J., Carthey J., Kirwan B. 1997. Modelling of safety management systems. Safety Science 26(1):121-140

Hall R. E., Wreathall J., Fragola J. R. 1982. Post Event human Decision Errors: Operator Action/Time reliability Correlations. NUREG/CR-3010. Washington, DC: US Nuclear Regulatory Commission.

Hallbert B., Gertman D., Lois E., Marble J., Blackman H., Byers J. 2004. The Use of Empirical Data Sources in HRA. Reliability Engineering and System Safety. 83. pp. 139-143

Hannaman G. W., Spurgin A. J., Lukic Y. D. 1984. Human Cognitive Reliability Model for PRA

Analysis. NUS-4531. Electric Power Research Institute.

Hannaman G. W., Spurgin A. J., Lukic Y. D. 1984. Human Cognitive Reliability Model for PRA Analysis. NUS-4531. Electric Power Research Institute.

Hannaman G. W., Spurgin A. J., Lukic Y. D. 1985. A Model for Assessing Human Cognitive Reliability and PRA Studies. IEEE Third Conference on Human Factors and Nuclear Power Plants, Monterey, California, June 23-27.

Heinrich, H.W., 1956. Industrial Accident Prevention, McGraw Hill, New York

Helmreich R. L., Musson D. M. 2003. The University of Texas Threat and Error Management Model: Components and Examples. Available at: <https://webhome.auburn.edu/~johnsrd/4050/Slides/latent.pdf>

Hendrick K., Benner L. Jr. 1987. Investigating Accidents with S-T-E-P. New York: Marcel Dekker.

Hendrick K., Benner L. Jr. 1987. Investigating Accidents with S-T-E-P. New York: Marcel Dekker.

Henley E. J., Kumamoto H. 1981. Reliability Engineering and Risk Assessment. Englewood Cliffs. NJ. Prentice Hall.

Hick W. E. 1952. On the rate of gain of information. Quaterly Journal of Experimental Psychology, 4. Pp. 11-26

Hogarth R. M., Einhorn H. J. 1990. Venture Theory: A Model of Decision Weights. Management Science, 36, pp. 780 – 803.

Hogarth, R. M. (Ed.) (1982). Question framing and response consistency: New directions for methodology of social and behavioral science, No. 11. San Francisco, CA: Jossey-Bass

Hollnagel E. 1992. Coping, Coupling and Control: The Modelling of Muddling Through. Invited Presentation for “Mental Models and Everyday Activities”, 2nd Interdisciplinary Workshop on Mental Models. March 23-25. 1992. Robinson College. Cambridge. UK

Hollnagel E. 1992. Coping, Coupling and Control: The Modelling of Muddling Through. Invited Presentation for “Mental Models and Everyday Activities”, 2nd Interdisciplinary Workshop on Mental Models. March 23-25. 1992. Robinson College. Cambridge. UK

Hollnagel E. 1998. Cognitive Reliability and Error Analysis Method. Elsevier Science Ltd.

Hollnagel E. 2002. Barrier Analysis and Accident Prevention. 2002 Human-Technology Integration Colloquium Series, Air Force Research Laboratory, Human Effectiveness Directorate. Available at: http://iac.dtic.mil/hsiac/docs/Colloquia_Hollnagel.ppt

Hollnagel E. 2004. Barriers and Accident Prevention: Or How to Improve Safety by Understanding the Nature of Accidents Rather Than Finding Their Causes. Ashgate Publishing Limited, New York

Hollnagel E. 2005. Accident Models and Accident Analysis. Available at: www.hmi.kth.se/Courses/HMI605.html

- Hollnagel, E. (2012). The Functional Resonance Analysis Method: Modelling complex socio-technical systems. Farnham, UK: Ashgate.
- Houston D. E. L. 1971. New Approaches to the Safety Problem. Major Loss Prevention. p. 210. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Houston D. E. L. 1977. Private Communication with Lees. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- HSE 2004. HSG (245) – Investigating accidents and Incidents. HSE, UK
- Huang Y-H. 2007. Having a New Pair of Glasses. Applying Systemic Accident Models on Road Safety. Linköping Studies in Science and Technology. Dissertation No. 1051. Available at: www.diva-portal.org/diva/getDocument?urn_nbn_se_liu_diva-8189-1__fulltext.pdf
- Hudoklin A., Rozman V. 1992. Human Errors versus Stress. Reliability Engineering and System Safety. 37. pp. 231-236.
- Humphreys P., Jenkins A. M. 1991. Dependent Failures Developments. Reliability Engineering and System Safety. 34. pp. 417-427.
- Hyman R. 1953. Stimulus information as a determinant of reaction time. Journal of Experimental Psychology, 45. Pp. 423-432
- IAEA (International Atomic Energy Agency). 1991. Safety Culture. A report by the International Nuclear Safety Advisory Group. Rep. 75-INSAG-4 (Vienna).
- IAEA (International Atomic Energy Agency). 1991. Safety Culture. A report by the International Nuclear Safety Advisory Group. Rep. 75-INSAG-4 (Vienna).
- INEEL 2000. Report No. CCN 00-005421. Summary of INEEL Findings on Human Performance During Operating Events. Transmitted by letter dated February 29, 2000. Retrieved in: Sorensen J. N. 2002. Safety Culture: A Survey of the State-of-the-Art. Reliability Engineering and System Safety. 76. pp. 189-204.
- Jacinto C. and Aspinwall E. (2003), "Work Accidents Investigation Technique (WAIT)– Part I", Safety Science Monitor, Vol.7 (1), Article IV-2, 17p. Available on the Internet at: <http://www.general.monash.edu.au/MUARC/IPSO/>
- Janis, I. L., & Mann, L. (1977). Decision making: A psychological analysis of conflict, choice, and commitment. New York: Free Press.
- Janz N. K., Becker M. H. 1984. The Health Belief Model: A Decade Later. Health Education Quarterly. Spring. Vol. 11(1), pp 1 – 47.
- Jo Y. –D., Park K.-S. 2003. Dynamic Management of Human Error to Reduce Total Risks. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 16. pp. 313-321.
- Johnson W. G. 1980. MORT, Safety Assurances Systems, New York, Marcel Decker.
- Kameda T., Davis J. H. 1990. The Function of the Reference Point in Individual and Group Decision Making. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 46. pp. 55-76.

- Kantowitz B. H., Fujita Y. 1990. Cognitive Theory, Identifiability and Human Reliability Analysis. *Reliability Engineering and System Safety*. 29. pp. 317-328.
- Kasperson, R. E., Renn, O., Slovic, P., Brown, H. S., Emel, J., Goble, R., Kasperson, J. X., & Ratick, S. (1988). The social amplification of risk: A conceptual framework. *Risk Analysis*, 8(2), 177–187.
- Katsakiori P., Sakellaropoulos G., Manatakis E. 2009. Towards an evaluation of accident investigation methods in terms of their alignment with accident causation models. *Safety Science* 47, pp. 1007-1015
- Katz, D. (1989). *The world of touch*. L. E. Krueger, Trans. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates (original work published 1925).
- Kennedy, R. S., Drexler, J., & Kennedy, R. C. (2010). Research in visually induced motion sickness. *Applied Ergonomics*, 41, 494–503.
- Kingston, J., 2007. 3CA – Investigator’s manual, NRI-3. Available at: <http://www.nri.eu.com/NRI3-beta.pdf>
- Kjellen U. & Larsson T. J. 1981. “Investigating accidents and reducing risks - a dynamic approach”. *Journal of occupational accidents* 3(2), pp. 129–140.
- Kjellén U. 1983. *The Deviation Concept in Occupational Accidents Control.: Theory and Method*. Report. Occup. Accid. Group, R. Technol. Univ. Stockholm.
- Kjellén U. 1984. *The Role of Deviations in Accident Causation*. *Journal of Occupational Accidents*. Vol. 6. No. ½. pp. 117 – 126.
- Klein G., Philips J. K., Rall E. L., Peluso D. A. 2003. A data frame theory of sense making. *Proceedings of the Sixth International Conference on Naturalistic Decision Making*. 15-17 May 2003. Florida.
- Klein, G. A. (1993). A recognition-primed decision (RPD) model of rapid decision making. In G. A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C. E. Zsombok (Eds.), *Decision making in action: Models and methods* (pp. 138–147). Ablex Publishing.
- Kletz T. A. 1991. *An Engineer’s View of Human Error*. 2nd ed. Rugby: Institute of Chemical Engineers.
- Konstantinidou M., Nivolianitou Z., Kiranoudis C., Markatos N. 2006. A Fuzzy Modeling Application of CREAM Methodology for Human Reliability Analysis. *Reliability Engineering and System Safety*. 91. pp. 706-716.
- Koornstra M. J. 2009. Risk-adaptation theory. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 12(1) pp. 77-90
- Lackner, J. R. (2010). Vestibular system. In E. B. Goldstein (Ed.), *Encyclopedia of perception* (Vol. 2, pp. 1025–1029). Thousand Oaks, CA: Sage
- Lagerlof E., Andersson R. 1979. *The Swedish Information System on Occupational injuries*. The Swedish Board of Occupational Safety and Health. Stockholm. Retrieved in: Kjellén U.,

- Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Lave L.B, Weber W.E 1970. A benefit-cost analysis of auto safety features. *Appl. Econom.*, 2 (4), pp. 265-275
- Le Coze J. 2005. Are Organisations Too Complex to be Integrated in Technical Risk Assessment and Current Safety Auditing? *Safety Science* 43. pp. 613 – 638.
- Lerner M. J. 1980. *The Belief in a Just World: A Fundamental Delusion*. Plenum, New York.
- Lerner M. J., Miller D. J. 1978. Just World Research and the Attribution Process: Looking Back and Ahead. *Psychological Bulletin*. 85. pp. 1030-1051.
- Lees P F. 1996. *Loss prevention in the process industries*, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Lehto M. R, Nanda G. 2021. Decision-Making Models, Decision Support and Problem Solving. In: Salvendy G. and Karwowski W. 2021. *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, Fifth Edition, John Wiley and Sons
- Leibowitz H. W. 1985. Grade crossing accidents and human factors engineering. *American Scientist*, 73, 558-562.
- Leplat J. 1978. Accident Analyses and Work Analyses. *Journal of Occupational Accidents*. 1. pp. 331 – 340.
- Leveson N. 1995. *Safeware: System Safety and Computers*. Addison Wesley. Reading. M.A.
- Leveson N. 2004. A New Accident Model for Engineering Safer Systems. *Safety Science* 42. pp. 237 – 270.
- Liu P. Zhang R., Yin Z., Li Z. 2021. Human Errors and Human Reliability. In: Salvendy G. and Karwowski W. 2021. *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, Fifth Edition, John Wiley and Sons
- Loewenstein, G. F., Weber, E. U., Hsee, C. K., & Welch, N. (2001). Risk as feelings. *Psychological Bulletin*, 127(2), 267–286.
- Long, J., & Fischhoff, B. (2000). Setting risk priorities: A formal model. *Risk Analysis*, 20, 339-351.
- Lopez, C. (2016). The vestibular system: balancing more than just the body. *Current Opinion in Neurology*, 29, 74–83.
- MacDonald G. L. 1972. *Volcanoes*. Englewood Cliffs. NJ: Prentice Hall.
- Manning D. 1974. An Accident Model. *Occupational Safety and Health*. 4 (1).
- Marhavalas P.K., Koulouriotis D.E. 2007. Risk estimation in the constructions' worksites by using a quantitative assessment technique and statistical information of accidents. *Technika Chronika Sci. J.TCG, Scientific Journal of Technical Chamber of Greece*, 1106-4935, I (1–2) (2007), pp. 47-60

- Markowitz H. 1952. The Utility of Wealth. *Journal of Political Economy*, 60, pp. 151 – 158.
- Miller G. A. 1956. The magical number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* 63, pp. 81-97
- Moieni P., Parry G., Spurgin A. J., Singh A. 1989. The Use of Simulator Data in Human Reliability Analysis: Results from the EPRI Operator Reliability Experiments Program. Retrieved in: Dougherty E. 1992. SRK – It Just Keeps on a Rollin'. *Reliability Engineering and System Safety*. 38. pp. 253-255.
- Monteau M. 1977. A Practical Method of Investigation Accident Factors. Office for Official Publications of the European Community.
- Montgomery, H. (1989). From cognition to action: The search for dominance in decision making. In H. Montgomery & O. Svenson (Eds.), *Process and structure in human decision making*. Chichester: Wiley.
- Morley, J., Stuart, J. 2014. 'Improving Investigation of Organizational and Management Factors'. ISASI Forum. April-June, 11-13. URL: https://www.isasi.org/Documents/ForumMagazines/Forum_Spring_2014_Web.pdf
- Mosleh A., Chang Y. H. 2004. Model-Based Human Reliability Analysis: Prospects and Requirements. *Reliability Engineering and System Safety*. 83. pp. 241-253
- Mosleh A., Chang Y. H. 2004. Model-Based Human Reliability Analysis: Prospects and Requirements. *Reliability Engineering and System Safety*. 83. pp. 241-253
- Mosneron-Dupin F., Reer B., Heslinga G., Sträter O., Gerdes V., Saliou G., Ullwer W. 1997. Human-Centered Modeling in Human Reliability Analysis: Some Trends Based on Case Studies. *Reliability Engineering and System Safety*. 58. pp. 249-274.
- Murgatroyd R. A., Tate J. F. 1987. A Case of the Application of the SHERPA Techniqueto the Dinorwig Spiral Casing Ultrasonic Testing System (Report). Human Reliability Associates. Wigan. Lancashire. Retrieved in: Lees P F. 1996. *Loss prevention in the process industries*, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing
- Murphy L. R., Sturdivant K., Gershon R. M. 1993. Organizational and Employee Characteristics Predict Compliance with Universal Precautions. Paper Presented at the Annual Meeting of the American Psychological Society. Chicago, IL
- Naatanen, R., and Summala, H., 1976. *Road-User Behavior and Traffic Accidents*. Amsterdam and New York: North-Holland/American Elsevier
- Nisbett, R., & Ross, L. (1980). *Human inference: Strategies and shortcomings of social judgment*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- O' Donogue T., Rabin M. 1999. Doing it now or later. *American Economic Review*. 89(1), pp. 103-124
- O' Reilly C. A., Chatman J., Caldwell D. F. 1991. People and Organizational Culture: A Profile Comparison Approach to Assessing Person-organization Fit. *Academy of Management Journal* 34 (3) (1991): 487–516.

- Oskarsson, A. T., Van Boven, L., McClelland, G. H., & Hastie, R. (2009). What's next? Judging sequences of binary events. *Psychological Bulletin*, 135(2), 262–285.
- Paradies M., Busch D. 1988. Root Cause Analysis at Savannah River Plant. IEEE Conference on Human Factors and Power Plants. Pp. 479 – 483. Retrieved in: Livingston A. D., Jackson G., Priestley K. 2001. Root Causes Analysis: Literature Review. HSE Contract Research Report. 325/2001. Available at: www.hse.gov.uk
- Paradies M., Unger L., Haas P., Terranova M. 1993. Development of the NRC's Human Performance Investigation Process (HPIP). Summary, Division of Systems Research Office of Nuclear Regulatory Research. NUREG/CR-5455, SI-92-101. Vol. 1. Washington, USA. System Improvements Inc. Retrieved in: Livingston A. D., Jackson G., Priestley K. 2001. Root Causes Analysis: Literature Review. HSE Contract Research Report. 325/2001. Available at: www.hse.gov.uk
- Park K. 1987. Human Reliability. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Perrow C. 1984. Normal Accidents, Living with High-Risk Technologies. N. Y. Basic Books.
- Petts J., Horlick-Jones T., Murdock G. 2001. Social Amplification of Risk: the Media and the Public. HSE Contract Research Report 329/2001. Available at: www.hse.gov.uk
- Proctor R. W., Proctor J. D. Sensation and Perception. In: Salvendy G. and Karwowski W. 2021. Handbook of Human Factors and Ergonomics, Fifth Edition, John Wiley and Sons
- Pyy P. 2000. Human Reliability Analysis Methods for Probabilistic Safety Assessment. Dissertation for the Degree of Doctor of Technology. Technical Research Center of Finland. Available at: www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2000/P422.pdf
- Raafat H. M. N., Abdouni A. H. 1987. Development of an Expert System for Human Reliability Analysis. *Journal of Occupational Accidents*. 9. pp. 137-152.
- Rasmussen J. 1983. Skills, Rules, Knowledge: Signals, Signs and Symbols and other Distinctions in Human Performance Models. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern*, SMC-13, 257.
- Rasmussen J. 1997. Risk Management in a Dynamic Society: A Modelling Problem. *Safety Science* 27. (2/3). pp. 183 – 213.
- Reason J. T. 1990. Human Error. Cambridge University Press. Cambridge.
- Reason J. T. 1997. Managing the Risks of Organizational Accidents. Aldershot, UK: Ashgate.
- Rimal R. N., Real K. 2003. Understanding the Influence of Perceived Norms on Behaviors. *Communication Theory* 13(2) pp. 184-203
- Ringdahl L. H., Wennersten R. 2001. Alternative Approaches to Risk Evaluation. Available at: www.irisk.se/engpubl/lossprev.pdf
- Rogers R. W. 1983. Cognitive and Psychological Processes in Fear Appeals and Attitude Change: A Revisited Theory of Protection Motivation. In Cacioppo J. T., Petty R. E., *Social Psychophysiology*. Pp. 153-176. New York: Guilford Press.
- Rosenbaum, L. D. (2011). See what I'm saying: The extraordinary powers of our five senses.

New York: Norton.

Rosenthal I., Ignatowski A. J., Kirchsteiger C. 2002. A Generic Standard for the Risk Assessment Process: Discussion on a Proposal made by the Program Committee of the ER-JRC Workshop on. Promotion of Technical Harmonization of Risk-Based Decision Making. *Safety Science*. 40. pp. 75 – 103

Rouhiainen V. 1992. QUASA: A method for assessing the quality of safety analysis. *Safety Science*, 15(3), pp. 155-172

Ryan T. G. 1988. Task Analysis-Linked Approach for Integrating the Human Factors in Reliability Assessments of Nuclear Power Plants (TALENT). *Reliability Engineering and System Safety* 22. pp. 219-234.

Ryan T. G. 1990. Human Reliability Analysis – Why Not Turn to the Human Factors Community? *Reliability Engineering and System Safety*. 29. pp. 345-358.

Saari J. 1984. Accidents and Disturbances in the Flow of Information. *Journal of Occupational Accidents*. 6. pp. 81-105.

Samson, A. (Ed.) (2016). *The behavioral economics guide 2016* (with an introduction by Gerd Gigerenzer). Available at: <https://www.behavioraleconomics.com>.

Samuelson, W., & Zeckhauser, R. J. (1988). Status quo bias in decision making. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1, 7–59.

Santos-Reyes J. & Beard A. N. 2009. A systemic approach to managing safety. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 21(1):15–28

Schein E. H. 1992. *Organizational Culture and Leadership*. 2nd Ed.. Jossey-Bass, San Francisco.

Shah S. , Fischer U. , Hungerbühler K. 2003. A hierarchical approach for the evaluation of chemical process aspects from the perspective of inherent safety *Transactions IChemE, Part B, Process Safety and Environmental Protection*, 81, pp. 430-443

Sharit J. 2000. A Modeling Framework for Exposing Risks in Complex Systems. *Risk Analysis*. Vol. 20. No. 4. pp. 469 – 482.

Singleton W. T. 1982. Accidents and the Progress of Technology. *Journal of Occupational Accidents*. 4. pp. 91 – 102.

Sjöberg, L. 1993. Life-styles and risk perception. (Rhizikon: Risk Research Report No. 14). Center for Risk Research, Stockholm School of Economics.

Skarlatos K. 2020. Risk Perception. A Taxonomy of Theoretical Models. Master Thesis. Open University of Cyprus. Available at: <https://kypseli.ouc.ac.cy/entities/publication/0a2c-c14c-c8ca-43a0-abb7-1adc0a0b3b5e>

Skiba R. 1973. Die Gefahrenträgertheorie. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung. Forschungsbereich Nr. 106. Dortmund.

Slovic P., Finucane M. L., Peters E., MacGregor D. G. 2004. *Risk Analysis* 24(2) pp. 311-322

- Slovic P., Lichtenstein S. 1968. The Relative Importance of Probabilities and Payoffs in Risk Taking. *Journal of Experimental Psychology*, 78, pp. 1-18..
- Slovic, P., Finucane, M. L., Peters, E., & MacGregor, D. G. (2002). The affect heuristic. In T. Gilovich, D. Griffin, & D. Kahneman (Eds.), *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment* (pp.397–420). New York: Cambridge University Press.
- Slovic, P., Fischhoff, B., & Lichtenstein, S. (1977). Behavioral decision theory. *Annual Review of Psychology*, 28, 1–39.
- Smillie R. J., Ayoub M. A. 1976. Accident Causation Theories: A Simulation Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 1. 1976. pp. 47 – 68.
- Smith A. J. 1992. The Development of a Model to Incorporate Management and Organisational Influences in Quantified Risk Assessment. HSE Contract research Report No 38/1992. Available at www.hse.gov.uk
- Smith P. F. (2017). The vestibular system and cognition. *Current Opinion in Neurology*, 30, 84e9.
- Smith, C. U. M. 2008. *Biology of Sensory Systems*. John Wiley & Sons. pp. 34–5.
- Sonnemans P. J. M., Körvers P. M. W. 2006. Accidents in the Chemical Industry: Are they Foreseeable? *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 19. pp. 1-12.
- Staw B. M., Sandelands L., Dutton J. E. 1981. Threat-rigidity Cycles in Organizational Behavior. *Academy of Management Review*, 17, pp. 9-38.
- Stirling A. 2003. Risk, Uncertainty and Precaution: Some Instrumental Implications from the Social Sciences. In F. Berkhout, M. Laech, & I. Scoones (Eds), *Negotiating Change*. Aldershot: Edward Elgar.
- Sträter O. 1996. Assessment of Cognitive Errors and Organizational Aspects Based on Evaluation of Plant Experience. In: *Proceedings of the International Topical Meeting on PSA 1996*. UTAH, USA. pp. 245 – 252.
- Surry J. 1969. *Industrial Accident Research. A Human Engineering Approach*. University of Toronto. Canada. Retrieved in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Svedung I., Rasmussen J. 2002. Graphic Representation of Accident Scenarios: Mapping System Structure and the Causation of Accidents. *Safety Science*. 40. pp. 397 – 417.
- Svenson O. 1991. The Accident Evolution and Barrier Function (AEB) Model Applied to Incident Analysis in thw Process Industries. *Risk Analysis*. 11. 3. pp. 499 – 507.
- Swain A. D. 1987. Accident Sequence Evaluation Program Human Reliability Analysis Procedure. NUREH/CR-4772. 104 p. + app. 1 p. Retrieved in: Pyy P. 2000. *Human Reliability Analysis Methods for Probabilistic Safety Assessment*. Dissertation for the Degree of Doctor of Technology. Technical Research Center of Finland. Available at: www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2000/P422.pdf

- Swain A. D., Guttman H. E. 1983. Handbook on Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application. NUREG/CR-1278. SAND 80-0200 RX, AN. Final Report.
- Taleb N.N 2007. “The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable”, Random House Group
- Ternov S., Akselsson R. 2004. A Method, DEB Analysis, for Proactive Risk Analysis Applied to Air Traffic Control. Safety Science 42. pp. 657 – 673.
- Toft B., Turner B. A. 1987. The Schematic Report Analysis Diagram: A Simple Aid to Learning from Large – Scale Failures. International CIS Journal. V. 1. N. 2. pp. 12 – 23.
- Toft, B, Turner, BA, (1987). “The Schematic Report Analysis Diagram: a simple aid to learning from large scale failures,” International CIS Journal, v1n2, pp 1223.
- Torell U., Bremberg S. 1995. Unintentional Injuries: Attribution, Perceived Preventability and Social Norms. Journal of Safety Research. Vol. 26. No. 2. pp. 63-73.
- Turner B. A. 1978. Manmade Disasters. Wykeham.
- Tversky A., Kahneman D. 1974. Judgement under Uncertainty: Heuristics and Biases. Science, vol. 185, pp. 1127 – 1131.
- Tversky A., Kahneman D. 1981. The framing of decisions and the Psychology of Choice. Science, vol. 211, pp. 453 – 458.
- Tversky A., Kahneman D. 1992. Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty. Journal of Risk and Uncertainty, 5, pp. 297-323.
- Tweeddale H. M. 1995. Principles and Practices for Design of Process Safety Monitoring and Auditing Programmes. Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries. 1. Amsterdam: Elsevier pp. 71-82.
- Tyler, T. R., & Cook, F. L. (1984). The mass media and judgments of risk: Distinguishing impact on personal and societal level judgments. Journal of Personality and Social Psychology, 47(4), 693–708.
- Unger L., Paradies M. 1992. Using the TapRoot Incident Investigation System to Analyse Operator Mistakes in the Simulator. 1992 SCS Eastern Simulation Multiconference, Sharon A, v24n4. pp: 121 – 124. Orlando. Society for Computer Simulation. P.O. Box 17900. San Diego, USA. Retrieved in: Livingston A. D., Jackson G., Priestley K. 2001. Root Causes Analysis: Literature Review. HSE Contract Research Report. 325/2001. Available at: www.hse.gov.uk
- Vernez D., Buchs D., Pierrehumbert G., Besrour A. 2004. MORM – A Petri Net Based Model for Assessing OH&S Risks in Industrial Processes: Modeling Qualitative Aspects. Risk Analysis. Vol. 24. No. 6.
- Vilardo F. J. 1988. The Role of the Epidemiological Model in Injury Control. Journal of Safety Research. Vol. 19. pp. 1-4
- Von Neumann, J. and Morgenstern, O. (1953) Theory of Games and Economic Behavior. 3rd Edition, Princeton University Press, Princeton.

- Wagenaar, W.A., Groeneweg, J., Hudson, P.W., Reason, J.T., 1994. Promoting safety in the oil industry. *Ergonomics* 37, 1999–2013.
- Waldram I. 1988. What Really Causes Accidents? *The Safety Practitioner*. Retrieved in: Livingston A. D., Jackson G., Priestley K. 2001. *Root Causes Analysis: Literature Review*. HSE Contract Research Report. 325/2001. Available at: www.hse.gov.uk
- Walker M. B., Bills K. M. 2008. ATSB. *Analysis, Causality and Proof in Safety Investigations*. Available at: <https://www.atsb.gov.au/publications/2008/ar2007053>
- Walster E. 1966. Assignment of Responsibility for an Accident. *Journal of Personality and Social Psychology*. 3. pp. 73-79.
- Wayne S. J., Shore L. M., Liden R. C. 1997. Perceived Organizational Support and Leader-Member Exchange: A social Exchange Perspective. *Academy of Management Journal*. 40(1). Pp. 82-111.
- Weaver D.A. 1973. TOR Analysis: A Diagnostic Training Tool. *ASSE Journal*. June. Pp. 24-29.
- Weyman A. K, Kelly C J. 1999. Risk Perception and Risk Communication: A review of Literature. Contract Research Report 248/1999. Health and Safety Executive. Available at www.hse.gov.uk
- Whaley, A. M., Xing, J., Boring, R. L., et al. (2016). *Cognitive basis for human reliability analysis (Report No. NUREG-2114)*. Washington, DC: US Nuclear Regulatory Commission.
- Wickens C. D. 2013. Attention. In: J. Lee, A. Kirlik (Eds.) *Handbook of cognitive engineering*. Oxford. Oxford University Press.
- Wickens C. D., Carswell C. D. 2021. Information Processing. In: Salvendy G. and Karwowski W. 2021. *Handbook of Human Factors and Ergonomics, Fifth Edition*, John Wiley and Sons
- Wickens C. D., Hollands J. G. 2000. *Engineering Psychology and Human Performance*. 3rd Ed. Prentice Hall. New Jersey.
- Wilde G. J. S. 1982. The Theory of Risk Homeostasis: Implications for Safety and Health. *Risk Analysis*, 2: 209-225.
- Williams J. C. 1986. HEART-A Proposed Method for Assessing and Reducing Human Error. 9th *Advances in Reliability Technology Symposium*.
- Witte, K. (1992). Putting the fear back into fear appeals: The extended parallel process model. *Communication Monographs*, 59(4), 329–349.
- Wogalter M S, DeJoy DM, Laughery KR. 1999. Organizing theoretical framework: a consolidated communication-human information processing (C-HIP) model. In Wogalter M S, DeJoy DM, Laughery KR. (Eds.). *Warnings and Risk Communication (1st ed.)*. CRC Press.
- Youngblood R. W. 1998. Applying Risk Models to Formulation of Safety Cases. *Risk Analysis* 18 (4), pp. 433-444
- Zeki S., Moutousis K. 1997. Temporal hierarchy of the visual perceptible systems in the Mondrian world. *Proceedings of the Royal Society of London Brain and Biological Sciences*,

264:1415-1419

Κοντογιάννης Θ. 2019. Εργονομικές Προσεγγίσεις στη Διοίκηση και Διαχείριση της Ασφάλειας. 2η Έκδοση. Εκδόσεις Τζιόλα

Ντινόπουλος Θ. 2019. Ας μιλήσουμε για τον εγκέφαλο. University Studio Press.



ΕΛΙΝΥΑΕ

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΘΗΝΑ Θειρσίου 6, 104 45

Τ.: 210 8200100

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 26ης Οκτωβρίου 90, 546 27

Τ.: 2310 501050

ΙΩΑΝΝΙΝΑ Καπλάνη Ζώη 7, 454 44

Τ.: 26510 83290

ISBN: 978-960-6818-56-1

E-mail: info@elinyae.gr

Internet: <http://www.elinyae.gr>