



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ  
ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ  
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΗΣ  
ΕΡΓΑΣΙΑΣ**



Το έργο συγχρηματοδοτείται από τον κρατικό προϋπολογισμό κατά 71,42% το οποίο αντιστοιχεί σε 75% από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και 25% από το Ελληνικό Δημόσιο και κατά 28,58% από πόρους του ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (Λ.Α.Ε.Κ.)

# **ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΕΡΓΑΤΙΚΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ: ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ, ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΛΑΘΟΣ, ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ**

**Αντώνης Ταργουτζίδης**  
Μηχανολόγος Μηχανικός MBA, PhD

ΑΘΗΝΑ 2007

**ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΕΡΓΑΤΙΚΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ:  
ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ, ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΛΑΘΟΣ, ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ**

ISBN: 978-960-7678-87-4

Α' Έκδοση: Νοέμβριος 2007

Copyright © Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας  
Λιοσίων 143 και Θειρσίου 6, 104 45 ΑΘΗΝΑ

Τηλ.: 210 82 00 100

Φαξ: 210 82 00 222 – 210 88 13 270

Email: [info@elinyae.gr](mailto:info@elinyae.gr)

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

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

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

## ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.

**Πρόεδρος:** · Βασίλειος Μακρόπουλος  
**Αντιπρόεδροι:** · Ιωάννης Δραπανιώτης (Σ.Ε.Β., Γ.Σ.Ε.Β.Ε.Ε., Ε.Σ.Ε.Ε.)  
· Ανδρέας Κολλάς (Γ.Σ.Ε.Ε.)

**Μέλη:** · Ιωάννης Αδαμάκης (Γ.Σ.Ε.Ε.)  
· Θεόδωρος Δέδες (Σ.Ε.Β.)  
· Νικόλαος Θωμόπουλος (Γ.Σ.Ε.Ε.)  
· Δημήτριος Λέντζος (Γ.Σ.Ε.Β.Ε.Ε.)  
· Αναστάσιος Παντελάκης (Ε.Σ.Ε.Ε.)  
· Κυριάκος Σιούλας (Γ.Σ.Ε.Ε.)

## ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ

Μηνάς Αναλυτής, Οικονομολόγος, PhD

Επιμέλεια έκδοσης: **Εβίτα Καταγή, Ελένη Ζαρέντη**  
Τμήμα Εκδόσεων, Κέντρο Τεκμηρίωσης-Πληροφόρησης ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>                                                    | <b>9</b>  |
| 1.1 Γενικά                                                            | 9         |
| 1.2 Αρχικές προσεγγίσεις και θεωρίες                                  | 10        |
| 1.3 Δομή                                                              | 13        |
| <b>2. ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ</b>                                    | <b>17</b> |
| 2.1 Κίνδυνος                                                          | 17        |
| 2.2 Επιστημολογία της αβεβαιότητας και της πιθανότητας                | 18        |
| 2.2.1 Αλεατορική και Bayes-ιανή προσέγγιση                            | 18        |
| 2.2.2 Σύνθεση των δύο προσεγγίσεων                                    | 22        |
| <b>3. ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ</b>                          | <b>25</b> |
| 3.1 Εισαγωγή                                                          | 25        |
| 3.2 Συμπεριφοριστική θεωρία αποφάσεων                                 | 28        |
| 3.3 Θεωρία ομοιόστασης του κινδύνου                                   | 30        |
| 3.3.1 Εισαγωγή                                                        | 30        |
| 3.3.2 Κριτική της θεωρίας ομοιόστασης του κινδύνου                    | 33        |
| 3.4 Πλαισίωση                                                         | 36        |
| 3.4.1 Εισαγωγή                                                        | 36        |
| 3.4.2 Προδιάθεση – Συναισθήματα                                       | 39        |
| 3.4.3 Κριτική της πλαισίωσης                                          | 41        |
| 3.4.4 Αποκλίσεις ποσοτικοποίησης στην αντίληψη του κινδύνου           | 43        |
| 3.5 Ψυχομετρική προσέγγιση                                            | 45        |
| 3.6 Η προσέγγιση των νοητικών μοντέλων                                | 47        |
| 3.7 Μοντέλα προσδοκώμενης αξίας (Value Expectancy Models)             | 50        |
| 3.8 Κοινωνικο-πολιτιστικές προσεγγίσεις                               | 52        |
| 3.8.1 Κοινωνικό πλαίσιο                                               | 53        |
| 3.8.2 Κουλτούρα ασφάλειας                                             | 54        |
| 3.8.3 Κριτική                                                         | 56        |
| 3.9 Συμπεράσματα – Σχολιασμός                                         | 58        |
| <b>4. ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΛΑΘΟΣ</b>                                             | <b>59</b> |
| 4.1 Γενικά                                                            | 59        |
| 4.1.1 Το ανθρώπινο λάθος ως έννοια                                    | 59        |
| 4.1.2 Συνεισφορά του ανθρώπινου λάθους στα ατυχήματα                  | 61        |
| 4.2. Θεωρητικές προσεγγίσεις και μοντέλα ανθρώπινου λάθους 1ης γενιάς | 62        |
| 4.2.1 Προσεγγίσεις και μοντέλα ανθρώπινου λάθους                      | 62        |
| 4.2.2 Εφαρμοσμένες μέθοδοι ανθρώπινου λάθους                          | 66        |

|                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.3 Συμπεριφοριστικά μοντέλα . . . . .                             | 68         |
| 4.2.3.1 THERP . . . . .                                              | 70         |
| 4.2.4 Χρονικά μοντέλα . . . . .                                      | 70         |
| 4.2.4.1 TRC . . . . .                                                | 71         |
| 4.2.4.2 Μοντέλο διόρθωσης . . . . .                                  | 73         |
| 4.2.5 Πλαισιακά - Εργονομικά μοντέλα . . . . .                       | 74         |
| 4.2.5.1 SLIM . . . . .                                               | 75         |
| 4.2.5.2 HEART . . . . .                                              | 75         |
| 4.2.6 Γνωστικές προσεγγίσεις . . . . .                               | 75         |
| 4.2.6.1 SRK . . . . .                                                | 79         |
| 4.2.6.2 HCR . . . . .                                                | 80         |
| 4.2.6.3 Μοντέλο απώλειας προσοχής . . . . .                          | 80         |
| 4.2.6.4 HERMES . . . . .                                             | 84         |
| 4.2.6.5 TALENT . . . . .                                             | 84         |
| 4.2.6.6 SHARP . . . . .                                              | 85         |
| 4.2.6.7 Μοντέλο ανισότητας προσφοράς - ζήτησης . . . . .             | 86         |
| 4.2.7 Προσεγγίσεις επεξεργασίας πληροφορίας . . . . .                | 87         |
| 4.2.8 Κοινωνικο-τεχνικά συστήματα . . . . .                          | 91         |
| 4.3 Κριτική μοντέλων πρώτης γενιάς . . . . .                         | 92         |
| 4.4. Μοντέλα 2ης γενιάς . . . . .                                    | 93         |
| 4.4.1 IDAC . . . . .                                                 | 93         |
| 4.4.2 CREAM . . . . .                                                | 94         |
| 4.4.3 ATHEANA . . . . .                                              | 96         |
| <b>5. ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ . . . . .</b>                               | <b>97</b>  |
| 5.1 Μοντέλα διαδοχής . . . . .                                       | 97         |
| 5.1.1 Γραμμική αλυσίδα γεγονότων . . . . .                           | 98         |
| 5.1.2 Μοντέλα δέντρου . . . . .                                      | 102        |
| 5.1.3 Μοντέλα δικτύου . . . . .                                      | 107        |
| 5.1.4 Κριτική των μοντέλων διαδοχής . . . . .                        | 108        |
| 5.2 Επιδημιολογικά μοντέλα . . . . .                                 | 109        |
| 5.2.1 Αρχές των επιδημιολογικών μοντέλων . . . . .                   | 109        |
| 5.2.2 Χαρακτηριστικά ξενιστή . . . . .                               | 112        |
| 5.2.3 Χαρακτηριστικά περιβάλλοντος . . . . .                         | 114        |
| 5.2.4 Σημαντικότερα επιδημιολογικά μοντέλα . . . . .                 | 115        |
| 5.2.5 Κριτική . . . . .                                              | 118        |
| 5.3 Συστημικά μοντέλα . . . . .                                      | 119        |
| 5.3.1 Ντετερμινιστικά, πιθανοκρατικά και χαοτικά συστήματα . . . . . | 119        |
| 5.3.2 Πολύπλοκα συστήματα εργασίας . . . . .                         | 123        |
| 5.3.3 Βασικές αρχές των συστημικών μοντέλων . . . . .                | 126        |
| <b>6. ΣΥΝΟΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ . . . . .</b>                            | <b>131</b> |
| <b>7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ . . . . .</b>                                     | <b>133</b> |

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πρόληψη και η διαχείριση των επαγγελματικών κινδύνων είναι ένα πολυδιάστατο θέμα. Παρόλο που τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται μία αύξηση στα τεχνικά εργαλεία και γνώσεις που προσφέρονται στους Τεχνικούς Ασφάλειας, δεν ισχύει το ίδιο όσον αφορά την εμβάθυνση σε θέματα κατανόησης και διαχείρισης του επαγγελματικού κινδύνου.

Όμως, η επιτυχής πρόληψη είναι πρωτίστως θέμα διαχείρισης. Η λήψη τεχνικών μέτρων και διαδικασιών από μόνη της δεν μπορεί να εγγυηθεί την επιτυχία. Η διαχείριση (management), βέβαια, ανήκει στις Κοινωνικές Επιστήμες, οπότε απαιτεί σύνθεση απόψεων και κατανόηση και όχι συγκεκριμένες συνταγές καθολικής εφαρμογής. Απαιτείται, λοιπόν, από τον Τεχνικό Ασφάλειας να κατανοήσει εις βάθος τις διαφορετικές απόψεις και φαινόμενα για να καταλήξει σε κάποια προσέγγιση για το συγκεκριμένο σύστημα χώρου εργασίας που πρέπει να διαχειριστεί.

Το βιβλίο αυτό επιχειρεί να παρουσιάσει την υπάρχουσα βιβλιογραφία και να συνοψίσει τις υφιστάμενες προσεγγίσεις σε τρία βασικά θέματα της διαχείρισης κινδύνου:

- τα μοντέλα ατυχημάτων, δηλαδή τις προσεγγίσεις σχετικά με τη λειτουργία των συστημάτων εργασίας και την αιτιολόγηση των εργατικών ατυχημάτων
- την αντίληψη κινδύνου, δηλαδή τις προσεγγίσεις γύρω από τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα αντιλαμβάνονται τον κίνδυνο και συμπεριφέρονται απέναντί του
- το ανθρώπινο λάθος, δηλαδή τις προσεγγίσεις γύρω από την ακούσια δράση του ατόμου στο χώρο εργασίας.

Η έμφυτη υποκειμενικότητα που αναδεικνύεται από τον πλούτο των προσεγγίσεων που παρουσιάζονται, τονίζεται και με μία σύντομη επιστημολογική ανάλυση της έννοιας του κινδύνου.

Σκοπός του βιβλίου αυτού είναι να προσφέρει στον Τεχνικό Ασφάλειας μία εικόνα των φαινομένων σχετικά με την εκούσια και ακούσια συμπεριφορά των ατόμων και των συστημάτων, καθώς και να τονίσει την έντονη παρουσία της υποκειμενικότητας στο αντικείμενο με το οποίο ασχολείται. Δεν επιχειρεί να καθορίσει μία συγκεκριμένη προσέγγιση και μεθοδολογία, αλλά να βοηθήσει τους Τεχνικούς Ασφάλειας να αναπτύξουν τις δικές τους (ή να επιλέξουν κάποιες υφιστάμενες) έχοντας μία περισσότερο σφαιρική εικόνα του συστήματος του χώρου εργασίας.

**Βασίλης Μακρόπουλος**  
Πρόεδρος ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.  
Καθ. Εθνικής Σχολής Δημόσιας Υγείας





## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Γενικά

*«Όταν μεν παραλόγως η βλάβη γένηται ατύχημα· όταν δε μη παραλόγως αμάρτημα· αμαρτάνει μεν γαρ, όταν εν αυτώ η αρχή η της αιτίας, ατυχεί δε όταν έξωθεν».*

*(Αριστοτέλης, Ηθικά, Νικομάχεια, 5,8)*

Τα εργατικά ατυχήματα και οι επαγγελματικές ασθένειες έχουν την ίδια ηλικία με τον άνθρωπο. Οι περισσότερες ενέργειές του πάντα είχαν παραγωγικό - εργασιακό σκοπό, ενώ τα απρόβλεπτα και ανεπιθύμητα συμβάντα με συνέπειες στη σωματική του ακεραιότητα δεν παύουν να είναι ένα ενδεχόμενο κατά τη διάρκεια κάθε ενέργειας. Άλλωστε, τα περισσότερα επιτεύγματά του εμπεριέχουν -μεταξύ άλλων- και ανθρώπινο κόστος σε ζωές ή υγεία.

Είναι, όμως, τα ενδεχόμενα αυτά συμβάντα αναπόφευκτα; Ένα δομικό υλικό της ανάπτυξης και της εξέλιξης της ανθρώπινης κοινωνίας; Η απαραίτητη θυσία στρατιωτών της εργασίας στον πόλεμο για την κυριαρχία του ανθρώπου στο σύμπαν; Ή μήπως «παράπλευρες απώλειες» εκουσίως ελλιπών χειρισμών;

Είναι βέβαιο ότι δεν μπορεί να εξαλειφθεί το ενδεχόμενο ατυχημάτων σε καμία δραστηριότητα του ανθρώπου, αφού ο ίδιος δεν είναι σε θέση να γνωρίζει με ακρίβεια τους μηχανισμούς της φύσης που καθορίζουν την έκβασή τους. Το πλήθος, όμως, των ατυχημάτων, άρα και το μέγεθος του κινδύνου, δεν έχει κάποιο αναπόφευκτο και αντικειμενικά αποδεκτό ελάχιστο επίπεδο, ιδιαίτερα σε μία κοινωνία που εξελίσσεται ραγδαία όσον αφορά τον τρόπο εργασίας και διαβίωσης. Τα εργατικά ατυχήματα και οι επαγγελματικές ασθένειες οφείλουν να μειώνονται με το μέγιστο δυνατό ρυθμό.

Η κατανόηση της φύσης του επαγγελματικού κινδύνου, των αιτίων δηλαδή των εργατικών ατυχημάτων είναι ένα θεμελιώδες βήμα για την αντιμετώπισή τους που μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατεύθυνση των προσπαθειών για τη βελτίωση της ασφάλειας στο χώρο εργασίας. Το βιβλίο αυτό, μέσα από μία πορεία στις παρυφές της Μηχανικής, των Μαθηματικών, της Επιχειρησιακής Έρευνας, των Οικονομικών και της Ψυχολογίας, προσπαθεί να συνοψίσει το θεωρητικό υπόβαθρο της μελέτης του φαινομένου του εργατικού ατυχήματος.

Σκοπός του είναι να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση του συστήματος του χώρου εργασίας, η οποία είναι καθοριστική για την αποτελεσματική εκτίμηση και διαχείριση του επαγγελματικού κινδύνου. Σημείο αναφοράς του είναι η σχετικά νέα και συνεχώς διευρυνόμενη επιστημονική περιο-

χή της ασφάλειας, στη βιβλιογραφία της οποίας και βασίστηκε. Η περιοχή αυτή, βέβαια, δεν περιορίζεται στο στενό πλαίσιο του εργασιακού χώρου, αλλά μελετά ευρύτερα τα συμβάντα χαμηλής πιθανότητας (π.χ. γενικά ατυχήματα), καθώς και γενικότερα την αβεβαιότητα και πολυπλοκότητα.

## 1.2 Αρχικές προσεγγίσεις και θεωρίες

*«Αξιότιμοι κύριοι, σας πληροφορώ ότι η μικρή εργάτρια, η απροσεξία της οποίας έγινε αφορμή να τραυματισθεί σοβαρά η ίδια, τιμωρήθηκε πολύ αυστηρά, ώστε στο μέλλον να είναι πιο προσεκτική» (Επιστολή Άγγλου διευθυντή κλωστοϋφαντουργίας προς τη Βουλή των Λόρδων)*

Αφού το εργατικό ατύχημα είναι ένα παλιό φαινόμενο, λογικό είναι να έχουν δοθεί κάποιες εξηγήσεις για την εμφάνιση του από την πείρα ή τη «λαϊκή σοφία». Δυστυχώς, τέτοιες απόψεις είναι πολύ περισσότερο διαδεδομένες από ότι θα νόμιζε κανείς. Ο Kohler (2004) συνοψίζει κάποιες από αυτές:

- «Κάποιοι εργαζόμενοι είναι άτυχοι. Η ατυχία τους τραβά τα ατυχήματα». Βέβαια καμμία επιστημονική μελέτη δεν εμβάθυνε ποτέ στην έννοια της ατυχίας, η οποία αφήνεται στο χώρο των δισυδαιμονιών όπου και ανήκει. Όμως, η ιδιαίτερη ροπή κάποιων ατόμων προς τα ατυχήματα για διάφορους λόγους έχει μελετηθεί, όπως παρουσιάζεται και στη συνέχεια της παραγράφου αυτής (Häkkinen 1958, 1971; Blasco 1988). Γενικά, όμως, η θεωρητική προσέγγιση των τελευταίων 50 ετών έχει μεταφέρει την έμφαση από το είδος των ανθρώπων που παθαίνουν ατυχήματα προς τις καταστάσεις που οδηγούν σε ατυχήματα (Singleton 1984).
- «Η απροσεξία των εργαζομένων είναι η αιτία των ατυχημάτων». Η απροσεξία είναι η δημοφιλέστερη αυθόρμητη απάντηση για την αιτιολόγηση ενός ατυχήματος. Βέβαια, σε όλη την αιτιολογική αλυσίδα θα υπάρχει κάτι που θα μπορούσε να κάνει (και δεν έκανε) κάποιο άτομο για να το αποτρέψει και αυτό καταλογίζεται συχνά ως απροσεξία και αιτία του ατυχήματος. Στις δεκάδες χιλιάδες εργατοώρες που αποτελούν τον εργασιακό βίο οποιουδήποτε ατόμου, η στιγμιαία απροσεξία κάποια στιγμή είναι δεδομένη. Όσο λογικό είναι να αποδίδεται ο τραυματισμός στην τρωτότητα του ανθρώπινου σώματος, άλλο τόσο είναι λογικό να αποδίδεται στην απροσεξία του ανθρώπινου νου.
- «Κάποιοι εργαζόμενοι είναι πιο απρόσεκτοι από άλλους». Η άποψη αυτή διατυπώθηκε στην πρώτη και θεμελιώδη επιστημονική μελέτη σχετικά με τον επαγγελματικό κίνδυνο του H. W. Heinrich (1956). Σύμφωνα με την μελέτη αυτή τα περισσότερα ατυχήματα και ασθένειες οφείλονται στον τρόπο εργασίας και όχι στην ίδια την εργασία. Συγκεκριμένα ο συγγραφέας κατέληξε στο συμπέρασμα ότι 88% των ατυχημάτων οφείλονται σε μη ασφαλείς ενέργειες ατόμων, 10% σε μη φυσιολογικές συνθήκες και 2% σε «Πράξεις του Θεού». Η άποψη αυτή προκαλεί σημαντικές διαφωνίες, καθώς

ακόμη και ιδιαίτερα επικίνδυνες συνθήκες εργασίας μπορούν να χαρακτηριστούν ως «ασφαλείς» αν η εργασία εκτελείται με συγκεκριμένο τρόπο και με ακρίβεια. Βέβαια, καμιά εργασία δεν σχεδιάστηκε για να προκαλεί ατυχήματα, αλλά αφού ένας μεγάλος αριθμός εργαζομένων παθαίνει ατύχημα κάποια στιγμή το πλήθος των «ιδιαιτέρως απρόσεκτων» εργαζομένων είναι πολύ μεγάλο για να εξαιρεθεί από την παραγωγική διαδικασία. Ο Dorman (2000) χαρακτήρισε την προσέγγιση αυτή ως θεσμό της «φυσικής επιλογής» των καταλληλότερων εργαζομένων και την αντέκρουσε υποστηρίζοντας ότι η εργασία πρέπει να προσαρμοστεί στον άνθρωπο και όχι το αντίθετο.

- «Οι περισσότερες παθήσεις οφείλονται στον τρόπο ζωής» (π.χ. «ζειν επικινδύνως»). Ακόμη όμως και οι πιο κοινές παθήσεις (π.χ. καρκίνος) σχετίζονται άμεσα με την εργασία. Επίσης, η εργασία σε μεγάλο βαθμό δημιουργεί κουλτούρες και πρότυπα συμπεριφοράς (π.χ. κατανάλωση αλκοόλ και καπνού, υψηλές ταχύτητες οδήγησης κ.λπ.) τόσο εντός όσο και εκτός του εργασιακού χώρου.
- «Όλες οι δραστηριότητες, συμπεριλαμβανόμενης και της εργασίας εμπεριέχουν μία επικινδυνότητα. Αποδεχόμενοι την εργασία οι εργαζόμενοι αποδέχονται και τον κίνδυνο». Η άποψη αυτή εισήχθη αρχικά από τον Adam Smith στο βιβλίο του «The Wealth of Nations» και είχε σαν αποτέλεσμα την επικράτηση του συστήματος της αυξημένης αμοιβής έναντι κινδύνου στην εργασία για ένα μεγάλο διάστημα. Ο Kohler (2004) την αντικρούει υποστηρίζοντας ότι κρύβει τις εξής μη ισχύουσες παραδοχές:
  - ❖ η αγορά εργασίας είναι πλήρως ανοικτή με μηδενική ανεργία, οπότε ο εργαζόμενος μπορεί εύκολα να εγκαταλείψει μία θέση εργασίας και να βρει μία καταλληλότερη, απλά προσαρμόζοντας τις αποδοχές του
  - ❖ ο χώρος εργασίας είναι δημοκρατικός, οπότε ο εργαζόμενος επιλέγει τα καθήκοντα του και ουδείς τον αναγκάζει να τα υπερβεί
  - ❖ υπάρχει πλήρης και λεπτομερής γνώση των κινδύνων κάθε εργασίας, οπότε ο εργαζόμενος γνωρίζει το επίπεδο του κινδύνου και ανάλογα ισοσταθμίζει την αμοιβή του
  - ❖ η αμοιβή διαφορετικών εργασιών γίνεται με βάση μόνο τον κίνδυνο, οπότε επιλέγοντας μία επικίνδυνη εργασία σημαίνει πάντοτε και αύξηση των αποδοχών
  - ❖ οι άνθρωποι σχεδιάζουν την καριέρα τους με μόνο γνώμονα την αμοιβή έναντι κινδύνου, δηλαδή η επιπλέον αμοιβή είναι ο μόνος λόγος για τον οποίο μπορεί κάποιος να επιλέξει την επικίνδυνη εργασία.

Βέβαια, οι παραδοχές αυτές απέχουν κατά πολύ από την πραγματικότητα, καθώς η εμπειρία έδειξε ότι το επίδομα ενσωματώθηκε στο μισθό χωρίς να προσφέρει επιπλέον αμοιβή (Viscusi 1983, Klen 1989). Μάλιστα, επειδή τα πλέον επικίνδυνα επαγγέλματα είναι συχνά αυτά που απαιτούν το μικρότερο ανθρώπινο κεφάλαιο (εξειδίκευση, γνώσεις κ.λπ.) κατέλη-

ξαν να είναι αυτά με τις χαμηλότερες αποδοχές (Leigh 1995, Duncan Holmlund 1983; Dorman, Hagstrom 1998).

Οι αρχικές και απλοϊκές αυτές απόψεις έδωσαν τη σειρά τους στην επιστημονική μελέτη των φαινομένων επικινδυνότητας στο χώρο εργασίας. Οι πρώτες θεωρίες των αρχών του αιώνα αποτυπώθηκαν σε δύο σχετικές μελέτες (Greenwood, Woods 1919; Newbold 1926):

- Η θεωρία της απλής τύχης (pure chance theory). Σύμφωνα με αυτήν το κάθε άτομο στον πληθυσμό έχει ίση πιθανότητα να είναι θύμα ατυχήματος. Κανένα διακριτό πρότυπο δεν εμφανίζεται στα συμβάντα που οδηγούν στο ατύχημα. Οι διαφοροποιήσεις στη συχνότητα ατυχημάτων διαφορετικών ατόμων δεν είναι παρά οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται στα δείγματα διαφόρων πειραμάτων σε έναν πληθυσμό που ακολουθεί μία συγκεκριμένη κατανομή.
- Η θεωρία προκατειλημμένης προδιάθεσης (biased liability theory). Σύμφωνα με αυτήν, εφόσον ένα άτομο έχει πέσει θύμα ατυχήματος, η πιθανότητα να ξαναπέσει είναι είτε μικρότερη είτε μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα άτομα του πληθυσμού. Εάν είναι μεγαλύτερη οδηγούμαστε στη «μεταδοτική υπόθεση» («contagious hypothesis»), ενώ αν είναι μικρότερη στην «υπόθεση των καμένων δακτύλων» («burned fingers hypothesis»). Ακόμη και πιο πρόσφατες μελέτες υποστηρίζουν είτε την «υπόθεση των καμένων δακτύλων» (Bhatt et al. 2005), είτε την «μεταδοτική υπόθεση» (Chung et al. 1986; Häkkinen 1958, 1971; Blasco 1988). Μάλιστα, μία σύγχρονη μελέτη της μεταδοτικής υπόθεσης (Blasco et al. 2003) σε δείγμα οδηγών λεωφορείων έδειξε ότι η εμφάνιση ενός ατυχήματος αυξάνει την πιθανότητα να συμβεί και επόμενο. Οι παρατηρήσεις αυτές, όμως, εξασθενούν όσο μεγαλώνει το δείγμα, γεγονός που υποδηλώνει ότι αυτό πιθανώς οφείλεται σε συγκεκριμένες επιδράσεις ή στην ύπαρξη κάποιων υποομάδων όπου υπερσχύει κάποιος άλλος καθοριστικός παράγοντας. Αντίστροφα, μία ακόμη σύγχρονη μελέτη (Bena et al. 2006) έδειξε μείωση της σοβαρότητας των επαναλαμβανόμενων ατυχημάτων στο ίδιο άτομο. Το φαινόμενο αυτό (σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές) μπορεί να οφείλεται απλά στην αυξημένη υποκειμενική αίσθηση κινδύνου (άρα και προσοχή) κάποιου ο οποίος έχει ήδη πάθει ένα ατύχημα ή στην ανάληψη ελαφρότερων καθηκόντων λόγω φόβου.
- Η ροπή προς ατυχήματα («accident proneness») ή θεωρία της ανισομερούς αρχικής προδιάθεσης («unequal initial liability theory»). Είναι αυτή που έχει συζητηθεί περισσότερο από όλες. Σύμφωνα με αυτήν υπάρχει μία συγκεκριμένη υποομάδα στο γενικό πληθυσμό, με μεγαλύτερη προδιάθεση για ατύχημα λόγω κάποιων έμφυτων χαρακτηριστικών της προσωπικότητας που οδηγούν τα άτομα αυτά σε περισσότερα ατυχήματα από τα υπόλοιπα. Η θεωρία αυτή βασίστηκε στον αποκαλούμενο «Νόμο του Marbe»: «η πιθανότητα ατυχήματος ενός δεδομένου ατόμου υπολογίζεται στη βάση των ατυχημάτων που ήδη είχε». Η θεωρία αυτή βασίστηκε στη σχετική εργασία (Marbe 1926) με την οποία βρέθηκε μικρή διακύμανση στους δείκτες ατυχημάτων μεταξύ διαφορετικών ασφαλιστικών κατηγοριών (κατηγορίες βάσει του παρελθόντος σε ατυχήματα – bonus malus) σε δύο διαδοχικές 5ετίες, καθώς τα άτομα είχαν παρόμοιο αριθμό ατυχημάτων στις δύο περιόδους ανεξαρτήτως της

θέσης εργασίας τους. Υπάρχει ένα πλήθος μελετών που υποστήριξε τη ροπή προς τα ατυχήματα (Farmer, Chambers 1939; Tillman, Hobbs 1949; Keehn 1959; Davies, Coiley 1959; Whitlock et al. 1963; Cresswell, Froggatt 1963; Kuncie 1967, 1974; Shaw, Sichel 1971).

Ιδιαίτερα η προσέγγιση της ροπής προς τα ατυχήματα (η οποία είναι έμφυτη και στη θεωρία της προκατειλημμένης προδιάθεσης) έχει δεχτεί μεγάλη κριτική, τόσο σε εμπειρικό επίπεδο (Mintz, Blum 1949; Arbous, Kerrich 1953) όσο και σε θεωρητικό, υποστηρίζοντας ότι αν υπάρχει έχει πολύ μικρό ρόλο (Ghiseli, Brown 1955), αφορά συγκεκριμένα είδη ατυχημάτων (Brown, Ghiseli 1948), οφείλεται στο διαφορετικό ιστορικό των ατόμων (Schulzinger 1954) ή έχει περιορισμένη χρονική διάρκεια (Verhaegen et al. 1974, Surry 1969).

Μία γενικότερη κριτική της ροπής προς ατυχήματα συνοψίζεται ως εξής (Kirchner 1961):

- Λόγω της τυχαιότητας και μόνο είναι πιθανότερο να εμφανίζονται περισσότερα ατυχήματα σε κάποιες ομάδες από ότι σε άλλες. Το φαινόμενο αυτό εξαφανίζεται σε μεγαλύτερες περιόδους εξέτασης.
- Η διαφοροποίηση είναι επίκτητη και όχι εγγενής. Επίσης, η ομάδα υψηλού κινδύνου είναι ρευστή, καθώς προστίθενται και αφαιρούνται συνεχώς μέλη (Cazamian 1983).
- Η ροπή προς τα ατυχήματα μπορεί να οφείλεται στο στρες, όμως οι άνθρωποι προσαρμόζονται σταδιακά σε αυτό και έτσι το φαινόμενο είναι παροδικό.

### 1.3 Δομή

Σύμφωνα με τον Dorman (2000), παραδοσιακά ο κίνδυνος ήταν συνάρτηση της έκθεσης σε επικίνδυνες καταστάσεις ή ουσίες, αλλά αυτό πρέπει να συμπληρωθεί από προσεγγίσεις κοινωνικών επιστημών όπου ο κίνδυνος είναι αποτέλεσμα της κοινωνικής θέσης, πιέσεων και κινήτρων, όπως:

- Αβέβαιη εργασία: εργαζόμενοι με σύμβαση έργου λαμβάνουν λιγότερη εκπαίδευση και έχουν μικρότερη επίγνωση των δικαιωμάτων τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις δεν γνωρίζουν καν ποιος είναι ο εργοδότης τους.
- Ανεπίσημη εργασία: κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες.
- Μικρομεσαίες επιχειρήσεις: μεγαλύτερο κόστος, μικρότερη τεχνογνωσία, μεγαλύτερος ανταγωνισμός. Το μέγεθος της επιχείρησης και ο κίνδυνος είναι αντιστρόφως ανάλογα.



- Ειδικές ομάδες εργαζομένων (π.χ. γυναίκες, παιδιά) έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να βρεθούν στις παραπάνω κατηγορίες. Γενικά όσο χαμηλότερο το κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο του εργαζόμενου τόσο μεγαλύτερο το επίπεδο επικινδυνότητας.

Η άποψη αυτή ενισχύεται και από επισημάνσεις του Kohler (2004) ότι η εργασία δεν είναι ατομική αλλά κοινωνική δραστηριότητα. Η δυνατότητα καθορισμού του τρόπου εργασίας από έναν εργαζόμενο για κάθε δεδομένη στιγμή περιορίζεται από την επίβλεψη, τα εργαλεία και τον εξοπλισμό, ειλημμένες αποφάσεις για τις διαδικασίες εργασίας, τη συμπεριφορά συναδέλφων και προϊσταμένων, οδηγίες, προδιαγραφές και ζήτηση αγοράς. Τα λάθη συχνά προέρχονται από παραγωγικές απαιτήσεις του εργοδότη. Ανθρώπινοι παράγοντες (π.χ. κόπωση, στρες, εργασία σε βάρδια, εργονομία) συχνά παραβλέπονται, όπως και το γεγονός ότι τα πάντα (ακόμη και τα πλέον απλά) πρέπει να τύχουν διαχείρισης από τον εργαζόμενο, γεγονός που οδηγεί σε υποτίμηση του φόρτου εργασίας. Γενικότερα η μελέτη του ανθρώπινου λάθους είναι ένα ιδιαίτερο θέμα της μελέτης του φαινομένου του εργατικού ατυχήματος, και θα παρουσιαστεί εκτενώς στο βιβλίο αυτό.

Επίσης, η ανθρώπινη συμπεριφορά, ειδικά υπό καθεστώς πίεσης, έχει παρατηρηθεί ότι βασίζεται περισσότερο σε κοινωνικά πρότυπα και αντιλήψεις, παρά σε ειδικές και περιστασιακές εντολές και οδηγίες εργασίας. Σε τέτοιες καταστάσεις ο εργαζόμενος ακολουθεί τα «έμφυτα» αυτά πρότυπα που μπορεί (στο συγκεκριμένο εργασιακό χώρο) να οδηγούν σε επικίνδυνες καταστάσεις. Η μελέτη της υποκειμενικής αντίληψης του κινδύνου αποτελεί ένα ξεχωριστό κεφάλαιο της μελέτης των εργατικών ατυχημάτων, άρα και του βιβλίου αυτού.

Το εργατικό ατύχημα, ιδιαίτερα σε επικίνδυνες βιομηχανίες όπου μπορεί να λάβει και μεγαλύτερη κοινωνική διάσταση, έχει μελετηθεί με διάφορες προσεγγίσεις κατά τον 20ο αιώνα. Υπάρχει ένα πλήθος θεωριών και μοντέλων που περογράφουν το χώρο εργασίας και τη διαδικασία πρόκλησης ατυχημάτων. Προσπαθώντας να διαχειριστούμε τον μεγάλο αυτό ερευνητικό πλούτο, διακρίνουμε τρεις γενικές κατευθύνσεις – διαστάσεις όπου κινείται η σχετική έρευνα:

- Την ποσοτική εκτίμηση κινδύνου (Quantitative Risk Assessment) – αξιοπιστία (Reliability) – μοντέλα ατυχημάτων (Accident Models). Πρόκειται για την περισσότερο συγγενή προς τους μηχανικούς ερευνητική περιοχή, όπου κυριαρχούν η Θεωρία Πιθανοτήτων και η Επιχειρησιακή Έρευνα. Είναι η περιοχή που μελετά το σύστημα του χώρου εργασίας και τα στοιχεία του, είτε αυτά είναι άψυχα είτε έμψυχα.
- Τη μελέτη των ανθρώπινων παραγόντων (Human Factors) - ανθρώπινου λάθους (Human Error) - ανθρώπινης αξιοπιστίας (Human Reliability). Είναι μία περιοχή συγγενέστερη προς την Ψυχολογία, με την ιδιαιτερότητα, όμως, ότι με αυτήν πρώτα ασχολήθηκαν οι μηχανικοί στα πλαίσια της ευρύτερης έννοιας της αξιοπιστίας. Η περιοχή αυτή μελετά την ακούσια ανθρώπινη συμπεριφορά ως παράγοντα πρόκλησης ατυχημάτων.
- Την υποκειμενική αντίληψη του κινδύνου (Risk Perception) - επικοινωνία του κινδύνου

(Risk Communication) – λήψη αποφάσεων σε καθεστώς κινδύνου (Decision Making under Risk). Μία περιοχή που ανήκει αμιγώς στην επιστήμη της Ψυχολογίας και εξετάζει την εκούσια συμπεριφορά του ατόμου έναντι του κινδύνου.

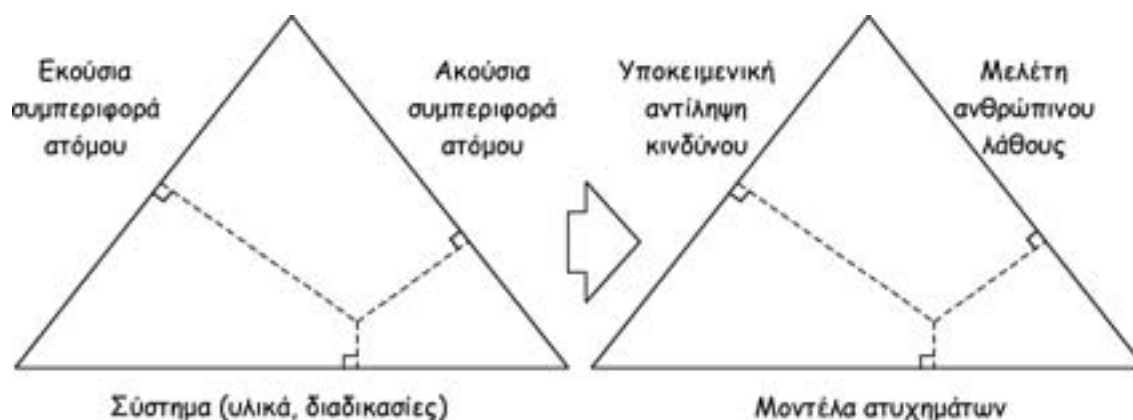
Υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος άρθρων σε διεθνή περιοδικά των σχετικών επιστημών ή στα περίπου δέκα εξειδικευμένα περιοδικά ασφάλειας που αναφέρονται σε κάποια από τις παραπάνω ερευνητικές περιοχές. Οι δύο πρώτες περιοχές συχνά εξετάζονται μαζί (άλλωστε η μελέτη του ανθρώπινου λάθους ξεκίνησε σαν μέρος της ποσοτικής εκτίμησης κινδύνου). Ελάχιστες, όμως, προσπάθειες έχουν γίνει για μία ολιστική προσέγγιση του ατυχήματος σαν συνδυασμό όλων των παραπάνω περιοχών.

Στο βιβλίο αυτό θα εξεταστούν και οι τρεις αυτές διαστάσεις, θεωρώντας ένα ολιστικό εννοιολογικό (και μόνο) μοντέλο περιγραφής του φαινομένου του ατυχήματος όπου συνυπάρχουν. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό το ατύχημα προκαλείται από παράγοντες που σχετίζονται είτε με τον άνθρωπο είτε με τα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος. Οι παράγοντες που σχετίζονται με τον άνθρωπο αφορούν είτε την εκούσια (αντίληψη κινδύνου) είτε την ακούσια (ανθρώπινο λάθος) συμπεριφορά του. Οι υπόλοιποι παράγοντες σχετίζονται με το σύστημα και την αλληπίδραση του ανθρώπου με αυτό (μοντέλα ατυχημάτων).



**Σχήμα 1.1 Ολιστικό εννοιολογικό μοντέλο του ατυχήματος.**

Το παραπάνω ολιστικό μοντέλο, βέβαια, δεν είναι μία νέα πλήρης θεωρία του ατυχήματος, αλλά ένα μεθοδολογικό σχήμα που θα μας επιτρέψει να μελετήσουμε το φαινόμενο του ατυχήματος χωρίς να εξαιρέσουμε καμμία οπτική γωνία. Άλλωστε, οι τρεις «διαστάσεις» του δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους (με τον ίδιο τρόπο που είναι ανεξάρτητες οι τρεις διαστάσεις ενός Καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων), αλλά αλληλεπιδρούν και πιθανώς αλληλοκαλύπτονται σε κάποια σημεία. Έτσι, ακριβέστερο του Καρτεσιανού συστήματος θα ήταν ένα τριγωνικό σχήμα όπου το ατύχημα μπορεί να εξηγηθεί με στοιχεία (προβολές) της κάθε διάστασης.



**Σχήμα 1.2 Τριγωνικό σχήμα**

Το βιβλίο αυτό, λοιπόν, θα παρουσιάσει τις τρεις αυτές διαστάσεις: υποκειμενική αντίληψη του κινδύνου, ανθρώπινο λάθος και μοντέλα ατυχημάτων. Πριν από την παρουσίαση των τριων αυτών περιοχών, όμως, θα γίνει μία γενική αναφορά στις έννοιες του κινδύνου και της αβεβαιότητας, οι οποίες είναι πολύ σημαντικές για τα θέματα που τίγονται στο βιβλίο αυτό.

Γίνεται προσπάθεια να μην εμβαθύνουμε πολύ στις επί μέρους επιστήμες (Μαθηματικά, Ψυχολογία, Επιχειρησιακή Έρευνα κ.λπ.) ώστε να μην επιβαρυνθεί περισσότερο το ήδη ιδιάζον και πολύπλοκο θέμα του κινδύνου.

Επίσης, έγινε προσπάθεια τα Κεφάλαια να είναι όσο το δυνατόν ανεξάρτητα μεταξύ τους, ώστε να μπορεί ο αναγνώστης που ενδιαφέρεται για κάποιο συγκεκριμένο θέμα (π.χ. ανθρώπινο λάθος ή υποκειμενική αντίληψη κινδύνου) να μη χρειάζεται να ακολουθήσει όλη την πορεία μέχρι το Κεφάλαιο αυτό. Επίσης, ο αναγνώστης μπορεί να παρακάμψει οποιοδήποτε τμήμα χωρίς να είναι απαγορευτικό για την κατανόηση του υπόλοιπου.



## 2. ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ

### 2.1 Κίνδυνος

*«Τόσο ο κίνδυνος όσο και η αβεβαιότητα σχετίζονται με το άγνωστο. Ο κίνδυνος είναι η προσπάθεια να «ελεγχθεί» το άγνωστο μέσω γνώσης βασισμένης στην κανονικότητα του κόσμου ενώ η αβεβαιότητα αντιπροσωπεύει το εντελώς τυχαίο άγνωστο και έτσι δεν μπορεί να ελεγχθεί ή να προβλεφθεί». (Althaus 2005)*

Χωρίς να επιχειρήσουμε να ορίσουμε με ακρίβεια και φιλοσοφική αρτιότητα την έννοια του κινδύνου, μπορούμε να δεχτούμε ότι ο κίνδυνος είναι το ενδεχόμενο να προκύψουν ανεπιθύμητες εκβάσεις. Βέβαια, στην ελληνική γλώσσα, ο όρος «κίνδυνος» συγχωνεύει τις δύο έννοιες της ανεπιθύμητης έκβασης ("danger" στην αγγλική) και την αποδοχή του ενδεχομένου ("risk" στην αγγλική), έστω και αν ο τελευταίος όρος έχει ελληνική ρίζα (προερχόμενος από την επικίνδυνη επιλογή της πλεύσης κοντά στις ρίζες – Risiko – Risk των βράχων).

Στην εκτίμηση και διαχείριση του επαγγελματικού κινδύνου, ο κατάλληλος αγγλικός όρος είναι το risk ("risk assessment"), άρα η αντίστοιχη έννοια είναι η αποδοχή του κινδύνου, ο οποίος είναι αναπόφευκτος, αλλά ποτέ δεν υπήρξε ικανή απειλή για να σταματήσει την πορεία του ανθρώπου. Βέβαια, δεν έπαψε να αποτελεί παράγοντα επιρροής των αποφάσεων και των ενεργειών του, οι οποίες προκύπτουν σαν αποτέλεσμα στάθμισης των οφελών και των κινδύνων της κάθε ενέργειας.

Η στάθμιση αβέβαιων εκβάσεων παραπέμπει στη μαθηματική έννοια των προσδοκώμενων τιμών, δηλαδή του γινομένου του μεγέθους μιας ποσότητας επί της πιθανότητας να προκύψει. Π.χ. αν κάποιος μας ζητήσει να ρίξει ένα (δίκαιο) ζάρι και ζητά να του δώσουμε 6€ αν έρθει «έξι», τότε η προσδοκώμενη τιμή που θα πληρώσουμε θα είναι  $6€ \times 1/6 = 1€$ . Έτσι έχουμε μία εκτίμηση του συνολικού κινδύνου (ή ίσως καλύτερα «ρίσκου») που αναλαμβάνουμε, η οποία θα μας επιτρέψει να αντισταθμίσουμε το όφελος που θα ζητήσουμε για να μην είναι επιζήμια μία τέτοια ενέργεια, δηλαδή τουλάχιστο  $1€ / (5/6) = 1,2€$  για κάθε φορά που δεν έρχεται «έξι». Αν μας προσφέρονται λιγότερα από 1,2 € κάθε φορά που «κερδίζουμε» (μικρότερη βαρύτητα συνεπειών) ή αν μας ζητείται να χάνουμε και κάθε φορά που έρχεται «πέντε» (αλλαγή πιθανοτήτων), η επιλογή παύει να είναι συμφέρουσα.

Μία τέτοια στάθμιση (συνήθως όχι με μία τέτοια μαθηματική προσέγγιση βέβαια) γίνεται στην επιλογή κάθε ενέργειας με αβέβαια έκβαση. Σταθμίζεται τόσο η πιθανότητα μιας έκβασης, όσο και η βαρύτητα των συνεπειών εάν προκύψει μία τέτοια έκβαση. Η προσδοκώμενη τιμή είναι το γινόμενο της πιθανότητας (ή καλύτερα του μέτρου της προσδοκίας μας να προκύψει το ενδεχόμενο αυτό) επί κάποιο μέτρο των συνεπειών.

Βέβαια, το μέτρο των συνεπειών δεν μπορεί να είναι αναμφισβήτητο. Τα παίγνια χρημάτων (όπως το προαναφερθέν με τα ζάρια) είναι μία εξαίρεση μονοδιάστατων συνεπειών (χρήμα) όπου μπορούν να τεθούν αναλογίες (π.χ. είναι δύο φορές χειρότερα να χάνεις 6€ από ότι να χάνεις 3€). Στις περισσότερες, όμως, περιπτώσεις, όσο και στην περίπτωση των κινδύνων για την υγεία δεν μπορεί να υπάρξει ένα τέτοιο αναμφισβήτητο μέτρο των συνεπειών. Στο Κεφάλαιο 3 θα συζητηθεί εκτενέστερα η υποκειμενικότητα αυτή του μέτρου των συνεπειών, η οποία δεν οφείλεται απλώς στην άγνοια μας, αλλά και στη διαφορετική αξία που δίνει το κάθε άτομο σε συγκεκριμένες εκβάσεις.

## 2.2 Επιστημολογία της αβεβαιότητας και της πιθανότητας

*«Ο Θεός δεν παίζει ζάρια» (Albert Einstein).*

Η μελέτη των ατυχημάτων ήταν εξ' αρχής ένα αντικείμενο των μηχανικών. Ήταν αναπόφευκτο λοιπόν να κληρονομήσει αρχικά το χαρακτηριστικό «θετικό» ντετερμινιστικό παράδειγμα που ακολουθούν, όπου η πιθανότητα της κάθε έκβασης είναι μία, αντικειμενική και δεδομένη και ο μόνος λόγος για την άγνοια της ήταν η έλλειψη σχετικών στοιχείων και ιστορικών δεδομένων. Μέχρι τη δεκαετία του '80 η προσέγγιση αυτή κυριαρχούσε, καθώς ακόμα και η μελέτη του ανθρώπινου λάθους είχε επικεντρωθεί στον υπολογισμό κάποιας τέτοιας πιθανότητας (HEP – Human Error Probability). Έτσι, υπήρχε η προσδοκία ότι αν δημιουργηθούν μεγάλες βάσεις δεδομένων ατυχημάτων ώστε να υπολογιστούν καλές εκτιμήσεις πιθανοτήτων, θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε τις πιθανότητες ατυχημάτων σε έναν «καλοκουρδισμένο» κόσμο (Stewart 1989).

Στη συνέχεια, με την ουσιαστικότερη εμπλοκή της Ψυχολογίας και την πρόοδο στην ανάλυση η προσέγγιση αυτή άλλαξε, καθώς εισήχθη με ουσιαστικό τρόπο η έννοια της υποκειμενικότητας. Παράλληλα, η έμφαση που άρχισε να δίνεται στην πολυπλοκότητα μέσω της ανάπτυξης της Θεωρίας του Χάους στις θετικές επιστήμες άλλαξε τη μέχρι τότε αναμφισβήτητη αυτή προσέγγιση ακόμη και στις πτυχές εκείνες της μελέτης που δεν αφορούν τον ανθρώπινο παράγοντα.

Έτσι, η υποκειμενικότητα δεν αφορά πια μόνο τον ανθρώπινο παράγοντα ούτε κάποιες συγκεκριμένες μόνο πτυχές του συστήματος όπου γεννάται το ατύχημα. Οι ρίζες της φθάνουν στην ίδια τη θεμελιώδη έννοια της πιθανότητας και για το λόγο αυτό θα είναι πάντοτε παρούσα στην ανάλυση όλων των πτυχών του ατυχήματος.

### 2.2.1 Αλεατορική και Bayes-ιανή προσέγγιση

Το επιστημονικό ζήτημα της υποκειμενικότητας ή μη της πιθανότητας είναι σαφώς προγενέστερο και ευρύτερο της ανάλυσης ατυχημάτων. Αφορά ένα ιδιαίτερο πεδίο επιστημονικής αντιπαράθεσης, όπου έχει εμφανιστεί πλήθος άρθρων από την εποχή του Bayes μέχρι σήμε-

ρα. Η «αντικειμενική» ή «υποκειμενική» αντίληψη της πιθανότητας (ή «συχνοτική» και «Bayes-ιανή» αντίστοιχα), όμως, επηρεάζει σαφώς την αντίληψη του ατυχήματος (Bomel 2001) και για το λόγο αυτό παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο αυτό:

- Σύμφωνα με τη «συχνοτική» ("frequentist") αντίληψη, η πιθανότητα είναι μία αντικειμενική ιδιότητα κάποιου γεγονότος. Δηλαδή κάθε γεγονός (μέσα στο συγκεκριμένο συγκυριακό πλαίσιο όπου αναμένεται να εκδηλωθεί ή όχι) έχει μία συγκεκριμένη αναλογία με την οποία ενδέχεται να προκύψει (ή όχι). Η πιθανότητα συνδέθηκε με τη σχετική συχνότητα, κυρίως μέσω του θεωρήματος των μεγάλων αριθμών του Bernoulli το 1713, σύμφωνα με το οποίο αν ένα πείραμα επαναληφθεί πολλές φορές τότε η σχετική συχνότητα με την οποία εμφανίζεται το γεγονός είναι πολύ κοντά στην πιθανότητα του. Δηλαδή η πιθανότητα είναι μία εγγενής τιμή, την οποία μπορεί κανείς να προσεγγίσει επαναλαμβάνοντας πολλές φορές ένα πείραμα. Έτσι η ρίψη ενός (μη επηρεασμένου) κέρματος έχει ίση πιθανότητα να αποδώσει κάθε μία από τις δύο πλευρές. Η μη ακριβής (αλλά πάντοτε κατά προσέγγιση ορθή) επιβεβαίωση της τιμής αυτής στα πειράματα οφείλεται στη στατιστική διακύμανση του εκάστοτε δείγματος – αν είχαμε έναν άπειρο αριθμό επαναλήψεων θα ήταν ακριβής.
- Σύμφωνα με τη "Bayes-ιανή" αντίληψη, η πιθανότητα εξαρτάται από το ποσό της διαθέσιμης πληροφορίας. Η υποκειμενική αυτή αντίληψη βλέπει την πιθανότητα σαν βαθμό πίστης και όχι σαν μία αντικειμενική ιδιότητα (Winkler 1996). Οι υποστηρικτές της αντίληψης αυτής δεν εξετάζουν τις ιδιότητες ενός γεγονότος αλλά τις ιδιότητες της γνώσης για το γεγονός αυτό. Δηλαδή, σύμφωνα με την αντίληψη αυτή, δεν υπάρχει η αντικειμενική έννοια της αναλογίας του ενδεχομένου να συμβεί ή όχι. Η έννοια της τυχαιότητας απορρίπτεται και υιοθετείται ένα περισσότερο ντετερμινιστικό παράδειγμα, σύμφωνα με το οποίο ένα γεγονός συμβαίνει ακριβώς λόγω όλων των συνθηκών που το πλαισιώνουν: αν οι τελευταίες είναι με ακρίβεια γνωστές θα είναι γνωστή και η έκβαση. Η αδυναμία να γνωρίζει κανείς όλες τις συνθήκες και τις καταστάσεις τους είναι αυτή που δημιουργεί την αβεβαιότητα για το αποτέλεσμα, άρα και την απόδοση πιθανοτήτων. Έτσι, η έκβαση της ρίψης ενός νομίσματος εξαρτάται από συγκεκριμένες συνθήκες (π.χ. την πλευρά που βρίσκεται πάνω αρχικά, τη δύναμη και ροπή του πετάγματος, την ταχύτητα του αέρα, την ακριβή θέση το κέντρου βάρους του νομίσματος κ.λπ.) οι οποίες, αν ήταν γνωστές, θα μας έδιναν μία ακριβή πρόβλεψη του αποτελέσματος. Η άγνοια των συνθηκών αυτών οδηγεί στην υιοθέτηση της συγκεκριμένης τιμής πιθανότητας (1/2) στην οποία τείνει η μέση τιμή του δείγματος. Η απόκλιση από την ακριβή τιμή που παρουσιάζεται στα πειράματα δεν είναι αποτέλεσμα της στατιστικής διακύμανσης του εκάστοτε δείγματος, αλλά αποτέλεσμα της μεταβολής των συνθηκών.

Στην ανάλυση ατυχημάτων, λόγω της πολυπλοκότητας των συνθηκών και κυρίως λόγω της ύπαρξης μιας συγκεκριμένης προσδοκώμενης και επιθυμητής έκβασης (η οποία σπάνια δεν θα προκύπτει) ως σημείο αναφοράς (δηλαδή το «μη ατύχημα»), χρησιμοποιείται περισσότερο η έννοια της αβεβαιότητας αντί της πιθανότητας. Η αβεβαιότητα είναι μία ευρύτερη έννοια, η οποία μπορεί να εμπεριέχει την τυχαιότητα.

Αντίστοιχη της διάκρισης της πιθανότητας σε συχνοτική και Bayes-ιανή είναι και η διάκριση της αβεβαιότητας σε «αλεατορική» (εκ του Λατινικού λήμματος *aleator* που σημαίνει αυτόν που ρίχνει ζάρια) και «επιστημική»:

- Η «αλεατορική» αβεβαιότητα αναφέρεται στη φυσική τυχαιότητα (συχνοτική πιθανότητα) κάθε αβέβαιας ποσότητας. Επειδή η αβεβαιότητα αυτή είναι εγγενής δεν μπορεί να μειωθεί, παρά μόνο μέσω επέμβασης στις διαδικασίες στις οποίες οφείλεται.
- Η «επιστημική» αβεβαιότητα αντανakλά την έλλειψη γνώσης σχετικά με κάποια ποσότητα. Επειδή σχετίζεται με την έλλειψη γνώσης ή πληροφόρησης μπορεί να μειωθεί μέσω της βελτίωσης της γνώσης. Η επιστημική προσέγγιση προσπαθεί να προβλέψει παρατηρήσιμες ποσότητες, δηλαδή καταστάσεις του «κόσμου», ποσότητες φυσικής αλήθειας ή της φύσης που είναι άγνωστες την ώρα της ανάλυσης αλλά γίνονται (ή μπορούν να γίνουν) γνωστές στο μέλλον (Apeland et al. 2002).

Η απόδοση της «επιστημικής» ή «αλεατορικής» φύσης στην αβεβαιότητα αποτελεί ένα από τα πλέον χαρακτηριστικά πεδία εννοιολογικών αντιπαραθέσεων του χώρου της ανάλυσης επικινδυνότητας. Στην πλέον πρόσφατη αρθρογραφία ανάλυσης ατυχημάτων υποστηρίζεται κυρίως είτε η επιστημική αβεβαιότητα είτε μία μίξη των δύο προσεγγίσεων.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της «αλεατορικής» αντίληψης είναι η αντικειμενική αντιμετώπιση των στατιστικών δειγμάτων με μόνη εξαίρεση την αυθαίρετη επιλογή επιπέδου σημαντικότητας (Paté-Cornell 1996). Με άλλα λόγια, διαφορετικοί αναλυτές με το ίδιο δείγμα ιστορικών στοιχείων θα καταλήξουν σε ίδια συμπεράσματα αν είναι δεδομένο ένα συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας. Αυτό είναι κάτι που εξυπηρετεί σε μεγάλο βαθμό την ανάλυση, προσφέροντας μία ενιαία βάση για περαιτέρω εμβάθυνση.

Ασκώντας κριτική στην άποψη αυτή, οι υποστηρικτές της επιστημικής προσέγγισης υποστηρίζουν ότι στη θεωρία της σχετικής συχνότητας ποτέ δεν είναι γνωστή η ακριβής τιμή της πιθανότητας, καθώς αυτή θα μεταβληθεί αν συνεχιστούν λίγο περισσότερο οι επαναλήψεις του πειράματος (από το οποίο εκτιμήθηκε η τιμή της). Πρώτον, δεν είναι δυνατόν να γίνει ένας άπειρος αριθμός επαναλήψεων και δεύτερον, οι εκτιμήσεις είναι δυνατές μόνο για τις εκβάσεις που είναι επαναλήψιμες (Paté-Cornell 1996, Winkler 1996). Π.χ. δεν θα μπορούσε ποτέ η πιθανότητα εισόδου ατόμου σε χώρο ραδιενεργών αποβλήτων στα επόμενα 10.000 χρόνια να μεταφραστεί σε σχετική συχνότητα, καθώς δεν είναι δυνατόν να παρακολουθηθεί μία περίοδος 10.000 χρόνων, ειδικά με άπειρο αριθμό επαναλήψεων (Watson 1994). Κάθε χρονική στιγμή παρακολουθείται μόνο μία φορά, ενώ η υποθετική κατανομή θεωρείται ότι περιγράφει κάποιο πραγματικό υποβόσκοντα μηχανισμό που παράγει τα δεδομένα (Kvaaløy, Aven 2005).

Γενικά όταν η συχνότητα (που εκφράζει την αναλογία των φορών που προκύπτει ένα αποτέλεσμα) είναι μικρή, τότε παύει να είναι καλή εκτίμηση της πιθανότητας. Όμως, η εκτίμηση επικινδυνότητας των ατυχημάτων χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει πολύ σπάνια γεγονότα (όπως



τα ατυχήματα) κι έτσι δεν μπορεί να υπάρξει πειραματική επαλήθευση της αξιοπιστίας της (Parry 1996, Apeland et al. 2002).

Η επιστημική προσέγγιση εμφανίστηκε από το 18ο αιώνα αλλά οι πρώτες δημοσιεύσεις σχετικά με την επίσημη εφαρμογή της θεωρίας των υποκειμενικών πιθανοτήτων στην εκτίμηση επικινδυνότητας εμφανίστηκαν στο τέλος της δεκαετίας του 1970 (Apostolakis, 1978; Apostolakis, Mosleh 1979; Parry, Winter 1981, Kaplan, Garrick 1981) και αμέσως εμφανίστηκε και η σχετική κριτική (Easterling 1980, Easterling 1981, Abramson 1981). Στην επόμενη περίοδο συνεχίστηκε με αργό αλλά σταθερό ρυθμό η εφαρμογή της σε εγκαταστάσεις υψηλής επικινδυνότητας (Apostolakis 1988).

Οι υποστηρικτές της επιστημικής προσέγγισης θεωρούν ότι είναι η μόνη ρεαλιστική αντίληψη της αβεβαιότητας στον πραγματικό κόσμο (Winkler 1996). Γενικά, η πιθανότητα είναι μία καθαρά ανθρώπινη έννοια που εισήχθη για να περιορίσει το βαθμό άγνοιας για το μέλλον, όταν δεν υπάρχει βεβαιότητα γι αυτό. Η πιθανότητα δεν υπάρχει στη φύση σαν έννοια, καθώς, ανάλογα με τις συνθήκες, όλα τα γεγονότα συμβαίνουν ή όχι με ένα δυαδικό τρόπο και ποτέ με συγκεκριμένη πιθανότητα ή «σχεδόν». Η διαφοροποίηση στις εκβάσεις οφείλεται στη διαφοροποίηση κάποιων από τις πολλές άγνωστες παραμέτρους και όχι σε κάποιο άγνωστο φυσικό μηχανισμό (π.χ. «δαίμονας» του Heisenberg) που καθορίζει ποια από τις ισοπίθανες εκβάσεις θα προκύψει.

Σημαντικός παραγοντας στη σύλληψη της πιθανότητας ήταν η εξέλιξη των φυσικών επιστημών που επέτρεψε τη σύλληψη της σχετικότητας του χρόνου. Έτσι, ο χρόνος έπαψε να είναι ο άγνωστος ρυθμιστής των πραγμάτων και περιορίστηκε σε μία κουρτίνα που κρύβει τα μελλοντικά γεγονότα για τον άνθρωπο. Το ενδεχόμενο να δούμε ένα μακρινό άστρο να καταρρέει στο μέλλον έχει καθοριστεί ήδη στο παρελθόν όταν κατέρρευσε (ή όχι) και απλά αναμένεται με βεβαιότητα η άφιξη της πληροφορίας αυτής στη δική μας «γωνιά» του σύμπαντος. Ακόμη και στο μικρόκοσμο όπου επικράτησε η κβαντική θεωρία, η έννοια της πιθανότητας (π.χ. στη διττή φύση του φωτός ή στην Αρχή της Απροσδιοριστίας) δεν έχει αποδειχθεί ότι οφείλεται σε κάτι άλλο παρά στην άγνοια μας για το συγκεκριμένο μηχανισμό λειτουργίας.

Πως θα καθοριζόταν, όμως, η έκβαση σε ένα πράγματι «τέλειο νόμισμα», δηλαδή μία ιδεατή τέλεια αλεατορική μηχανή πειραμάτων; Η απάντηση δίνεται από τη Θεωρία του Χάους, σύμφωνα με την οποία δεν είναι δυνατόν να υπάρξει μία τέτοια μηχανή (ή, ακόμη και αν υπήρχαν δεν θα υπήρχε τρόπος να το γνωρίζει κανείς αυτό, λόγω του πρακτικά άπειρου πλήθους παραγόντων επηρεασμού). Πρέπει να γίνει διάκριση από τυχόν γενικευτικές παρερμηνείες (π.χ. ότι τα πάντα είναι προδιαγεγραμμένα). Προδιαγεγραμμένη είναι η έκβαση κάθε κατάστασης αν και μόνο αν γίνει υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες.

Το βασικότερο πρόβλημα της προσέγγισης αυτής είναι ότι η έλλειψη γνώσης οδηγεί αναπόφευκτα σε υποκειμενικές εκτιμήσεις (γνώμες ειδικών). Έτσι, λόγω της εξάρτησης από τις απόψεις ειδικών, η εκτίμηση επικινδυνότητας είναι περισσότερο ένα επιχείρημα, παρά μία απο-

κάλυψη της αλήθειας με την έννοια της μέτρησης κάποιας αντικειμενικής ιδιότητας του επικίνδυνου συστήματος (Watson 1994).

Μία σημαντική εξέλιξη στη μελέτη υποκειμενικών πιθανοτήτων ήταν η θεωρία των στοιχείων (Evidence Theory ή Dempster-Shafer Theory) που αναπτύχθηκε αρχικά από τον Dempster (Dempster 1967a, Dempster 1967b) και στη συνέχεια από τον Shafer (Shafer 1976) και άλλους αναλυτές (Bae et al. 2004). Σκοπός της είναι η ποσοτικοποίηση των απόψεων ειδικών μέσω επεξεργασίας των διαστημάτων που εκτιμά ο καθένας ότι περιέχεται η κάθε μεταβλητή.

Η πρακτική εφαρμογή της θεωρίας αυτής, όμως, έχει δεχθεί κριτική ότι εμφανίζει αρκετά προβλήματα (Helton et al. 2005), όπως η καταλληλότητα των διαδικασιών της (Ferson et al. 2002), η αξιοπιστία της σύζευξης πληροφοριών αβεβαιότητας από πολλαπλές πηγές (Ferson et al. 2002; Sentz, Ferson 2002) και η ανάγκη για την ανάπτυξη υπολογιστικών διαδικασιών (Joslyn, Helton 2002; Joslyn, Kreinovich 2002; Moral, Wilson 1994; Kämpke 1988; Kreinovich et al. 1994; Kohlas 1989) και την επικοινωνία κατάλληλων αντιλήψεων και απόψεων σχετικά με το πώς να μεταφράζονται και να χρησιμοποιούνται οι χαρακτηρισμοί αβεβαιότητας (NRC 1989, NRC 1994, NRC 1996).

Γενικότερα, η ποσοτικοποίηση των επιστημικών μοντέλων έχει δεχθεί κριτική ότι η αντιστοίχιση μιας συγκεκριμένης κατανομής με συγκεκριμένο μαθηματικό τύπο για την αναπαράσταση της επιστημικής αβεβαιότητας, υποθέτει μέσω του τύπου αυτού μία λεπτομερή δομή της αβεβαιότητας αυτής. Η παραδοχή μιας τέτοιας δομής συνεπάγεται πολύ περισσότερα από τον απλό ισχυρισμό ότι με τη διαθέσιμη γνώση η πραγματική τιμή δεδομένων μιας ανάλυσης περιέχεται σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο (Helton 2004). Με άλλα λόγια εφαρμόζονται συγκεκριμένες μαθηματικές σχέσεις στην άγνοια.

### 2.2.2 Σύνθεση των δύο προσεγγίσεων

Οι δυσχέρειες αυτές της επιστημικής προσέγγισης, υπό το βάρος της ανάγκης λήψης αποφάσεων και εκτίμησης των κινδύνων, ξαναφέρνουν στο προσκήνιο τη θεωρητικά αδύναμη αλλά ποσοτικά ισχυρή συχνотική πιθανότητα. Η άρνηση της χρησιμότητας της θα οδηγούσε σε μία πλήρη άγνοια, η οποία (ακόμη και αν ήταν επιστημολογικά ορθότερη) δεν θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη. Έτσι, η χρήση της αλεατορικής αβεβαιότητας βρίσκεται σε μία διελκυστίνδα όπου από τη μία πλευρά υπάρχει η τάση για μεγαλύτερη επιστημολογική ορθότητα και ακρίβεια και από την άλλη η ανάγκη για εύκολες και γρήγορες εκτιμήσεις. Ποιος είναι, όμως, ο παράγοντας που καθορίζει το βαθμό βαρύτητας που θα πρέπει να δίνεται στην αλεατορική αβεβαιότητα;

Η πολυπλοκότητα μπορεί να είναι ο καθοριστικός παράγοντας της βαρύτητας της αλεατορικής αβεβαιότητας, με τον ίδιο τρόπο που η ταχύτητα είναι ο καθοριστικός παράγοντας στη Θεωρία της Σχετικότητας. Όπως στην τελευταία γίνεται αποδεκτό το αμετάβλητο της μάζας του κοινού σώματος για χαμηλές ταχύτητες (οπότε εφαρμόζεται η πολύ απλούστερη Νευτώ-

νεια Φυσική που σε αυτές τις συνθήκες είναι αρκετά ακριβής), ώστε να λαμβάνονται εύκολα και γρήγορα αποτελέσματα, έτσι και στα συστήματα θεωρείται ότι μπορεί να γίνει αποδεκτή η αλεατορική αβεβαιότητα σε συστήματα με μικρή πολυπλοκότητα δίνοντας εύκολα και γρήγορα, αλλά και αρκετά αξιόπιστα αποτελέσματα.

Αν εξετάζεται η ρίψη ενός κέρματος (μεγάλη πιθανότητα και συχνότητα) είναι αρκετά ικανοποιητική η χρήση της αλεατορικής αβεβαιότητας, η οποία, όμως, δεν είναι ικανοποιητική για την εξέταση της εισόδου ενός ατόμου σε χώρο ραδιενεργών αποβλήτων (μικρή πιθανότητα και συχνότητα). Με άλλα λόγια αν υπάρχει δυνατότητα 100 παρατηρήσεων μπορεί να εκτιμηθεί μία πιθανότητα της τάξης του 0,1, αλλά όχι μια πιθανότητα της τάξης του 0,00001. Η προσέγγιση αυτή συμβαδίζει με αυτή των υποστηρικτών της σύνθεσης των δύο παραδειγμάτων (αν θεωρηθεί ότι η «Bayes-ιανή» πιθανότητα είναι αποτέλεσμα της πολυπλοκότητας) όπου η συνολική πιθανότητα χωρίζεται στην «συχνотική» του μοντέλου και στην «Bayes-ιανή» της ορθότητας του μοντέλου, με την αίρεση, όμως, της αποδοχής της «συχνотικής» πιθανότητας όχι ως φυσικής έννοιας, αλλά ως οικουμενικά αποδεκτή προσέγγιση.

Η εκτίμηση κινδύνου ενός συμβάντος, όμως, εξετάζει δύο μεγέθη: την πιθανότητα και τις συνέπειες του. Έτσι, μία θεμελιώδης διάκριση των ειδών αβεβαιότητας στην εκτίμηση επικινδυνότητας (Stirling 1999, 2003) είναι σύμφωνα με την ποιότητα της γνώσης στις δύο αυτές διαστάσεις: στην εκτίμηση πιθανοτήτων και στο χαρακτηρισμό των συνεπειών. Εάν υπάρχει καλή γνώση και στις δύο διαστάσεις τότε η αβεβαιότητα είναι στοχαστική και η «συχνотική» πιθανότητα μπορεί να είναι μία καλή προσέγγιση (κάτι τέτοιο ισχύει βέβαια σε απλά συστήματα). Εάν η γνώση των πιθανοτήτων είναι καλή, αλλά όχι και η γνώση των συνεπειών, τότε εμφανίζεται αμφιβολία, δηλαδή ένα είδος δομικής αβεβαιότητας που επιτρέπει διαφορετικές ερμηνείες των δεδομένων. Εάν η γνώση των συνεπειών είναι καλή αλλά όχι και αυτή των πιθανοτήτων, τότε εμφανίζεται ένα δεύτερο είδος δομικής αβεβαιότητας, η κλασσική αβεβαιότητα (Luce, Raiffa 1957). Τέλος, η κακή γνώση και των δύο διαστάσεων ονομάζεται πλήρης επιστημονική άγνοια (Andrews et al. 2004). Είναι σαφές ότι στις τελευταίες περιπτώσεις η πολυπλοκότητα του συστήματος είναι μεγάλη και η προσεγγιστική ισχύς της «συχνотικής» πιθανότητας είναι μικρή.

Ο συνδυασμός των συνεπειών και της πιθανότητας στην εκτίμηση κινδύνου έχει, όμως, και άλλες ιδιαιτερότητες. Κίνδυνοι χαμηλών συνεπειών και υψηλής πιθανότητας λαμβάνουν την ίδια τιμή εκτίμησης με κινδύνους υψηλών συνεπειών και χαμηλής πιθανότητας. Παρόλο που οι τιμές αυτές είναι ίσες, οι αντιδράσεις απέναντι στους κινδύνους αυτούς, από άποψη προτεραιότητας διόρθωσης μπορεί να είναι πολύ διαφορετικές (St John Holt 1999). Αυτή η διάκριση, όμως, χάνεται και όταν προστίθενται τα γινόμενα πιθανότητας και συνεπειών για να υπολογιστεί ο συνολικός κίνδυνος (Gadd et al. 2003).

Αν οι συνέπειες είναι μεγάλες, η τιμή του κινδύνου είναι ευαίσθητη σε μικρές αλλαγές στην πιθανότητα αστοχίας και σχετικά λίγο ευαίσθητη σε μικρές αλλαγές στο μέγεθος των συνεπειών. Έτσι, μεγάλη μείωση του κινδύνου μπορεί να επιτευχθεί με σχετικά μικρή μείωση της πιθανότητας αστοχίας. Αντίθετα σε περιπτώσεις μεγάλης πιθανότητας ατυχήματος, η τιμή του



κινδύνου γίνεται ευαίσθητη σε αλλαγές στο μέγεθος των συνεπειών και σχετικά λίγο ευαίσθητη σε μικρές αλλαγές στην πιθανότητα αστοχίας (Todinov 2006).

Γενικά, η αποδοχή της «αλεατορικής» αβεβαιότητας, ή της «επιστημικής» αβεβαιότητας ή ενός συνδυασμού τους αποτελεί το θέμα μίας μεγάλης θεωρητικής διαμάχης που εκτείνεται πολύ μακρύτερα από τα όρια της περιοχής που διαπραγματεύεται η διατριβή αυτή. Βέβαια, η χρήση του ίδιου Νόμου των Πιθανοτήτων, περιορίζει το ενδιαφέρον της διαμάχης αυτής μόνο σε θεωρητικό επίπεδο, αφού (εφόσον με κάποιο τρόπο αποδοθούν κάποιες τιμές πιθανοτήτων) στη συνέχεια η μαθηματική επεξεργασία παραμένει η ίδια.

### 3. ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

#### 3.1 Εισαγωγή

*«Ο κίνδυνος δεν υπάρχει "εκεί έξω" ανεξάρτητα από το μυαλό και την κουλτούρα μας περιμένοντας να μετρηθεί. Αντίθετα, οι άνθρωποι εφηύραν την έννοια του κινδύνου για να τους βοηθήσει να αντιμετωπίσουν τις απειλές και τις αβεβαιότητες της ζωής. Παρότι οι απειλές αυτές είναι πραγματικές, δεν υπάρχει "πραγματικός" κίνδυνος ή "αντικειμενικός" κίνδυνος... η απειλή είναι πραγματική, αλλά ο κίνδυνος είναι κοινωνικά κατασκευασμένος» (Slovic 1998).*

Η υποκειμενική αντίληψη του κινδύνου από τα άτομα είναι ιδιαίτερα σημαντική στη μελέτη των ατυχημάτων και αφορά τις συνειδητές ενέργειες και συμπεριφορές του ατόμου απέναντι στον κίνδυνο. Έχει, άλλωστε, παρατηρηθεί (Mullen 2004) ότι σε συγκεκριμένες περιπτώσεις οι εργαζόμενοι γνωρίζουν τους κινδύνους της ανασφαλούς εργασίας αλλά αποφασίζουν να αγνοήσουν τους κανόνες ασφαλείας και να εργαστούν επικίνδυνα εν γνώσει τους.

Ο συνήθης ορισμός της έννοιας του κινδύνου, δηλαδή ως γινόμενο της πιθανότητας επί τη βαρύτητα των συνεπειών, δεν καλύπτει όλο το φάσμα της έννοιας αυτής και της επίδρασης της στην ανθρώπινη συμπεριφορά. Η ποσοτική εκτίμηση κινδύνου, δηλαδή η μέτρηση πιθανότητας και βαρύτητας συνεπειών έχει κάνει σημαντικά βήματα σχετικά με τη σύλληψη της αβεβαιότητας τα τελευταία χρόνια αλλά μπορεί να παραπλανήσει, καθώς η προσήλωση σε αυτήν μπορεί να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι ο κίνδυνος είναι ένα αντικειμενικό φαινόμενο (Jasanoff 1998). Η έννοια του κινδύνου, δηλαδή του ενδεχόμενου να υπάρξει απόκλιση από το αναμενόμενο και επιθυμητό αποτέλεσμα, έχει μία διττή φύση που σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο γίνεται αντιληπτός, δηλαδή είτε ως μία αντικειμενική υπόσταση είτε ως ένα νοητικό κατασκεύασμα. Για το λόγο αυτό υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις με διαφορετικό επιστημονικό υπόβαθρο και φόντο, οι οποίες ασχολούνται με το φαινόμενο αυτό.

Αν και έχουν εμφανιστεί πολλοί ορισμοί για τον κίνδυνο δεν υπάρχει κάποιος καθολικά αποδεκτός. Είναι χρήσιμη, όμως, η παράθεση των διαφόρων κατηγοριών κινδύνου όσον αφορά την αντίληψη του. Σε σχέση με την υποκειμενικότητά του ο κίνδυνος διακρίνεται στις εξής κατηγορίες (Althaus 2005):

- Υποκειμενικός κίνδυνος: η νοητική κατάσταση ενός ατόμου που βιώνει την αβεβαιότητα ή αμφιβολία ή ανησυχία ως προς την έκβαση ενός συγκεκριμένου συμβάντος.
- Αντικειμενικός κίνδυνος: η διαφορά που ενδέχεται να προκύψει μεταξύ των πραγματικών απωλειών και των αναμενόμενων απωλειών.

- Πραγματικός κίνδυνος: ο συνδυασμός της πιθανότητας και του μεγέθους των αρνητικών συνεπειών που υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο.
- Παρατηρούμενος κίνδυνος: η υποκειμενική μέτρηση του παραπάνω συνδυασμού που επιτυγχάνεται μέσω ενός (αναπόφευκτα ατελούς) μοντέλου του πραγματικού κόσμου.
- Εκλαμβανόμενος κίνδυνος: η χονδρική προσέγγιση του πραγματικού κινδύνου που γίνεται από ένα όχι εξειδικευμένο μέλος του πληθυσμού, χωρίς ιδιαίτερη μελέτη.

Σε σχέση με την αποδοχή του ο κίνδυνος μπορεί επίσης να διακριθεί στις ακόλουθες κατηγορίες (Patwardhan et al. 1990):

- Υπολογισμένος κίνδυνος που είναι η εκτιμώμενη απώλεια για μία δεδομένη πιθανότητα εμφάνισης.
- Αποδεκτός κίνδυνος που βασίζεται σε μία αξιολόγηση και μπορεί να οριστεί σαν η απώλεια που μπορεί να γίνει ανεκτή χωρίς αντίστροφες συνέπειες.
- Υπολειμματικός κίνδυνος είναι η διαφορά μεταξύ του υπολογισμένου και του αποδεκτού κινδύνου και είναι ο κίνδυνος που πρέπει να τύχει διαχείρισης.

Υπάρχουν πολλές ακόμη διακρίσεις του κινδύνου ανάλογα με το σκοπό μελέτης του. Σε μία εκτεταμένη επισκόπηση 369 σχετικών άρθρων, ο Sherif (1991) συνοψίζει τις εξεταζόμενες διακρίσεις του κινδύνου:

- Καταστροφικός – μικρός.
- Ελεγχόμενος – μη ελεγχόμενος.
- Άμεσος – έμμεσος.
- Δίκαιος – άδικος.
- Αναμενόμενος – μη αναμενόμενος.
- Συνήθης – νέος.
- Μοιραίος – μη μοιραίος.
- Γενικός – ειδικός.
- Αλληλεπιδρών – ανεξάρτητος.
- Εσωτερικός – εξωτερικός.
- Ακαριαίος – σταδιακός.
- Αναστρέψιμος – μη αναστρέψιμος.
- Προσωρινός – μόνιμος.
- Εκούσιος – ακούσιος.

Η επιστημονική προσέγγιση της υποκειμενικής διάστασης του κινδύνου βασίζεται στην επιστήμη της Ψυχολογίας. Η αντίληψη του κινδύνου είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων, όπως η συστηματική προκατάληψη στην πληροφόρηση, η χρήση νοητικών συντομεύσεων και ο τρόπος παρουσίασης της πληροφορίας, σε αντίθεση με τις πραγματιστικές προσεγγίσεις που βασίζονται μόνο στην «αντικειμενική» πιθανότητα εμφάνισης του συμβάντος (Williamson, Weyman 2005).

Το δίλημμα της εστίασης σε μία από τις δύο «φύσεις» του κινδύνου δεν είναι πραγματικά επιστημονικό, αλλά καθαρά προσωπικό για τον κάθε εμπλεκόμενο στη διαχείριση του κινδύ-

νου, ανάλογα με το ρόλο που καλείται να επιτελέσει. Για την έρευνα και τη συνολική διαχείριση του κινδύνου είναι απαραίτητες και οι δύο «φύσεις». Ο πραγματιστικός υπολογισμός πιθανοτήτων και συνεπειών αποτελεί τη ρεαλιστική βάση πάνω στην οποία γίνεται η αξιολόγηση του κινδύνου, η οποία όμως δεν θα είναι πλήρης αν δεν συμπεριλάβει και την αντίληψη των εμπλεκόμενων γύρω από τον κίνδυνο αυτό, καθώς αυτή καθορίζει τη συμπεριφορά τους (π.χ. κινητοποίηση και λήψη προστατευτικών μέτρων) και άρα επηρεάζει ουσιαστικά την πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου, μέσα από μία κυκλική διαδικασία. Π.χ. ένα πολύνεκρο ατύχημα (Renn 1998) προκαλεί μεγαλύτερο φόβο και αποστροφή από ότι πολλά ατυχήματα με λίγους νεκρούς και έτσι προκαλεί μεγαλύτερη ευαισθησία, κινητοποίηση και προθυμία για τη λήψη μέτρων. Έτσι, ακόμη και μετά την αντικειμενική αξιολόγηση των κινδύνων, η μελέτη της νοητικής αντίληψης των εμπλεκόμενων είναι απαραίτητη, καθώς η επικοινωνία του κινδύνου προς αυτούς σχετίζεται απόλυτα με την αντίληψη αυτή (Weyman, Kelly 1999).

Οι οικονομικές συνέπειες από το συνυπολογισμό των δύο προσεγγίσεων στη χάραξη πολιτικής διαχείρισης του κινδύνου εμπεριέχουν τόσο κινδύνους όσο και ευκαιρίες: αν ληφθεί υπόψη μόνο η υποκειμενική αντίληψη κινδύνων αναπόφευκτα θα οδηγήσει σε ανισότητες και ατέλειες στη χρήση πόρων (Okrent 1998), αλλά και αν αγνοηθεί μπορεί επίσης να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες (από τους εμπλεκόμενους) οικονομικές συνέπειες (Pidgeon 1998). Η σύνθεση των δύο προσεγγίσεων είναι απαραίτητη (Okrent, Pidgeon 1998). Η αναγκαιότητα εξέτασης και των δύο προσεγγίσεων (Renn 1998) έχει να κάνει και με τη μεταβλητότητα της αντίληψης του κινδύνου στα άτομα: οι τεχνικές στατιστικές αναλύσεις δίνουν μέσες τιμές του πληθυσμού για μεγάλο χρονικό διάστημα. Κάθε άτομο, όμως, μπορεί να αντιμετωπίσει πολύ διαφορετικούς κινδύνους ανάλογα με το εύρος της τυπικής απόκλισης του πληθυσμού ή τη χρονική του μεταβολή (Hattis, Kennedy 1990). Άλλωστε, ενώ ο στόχος της τεχνικής προσέγγισης είναι η μείωση της πιθανότητας ή των συνεπειών, οι στόχοι της κοινωνικής προσέγγισης είναι διαφορετικοί και περιλαμβάνουν έννοιες όπως ισότητα, δικαιοσύνη, ευελιξία ή προσαρμοστικότητα (Vlek 1996; Kunreuther, Slovic 1996).

Ιστορικά στην Ψυχολογία υπήρξε μία παράδοση έρευνας που υιοθετούσε την «οικονομική άποψη» του κινδύνου, δηλαδή ότι η αβεβαιότητα μπορεί να παρασταθεί με μία αντικειμενική πιθανότητα. Έτσι, η προσπάθεια της κατευθυνόταν στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα άτομα λαμβάνουν αποφάσεις έναντι διαφόρων ειδών αβεβαιότητας και κατά πόσο η συμπεριφορά τους αποκλίνει από επίσημες τεχνικές εκτιμήσεις (Aven, Kristensen 2005), αφού υπάρχει ένα πλήθος ενδείξεων ότι οι αντιλήψεις των απλών ανθρώπων για τον κίνδυνο διαφοροποιούνται κατά πολύ από τις τεχνικές αυτές εκτιμήσεις (Gaskell, Allum 2001).

Όμως, η αποδοχή των «επιστημονικά τεκμηριωμένων» εκτιμήσεων για τον κίνδυνο ως αναμφισβήτητο σημείο αναφοράς από το οποίο μετράται η απόκλιση των «κοινών» αντιλήψεων δεν είναι πια αποδεκτή σε όλες τις προσεγγίσεις. Ούτως ή άλλως είναι δύσκολη η συγκέντρωση και επεξεργασία των απόψεων διαφορετικών ατόμων, λόγω των πολλών διαστάσεων στις οποίες το άτομο αισθάνεται και βιώνει τον κίνδυνο (Renn 1998).

Πέρα από τη διάκριση σε πραγματιστικές και νοητικές προσεγγίσεις, υπάρχει και η διά-

κριση σε ατομικό ή κοινωνικό πλαίσιο λήψης αποφάσεων, κυρίως μεταξύ των νοητικών προσεγγίσεων. Παρότι η τοποθέτηση της κοινωνίας ως πλαίσιο αναφοράς ακολούθησε χρονικά την προσέγγιση της εστίασης στο άτομο, δεν μπορεί να θεωρηθεί ως εξέλιξη της, καθώς οι δύο αυτές προσεγγίσεις δεν έχουν ενοποιηθεί και παραμένουν «ανταγωνιστικές».

### 3.2 Συμπεριφοριστική θεωρία αποφάσεων

***«Με ποιο τρόπο θα μπορούσες να πείσεις ένα άτομο που ακολουθούσε ανασφαλείς μεθόδους για 20 χρόνια χωρίς ατύχημα να ακολουθήσει ασφαλέστερες αλλά λιγότερο προσοδοφόρες συνήθειες; Η μόνη αμοιβή που μπορείς να του προσφέρεις είναι η πιθανότητα ότι δεν θα πληγεί στο μέλλον. Αυτό δεν είναι αμοιβή γι' αυτόν αφού δεν αναμένει να πάθει κάποιο ατύχημα από τη συμπεριφορά του» (Sundström-Frisk 1984).***

Η έρευνα πάνω στις αντιλήψεις για τον κίνδυνο ξεκίνησε ουσιαστικά στις δεκαετίες του '50 και '60 στα πλαίσια της επιστήμης της Ψυχολογίας και συγκεκριμένα της συμπεριφοριστικής (behavioral) Ψυχολογίας (Pidgeon et al. 1992), η οποία εξέτασε το ανθρώπινο μυαλό σαν ένα «μαύρο κουτί» όπου εισάγονται ερεθίσματα και εξάγονται αντιδράσεις. Στα μοντέλα αυτά δεν διαχωρίζονται τα άτομα βάσει συγκεκριμένων χαρακτηριστικών σε ομάδες ούτε εξετάζεται ο τρόπος παρουσίασης του κινδύνου. Τα άτομα θεωρούνται στατιστικά ενιαία και μελετάται η αντίδραση τους σε διάφορες εκφράσεις του κινδύνου.

Οι παραδοχές αυτές, βέβαια, συνεπάγονται και την ύπαρξη επαναληπτικότητας των αποτελεσμάτων με την έννοια των θετικών επιστημών. Με άλλα λόγια, εάν επαναλαμβάνεται το ίδιο πείραμα με τα ίδια δεδομένα θα πρέπει (τουλάχιστο σε στατιστικό επίπεδο) να λαμβάνονται και οι ίδιες αποφάσεις. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν έχει εμφανιστεί στις σχετικές μελέτες. Ακόμη και μελέτες που υιοθετούν τα συμπεριφοριστικά μοντέλα (Viscusi 2000), αποδέχονται δεν υπάρχει λόγος να καταλήγουν οι έρευνες αυτές σε ίδια αποτελέσματα, αφού τουλάχιστο μεταξύ διαφορετικών ατόμων υπάρχουν διαφορετικές αποτιμήσεις. Παρόλα αυτά υπήρξαν μελέτες (Chhokar, Wallin 1984) που υποστήριξαν έντονα την εφαρμογή της συμπεριφοριστικής προσέγγισης στον επαγγελματικό κίνδυνο.

Η συμπεριφοριστική προσέγγιση αναπτύχθηκε αρχικά σε παίγνια χρημάτων. Όμως, η μεταφορά συμπερασμάτων από τέτοια παίγνια σε κινδύνους που αφορούν την υγεία ή τη ζωή έχει αμφισβητηθεί (Aven, Kristensen 2005), τόσο επειδή στη δεύτερη περίπτωση η εκφρασμένη προτίμηση μπορεί να διαφέρει από την πραγματική (Green 1998, Baranowski 1992-93; Weyman, Kelly 1999), όσο και λόγω της ιδιαίτερης βαρύτητας των αγαθών της ζωής και της υγείας (Wang 1996a; Kuhberger et al. 1999; Zickar, Highhouse 1998), που είναι αναντικατάστατα (σε αντίθεση με το χρήμα).

Η γενικότερη δυσαρέσκεια για τη στενότητα των αντιλήψεων αυτών οδήγησε σε διαφορετικές προσεγγίσεις (πάντοτε στα πλαίσια του συμπεριφοριστικού παραδείγματος), όπως η «μέ-



θοδος των αποκαλυπτόμενων προτιμήσεων» (Starr, 1969), σύμφωνα με την οποία, η εξισορρόπηση μεταξύ του κινδύνου και της αξίας που εμπεριέχει, λαμβάνει χώρα στο πλαίσιο της κοινωνίας. Η μέθοδος αυτή, λοιπόν, αντιστοιχεί χρηματική αξία στον κίνδυνο ανάλογη με την προτίμηση, όπως αυτή εκφράζεται από τις επιπλέον αμοιβές εργαζομένων σε εργασίες υψηλού κινδύνου (Viscusi 2000). Το ισοζύγιο, δηλαδή, μεταξύ του κινδύνου και των αντίστοιχων οφελών αντικατοπτρίζει την αποδοχή του συγκεκριμένου κινδύνου (Weyman, Kelly 1999).

Η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι αποτυπώνει την πραγματική (και όχι υποθετική) προτίμηση του ατόμου, αλλά το αδύνατο σημείο ότι οι αμοιβές έναντι κινδύνου ποικίλλουν λόγω ατελειών των αγορών εργασίας, όπως δείξαμε και στην Παράγραφο 1.2. Επίσης μία ακόμη παραδοχή είναι αυτή των «στατιστικά όμοιων» εργαζομένων που διαφέρουν μόνο στο χαρακτηριστικό που θέλουμε να εξετάσουμε. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας στρέβλωσης είναι το συμπέρασμα ότι οι καπνιστές απαιτούν μισή περίπου αποζημίωση έναντι κινδύνου στην εργασία τους από τους μη καπνιστές (Viscusi, Hersch 2001), όπου όμως η αναλογία των υπαλλήλων γραφείου (αμελητέα επικινδυνότητα και υψηλότερες αποδοχές) των μη καπνιστών είναι περίπου διπλάσια από αυτή των καπνιστών, οπότε ο καθοριστικός παράγοντας μπορεί να είναι η θέση εργασίας και όχι η συνήθεια του καπνίσματος.

Τέτοιες συγκρίσεις, επίσης, συχνά αγνοούν σημαντικά κριτήρια αξιολόγησης, όπως διαφορετικά επίπεδα ελέγχου στην έκθεση (εθελοντισμός της έκθεσης) και κριτήρια κόστους – οφέλους και επηρεάζονται από την περιβαλλοντική πληροφόρηση (Jasanoff 1993, Slovic et al. 1990). Επίσης υπάρχουν ηθικές ενστάσεις για την πιθανότητα χρησιμοποίησης των συγκρίσεων αυτών για την καθοδήγηση συμπερασμάτων (Weyman, Kelly 1999).

Εναλλακτικά σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται τα ποσά των αποζημιώσεων που έχουν επιδικαστεί σε εργαζόμενους που έπαθαν κάποιο ατύχημα, ούτε, όμως, αυτές δεν μπορούν να θεωρηθούν αντικειμενικές όσον αφορά τον υπολογισμό.

Η προσέγγιση των αποκαλυπτόμενων προτιμήσεων αυτή παρέκαμψε τη μη επαναληψιμότητα των πειραμάτων, ανάγοντας σε κοινωνικό (και όχι μέσο ατομικό) το επίπεδο ανάλυσης, αλλά συνεχίζει να έχει τα βασικά χαρακτηριστικά και μειονεκτήματα της συμπεριφοριστικής προσέγγισης.

Μία εναλλακτική άποψη στα πλαίσια της συμπεριφοριστικής αντίληψης είναι αυτή των διαδοχικών εναλλακτικών (contingencies), σύμφωνα με την οποία τα άτομα συμπεριφέρονται με τρόπους που ανταμείφθηκαν θετικά στο παρελθόν (Peterson 1982, Sulzer-Azaroff 1987). Οι αμοιβές ή τιμωρίες αυτές ενυπάρχουν στο σύστημα και θα πρέπει να αναγνωριστούν και να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα ώστε να προωθήσουν την ασφαλή συμπεριφορά στο σύστημα.

Οι συνέπειες αυτές της συμπεριφοράς έχουν ισχυρή επίδραση αυξητική ή μειωτική της πιθανότητας της ίδιας συμπεριφοράς στο μέλλον. Εκτιμάται ότι υπάρχουν τρία χαρακτηριστικά που καθορίζουν τη σχετική αποτελεσματικότητα των συνεπειών στον έλεγχο της συμπεριφοράς (Smith 1992):



- Χρονισμός: μία συνέπεια που ακολουθεί άμεσα μία συμπεριφορά είναι ισχυρότερη από κάποια που εμφανίζεται αργότερα.
- Πιθανότητα: μία συνέπεια που είναι πιθανότερο να συμβεί είναι ισχυρότερη από μία περισσότερο απόμακρη.
- Όφελος: μία συνέπεια που έχει ένα όφελος είναι ισχυρότερη από μία συνέπεια με απώλεια (το φαινόμενο αυτό θα συζητηθεί ιδιαίτερα στο φαινόμενο της «πλαισίωσης» στη συνέχεια).

Η συμπεριφοριστική προσέγγιση, αν και δεν είναι ιδιαίτερα δημοφιλής σήμερα στη διεθνή αρθρογραφία (σε βαθμό που να αποτελεί μομφή για ένα μοντέλο ο χαρακτηρισμός «συμπεριφοριστικό») προσέφερε απλά μοντέλα της ανθρώπινης συμπεριφοράς (με τον ίδιο τρόπο που η αλγεατορική προσέγγιση δίνει εύκολα ποσοτικά αποτελέσματα), χωρίς να είναι, όμως, θεωρητικά άρτια.

### 3.3 Θεωρία ομοιόστασης του κινδύνου

*«Αφού ο βέλτιστος κίνδυνος είναι μεγαλύτερος από το μηδέν, η εμφάνιση ατυχημάτων είναι μία αναπόφευκτη συνέπεια του αγώνα για την επιτυχία» (Wilde 1989).*

Η ανάπτυξη της Γνωστικής (cognitive) Ψυχολογίας κατά τις δεκαετίες του '60 και '70 μετατόπισε την προσοχή προς τα σφάλματα και τις προκαταλήψεις και γενικότερα στις αποκλίσεις από τη βέλτιστη λογική κατά τη λήψη αποφάσεων έναντι του κινδύνου, δηλαδή στην απόρριψη του μοντέλου του απόλυτα ενημερωμένου και λογικού ατόμου (Williamson, Weyman 2005). Έτσι, τα αρχικά συμπεριφοριστικά μοντέλα ουσιαστικά εγκαταλείφθηκαν στην εξέταση των ατυχημάτων.

Μία από τις πρώτες γνωστικές προσεγγίσεις, η οποία, όμως, είναι αρκετά κοντά στο συμπεριφοριστικό παράδειγμα είναι η Θεωρία Ομοιόστασης του Κινδύνου (Risk Homeostasis Theory - RHT, Wilde 1982, 1988, 1989). Η διαφοροποίηση της από το γνωστικό παράδειγμα είναι το χαμηλότερο επίπεδο συνειδητών υπολογισμών που προϋποθέτει, καθώς θεωρεί ότι οι υπολογισμοί γίνονται μάλλον υποσυνείδητα από τα άτομα (Hoyes et al. 1996b). Για το λόγο αυτό προσεγγίζει περισσότερο το συμπεριφοριστικό παρά το γνωστικό πρότυπο.

#### 3.3.1 Εισαγωγή

Στηριγμένη στην έννοια της ομοιόστασης, η οποία εισήχθη από τις θετικές επιστήμες (Cannon 1929, 1932), η RHT δεν επικεντρώνεται στη λήψη ρίσκου ως αυτοσκοπό, αλλά στη συμπεριφορά του ατόμου απέναντι στον κίνδυνο στη βάση της χρησιμότητας (Hoyes et al. 1996a). Βασική αρχή της RHT είναι ότι το άτομο τείνει να διατηρεί ένα σταθερό επίπεδο – στόχο του κινδύνου. Αν στο σύστημα γίνουν αλλαγές στην κατεύθυνση της μείωσης του κινδύνου, το άτομο θα αρχίσει να

συμπεριφέρεται με τρόπο που να αυξάνει τον κίνδυνο ώστε να επανέλθει στο ίδιο επίπεδο, ενώ αν οι αλλαγές αυξάνουν τον κίνδυνο η συμπεριφορά θα προσαρμοστεί προς την αντίθετη κατεύθυνση με τον ίδιο τρόπο που η λειτουργία του σώματος προσαρμόζεται έτσι (εφίδρωση σε ζεστό περιβάλλον, συστολή σε κρύο περιβάλλον) ώστε να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία του (στον πα-  
ραλληλισμό αυτό οφείλεται και η ονομασία της ομοιόστασης).

Βέβαια, η ομοιόσταση προϋποθέτει ως κίνητρο για την προσαρμογή αυτή μία χρησιμότητα (όφελος) στην επικίνδυνη συμπεριφορά (π.χ. εξοικονόμηση χρόνου ή χρήματος, αποδοχή - αναγνώριση, ευχαρίστηση, κλπ.), η οποία αντισταθμίζει το ρίσκο στο επίπεδο - στόχο. Το επίπεδο - στόχος αυτό καθορίζεται από τις χρησιμότητες (δηλαδή τα εκλαμβανόμενα κόστη και οφέλη) των ασφαλών και επικίνδυνων εναλλακτικών συμπεριφορών αντίστοιχα (Trimpor 1996). Οι χρησιμότητες αυτές είναι συνάρτηση οικονομικών, αξιακών και προσωπικών παραμέτρων και των βραχυπρόθεσμων, μακροπρόθεσμων ή εφήμερων διακυμάνσεων τους (Wilde 1986).

Δύο σημαντικές έννοιες που εισάγονται από την RHT είναι η «εγγενής» και η «λειτουργική» ασφάλεια. Η «εγγενής ασφάλεια» αναφέρεται σε επεμβάσεις σε ένα σύστημα (π.χ. ένα τεχνικό μέτρο), οι οποίες *ceteris paribus* αναμένεται να μειώσουν κάποιο μέγεθος της απώλειας λόγω ατυχημάτων. Αντίθετα, η «λειτουργική ασφάλεια» αναφέρεται σε αλλαγές που μπορεί να επέλθουν είτε λόγω αλλαγής στην εγγενή ασφάλεια είτε όχι (Hoyes et al. 1996b), καθώς εξαρτώνται από τη συμπεριφορά του ατόμου.

Η βελτίωση στην «εγγενή ασφάλεια» δεν είναι αναγκαία για τη μείωση των απωλειών ατυχημάτων, αφού αυτό μπορεί να επιτευχθεί με αλλαγές στα κίνητρα μόνο (Wilde 1988, 1989). Επιπλέον, μία βελτίωση στην «εγγενή ασφάλεια» μόνο δεν θεωρείται ικανή από μόνη της να οδηγήσει σε μείωση απωλειών ατυχήματος, αφού η συμπεριφορά μετά από τέτοιες βελτιώσεις αλλάζει ώστε να προσαρμοστεί στα νέα δεδομένα με τέτοιο τρόπο που να εξισορροπεί πάλι τη χρησιμότητα (Hoyes et al. 1996b). Ακόμη και αν η εργασία γίνει πολύ ασφαλής, οι άνθρωποι θα προσφύγουν σε επικίνδυνες δραστηριότητες αναψυχής για να αντισταθμίσουν (Singleton 1982).

Έτσι, η RHT υποστηρίζει ότι η λύση στο πρόβλημα της μείωσης των ατυχημάτων βρίσκεται στη επικέντρωση στο επίπεδο - στόχο του κινδύνου και όχι σε τεχνικές λύσεις (Wilde 1982). Εφόσον η υποκειμενική αίσθηση του κινδύνου παραμένει η ίδια, τα κίνητρα για εξισορροπητική συμπεριφορά παραμένουν επίσης ίδια. Για τη μείωση των ατυχημάτων προτείνεται (Wilde 1985) η αύξηση της αξίας της προσεκτικής συμπεριφοράς (π.χ. κίνητρα) και των αρνητικών συνεπειών της επικίνδυνης συμπεριφοράς (π.χ. τιμωρία), ή η μείωση των οφελών της επικίνδυνης συμπεριφοράς (π.χ. ηρωισμός) και των αρνητικών συνεπειών της προσεκτικής συμπεριφοράς (π.χ. απώλεια χρόνου). Όμως, η πράξη δείχνει ότι η ανασφαλής συμπεριφορά σπάει «τιμωρείται» (Hofmann, Stetzer 1996). Αντίθετα συχνά παρουσιάζεται αποδοτική σε χρόνο, χρήμα, κοινωνική αποδοχή.

Τονίζεται ότι η RHT έχει σαν σκοπό να εξηγήσει το δείκτη ατυχημάτων και όχι τα αίτια τους. Η αποδοχή του κινδύνου από τα άτομα εκλαμβάνεται ως *causa causans* των ατυχημάτων (Wilde 1989). Έτσι η RHT δεν ξεφεύγει από το κλασσικό συμπεριφοριστικό μοντέλο ό-

που ο άνθρωπος είναι ο απόλυτος λήπτης αποφάσεων με σκοπό τη μεγιστοποίηση των οφελών του, βελτιστοποιώντας (και όχι ελαχιστοποιώντας) το επίπεδο ρίσκου για να το πετύχει.

Π.χ. σε μία σχετική μελέτη (Aschenbrenner et al. 1986), στην οποία σε ένα στόλο taxi στο Μόναχο τοποθετήθηκαν τυχαία σε κάποια μόνο αυτοκίνητα συστήματα ασφαλούς φρεναρίσματος (ABS), βρέθηκε ότι τα οχήματα με ABS ενεπλάκησαν σε ελαφρώς περισσότερα ατυχήματα, γεγονός που αποδόθηκε σε φαινόμενα ομοιόστασης (αύξηση της επικινδυνότητας της οδήγησης λόγω της «ομπρέλας» του ABS).

Η διατήρηση ενός σταθερού επιπέδου επικινδυνότητας σε κάποιες μελέτες αναφέρεται στο άτομο και σε άλλες στην κοινωνία (McKenna 1985, McKenna 1987). Κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει είτε μέσω της διατήρησης σταθερού επιπέδου κινδύνου από όλα τα άτομα, είτε με μία μετατόπιση του κινδύνου από τον ένα στον άλλο (Adams 1985, Conybeare 1980, Peltzman 1975, Wilde 1982), ώστε ο συνολικός κίνδυνος στην κοινωνία να μένει σταθερός. Κάποια άτομα υποτιμούν τον κίνδυνο, ενώ κάποια άλλα τον υπερεκτιμούν, αλλά σε συνολικό επίπεδο οι μέσες εκτιμήσεις είτε είναι ακριβείς είτε αποκλίνουν από τις πραγματικές τιμές κατά μία σταθερή ποσότητα (Wilde 1989).

Κάτι τέτοιο δείχνει μία μελέτη για τη χρήση ζώνης ασφαλείας στα αυτοκίνητα στην Αυστραλία, όπου παρατηρήθηκε μείωση του αριθμού ατυχημάτων των επιβατών με αντίστοιχη αύξηση του αριθμού ατυχημάτων των μη επιβατών (Conybeare 1980), οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι δεν διατηρήθηκε σταθερό επίπεδο κινδύνου στο άτομο, αλλά στην κοινωνία. Ακόμη, η σταθερή μείωση των εργατικών ατυχημάτων σε όλες σχεδόν τις χώρες χωρίς αντίστοιχη αύξηση άλλων κινδύνων δείχνει μία μη σταθερότητα του επιπέδου επικινδυνότητας (McKenna 1987).

Για το λόγο αυτό πρέπει να τονιστεί η διαφορά της ομοιόστασης από την ισόσταση. Στην ομοιόσταση το επίπεδο – στόχος δεν είναι σταθερό: ξεκινά από ψηλά και σταδιακά πλησιάζει ένα βέλτιστο επίπεδο, λειτουργώντας ομοιοστατικά αλλά όχι ως ένα αμετάβλητο ατομικό επίπεδο – στόχο του ρίσκου. Μπορούν να συμβούν αλλαγές στο επίπεδο – στόχο κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ατόμου ή μπορεί να υπάρχει διαφοροποίηση στα επίπεδα για οικονομικό ή σωματικό κίνδυνο (Trimpor 1996). Π.χ. τα «σχετιζόμενα με την ταχύτητα» ατυχήματα αντικαθίστανται με «μη σχετιζόμενα με την ταχύτητα» και αντίστροφα, χωρίς κάποια σημαντική βελτίωση στον ολικό δείκτη ατυχημάτων (Wilde 1989).

Έτσι, ιδιαίτερη σημασία έχει η δυνατότητα τροποποίησης του επιπέδου – στόχου μέσω της χρήσης κινήτρων. Εάν οι άνθρωποι συμπεριφέρονται ασφαλώς για κάποιο χρονικό διάστημα προκειμένου να αποκομίσουν οφέλη ή να αποφύγουν κόστη, τότε οι αξίες, νόρμες και πεποιθήσεις μπορεί να προσαρμοστούν ανάλογα. Οι άνθρωποι θα επαναπροσαρμόσουν τη συμπεριφορά τους έναντι των αξιών τους, καθώς φαίνεται αδύνατο να παραμένουν ασύμβατες οι αξίες και οι συμπεριφορές για μεγάλο χρονικό διάστημα (Trimpor 1996). Κάποιες μελέτες (Hoyes et al. 1996a) έδειξαν ότι ο χρόνος προσαρμογής μπορεί να είναι πολύ σύντομος.

Κάτι τέτοιο αμφισβητείται για ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. παίγνια χρημάτων). Εάν προ-

στεθεί ρίσκο απώλειας ή κέρδους χρημάτων, το άτομο μπορεί να αλλάξει συμπεριφορά, αλλά μόλις σταματήσει το πρόγραμμα κινήτρων, η συμπεριφορά μπορεί να επανέλθει σε αντικειμενικά πιο επικίνδυνα επίπεδα ώστε να διατηρήσει την ομοιοστατική ισορροπία (Trimpor 1996). Σε διάφορες πειραματικές μελέτες βρέθηκε ότι οι άνθρωποι ήταν ικανοί – για ένα μικρό χρονικό διάστημα – να μειώσουν δραστικά την σχετιζόμενη με ατυχήματα συμπεριφορά τους, σε μερικές περιπτώσεις μέχρι και σε μηδενικά επίπεδα, υποστηρίζοντας τη θεωρία εξισορρόπησης ρίσκου. Όμως, υποβόσκουσες αξίες και κίνητρα ρίσκου δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά, καθώς ο χαμηλότερος δείκτης ατυχημάτων οδηγήθηκε και σταθεροποιήθηκε μέσω εξωτερικών αμοιβών, χωρίς έτσι να ακυρώνεται η RHT (Trimpor 1996).

Μία ακόμη θέση της RHT είναι η ισχύς της ομοιόστασης, δηλαδή ακόμη και αν ένας μηχανισμός της ομοιόστασης μπλοκαριστεί, η ομοιόσταση θα εμφανιστεί κάπου αλλού (Hoyes et al. 1996b).

Οι ανοδικές και καθοδικές τάσεις της οικονομίας βρέθηκε ότι επηρεάζουν σημαντικά τους δείκτες τροχαίων ατυχημάτων, καθώς οι φτωχές οικονομικές συνθήκες οδηγούν σε μείωση ατυχημάτων γιατί οι άνθρωποι οδηγούν λιγότερο και πιο προσεκτικά (Wilde 1991, 1994). Σε σχετικές μελέτες (Adams 1985, Partyka 1984) αναφέρονται συντελεστές συσχέτισης της τάξης του  $r=0,88 - 0,95$  μεταξύ των ατυχημάτων και των στατιστικών απασχόλησης στη Βρετανία. Επίσης αναφέρονται υψηλοί συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των ατυχημάτων και των οικονομικών διακυμάνσεων, όπως η ανεργία ή οι μισθοί στη Γερμανία (0,83), στην Ολλανδία (0,88) και στον Καναδά (0,88). Υποστηρίζεται ότι οι οικονομικές κρίσεις μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση των επιπέδων – στόχων του κινδύνου, καθώς αυξάνουν τα σχετικά κόστη των ατυχημάτων και το κόστος της επικίνδυνης «οδήγησης αναψυχής» (Wilde 1994).

Ένα ιδιαίτερο ζήτημα για την ισχύ της RHT είναι το πρόβλημα της «επιλογής παρονομαστή», δηλαδή του μεγέθους αναφοράς της ομοιόστασης. Η λανθασμένη επιλογή παρονομαστή μπορεί να διαψεύσει την RHT ενώ στην πραγματικότητα θα ισχύει. Παρατηρώντας (Wilde 1994, Adams 1985) ότι οι δρόμοι που είναι ασφαλέστεροι ανά km οδήγησης προκαλούν μεγαλύτερες ταχύτητες και προτίμηση εις βάρος των αργότερων αλλά ασφαλέστερων μέσων όπως το τραίνο, συμπεραίνεται ότι η επιλογή του παρονομαστή (π.χ. χρόνος ταξιδιού, km μετακίνησης, κλπ.) του δείκτη ατυχημάτων, η οποία μπορεί να διαφέρει από άτομο σε άτομο ανάλογα με τις προτεραιότητες του, επηρεάζει τις αποφάσεις, οδηγώντας σε εξισορροπήσεις έναντι διαφορετικών «παρονομαστών».

Εάν δεν υπάρχει, λοιπόν, επαρκής γνώση του μηχανισμού που παράγει τα αθροιστικά δεδομένα, δεν είναι δυνατόν να γίνει επαρκής ερμηνεία τους (Davis 2004). Σε πολύπλοκες καταστάσεις μία προϋπόθεση ατυχήματος μπορεί να φέρνει το ατύχημα πιο κοντά (αύξηση ολικής πιθανότητας) ή να το αποσοβεί (προειδοποίηση) ανάλογα με τις ενδιάμεσες σχέσεις (Bier, Mosleh 1990).



### 3.3.2 Κριτική της θεωρίας ομοιόστασης του κινδύνου

Η RHT δέχτηκε κριτική για την επικέντρωση της σε ανεπιθύμητες πλευρές του ρίσκου, χωρίς να εξετάζεται αρκετά η «ανάγκη για ποικιλομορφία» (Slovic, Fischhoff 1982), η οποία δρα αντίθετα προς την ομοιόσταση, καθώς η αναζήτηση προκλήσεων, νέων εμπειριών και ρίσκων δεν μπορεί να εξηγηθεί με την αναζήτηση ενός επιπέδου – στόχου του κινδύνου. Επίσης, η RHT σταματά τους υπολογισμούς χρησιμότητας και πιθανοτήτων μόλις τεθεί το επίπεδο – στόχος του κινδύνου: αντίθετα, η επιλογή συμπεριφοράς βασίζεται στην αποφυγή περαιτέρω απωλειών (που μεταφράζεται σε κίνδυνο).

Η RHT βασίστηκε κυρίως σε τεχνικές προσομοίωσης. Η ίδια η προσέγγιση αυτή έχει δεχτεί κριτική όσον αφορά την αδυναμία της (λόγω ηθικών και πρακτικών περιορισμών) να προσομοιώσει το φυσικό κίνδυνο (Glendon et al. 1996). Εκτιμάται ότι η υποθετική αυτή απεικόνιση του κινδύνου οδηγεί τα άτομα σε αποφάσεις μεγιστοποίησης, περιορίζοντας της επιλογές σε «λάθος» και «σωστές», αποκλείοντας τις ενδιάμεσες καταστάσεις (Hoyes et al. 1996).

Βάσει της RHT σε κάποιες περιπτώσεις (Kines 2003) κρίνεται ότι είναι καλύτερο να μη γνωρίζουν οι εργαζόμενοι για κάποια μέτρα ασφάλειας, ώστε να μη βασιστούν υπερβολικά σε αυτά και παρουσιάσουν γενικότερα πιο ανασφαλή συμπεριφορά. Η άγνοια αυτή, όμως, είναι από τα σημεία που αμφισβητούν τη θεωρία, καθώς η ομοιόσταση προϋποθέτει ότι τα άτομα έχουν (και νιώθουν ότι έχουν) πλήρη γνώση του κινδύνου και των μέτρων ασφάλειας προκειμένου να εξισορροπήσουν το επίπεδο του (McKenna 1987), αφού αλλιώς κάθε νέα γνώση (ή η σταδιακή αύξηση της εμπειρίας) θα μεταβάλλει το επίπεδο - στόχο. Ακόμη, όμως, και αν έχουν πλήρη γνώση των κινδύνων οι εργαζόμενοι δεν θα έχουν την υπολογιστική ικανότητα για την εξισορρόπηση συμβάντων χαμηλής πιθανότητας όπως τα ατυχήματα (McKenna 1982).

Επίσης, έχουν εκφραστεί απόψεις σύμφωνα με τις οποίες υπάρχει μία σχέση αιτίου – αιτιατού μεταξύ ενδιαφέροντος και επίγνωσης κινδύνου, καθώς αυξημένα επίπεδα ενδιαφέροντος ωθούν τα άτομα να συγκεντρώσουν πληροφορίες γύρω από τον κίνδυνο. Αυτή η άποψη αμφισβητεί την ύπαρξη γραμμικής σχέσης μεταξύ εμπιστοσύνης και αντίληψης κινδύνου και υποστηρίζει ότι η πληροφορία για τον κίνδυνο ολοκληρώνεται σε σχέση με υπάρχουσες ανησυχίες και γνώσεις (Walker et al. 1998).

Σύμφωνα με την προναφερθείσα αντίληψη των «διαδοχικών εναλλακτικών», η συμπεριφορά είναι μία συνάρτηση των συνεπειών της, άρα μία αυτοτροφοδοτούμενη κατάσταση, καθώς οι άνθρωποι συνεχίζουν να συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο μέχρι οι συνέπειες να οδηγήσουν σε αλλαγή συμπεριφοράς. Άρα, εφόσον η παρουσία ενός ατυχήματος (ως αποτελέσματος ανασφαλούς συμπεριφοράς) είναι ασυνήθιστη, δεν υφίσταται μηχανισμός αξιολόγησης που θα διορθώσει την ανασφαλή συμπεριφορά (Keil Centre, 2000).

Γενικά τα ατυχήματα με μεγάλες συνέπειες έχουν πολύ μικρότερη πιθανότητα από αυτά με μικρότερες συνέπειες. Τα τελευταία είναι και περισσότερο γνωστά στα άτομα οπότε αυτό μπο-

ρεί να εξηγήσει την καλή προσέγγιση τους στην εκτίμηση της πιθανότητας του συμβάντος. Αν, όμως, εξεταστεί ο κίνδυνος σαν γινόμενο πιθανότητας επί δείκτη βαρύτητας συνεπειών, τότε η υποτίμηση των σοβαρών ατυχημάτων θα οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα.

Στην RHT καταλογίζεται ότι επικεντρώνονται στις συμπεριφορές που οδηγούν στα ατυχήματα και όχι στα ίδια τα ατυχήματα, τα οποία είναι σπάνια και δύσκολο να διερευνηθούν αντικειμενικά (Jacobs 1970; Gadd, Collins 2002). Το γεγονός αυτό άλλωστε καθιστά τα ατυχήματα ακατάλληλα σαν δείκτες αποτελεσματικότητας ενός προγράμματος ασφάλειας (Komaki et al. 1978). Ακόμη και τα λιγότερο σοβαρά ατυχήματα, παρόλο που είναι συχνότερα, είναι επίσης ανεπαρκή σαν δείκτες λόγω ανακρίβειών στην αναφορά και καταγραφή τους και υποκειμενικότητα στη σοβαρότητα τους (Komaki et al. 1978, Tarrants 1970). Επίσης για τον ίδιο λόγο είναι σχεδόν αδύνατη η τυχαιοποίηση ή χρήση ομάδων ελέγχου (Chhokar, Wallin 1984; Komaki 1977).

Επίσης, ψυχολογικοί παράγοντες όπως η υπερβολική αισιοδοξία (Weinstein 1980) και η υπερεκτίμηση των ατομικών δυνατοτήτων (Svenson 1981) ανθίστανται στη θεωρία της ομοιόστασης.

Η RHT προϋποθέτει περιορισμένο πλήθος εκβάσεων και διαδρομών, καθώς και αβεβαιότητας, οπότε πρόκειται για μία μέθοδο πολύ γρήγορη και αποτελεσματική, η οποία όμως έχει νόημα μόνο σε απλά συστήματα. Γενικά οι προσεγγίσεις στην αντίληψη του κινδύνου που βασίζονται αποκλειστικά στη νοσηρότητα ή θνησιμότητα έχουν δεχθεί κριτική ότι αδυνατούν να συλλάβουν την πολυπλοκότητα των παραγόντων εκτίμησης και της διαδικασίας λήψης αποφάσεων (Fischhoff et al. 1984).

Η RHT δείχνει να είναι ένα αρκετά καλό μοντέλο περιγραφής για καταστάσεις όπου το άτομο έχει πλήρη έλεγχο της εξέλιξης και γνώση των διαδικασιών που περιλαμβάνονται στις ενέργειες που εκτελεί. Επίσης θα πρέπει να υπάρχει ένα σαφές και μονοδιάστατο μέγεθος ελέγχου, καθώς θα είναι δύσκολο να γίνει προσαρμογή πολλών μεγεθών που συνδυαστικά δίνουν ένα συγκεκριμένο επίπεδο – στόχο του κινδύνου. Για το λόγο αυτό η RHT εμφανίζεται να περιγράφει αρκετά καλά φαινόμενα που σχετίζονται με την οδήγηση (μέγεθος ελέγχου η ταχύτητα κίνησης). Αυτό σημαίνει ότι έχει αυτόματα σημασία και στη μελέτη του επαγγελματικού κινδύνου, καθώς τα επαγγελματικά ταξίδια (χωρίς να περιλαμβάνονται οι μετακινήσεις από και προς το χώρο εργασίας) αφορούν το 15% της κίνησης οχημάτων (Bouladon, 1979).

Όμως, στην εργασία, συνήθως οι βαθμοί ελευθερίας του εργαζομένου είναι πολύ περισσότεροι από αυτούς στην οδήγηση, καθώς ο οδηγός συνεχώς ρυθμίζει τη συμπεριφορά του σε σχέση με άμεσες αλλαγές στο περιβάλλον του. Σε χώρους εργασίας, όμως, ιδιαίτερα όταν αυτοί είναι σύνθετοι, οι μηχανισμοί ομοιόστασης (αν υπάρχουν) δεν μπορούν εύκολα να παρατηρηθούν – π.χ. οι απώλειες λόγω ατυχημάτων είναι πολύ πιο σπάνιο φαινόμενο σε χώρους εργασίας παρά στην οδήγηση (Glendon et al. 1996).



## 3.4 Πλαισίωση

*«Η λογική δεν είναι προϊόν μόνο της αναλυτικής σκέψης, αλλά και της εμπειρικής σκέψης» (Damasio 1994).*

### 3.4.1 Εισαγωγή

Σε αντίθεση με την πλήρη γνώση του ατόμου για τους κινδύνους που προϋποθέτει η RHT, η μελέτη της υποκειμενικής εκτίμησης του κινδύνου ασχολήθηκε αρκετά και με τις αποκλίσεις των αποφάσεων των ατόμων από τη βέλτιστη ορθολογικά επιλογή. Έρευνες (Fischhoff et al. 1980; Tversky, Kahneman 1981; Hogarth 1982) έδειξαν ότι στην περίπτωση του κινδύνου ακόμη και λογικά ισοδύναμες περιγραφές ενός προβλήματος δεν οδηγούν αναγκαία στις ίδιες αποφάσεις. Η μελέτη των φαινομένων αυτών βασίστηκε κυρίως σε παίγνια χρημάτων (είτε αμιγή είτε σε παίγνια χρημάτων έναντι εκβάσεων υγείας). Έτσι, κυρίως έχουν να κάνουν με καταστάσεις επιλογής κινδύνου έναντι συγκεκριμένων οφελών και αναφέρονται στην παράγραφο αυτή κυρίως ενδεικτικά.

Μία από τις σημαντικότερες έννοιες στη μελέτη της υποκειμενικότητας στην αντίληψη του κινδύνου ήταν αυτή της «πλαισίωσης» (framing effect) που έχει να κάνει με τον τρόπο που παρουσιάζονται οι πληροφορίες για τον κίνδυνο (Ettenson, Coughlin 1982; Fagley, Miler 1997; Tversky, Kahneman 1974, 1981; Kahneman, Miller 1986; Levin et al 1987; Lindberg, Frost 1992). Ο όρος «πλαισίωση» περιλαμβάνει έναν αριθμό από διαφορετικές διαστάσεις στις οποίες μπορεί να παρουσιάζεται ο κίνδυνος και μπορεί να επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων.

Η σημαντικότερη τέτοια διάσταση ήταν η «επίδραση της περιοχής» («domain effect»), η οποία προήλθε από τη θεμελιώδη εργασία των Tversky & Kahneman (1981) η οποία υποστήριξε ότι τα άτομα δείχνουν διαφορετική στάση απέναντι στο ρίσκο ανάλογα με το αν αυτό αφορά πιθανές απώλειες ή πιθανά κέρδη. Πάνω στη διαπίστωση αυτή στηρίχθηκε η «Θεωρία της Προοπτικής» («Prospect Theory») για να περιγράψει το φαινόμενο με το οποίο η διαφορετική παρουσίαση απολύτως ομοίων καταστάσεων κάνει τους ανθρώπους να τις αντιληφθούν ως «παίγνια κερδών» ή «παίγνια απωλειών» ανάλογα με το σημείο αναφοράς που τίθεται ως μηδενική κατάσταση (Kuhberger et al. 1999).

Η «επίδραση της περιοχής» βασίζεται σε ένα πείραμα το οποίο έχει επαναληφθεί πολλές φορές και με διαφορετικούς τρόπους στη βιβλιογραφία: την Ασιατική ασθένεια ("Asian-disease"). Σύμφωνα με αυτό:

*«Οι ΗΠΑ ετοιμάζονται για το ξέσπασμα μιας ασυνήθιστης ασιατικής ασθένειας, η οποία εκτιμάται ότι θα κοστίσει τη ζωή σε 600 ανθρώπους. Έχουν προταθεί δύο εναλλακτικά προγράμματα αντιμετώπισης της ασθένειας. Οι επιστημονικές εκτιμήσεις των συνεπειών των δύο προγραμμάτων έχουν ως εξής:*

(εκδοχή που παρουσιάζεται στην πρώτη ομάδα ερωτώμενων):

- Αν υιοθετηθεί το πρόγραμμα Α, 200 άνθρωποι θα σωθούν.
- Αν υιοθετηθεί το πρόγραμμα Β, υπάρχει 1/3 πιθανότητα να σωθούν 600 άνθρωποι και 2/3 πιθανότητα να μη σωθεί κανένας.

(εκδοχή που παρουσιάζεται στη δεύτερη ομάδα ερωτώμενων):

- Αν υιοθετηθεί το πρόγραμμα Α, 400 άνθρωποι θα πεθάνουν.
- Αν υιοθετηθεί το πρόγραμμα Β υπάρχει πιθανότητα 1/3 ότι κανείς δε θα πεθάνει και 2/3 πιθανότητα ότι 600 άνθρωποι θα πεθάνουν». (Tversky, Kahneman 1981).

Κάθε μία από τις δύο ομάδες έχει να αντιμετωπίσει ένα πρόβλημα επιλογής μεταξύ δύο εναλλακτικών με προφανώς μαθηματικά ίδιες προσδοκώμενες τιμές χρησιμότητας. Η διαφορά των δύο εκδοχών είναι ο τρόπος παρουσίασης: στην πρώτη εκδοχή γίνεται λόγος για σωτηρία ανθρώπων, ενώ στη δεύτερη για θάνατο (των υπολοίπων). Οι δύο εκδοχές είναι κατά τα άλλα απόλυτα ισοδύναμες. Για την ακρίβεια και οι δύο παρουσιάζουν απώλειες, απλά στην πρώτη εκδοχή εκλαμβάνονται ως δεδομένες, οπότε η μείωση της απώλειας παρουσιάζεται ως κέρδος.

Το πείραμα έχει επαναληφθεί εκτεταμένα σε πλήθος μελετών και έχει προκύψει ότι οι ερωτώμενοι στην πρώτη εκδοχή συστηματικά επιλέγουν την πρώτη επιλογή και στην δεύτερη εκδοχή τη δεύτερη επιλογή. Με άλλα λόγια (Kuhberger et al. 1999, Mc Neil et al. 1982) οι άνθρωποι τείνουν προς την επιλογή της ασφάλειας όταν αντιμετωπίζουν ενδεχόμενα κέρδη (θετική πλαισίωση) και στην επιλογή του ρίσκου όταν αντιμετωπίζουν ενδεχόμενες απώλειες (αρνητική πλαισίωση).

Κάποιες ιδιαιτερότητες που προέκυψαν από το πείραμα αυτό είναι:

- Η θετική «πλαισίωση» οδηγεί σε αποφυγή ρίσκου, ανεξάρτητα εάν τα αποτελέσματα είναι στην πραγματικότητα απώλειες ή κέρδη (Kuhberger et al. 1999).
- Η επίδραση για τα κέρδη εμφανίζεται πιο ξεκάθαρη από ότι για τις απώλειες. Για τις απώλειες, διαφορετικοί παράγοντες επιδρούν διαφορετικά σε διαφορετικές ομάδες (Slovic, Lichtenstein 1968).

Σημειώνεται, όμως, ότι υπάρχουν κάποιες μελέτες (Casey, Delquie 1995; Hersey, Schoemaker 1980; Cohen et al. 1987) που δεν επιβεβαιώνουν το φαινόμενο αυτό. Αντίθετα, υποστηρίζεται ότι η ψευδαίσθηση αυτή οφείλεται στην περιορισμένη ικανότητα των ερωτώμενων να αντιλαμβάνονται τις πιθανότητες και ιδιαίτερα στην πλευρά των απωλειών.

Μία ακόμη πιθανή εξήγηση (Highhouse, Yuce 1996) είναι η διάκριση των όρων «απειλή» και «ευκαιρία» (που αναφέρονται σε ατομική αντίληψη) από αυτούς της «απώλειας» και του «κέρδους» (που αναφέρονται σε προοπτικές λήψης αποφάσεων). Στην περιοχή των κερδών η αποφυγή του ρίσκου εμφανίζεται σαν ευκαιρία και η επιδίωξη του ως απειλή, ενώ στην περιοχή των απωλειών η αποφυγή ρίσκου εμφανίζεται ως απειλή και η επιδίωξη του ως ευκαιρία. Γενικά έχει υποστηριχθεί ότι οι αντιλήψεις ευκαιρίας ή απειλής είναι αυτές που επηρεάζουν τη στάση του ατόμου απέναντι στο ρίσκο ανεξάρτητα από τις προοπτικές κέρδους ή απώλειας. Μάλιστα μεγαλύτερη προσοχή λαμβάνουν μάλλον οι ευκαιρίες παρά οι κίνδυνοι (March, Shapira 1987).

Το φαινόμενο αυτό, που ονομάζεται συχνά και «Παράδοξο του Ellsberg», αναλύεται ακόμη περισσότερο (Viscusi, Chesson 1999) ως προτίμηση του ατόμου να γνωρίζει την πιθανότητα όταν διακυβεύονται κέρδη με μεγάλες πιθανότητες ή απώλειες με μικρές πιθανότητες και προτίμηση προς την αβεβαιότητα (άγνοια πιθανότητας) στην αντίθετη κατάσταση. Η αρχική θεωρία των Tversky και Kahneman εξελίχθηκε στη συνέχεια με διάφορες μορφές. Κάποιες από αυτές είναι (Kuhberger et al. 1999):

- Η Θεωρία Χρησιμότητας του Markowitz (Markowitz Utility Theory – Markowitz, 1952), η οποία προβλέπει αποφυγή ρίσκου στην περιοχή κερδών και προτίμηση ρίσκου στην περιοχή απωλειών όταν τα κέρδη είναι μεγάλα, αλλά αντίστροφες τάσεις όταν τα κέρδη είναι μικρά.
- Η Θεωρία Αθροιστικής Προσδοκίας (Cumulative Prospect Theory - Tversky, Kahneman 1992), η οποία προβλέπει αποφυγή του ρίσκου για κέρδη και προτίμηση ρίσκου για απώλειες, για μέσες και υψηλές πιθανότητες, αλλά αντίστροφες τάσεις όταν οι πιθανότητες είναι μικρές.
- Η Θεωρία Διακινδύνευσης (Venture Theory - Hogarth, Einhorn 1990), η οποία 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.

Γενικά, ένα από τα σημαντικότερα ευρήματα της θεωρίας προοπτικής (Prospect Theory) των Tversky & Kahneman είναι η κωδικοποίηση από το άτομο των εκβάσεων ως κέρδη ή ως απώλειες και όχι ως τελικές καταστάσεις. Με άλλα λόγια, τα πάντα μετρώνται σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς, το οποίο στη θεωρία προοπτικής είναι το status quo (Kameda, Davis 1990).

Σε πραγματικές καταστάσεις το σημείο αναφοράς μπορεί να μην τίθεται από τον τρόπο με τον οποίο παρουσιάζεται το πρόβλημα αλλά είτε από το υπάρχον status quo (Van Schie, Van der Pligt, 1995) είτε από τις ελάχιστες απαιτήσεις που υπάρχουν τη δεδομένη στιγμή για τη δεδομένη εργασία. Στην περίπτωση αυτή ο αποφασίζων θα προτιμήσει τη βέβαια επιλογή εάν η προσδοκώμενη τιμή υπερβαίνει τις ελάχιστες αυτές απαιτήσεις αλλά θα προτιμήσει το ρίσκο εάν η προσδοκώμενη τιμή είναι κάτω από αυτές (Wang 1996a).

Επίσης τα άτομα καταλήγουν σε διαφορετικές εκτιμήσεις σχετικά με το πόσο θα πλήρωναν για να αποφύγουν έναν κίνδυνο συγκριτικά με το τι θα θεωρούσαν ως κατάλληλη αποζημίωση για την αποδοχή ενός όμοιου κινδύνου ακόμη και αν γνωρίζουν ότι είναι όμοιοι (Bateman et al. 2002, Dubourg et al. 1997).

Μία σημαντική διευκρίνιση είναι η διάκριση της «πλαισίωσης» (δηλαδή της μετατόπισης του σημείου αναφοράς) από την «έμφαση της έκβασης» («outcome salience» - δηλαδή τον τονισμό της πιθανότητας κέρδους ή απώλειας).

*«Η έμφαση στην πιθανότητα θετικής έκβασης μιας επικίνδυνης επιλογής οδηγεί σε προτί-*

*μηση του ρίσκου και αντίστροφα η έμφαση στην πιθανότητα αρνητικής έκβασης οδηγεί σε αποφυγή του ρίσκου, ανεξάρτητα από την παρουσίαση του προβλήματος σε όρους κερδών ή απωλειών» (Van Schie, Van der Pligt 1995).*

Εξετάζοντας τις απαντήσεις των ίδιων ερωτώμενων οι Tversky & Kahneman (1979) διατύπωσαν το «φαινόμενο της αντανάκλασης»: άτομα που αποφεύγουν το ρίσκο στην περιοχή των κερδών, το επιζητούν στην περιοχή των απωλειών και αντίστροφα. Σε αντίθεση με τα πειράματα «πλαισίωσης» στα προβλήματα «αντανάκλασης» οι προσδοκώμενες τιμές των εναλλακτικών είναι ίδιες, αλλά όχι και των δύο εκδοχών μεταξύ τους (Fagley, 1993).

### 3.4.2 Προδιάθεση – Συναισθήματα

Η προδιάθεση μπορεί επίσης να έχει σημαντική επίδραση στην πλαισίωση του προβλήματος: αν το άτομο δεν έχει ακόμη προσαρμοστεί στη νέα κατάσταση που δημιουργήθηκε μετά από πρόσφατες απώλειες, τότε μπορεί να μετατοπίσει το σημείο αναφοράς και να ευνοήσει περισσότερο επικίνδυνες εναλλακτικές (Kameda, Davis 1990). Οι Kahneman, Tversky (1979) αναφέρουν ένα σχετικό παράδειγμα: «Αν κάποιος έχει ήδη χάσει \$2000 και βρίσκεται αντιμέτωπος με μία νέα επιλογή σίγουρης ωφέλειας \$1000 ή πιθανότητας 50% να κερδίσει \$2000 ή τίποτε, είναι πιθανό να πλαισιώσει το πρόβλημα ως (-\$1000, 1.00) έναντι (\$0, 0.50; -\$2000, 0.50) παρά σαν (\$1000, 1.00) έναντι (\$2000, 0.50; \$0, 0.50)». Υποστηρίζεται ότι τα άτομα προσαρμόζονται ευκολότερα σε κέρδη παρά σε απώλειες (Fischhoff 1983).

Η ψυχική διάθεση επίσης έχει μελετηθεί σαν παράγοντας που επηρεάζει τις επιλογές που σχετίζονται με κίνδυνο. Υποστηρίχθηκε μάλιστα, ότι ο καθοριστικός παράγοντας της συμπεριφοράς έναντι του κινδύνου είναι η διάθεση, τουλάχιστο όταν η απώλεια θα έχει νόημα (Arkes et al. 1988). Γενικά θεωρείται (Alhakami, Slovic 1994) ότι η θετική διάθεση συσχετίζεται με την προσδοκία υψηλών οφελών και αντίστροφα. Σε μελέτη με πραγματικά κέρδη, βρέθηκε ότι όταν η πιθανότητα επιτυχίας ήταν μικρή (17%) αυτοί με θετική ψυχική διάθεση είχαν λιγότερη διάθεση να στοιχηματίσουν σε σχέση με τους άλλους. Όταν η πιθανότητα αυτή, όμως, ήταν μεγάλη (83%) η τάση αντιστράφηκε. Η εξήγηση είναι ότι τα άτομα που νιώθουν ευφορία προστατεύουν την κατάσταση τους αυτή όταν αντιμετωπίζουν την απειλή μιας απώλειας της θετικής τους διάθεσης (Isen, Simmonds 1978; Mischel et al. 1976; Carlson et al. 1988). Έτσι, το προσδοκώμενο μέγεθος της απώλειας είναι μεγαλύτερο για κάποιον που βρίσκεται σε θετική διάθεση (Nygren et al. 1996). Η άποψη αυτή επεκτάθηκε στη συνέχεια για να συμπεριλάβει την πρόταση ότι όσοι βρίσκονται σε αρνητική διάθεση επιζητούν το ρίσκο σε μία προσπάθεια απόκτησης οφελών που θα οδηγήσουν σε αλλαγή της διάθεσης αυτής (Fessler et al. 2004). Σημειώνεται, όμως, ότι υπάρχουν προγενέστερες μελέτες (Johnson, Tversky 1983; Mayer et al. 1992; Wright, Bower 1992) που υποστηρίζουν ότι τα άτομα που βρίσκονται σε θετική διάθεση εμφανίζονται επίσης να υπερεκτιμούν την πιθανότητα θετικών συμβάντων και να υποτιμούν την πιθανότητα αρνητικών συμβάντων.

Ο φόβος και ο θυμός έχουν επίσης εξεταστεί ως παράγοντες επηρεασμού. Ο θυμός δημιουρ-



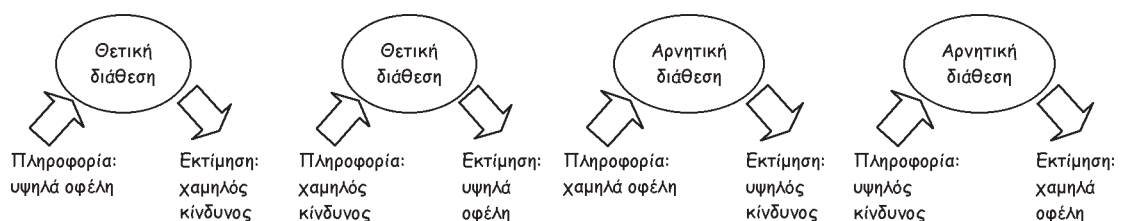
γεί μία τάση να εκλαμβάνονται τα αρνητικά συμβάντα ως προβλέψιμα, υπό ανθρώπινο έλεγχο και προκαλούμενα από άλλους, ενώ ο φόβος δημιουργεί την τάση να εκλαμβάνονται τα αρνητικά γεγονότα ως απρόβλεπτα και υπό τον έλεγχο της ίδιας της κατάστασης (Fessler et al. 2004) και όχι του ατόμου («ατυχία»). Σε μία επανάληψη του κλασσικού πειράματος της Ασιατικής ασθένειας (Tversky, Kahneman 1981) οι Lerner και Keltner (2001) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι θυμωμένοι άνθρωποι λαμβάνουν αποφάσεις που επιζητούν το ρίσκο ενώ οι φοβισμένοι αποφάσεις επιφυλακτικές στο ρίσκο. Σε σχετική έρευνα μετά την επίθεση της 11ης Σεπτεμβρίου 2001 βρέθηκε ότι ο θυμός οδηγούσε σε υποτίμηση της επικινδυνότητας ενώ ο φόβος σε υπερεκτίμηση, γεγονός στο οποίο αποδόθηκε εν μέρει και η μεγαλύτερη αισιοδοξία των ανδρών (Lerner et al. 2003). Η επίδραση του θυμού και της απέχθειας ήταν το θέμα σχετικής μελέτης (Fessler et al. 2004), η οποία έδειξε ότι οι θυμωμένοι άνδρες λάμβαναν πιο επικίνδυνες αποφάσεις ενώ οι γυναίκες με απέχθεια λιγότερο επικίνδυνες αποφάσεις σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.

Πέρα από τη γενική διάθεση του ατόμου, υποστηρίχθηκε ότι σημαντικό ρόλο παίζει και η διάθεση του απέναντι στη σχετική κατάσταση:

*«Όταν ένα άτομο αντιμετωπίζει ένα συγκινησιακά έντονο συμβάν.... το εμπειρικό σύστημα αυτόματα ψάχνει στην τράπεζα αναμνήσεων για σχετικά συμβάντα και τα συγκινησιακά τους παρελκόμενα... Αν τα ενεργοποιούμενα συναισθήματα είναι θετικά, υποκινούνται πράξεις και σκέψεις που αναμένεται να τα αναπαράγουν. Αν είναι δυσάρεστα, υποκινούνται πράξεις και σκέψεις που αναμένεται να τα αποτρέψουν» (Epstein 1994).*

Το φαινόμενο αυτό μπορεί να βρίσκεται και πίσω από την επίδραση της διαθεσιμότητας (δηλαδή της ύπαρξης εμπειριών) στην αντίληψη της πιθανότητας – συχνότητας (Tversky, Kahneman 1973). Η διαθεσιμότητα μπορεί να βοηθά την απεικόνιση και γιατί οι εικόνες έρχονται συνημμένες με κάποια συναισθήματα (Slovic et al. 2004). Γενικά το φαινόμενο αυτό είναι αποτελεσματικό γιατί συντομεύει την εκτίμηση των συνεπειών, έχει όμως ισχύ μόνο όταν πρόκειται για συνέπειες που πραγματικά είναι όπως εκλαμβάνονται από το άτομο (Slovic et al. 2004).

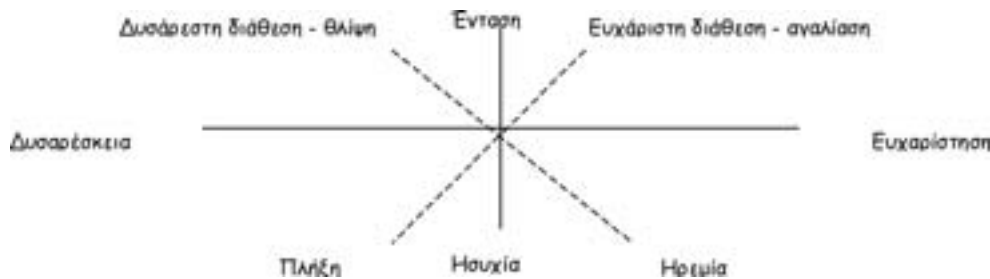
Γενικά, τα άτομα βασίζονται τα συμπεράσματα τους όχι μόνο στο τι σκέφτονται για την κατάσταση, αλλά και στο τι αισθάνονται γι' αυτήν. Στην περίπτωση θετικών συναισθημάτων, ο κίνδυνος κρίνεται χαμηλός και τα οφέλη υψηλά (Slovic et al. 2004). Αυτή η σχέση μεταξύ εκτιμώμενων κινδύνων και οφελών αυξάνεται ραγδαία κάτω από χρονική πίεση, όταν μειώνεται η ευκαιρία για αναλυτική περίσκεψη (Finucane et al. 2000).



**Σχήμα 3.1 Επίδραση της διάθεσης στην υποκειμενική αντίληψη του κινδύνου Slovic et al. 2004**



Η ψυχική διάθεση στη βιβλιογραφία περιγράφεται ως δισδιάστατο φαινόμενο. Ο Russell (1980) θέτει την ένταση και την ευχαρίστηση σαν δύο άξονες, ενώ οι Watson & Tellegen (1985) προτείνουν ένα σύστημα εστραμμένο κατά 45°:



**Σχήμα 3.2 Επίδραση της ψυχικής διάθεσης στην υποκειμενική εκτίμηση του κινδύνου (Μανο 1994)**

Γενικά, η ένταση απλοποιεί τη λήψη αποφάσεων και εστιάζει στα περισσότερα εμφανή χαρακτηριστικά (Μανο 1992, Lewinsohn, Μανο 1993). Σχετική έρευνα (Μανο 1994) έδειξε ότι:

- Η υψηλή ένταση αυξάνει την τάση επικίνδυνων αποφάσεων.
- Η έντονη θλίψη αυξάνει τη διάθεση προστασίας από πιθανές σχετικές απειλές. Παρά την ομοιότητα της με την ένταση, η θλίψη είχε αντίθετα αποτελέσματα στο σημείο αυτό.
- Η αυξημένη ηρεμία αυξάνει τη διάθεση πληρωμής για οικονομικά παίγνια.

### 3.4.3 Κριτική της πλαισίωσης

Σύμφωνα με την «πλαισίωση», οι προκαταλήψεις προέρχονται άμεσα από τον τρόπο με τον οποίο απεικονίζεται η πληροφορία του κινδύνου και όχι σαν αποτέλεσμα άλλων παραγόντων (Weyman, Kelly 1999). Παρόλο που πειραματικές έρευνες έχουν αναδείξει την επίδραση της μορφής με την οποία παρουσιάζεται η πληροφορία πάνω στην αντίληψη του κινδύνου, παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν αποκλίσεις στην αντίληψη της πληροφορίας αυτής λόγω της επίδρασης «παραμέτρων προδιάθεσης», όπως προσωπικές αξίες και αντιλήψεις, παρελθοντική εμπειρία και το κοινωνικο-πολιτιστικό πλαίσιο μέσα στο οποίο προκύπτουν οι αντιδράσεις στον κίνδυνο. Με άλλα λόγια και η ίδια η αντίληψη της πληροφορίας επηρεάζεται από ένα σύνολο παραγόντων.

Η πλαισίωση δέχτηκε έντονη κριτική τόσο όσον αφορά το βαθμό επιρροής της, όσο και την αλληλεπίδραση της με ένα πλήθος μεταβλητών που μπορούν να μειώσουν ή να ενισχύσουν την επιρροή αυτή (Weyman, Kelly 1999). Σε κάποιες έρευνες (Wang 1996a) το φαινόμενο της πλαισίωσης εμφανιζόταν ή εξαφανιζόταν με τη μεταβολή των προσδοκώμενων τιμών. Επίσης, όταν τα προσδοκώμενα κέρδη ή ζημιές είναι μικρά, οι επιλογές δεν γίνονται προσεκτικά ώστε να συνάγεται συγκεκριμένη συμπεριφορά (Cohen et al. 1987). Άλλη μία παράμετρος είναι η επιρροή του μεγέθους των αριθμών και συγκεκριμένα η «ελάσσωσα ευαισθησία» (Wang 1996b), σύμφωνα με την οποία η αποφυγή ρίσκου για κέρδη και η προτίμηση του για απώλειες ισχύει μόνο για μεγάλους αριθμούς (π.χ. για 200/600 αλλά όχι για 2/6).

Γενικά ο περιορισμός σε μεταβλητές που εξαρτώνται από ένα μοναδικό αντικείμενο θεω-

ρείται ανεπαρκής ψυχομετρική πρακτική, λόγω των εγγενών προβλημάτων αξιοπιστίας (Tyron 1973) και τη μειωμένη ακρίβεια των μετρήσεων (Zickar, Highhouse, 1998). Αυτό βέβαια ισχύει τόσο για την πλαισίωση όσο και για την RHT.

Επίσης, (Miller, Fagley 1992; Wagenaar et al. 1988; Wang 1996a) αμφισβητείται ο βαθμός κατά τον οποίο το φαινόμενο «πλαισίωσης» είναι αμετάβλητο για διαφορετικά θέματα (π.χ. χρήματα ή ζωές). Ένα πλαίσιο χρηματικού παιγνίου μπορεί να κινητοποιήσει την ορθολογική αιτιολόγηση πιο εύκολα από ότι ένα πλαίσιο μη χρηματικού παιγνίου όπως η καταπολέμηση μιας ασθένειας (Kuhberger et al. 1999). Οι μελέτες για τις ανθρώπινες ζωές εμφανίζουν μεγαλύτερη τάση προτίμησης του ρίσκου από ότι τα παίγνια χρημάτων (Wang 1996a). Η αιτία είναι η βαρύτητα του αγαθού, δηλαδή ότι η βέβαια απώλεια, ακόμη και μικρή σε αριθμό, είναι απαράδεκτη σε κάθε περίπτωση (Kuhberger et al. 1999). Αυτό συμβαίνει είτε λόγω της μεγαλύτερης εκτίμησης των ερωτώμενων στην ανθρώπινη ζωή, είτε λόγω της αδυναμίας επανάκτησης μιας χαμένης ζωής στη συνέχεια του «παιγνίου» (Zickar, Highhouse 1998).

Η ομαδική επιλογή δείχνει διαφορετικά στοιχεία από την ατομική επιλογή. Σε ομαδικό πλαίσιο εμφανίζονται σταθερά περισσότερο επικίνδυνες προτιμήσεις από ότι σε ατομικό πλαίσιο (Kameda, Davis 1990). Το φαινόμενο «όλοι ζούμε μαζί ή πεθαίνουμε μαζί» εμφανίζεται ιδιαίτερα σε μικρές ομάδες ή οικογένειες (Wang 1996a).

Η προσωπική προτίμηση του ατόμου στο ρίσκο επίσης επηρεάζει τη συμπεριφορά, καθώς βρέθηκε ότι άτομα με ακραία συμπεριφορά προτίμησης ή απόρριψης του ρίσκου λίγο επηρεάζονται από την «πλαισίωση» (Zickar, Highhouse 1998).

Επίσης, το ενδιαφέρον ενός ατόμου για το συγκεκριμένο θέμα φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση, καθώς εάν αυτό δεν είναι μεγάλο, τότε μικρές μεταβολές στην παρουσίαση του προβλήματος μπορούν να έχουν μεγάλη επίδραση στις επιλογές (Frisch, 1993). Κάποιοι ερευνητές (Wang 1996a) υποστηρίζουν ότι το φαινόμενο της «πλαισίωσης» εμφανίζεται μόνο όταν η αβεβαιότητα σε ένα πρόβλημα επιλογής είναι μεγάλη.

Η ασάφεια είναι άλλος ένας παράγοντας επηρεασμού. Διάφορες μελέτες (Curley, Yates 1985; Curley et al. 1986; Einhorn, Hogarth 1985) έδειξαν ότι οι λήπτες αποφάσεων είναι επιφυλακτικοί απέναντι στον κίνδυνο όταν οι πιθανότητες δεν είναι καθορισμένες με ακρίβεια. Κάποιοι ερευνητές (Frisch, Baron 1988; Heath, Tversky 1991) υποστηρίζουν ότι το φαινόμενο αυτό παρατηρείται μόνο όταν η ασάφεια κάνει το λήπτη αποφάσεων να νιώθει λιγότερο γνώστης ή πληροφορημένος. Επίσης, τα παίγνια που δεν είναι σαφώς καθορισμένα εμφανίζονται ως πιο επικίνδυνα (Kuhn, Budescu 1996).

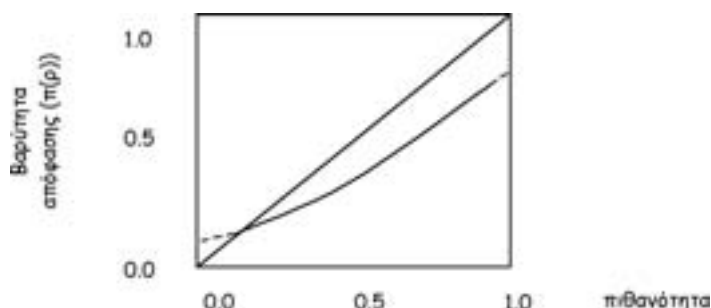
Σε ένα υποθετικό πείραμα, οι ερωτώμενοι δεν εμφανίζουν την ίδια συμπεριφορά με αυτήν που θα έδειχναν σε μία πραγματική κατάσταση (Slovic, 1968). Η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων πειραμάτων όπου οι ερωτώμενοι δεν ήταν εκτιθέμενοι στις συνέπειες των απαντήσεων τους αμφισβητείται (Wiseman, Levin 1996). Υπάρχουν μελέτες για προβλήματα όπου οι ερωτήσεις

είναι υποθετικές που έχουν δείξει είτε προτίμηση προς το ρίσκο, είτε το αντίστροφο είτε και καμία σχέση.

Παρά το πλήθος των χρήσιμων εννοιών που εισήγαγαν, οι συμπεριφοριστικές και οι τείνοντες προς αυτές (RHT, πλαισίωση) θεωρίες λήψης αποφάσεων έχουν δεχτεί κριτική για υπερεκτίμηση της ανθρώπινης ανορθολογικότητας και για αποτυχία να συνυπολογίσουν την επιρροή παραγόντων που προέρχονται από την κουλτούρα, θέσεις και κοινωνικούς παράγοντες, καθώς και για το ότι είναι κυρίως βασισμένα σε εργαστηριακές παρά σε πραγματικές συνθήκες (Weyman, Kelly 1999).

### 3.4.4 Αποκλίσεις ποσοτικοποίησης στην αντίληψη του κινδύνου

Πέραν του φαινομένου της πλαισίωσης, κάποιες αδυναμίες του ατόμου σχετικά με την ποσοτικοποίηση επηρεάζουν την αντίληψη του κινδύνου. Ένα σχετικό φαινόμενο είναι αυτό της βεβαιότητας (certainty effect) σύμφωνα με το οποίο οι λήπτες αποφάσεων δίνουν ιδιαίτερο βάρος σε συγκεκριμένες εκβάσεις, (π.χ. το παράδοξο του Allais, όπου η διαφορά μεταξύ 100% και 99% δεν παρουσιάζεται να έχει το ίδιο βάρος με τη διαφορά μεταξύ 34% και 33% - Allais 1953). Το φαινόμενο αυτό εξηγείται από μη γραμμική συνάρτηση (π-function) βαρύτητας πιθανοτήτων (Kahneman, Tversky 1979; Tversky, Kahneman 1992), όπως απεικονίζεται στο σχήμα.



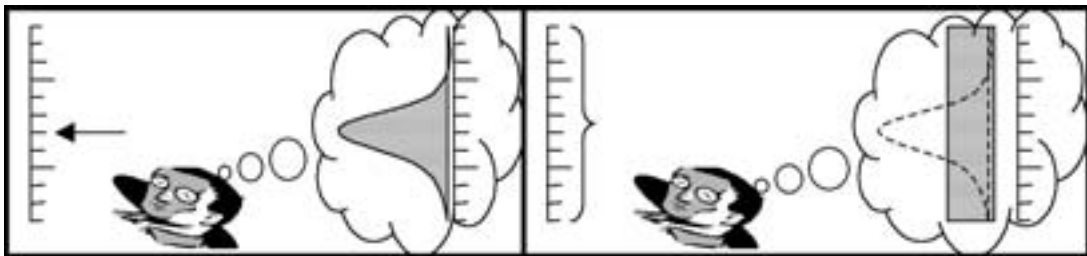
Σχήμα 3.3 Βαρύτητα πιθανοτήτων (Stone et al. 1994)

Σε χαμηλές πιθανότητες εμφανίζεται μία ασυνέχεια, η οποία δεν μπορεί να προσδιοριστεί ακριβώς, αλλά δίνει το γενικό συμπέρασμα ότι οι χαμηλές πιθανότητες υπερεκτιμούνται μέχρι να φτάσουν μία «αρκετά χαμηλή» τιμή όπου δεν θα έχουν επιπλέον βαρύτητα (Stone et al. 1994). Οι Magat et al. (1987) ισχυρίστηκαν ότι οι άνθρωποι δεν είναι ικανοί να αντιληφθούν και να διαχειριστούν χαμηλές πιθανότητες, όπως αυτές των ατυχημάτων. Έτσι είτε μειώνουν τέτοιες πιθανότητες σε ένα επίπεδο που τους είναι οικείο είτε τις απορρίπτουν δίνοντας βάση μόνο στο μέγεθος των συνεπειών τους. Ομοίως, τα άτομα αντιστοιχούν το πλήθος των εκτιθέμενων σε έναν κίνδυνο χαμηλής πιθανότητας σαν «πολλούς» ή «λίγους» χωρίς να κάνουν επιπλέον διαβαθμίσεις μεταξύ τους (Halpern et al. 1989).

Υπάρχουν σημαντικά στοιχεία που δείχνουν ότι οι άνθρωποι δυσκολεύονται να αντιληφθούν

τις επιπτώσεις του αθροιστικού κινδύνου (Linville et al. 1987; Weyman, Anderson 1998). Ανάλογα προβλήματα παρουσιάζονται και στην αντίληψη των εκφράσεων του μεγέθους του κινδύνου (π.χ. ο διπλασιασμός μιας πολύ μικρής πιθανότητας και η σημασία που μπορεί να έχει).

Η αβεβαιότητα (δηλαδή η άγνοια της πιθανότητας του συμβάντος) επίσης επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αντίληψη του κινδύνου. Υπάρχουν στοιχεία (Viscusi, Chesson 1999) που δείχνουν ότι η παρουσίαση του κινδύνου σαν μέση τιμή οδηγεί σε περισσότερο λογικές εκτιμήσεις, τόσο σε υψηλές όσο και σε χαμηλές πιθανότητες. Αντίθετα η παρουσίαση του κινδύνου σαν εύρος πιθανών συμβάντων οδηγεί σε υψηλότερες αντιλήψεις κινδύνου για χαμηλές πιθανότητες και χαμηλότερες αντιλήψεις για μεγαλύτερες πιθανότητες, καθώς το άτομο εστιάζει στα άκρα ή υποθέτει ομοιόμορφη κατανομή.



**Σχήμα 3.4 Επίδραση της παρουσίασης της κατανομής πιθανότητας στην υποκειμενική αντίληψη**

Σημαντική είναι και η επίδραση του τρόπου παρουσίασης ενός κινδύνου σε σχέση με το χρόνο (π.χ. ένας θάνατος κάθε 4 μήνες στην Ελλάδα) παρά σαν πιθανότητα (0,0000003). Κάποιες ψυχομετρικές έρευνες (Pidgeon et al. 1992) έδειξαν ότι παρόλο που υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ της πραγματικής πιθανότητας ενός ρίσκου και αυτής που εκτιμάται από τα άτομα, όταν ζητείται να γίνει συγκριτική ιεράρχηση των κινδύνων οι εκτιμήσεις εμφανίζονται ικανοποιητικές. Γενικά όταν κάποιοι κίνδυνοι πολύ χαμηλής πιθανότητας παρουσιάζονται μέσω δεικτών συχνότητας συμβάντος τότε εμφανίζονται σαν «σχεδόν μηδέν», ενώ η παρουσίαση τους με σχετική μορφή οδηγεί σε περισσότερο επιφυλακτική συμπεριφορά (Stone et al. 1994). Χαρακτηριστικό παράδειγμα των παραπάνω είναι η μελέτη των Slovic, Fischhoff και Lichtenstein (Slovic et al. 1978) στην οποία η πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού δόθηκε με τη μορφή 0,00001 για κάθε ταξίδι ή 0,33 για τα 50 έτη οδήγησης: η τελευταία έκφραση είναι αυτή που προκάλεσε τη μεγαλύτερη επιφυλακτικότητα. Η γραφική αναπαράσταση, επίσης, έχει βρεθεί ότι είναι περισσότερο αποτελεσματική από την αριθμητική (Stone et al. 1997, Stone et al. 2003).

Ειδικότερα η παράμετρος του χρόνου έχει μελετηθεί εκτεταμένα. Για την περίπτωση των κινδύνων θανάτου, εκτιμήθηκε ότι τρεις από τους τέσσερις παράγοντες που καθορίζουν την αντίληψη του κινδύνου (ο τέταρτος είναι η συνολική συχνότητα εμφάνισης στον πληθυσμό αναφοράς) σχετίζονται με την επίδραση του χρόνου (Viscusi et al. 1997):

- Η ανάλυση του υπόλοιπου προσδοκώμενης ζωής (η οποία σχετίζεται με την ηλικία στην οποία ενδέχεται να συμβεί το μοιραίο.
- Η «αμεσότητα της επίδρασης» (immediacy of effect), δηλαδή ο χρόνος που παρεμβάλλεται μεταξύ της απόφασης για έκθεση στον κίνδυνο και της εμφάνισης των επιπτώσε-



ων (π.χ. κάπνισμα), καθώς παρατηρείται μειωμένη ανησυχία και πρόληψη εκεί όπου ο χρόνος αυτός είναι μεγάλος (Bjorkman 1984; Williamson, Weyman 2005; Weber, Chapman 2005; Keren, Roelofsma 1995; Weber, Chapman 2005).

- Η επίδραση του «αποπληθωρισμού», η οποία ενσωματώνει την προτίμηση του ατόμου σε σχέση με διαφορετικά χρόνια ζωής (Rotter 1954; Mischel, Grusec 1967; Rachlin et al. 1986; Rachlin, Siegel 1994).

### 3.5 Ψυχομετρική προσέγγιση

*«Η επίσημη πληροφόρηση είναι μόνο ένας από τους πολλούς τρόπους με τους οποίους γίνεται αντιληπτός ένας κίνδυνος» (Bloor 1995).*

Οι υποστηρικτές της συμπεριφοριστικής προσέγγισης θεωρούν τη συμπεριφορά ως αποτέλεσμα του περιβάλλοντος όπου οι σημαντικότεροι παράγοντες καθορισμού της συμπεριφοράς είναι η σχετική ελευθερία επιλογής, το επίπεδο ελέγχου του ατόμου επί των συνεπειών της απόφασης και η φύση της βασικής ανάγκης ή επιθυμίας που είτε πληρείται είτε αποθαρρύνεται από τις τελικές συνέπειες της επικίνδυνης ενέργειας (Nelkin, Brown 1984). Αντίθετα, οι υποστηρικτές της ατομικής διαφοροποίησης υποστηρίζουν ότι η εξήγηση βρίσκεται εξ' ολοκλήρου στο άτομο (Weyman, Kelly 1999) και στους εμπειρικούς κανόνες που αυτό αναπτύσσει και καθορίζουν τη συμπεριφορά του. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, η συμπεριφορά των ατόμων δεν επηρεάζεται από αυτό που συμβαίνει αλλά από την ερμηνεία αυτού που συμβαίνει (Covey 1989). Τα άτομα, αδυνατώντας να αποκτήσουν πλήρη και σφαιρική γνώση για όλα τα θέματα που αντιμετωπίζουν καθημερινά, αναπτύσσουν πρακτικές και εμπειρικές απλουστευτικές νόρμες γενικής αντίληψης των πραγμάτων (heuristics) για να αντισταθμίσουν την αβεβαιότητα και πολυπλοκότητα. Οι νόρμες αυτές, οι οποίες πράγματι εμφανίζονται ιδιαίτερα χρήσιμες σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρές ανακρίβειες σε άλλες περιπτώσεις (Tversky, Kahneman 1974, 1981; Slovic, 1987).

Η ψυχομετρική (Psychometric) προσέγγιση ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του '70 με το άρθρο των Fischhoff et al (1978). Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, η οποία αναπτύχθηκε κυρίως στο πανεπιστήμιο του Oregon, η αίσθηση του κινδύνου είναι κατά βάση υποκειμενική (Weyman, Kelly 1999). Το κύριο χαρακτηριστικό της ήταν η χρήση στατιστικών τεχνικών με πολλαπλές μεταβλητές για να διερευνηθούν οι εκτιμήσεις επικινδυνότητας των ατόμων και η αποδοχή ενός εύρους κινδύνων (Williamson, Weyman 2005). Η προσέγγιση αυτή υποστηρίζει ότι η αντίληψη του κινδύνου εξαρτάται από κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά του («υπογραφή του κινδύνου» - Petts et al. 2001), όπως η ελεγχιμότητα, η εθελοντικότητα, ο φόβος, ο βαθμός οργανωμένης ασφάλειας, το ενδεχόμενο καταστροφής, η ισότητα και η οικειότητα (Slovic et al. 1980; Vlek, Stallen 1981). Οι παράγοντες αυτοί περιλαμβάνουν επίσης τα χαρακτηριστικά των δυσμενών αποτελεσμάτων, την ανησυχία για πιθανές επιπτώσεις, την ανησυχία για πιθανή μυστικότητα, την έλλειψη εμπιστοσύνης απέναντι στους οργανισμούς λόγω συγκρουόμενων συμφερόντων και τυχόν παρουσία ηθικών θεμάτων (Weyman, Kelly 1999).



Οι πρώτες ψυχομετρικές μελέτες βρήκαν ότι το κοινό έχει ατελή γνώση των κινδύνων θνησιμότητας ακόμη και σε διάφορα είδη ατυχημάτων και ασθενειών όπου υπάρχουν επαρκή στατιστικά στοιχεία, σφάλνοντας κατά το 1/3 των εκτιμήσεων και με μεγάλη απόκλιση (Slovic et al. 1979). Η απλή καταμέτρηση νεκρών, όμως, αντιμετωπίζει τους θανάτους νέων και ηλικιωμένων με ως ισοδύναμους. Η ίδια αντιμετώπιση υπάρχει και μεταξύ ακαριαίων θανάτων και θανάτων μετά από επώδυνες και εξουθενωτικές ασθένειες ή μακρές περιόδους καθημερινού φόβου. Η χρήση «αριθμού θανάτων» ως δείκτη υπονοεί ότι είναι το ίδιο σημαντικό να προλαμβάνονται κίνδυνοι αυτών που τους επιλέγουν ή ωφελούνται από αυτούς όσο και αυτών που δεν τους επιλέγουν ούτε ωφελούνται. Είναι βέβαια δύσκολο να βρεθεί τρόπος απόδοσης βαρύτητας στις διαφορές αυτές, αλλά και η μη απόδοση βαρύτητας αποτελεί και η ίδια μία παραδοχή ισότητας (Slovic 1998).

Η προσπάθεια ανάλυσης των μηχανισμών που οδηγούν το άτομο στις κρίσεις αυτές ανέδειξαν δύο ποιοτικές διαστάσεις: τη σοβαρότητα των συνεπειών (και τον εκλαμβανόμενο φόβο) και το βαθμό άγνοιας και αβεβαιότητας (άγνωστος κίνδυνος). Σε ορισμένες μελέτες προστίθεται και το πλήθος των εκτιθέμενων στον κίνδυνο. Έτσι, η αντίληψη του κινδύνου αναλύεται σε ένα δισδιάστατο χώρο με άξονες το φόβο που μπορεί να προκαλέσουν οι συνέπειες και την οικειότητα, δηλαδή το βαθμό που ο κίνδυνος γίνεται αντιληπτός ως γνωστός και ελεγχόμενος (Rohrmann 1999, Renn 2005). Ρεαλιστικές αντιλήψεις μπορούν να υπάρξουν μόνο για κινδύνους για τους οποίους τα άτομα έχουν άμεση ή έμμεση εμπειρία (Thompson, Mingay 1991).

Συνήθως δεν υπάρχει αρκετή ενημέρωση για τους κινδύνους και τα χαρακτηριστικά τους, ενώ (αφού είναι εκβάσεις με χαμηλή πιθανότητα να συμβούν) πιθανότατα δεν υπάρχει πληροφορία από την εμπειρία του ίδιου του ατόμου (Hakes, Viscusi 1997), με αποτέλεσμα πολλοί άνθρωποι να σχηματίζουν τις αντιλήψεις τους από ιδιωτικές πληροφορίες που συνήθως αναφέρονται στη δική τους ηλικιακή ομάδα (Benjamin, Dougan 1997).

Υπάρχουν σημαντικά στοιχεία που οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι συνήθειες συμπεριφορές απέναντι στον κίνδυνο αντανακλούν ένα μειωμένο επίπεδο ανησυχίας λόγω της οικειότητας και της συνήθειας (Weyman, Kelly 1999). Ομοίως εκτιμάται ότι τα άτομα υπερεκτιμούν κινδύνους που δεν τους είναι οικείοι (Williamson, Weyman 2005; Jasanoff 1998). Υποστηρίχθηκε, επίσης, ότι η οικειότητα δεν συνδέεται μόνο με την προσωπική εμπειρία του κινδύνου αλλά και με την προβολή των κινδύνων από τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης (Van der Pligt 1998). Επίσης συνδέεται με θέματα γνώσης του κινδύνου και ελεγχιμότητας (Pidgeon et al. 1992, Van der Pligt 1998). Η οικειότητα συνήθως λειτουργεί μειωτικά προς το επίπεδο πρόληψης, εκτός από περιπτώσεις κινδύνων που είναι εύκολο να τους φανταστεί κανείς (Weyman, Kelly 1999). Η ευκολία αυτή στη φαντασία των κινδύνων, καθώς και η πιθανή προσωπική εμπειρία από συμβάν που οδηγεί στην αίσθηση ότι η επαναληπτική παρουσία ενός κινδύνου είναι πιο πιθανή από όσο είναι στην πραγματικότητα, εμφανίζονται ως οι σημαντικότερες μορφές γνωστικών προκαταλήψεων (Williamson, Weyman 2005).

Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει την αντίληψη του κινδύνου είναι ο βαθμός εμπιστοσύνης στην επιστήμη, την εξουσία και τους κυβερνητικούς φορείς (Wynne 1992) ή απλώς στην

πηγή πληροφόρησης για το συγκεκριμένο κίνδυνο (Williamson, Weyman 2005). Η έλλειψη εμπιστοσύνης στην ικανότητα ή στη διάθεση των ιδιωτικών επιχειρήσεων για τη διαχείριση των κινδύνων παρατηρήθηκε ότι οδηγεί σε υψηλά επίπεδα εκτιμώμενης επικινδυνότητας (Burns et al. 1993). Η εμπιστοσύνη έχει μία διττή φύση, σχετιζόμενη τόσο με την εκτιμώμενη ικανότητα του άλλου μέρους όσο και με τις κοινές αξίες και αντιλήψεις (Williamson, Weyman 2005).

Γενικό συμπέρασμα είναι ότι τα θέματα εμπιστοσύνης και αξιοπιστίας δεν μπορούν να ξεπεραστούν απλά με τη βελτίωση της ποιότητας της επικοινωνίας του κινδύνου σε μία στενή και εξειδικευμένη έννοια χωρίς την αναφορά σε ευρύτερα κοινωνικά και ιδρυματικά θέματα (Walker et al. 1998). Ακόμη και σε καθεστώς πλήρους εμπιστοσύνης οι αριθμοί από μόνοι τους δεν επαρκούν, ιδιαίτερα όταν αναφέρονται σε μικρές ποσότητες ή σε ασυνήθιστες μονάδες μέτρησης, καθώς δεν έχουν ουσιαστικό αντίκρισμα στους ανθρώπους (Morgan et al. 1992). Η ανάδειξη της κοινωνικής διάστασης (έστω και απλά ως ζήτημα) ήταν μία από τις μεγάλες συνεισφορές της ψυχομετρικής προσέγγισης (Teigen et al. 1988), η οποία, όμως, δέχθηκε κριτική ότι συνέχισε να εξετάζει την λήψη αποφάσεων αποκλειστικά σε ατομικό επίπεδο (Nelkin 1989; Turner, Wynne 1992).

Επίσης, η εκτεταμένη στατιστική ανάλυση, η οποία υποχρεωτικά μείωνε το μέγεθος και την αντιπροσωπευτικότητα των δειγμάτων και των εξεταζόμενων κινδύνων στα πειράματα της, ήταν ακόμη μια αιτία κριτικής της ψυχομετρικής προσέγγισης όσον αφορά την ακρίβεια των συμπερασμάτων της (Williamson, Weyman 2005). Εκτιμάται ότι οι συλλογικοί μέσοι όροι κρύβουν ουσιαστικές διαφορές στην ατομική κατανόηση και ερμηνεία (Walker et al. 1998, AF Wahlberg 2001). Επίσης, αμφισβητείται και η εργαστηριακή φύση της έρευνας όπου τα άτομα εκφράζουν κρίσεις για καταστάσεις που δεν έχουν βιώσει ή σκεφτεί στο παρελθόν (Weyman, Kelly 1999) και μάλιστα μέσω μιας παρουσίασης της κατάστασης (προσφερόμενες εναλλακτικές) που δεν μπορεί να εκφράσει όλο το φάσμα των ανησυχιών του ατόμου για τον κίνδυνο (Poortinga, Pidgeon 2003). Παρότι, λοιπόν, οι απόψεις της ψυχομετρικής προσέγγισης έχουν γίνει ευρέως αποδεκτές επιστημονικά λόγω της πειραματικής τους βάσης, δεν φαίνεται να διαθέτουν αρκετή δυναμική για την προσφορά εξηγήσεων συμπεριφορών απέναντι στον κίνδυνο (Weyman, Kelly 1999).

### 3.6 Η προσέγγιση των νοητικών μοντέλων

*«Αυτό που από τους ειδικούς θεωρείται ως παράλογη απόρριψη επιστημονικών πληροφοριών δεν είναι παρά απόρριψη λανθασμένων παραδοχών του επιστημονικού μοντέλου» (Wynne 1992).*

Η μελέτη των στρεβλώσεων στις αντιλήψεις των ατόμων οδήγησε στην ανάπτυξη μίας ακόμη προσέγγισης της αντίληψης του κινδύνου, αυτής των νοητικών μοντέλων (mental models). Η προσέγγιση αυτή που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Carnegie Mellon προσπαθεί να εντοπίσει «κρίσιμα κενά γνώσης» στην κατανόηση των κινδύνων. Τα νοητικά μοντέλα είναι απλουστευτικές διαδικασίες που αναπτύσσει το άτομο για να αφομοιώσει και να ταξινομήσει

πληροφορίες (Weyman, Kelly 1999) ή η ψυχολογική αναπαράσταση του περιβάλλοντος και της αναμενόμενης συμπεριφοράς του (Holyoak 1984).

Ερευνητές που μελέτησαν τα νοητικά μοντέλα απλών ανθρώπων και ειδημόνων σε θέματα που σχετίζονται με τον κίνδυνο, παρατήρησαν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους (MacGregor et al. 1994; Fischhoff et al. 1997; MacGregor et al. 1995; Morgan et al. 1992) ή ακόμη και ασυνέχειες στο νοητικό μοντέλο των απλών ανθρώπων, οι οποίοι συνήθως προσπαθούν να βρουν ένα καθημερινό απλοϊκό τρόπο εξήγησης ακόμη και εάν αυτός περιλαμβάνει ανακρίβειες.

Τα άτομα εμφανίζονται να εκτιμούν μικρότερη επικινδυνότητα για τη δική τους ζωή παρά για τη ζωή των άλλων («optimistic bias»). Επίσης (MacGregor et al. 1995), η επανάληψη ή το μέγεθος της έκθεσης δεν παρουσιάζεται στο νοητικό μοντέλο του απλού ανθρώπου, τουλάχιστο όχι στο βαθμό που εμφανίζεται στο μοντέλο του ειδήμονα και οι ατομικές εκθέσεις τείνουν να παρουσιάζονται σαν διακριτές, παρά σαν μέρος γενικότερης επικίνδυνης συμπεριφοράς («accumulation bias»). Χαρακτηριστικό παράδειγμα (Weyman, Anderson, 1998) είναι η συμπεριφορά των εργαζομένων σε ορυχείο οι οποίοι προσπαθούν να μόνο να ελαχιστοποιήσουν τη διάρκεια επίσκεψης τους σε ασταθές έδαφος, αδιαφορώντας, όμως, για το πλήθος των επισκέψεων αυτών, αντιμετωπίζοντας κάθε μία επίσκεψη ως μεμονωμένη. Η τρίτη μορφή απόκλισης είναι η τάση να δημιουργούνται σχέσεις μεταξύ δύο παραγόντων μόνο και μόνο επειδή αυτοί είναι (χωρικά ή χρονικά) κοντινοί, στην προσπάθεια του ατόμου να αιτιολογήσει μία κατάσταση («cerebral contiguity»).

Παρεκκλίσεις από την ορθολογική κρίση δεν παρατηρούνται μόνο για τους απλούς ανθρώπους. Εκτιμάται ότι η αιτιολογική συμπερασματολογία ενός προϊσταμένου για ένα ατύχημα επίσης μπορεί να παρουσιάζει ανακρίβειες και βασίζεται (τουλάχιστο εν μέρει) σε (DeJoy 1994):

- διακριτότητα: εάν ο εργαζόμενος είχε ασφαλή απόδοση σε άλλες εργασίες
- συνέχεια: αν ο εργαζόμενος απέδωσε ασφαλώς στην ίδια εργασία στο παρελθόν
- πλειοψηφικότητα: αν άλλοι εργαζόμενοι έχουν εκτελέσει την ίδια εργασία ασφαλώς.

Σε πολλές περιπτώσεις, όμως, η κρίση γίνεται με τις προσωπικές νόρμες του προϊσταμένου και όχι με την απόδοση των υπολοίπων εργαζομένων (Green, Mitchell 1979).

Σε κάποιες περιπτώσεις στενά αλληλένδετων συστημάτων παρατηρείται κοινό νοητικό μοντέλο (τουλάχιστο εν μέρει) μεταξύ διαφορετικών επιπέδων (Weick, Roberts 1993). Στις περιπτώσεις αυτές, το πλαίσιο της ομάδας είναι αυτό που καθορίζει σε ποιους κινδύνους θα δοθεί έμφαση, σε ποιο επίπεδο αποδοχής και ποιες είναι οι αποδεκτές αντιδράσεις (Williamson, Weyman 2005). Γενικά, οι άνθρωποι επιλέγουν να δώσουν έμφαση σε συγκεκριμένους κινδύνους τόσο για να υπερασπίσουν τον προτιμώμενο τρόπο ζωής τους, όσο και σαν ρητορικό μέσο για να κατηγορήσουν άλλες ομάδες συμφερόντων (Dake 1991). Οι μηχανισμοί είναι τόσο ανεπίσημα (π.χ. φιλία, συγγένεια) όσο και επίσημα (π.χ. ιεραρχία, εργασιακά, εμπορικά) δίκτυα όπου ο διάλογος και η επικοινωνία με τους άλλους μπορεί να επιβεβαιώσει ή να αναθεωρήσει συμπεριφορές, απόψεις, διαδικασίες και πρακτικές (MacGill 1988).

Σχετική είναι και η υπόθεση της αυτό-άμυνας στην αιτιολόγηση (self-defensive attribution

– Walster 1966), σύμφωνα με την οποία οι συμμετέχοντες σε μία διαδικασία ατυχήματος τείνουν να εξηγούν το ατύχημα με τρόπο που να ελαχιστοποιεί τη δική τους προσωπική ευθύνη. Η υπόθεση αυτή έχει επιβεβαιωθεί με εργαστηριακές μελέτες (Shaw, Skolnick 1971; Chaikin, Darley 1973) και έχει υποστηριχθεί με εμπειρικές μελέτες στο χώρο εργασίας (Gyekye 2001; Gyekye, Salminen 2004; Kouabenan 1985; Kouabenan et al. 2001; Salminen 1992).

Παρατηρήθηκε επίσης ότι τα άτομα τείνουν να αποδίδουν ευθύνες στα θύματα των ατυχημάτων αν τα θύματα αυτά δεν μπορούν με κάποιο τρόπο να συνδεθούν μαζί τους (Gyekye, Salminen 2006). Το φαινόμενο αυτό οφείλεται είτε στη διαφορετικότητα από τα θύματα είτε στην ανάγκη για ψυχολογική επιβεβαίωση. Η προσέγγιση αυτή πλησιάζει στη «θεωρία του δίκαιου κόσμου» («Just World Belief Theory» – Learner 1980) σύμφωνα με την οποία ένας παρατηρητής, αν δεν υπάρχουν ειδικές ομοιότητες, δικαιολογεί τη μοίρα ενός θύματος, αποδίδοντας του αρνητικά χαρακτηριστικά (Learner, Miller 1978). Σε σχετική μελέτη (Torell, Bremberg 1995) το 79% περίπου των ερωτώμενων απέδιδαν την αιτία ατυχήματος στο θύμα. Ανάλογα συμπεράσματα επίρριψης της ευθύνης στους παθόντες προέκυψαν και από και άλλες μελέτες (Brickman et al. 1975). Μάλιστα, παρατηρείται ότι η επίρριψη αυτή είναι εντονότερη όταν οι συνέπειες του ατυχήματος είναι σοβαρές (Walster 1966; Torell, Bremberg 1995). Αντίθετα, το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε σε λιγότερο έντονο βαθμό σε χώρους όπου το κλίμα ήταν θετικό (Prussia et al. 2003).

Σε σχετική μελέτη με ερώτηση για το ποια είναι η αιτία των ατυχημάτων (Vibert 1957), εργαζόμενοι που δεν ήταν ικανοποιημένοι με τη θέση εργασίας τους ή είχαν χαμηλή θέση στην ιεραρχία απέδιδαν τα ατυχήματα στην επιχείρηση και την οργάνωση της, ενώ οι εργαζόμενοι που ήταν ικανοποιημένοι από την επιχείρηση ή είχαν υψηλή θέση στην ιεραρχία τα απέδιδαν σε απροσεξία και ευθύνη των εργαζομένων.

Σκοπός του εντοπισμού των διαφορών μεταξύ των νοητικών μοντέλων των ειδικών και των απλών ανθρώπων ήταν να αποτελέσουν αυτές το στόχο στον οποίο θα κατευθύνεται η επικοινωνία του κινδύνου (Williamson, Weyman 2005). Η διαχείριση της πληροφόρησης ή άλλων μέσων για τη δημιουργία νοητικών μοντέλων ειδημόνων σε όλους, όμως, έχει δεχθεί σοβαρή κριτική σχετικά με την ηθική και επιστημονική της υπόσταση (Weyman, Kelly 1999), όσο και για τη ρεαλιστικότητα της (Jasanoff 1998). Κατηγορήθηκε ότι οδήγησε την αντίληψη του κινδύνου στην κατηγορία της «κοινωνιολογίας του σφάλματος», δηλαδή ο κύριος στόχος έγινε η εξήγηση του πως τα άτομα αναπτύσσουν εσφαλμένες αντιλήψεις για τον κίνδυνο (Jasanoff 1998).

Επίσης η προσέγγιση αυτή δέχτηκε κριτική σχετικά με τη στενότητα του ορισμού του κινδύνου που χρησιμοποιεί, την εξιδανίκευση των αντιλήψεων των ειδικών και την παράλειψη του πλαισίου στο οποίο βιώνεται ο κίνδυνος (Weyman, Kelly 1999; Pidgeon 1998). Διάφορες ψυχολογικές μελέτες στην κρίση των ειδικών έδειξαν ότι οι ειδικοί τείνουν να κάνουν σημαντικά λάθη, όπως υπερβολική βάση στις αριθμητικές κρίσεις και υποτίμηση των αβεβαιοτήτων (Svenson 1996, Slovic et al. 1979), ενώ επηρεάζονται από ιδρυματικές αξίες και καθιερωμένες επιστημολογικές αντιλήψεις (Jasanoff 1986) που λειτουργούν ως «φίλτρα».



Γενικά τα μοντέλα αυτά κρίνεται ότι μπορούν να προσφέρουν πολλά στη μελέτη της αντίληψης κινδύνου μόνο αν δεν υιοθετούν την ανωτερότητα κάποιου νοητικού μοντέλου έναντι των άλλων (Pidgeon et al. 1992). Άλλωστε παρατηρήθηκε σε δύο σχετικές μελέτες (Edwards 1981, Kjellén 1982, Kjellén 1987) ότι οι αναφορές ατυχημάτων και τα στατιστικά τους σπάνια χρησιμοποιούνται σαν βάση λήψης αποφάσεων.

### 3.7 Μοντέλα προσδοκώμενης αξίας (Value Expectancy Models)

*«Γενικά οι άνθρωποι τείνουν να πιστεύουν ότι είναι περισσότερο ικανοί να ελέγξουν τον κίνδυνο από ότι οι άλλοι» (Weyman, Kelly 1999).*

Η προσέγγιση αυτή κατεύθυνε τις προσπάθειες της στην εξήγηση των λόγων που κινητοποιούν τα άτομα να αυτοπροστατευθούν σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για τον κίνδυνο και την τρωτότητα τους. (Williamson, Weyman 2005). Θεωρεί ότι η συμπεριφορά του ατόμου απέναντι στον κίνδυνο απορρέει από μία εκτίμηση της πιθανότητας και των συνεπειών ενός συμβάντος (Fishbein, Ajzen 1975) έτσι ώστε να μεγιστοποιεί το αποτέλεσμα (Cleary 1987), δηλαδή μία ιδιότυπη ανάλυση κόστους οφέλους.

Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, η δυνατότητα ελέγχου επί της έκθεσης είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την αποδοχή του κινδύνου (Stallen, Tomas 1988), καθώς και μία πηγή «μη ρεαλιστικής αισιοδοξίας» και ενός αισθήματος μη τρωτότητας. Η «μη ρεαλιστική αισιοδοξία» (Weinstein 1980; Weinstein 1982; Weinstein 1984; Kirscsch et al. 1966; Harris, Guten 1979; Kulik, Mahler 1987; Larwood 1978; McKenna 1993) ή «άρνηση του κινδύνου» (Sjoberg, 2000) που συχνά παρατηρείται (δηλαδή η υποτίμηση ενός κινδύνου) αποδίδεται σε υπερεκτίμηση του προσωπικού ελέγχου, σε προσωπικές εμπειρίες και σε ενέργειες προσαρμογής που μειώνουν την αίσθηση ότι πρόκειται για μία προφανώς ασύμβατη συμπεριφορά (Linville et al. 1987). Αντίθετα κάποιοι συγγραφείς (Van der Pligt 1998, Rothman et al. 1996) υποστηρίζουν ότι η αισιόδοξη συμπεριφορά έχει κοινωνική βάση.

Παρατηρήθηκε (Nisbett et al. 1976) ότι όταν τα άτομα κάνουν προβλέψεις για υποθετικά, ανώνυμα ή γενικευμένα άτομα, χρησιμοποιούν γενικές, επίσημες πληροφορίες, αλλά όταν κρίνουν για τον εαυτό τους, ή κάποια γνωστά άτομα αγνοούν την πληροφόρηση αυτή και βασίζονται σε ειδικά δεδομένα (Klar et al. 1996). Επίσης, όταν γίνονται εκτιμήσεις για απρόβλεπτα (και μη ελεγχόμενα) συμβάντα συνήθως χρησιμοποιείται ένα στατιστικό πλαίσιο πληροφοριών (Nisbett et al. 1983). Επίσης, εκτιμάται χαμηλότερη επικινδυνότητα για τα γνωστά άτομα λόγω εμπιστοσύνης στις ικανότητές τους (Klar et al. 1996).

Η έννοια της τρωτότητας έχει δεχθεί κριτική ότι δεν μπορεί να δώσει ικανοποιητική εξήγηση για τη μη ρεαλιστική αισιοδοξία, καθώς δεν εξηγεί γιατί ποτέ δε συμβαίνει «μη ρεαλιστικός πεσσιμισμός» (Weinstein 1989). Γενικά η αντίληψη της προσωπικής τρωτότητας θεωρείται αναγκαία αλλά όχι και ικανή συνθήκη για την αλλαγή συμπεριφοράς των ανθρώπων ό-



σον αφορά τις επικίνδυνες πρακτικές που ακολουθούν (Van der Pligt 1998). Υπάρχουν, άλλωστε, αρκετές ενδείξεις ότι οι άνθρωποι εκτιμούν ξεχωριστά την τρωτότητα για τον ατομικό και για τον κοινωνικό κίνδυνο (Weyman, Kelly 1999).

Ένα πλήθος διαφοροποιημένων μοντέλων αναπτύχθηκε για την εξήγηση της προληπτικής συμπεριφοράς του ατόμου, έχοντας πάντα σαν φόντο την υποκειμενική εκτίμηση τρωτότητας. Τα κυριότερα μοντέλα είναι η Θεωρία της Τεκμηριωμένης Δράσης (The Theory of Reasoned Action - Fishbein, Ajzen 1975), η Θεωρία της Σχεδιασμένης Συμπεριφοράς (Theory of Planned Behaviour - Ajzen 1991) και το μοντέλο Πίστης στην Υγεία (Health Belief Model - Janz, Becker 1984), τα οποία βασίζονται στην υποκειμενική προσδοκώμενη χρησιμότητα, σύμφωνα με την οποία η συμπεριφορά απέναντι στον κίνδυνο είναι αποτέλεσμα κάποιου είδους υποκειμενικής ανάλυσης κόστους – οφέλους. Επίσης αναφέρεται στην κατηγορία αυτή και η Θεωρία Κινητοποίησης για την Προστασία (Protection Motivation Theory – Rogers 1983).

Οι βασικές παράμετροι των μοντέλων αυτών είναι:

- Οι στάσεις, οι οποίες αποτελούν την ψυχολογική εκτίμηση μιας συμπεριφοράς (π.χ. καλή/κακή, ασφαλής/ανασφαλής, κλπ.)
- Οι υποκειμενικές νόρμες, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το βαθμό στον οποίο κάποια άτομα που θεωρούνται σημαντικά από τον εργαζόμενο και τον επηρεάζουν, εκτιμούν την επιθυμητή συμπεριφορά – στόχο.
- Η πρόθεση, η οποία είναι μία έκφραση της κλίσης του ατόμου ή του σχεδίου του να εκτελέσει μια επιθυμητή συμπεριφορά.

Η Θεωρία της Τεκμηριωμένης Δράσης πρότεινε ότι η πρόθεση να εκτελεστεί μία ενέργεια επηρεάζεται από τη στάση και τις υποκειμενικές νόρμες (Johnson, Hall 2005). Η Θεωρία της Σχεδιασμένης Συμπεριφοράς 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 βαθμό ελέγχου του επί της συγκεκριμένης συμπεριφοράς που μαζί με τις 3 βασικές παραμέτρους αποτελεί τις πεποιθήσεις.

Η θεωρία έχει δεχθεί αρκετή κριτική. Κάποιοι ερευνητές (French, Hankins 2003; Hankins et al. 2000) ανέφεραν ότι η μέτρηση των πεποιθήσεων ήταν προβληματική. Η προσέγγιση αυτή κατηγορήθηκε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις περιορίζεται στην πρόβλεψη της πρόθεσης συμπεριφοράς και όχι της ίδιας της συμπεριφοράς (Baranowski 1992-93), αφού η συσχέτιση στάσης και συμπεριφοράς δεν είναι ισχυρή (Green 1998), παρόλο που η αντίστροφη σχέση έχει υποστηριχθεί έντονα. Στοιχεία όπως το κόστος της προληπτικής συμπεριφοράς, οι κοινωνικές πιέσεις και η εκτιμώμενη προσωπική ισχύς (Weyman, Kelly 1999), όπως και οι ηθικές και νομικές επιταγές (Gadd, Collins 2002) εκτιμάται ότι επιδρούν περισσότερο στην τελική συμπεριφορά.

Σύμφωνα με το μοντέλο Πίστης στην Υγεία, πέντε είναι οι παράγοντες που καθορίζουν την υιοθέτηση προληπτικής δράσης (Weymann, Kelly 1999):

- εκτιμώμενη τρωτότητα του ατόμου

- εκτιμώμενη σοβαρότητα του κινδύνου
- εκτιμώμενο όφελος από την προληπτική συμπεριφορά
- εκτιμώμενα εμπόδια για την υιοθέτηση της προληπτικής δράσης
- πηγές πληροφόρησης για την υγεία.

Υποθέτει, δηλαδή, ότι αν το άτομο έχει ακριβή γνώση του κινδύνου, εκτιμά ότι ο κίνδυνος έχει μεγάλη σοβαρότητα, ότι το ίδιο έχει μεγάλη τρωτότητα στον κίνδυνο αυτό και τα οφέλη από την προληπτική δράση είναι υψηλά, τότε υιοθετεί τη συμπεριφορά αυτή αν το κόστος της είναι αρκετά χαμηλό (Williamson, Weyman 2005). Ισχυρότερος παράγοντας από αυτούς είναι τα εκτιμώμενα εμπόδια και ασθενέστερος η εκτιμώμενη σοβαρότητα (DeJoy 1996).

Το μοντέλο Πίστης στην Υγεία δέχθηκε κριτική ότι δεν συνδέει τις κύριες μεταβλητές του με συγκεκριμένες σχέσεις, όντας μία λίστα μεταβλητών και όχι ένα πραγματικό μοντέλο (Wallston, Wallston 1984; Weinstein 1993).

Η Θεωρία Κινητοποίησης για Προστασία 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 εκτιμά 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. Έτσι 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).

Γενικά τα μοντέλα προσδοκώμενης αξίας έχουν δεχθεί κριτική για την ορθότητα των στατιστικών μελετών που έχουν γίνει στα πλαίσια τους, καθώς και γιατί εξάγουν συμπεράσματα αιτιότητας στη βάση της στατιστικής συσχέτισης και μόνο (Weinstein et al. 1993). Επίσης, έχουν δεχθεί κριτική όσον αφορά την παραδοχή της σχέσης στάσεων – συμπεριφορών (Weyman, Kelly 1999), η ισχύς της οποίας έχει αμφισβητηθεί έντονα (Green 1998).

### 3.8 Κοινωνικο-πολιτιστικές προσεγγίσεις

***«Ο κοινωνικός έλεγχος της αντίληψης κινδύνου μπορεί να είναι ο μόνος παράγοντας που μπορεί να μειώσει σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα τη συχνότητα και βαρύτητα των ατυχημάτων, ενώ άλλες αλλαγές, όπως οι σχετιζόμενες με ικανότητες αντίληψης, λήψης αποφάσεων και ελέγχου έχουν μόνο προσωρινή επιρροή» (Rasmussen 1988b).***

### 3.8.1 Κοινωνικό πλαίσιο

Οι προσεγγίσεις αυτές, οι οποίες ξεκίνησαν με την εργασία των Douglas, Wildavsky (1982) εκτιμούν ότι η αντίληψη του κινδύνου είναι κοινωνικά τοποθετημένη και δεν καθορίζεται μόνο από τα χαρακτηριστικά του κινδύνου και την ατομική αντίληψη. Οι πληροφορίες δεν ερμηνεύονται στο κενό αλλά σε ένα κοινωνικό πλαίσιο (Williamson, Weyman 2005) άρα επηρεάζονται από αυτό. Εφόσον ο κίνδυνος εξετάζεται σε επίπεδο οργάνωσης, πρέπει να εφαρμοστεί ένα διαφορετικό επίπεδο ανάλυσης, ένας διαφορετικός τρόπος θεώρησης του συστήματος με τα δικά του σημεία εστίασης και τις δικές του επεξηγητικές έννοιες (Bellamy, Geyer 1992; Hayes et al. 1998).

Σε αντίθεση με τις απόψεις των μοντέλων προσδοκώμενης αξίας, υποστηρίζεται ότι η ατομική αντίληψη του κινδύνου έχει μικρή μόνο επίδραση στην προληπτική συμπεριφορά όταν λαμβάνονται υπόψη εργασιακοί περιορισμοί, όπως ύπαρξη προστατευτικών μέτρων και επιρροή από συναδέλφους ή σημαντικούς τρίτους (DeJoy 1996).

Η μεγαλύτερη επιρροή θεωρείται ότι είναι αυτή της ηγεσίας (Gadd, Collins 2002). Οι εργαζόμενοι είναι πιθανότερο να ακολουθήσουν τις οδηγίες ασφάλειας αν νιώθουν ότι η ηγεσία είναι δεσμευμένη σε αυτές (Murphy et al. 1993, Wayne et al. 1997). Εκτιμάται, μάλιστα, ότι η επίδραση στη βελτίωση της ασφαλούς συμπεριφοράς είναι μεγαλύτερη εάν οι εργαζόμενοι νιώθουν ότι οι πιέσεις έρχονται από την ανώτερη διοίκηση παρά από τα μεσαία διευθυντικά στελέχη (Flin et al. 2000). Η αφοσίωση της ηγεσίας στην ασφάλεια έχει παρατηρηθεί ως ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες επηρεασμού, αν και η στάση και συμπεριφορά της ηγεσίας πολλές φορές γίνεται αρνητικό στερεότυπο για τους εργαζομένους, συμπεριλαμβανομένων και των προϊσταμένων. Η επιρροή της ηγεσίας στην ασφαλή συμπεριφορά των εργαζομένων εμφανίζεται μεγαλύτερη εκεί όπου η αυτονομία των εργαζομένων είναι μικρότερη (Cheyne et al. 1999).

Πέρα από την ηγεσία, η λειτουργία της ομάδας παρουσιάζει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Μία σημαντική παράμετρος είναι η πρωτοβουλία έναντι της λήψης αποφάσεων σε κατάσταση κινδύνου. Γενικά εκτιμάται ότι τα πιο ριψοκίνδυνα άτομα είναι αυτά που μάλλον θα πάρουν την πρωτοβουλία, καθώς το ρίσκο αποτιμάται θετικά, τουλάχιστο στη Δυτική κοινωνία (van Knippenberg et al. 2000) και η λήψη ρίσκου συνδέεται με μεγαλύτερη ικανότητα (Jellison, Riskind 1970; Jellison, Arkin 1977). Επίσης, εκτιμάται ότι είναι πιο πιθανό να αναλάβουν επικίνδυνη δράση οι ομάδες παρά τα άτομα (Myers, Lamm 1976).

Οι συλλογικοί πρακτικοί κανόνες αντιλήψεων μπορεί να λειτουργήσουν στην κοινωνία ως θέσφατα που επιτρέπουν σε κάθε μέλος να προβλέψει τη συμπεριφορά των άλλων (Douglas 1985). Έτσι, παρατηρήθηκε ότι εάν τα μέλη μιας ομάδας πιστέψουν ότι η ομάδα είναι φιλική προς το ρίσκο τότε είναι πιθανότερο να πάρουν πρωτοβουλία τα μη αντιπροσωπευτικά μέλη για να βεβαιώσουν την ομοιομορφία τους με την ομάδα. Γενικά τα αντιπροσωπευτικά μέλη της ομάδας λειτουργούν ως ηγέτες, ενώ τα μη αντιπροσωπευτικά λειτουργούν με βασικό κίνητρο την επιβεβαίωση της συμμετοχής τους στην ομάδα (van Knippenberg et al. 2000).

### 3.8.2 Κουλτούρα ασφάλειας

Η έννοια του κλίματος της οργάνωσης αναπτύχθηκε αρχικά στη δεκαετία του '70 (James, Jones 1974; Jones, James 1979; Glick 1985; De Cock et al. 1986) ως ο λανθάνων μηχανισμός πίσω από τα τεκταινόμενα και τις διαδικασίες της οργάνωσης ενώ ο όρος «κουλτούρα της οργάνωσης» εμφανίστηκε κατά τη δεκαετία του '80 (Hofstede 1986, Guldenmund 2000).

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 συνδεδετικού 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). Ένα πλήθος ορισμών κουλτούρας και κλίματος παρατίθεται από τον Guldenmund (2000).

Η κουλτούρα ασφάλειας είναι το μέρος της συνολικής κουλτούρας της οργάνωσης (η οποία με τη σειρά της είναι ένα μέρος της βιομηχανικής και της εθνικής κουλτούρας) που επηρεάζει τις στάσεις και αντιλήψεις των ατόμων γύρω από την υγεία και ασφάλεια της εργασίας (Cooper 2000, Gadd, Collins 2002). Πρόκειται για ένα δομημένο σύστημα που καθορίζει τι είναι σημαντικό και δικαιολογημένο, εκφράζει τη σχέση με θέματα εργασίας και κινδύνου (Weyman, Kelly 1999) και δείχνει την εικόνα της επιχείρησης από άποψης υγιεινής και ασφάλειας (Glendon, McKenna 1995).

Η κουλτούρα δημιουργείται και εξελίσσεται καθώς τα μέλη ενός συνόλου συμπεριφέρονται επανειλημμένα με τρόπους που τους φαίνονται φυσιολογικοί, προφανείς και αναμφισβήτητοι και ως τέτοιοι συμμετέχουν στη δημιουργία μίας ιδιαίτερης εκδοχής κινδύνου και ασφάλειας για το συγκεκριμένο κοινωνικό σύνολο. Οι αντιδράσεις αυτές εμπεριέχουν ιδιαίτερους πολιτιστικούς κώδικες εξήγησης που παρέχουν αντίστοιχες αντιλήψεις για τα ατυχήματα, καθώς και το πώς και γιατί συμβαίνουν (Pidgeon 1998). Ειδικά ο Hofstede (1986) ανήγαγε την κουλτούρα της οργάνωσης σε θέμα της ανώτατης διοίκησης.

Τα χαρακτηριστικά που έχουν αποδοθεί στην κουλτούρα είναι:

- Είναι ένα κατασκεύασμα (Guion 1973, James 1982, Berends 1996), δηλαδή περισσότερο μία αφηρημένη έννοια παρά ένα σταθερό φαινόμενο.
- Είναι σχετικά σταθερή, τουλάχιστο για 5 έτη (De Cock et al. 1986).
- Είναι πολυδιάστατη (Guion 1973; Jones, James 1979).
- Είναι κοινή στα άτομα (De Cock et al. 1986, Hofstede 1986, Schein 1992), ένα «όλον» που είναι περισσότερο από τα μέρη του (Guldenmund 2000).
- Αποτελείται από διάφορες απόψεις (Schneider 1975, Ekvall 1983, Guldenmund 2000).
- Δημιουργεί πρακτικές (Hofstede 1991), έτσι η κουλτούρα μαθαίνεται (Guldenmund 2000).
- Είναι λειτουργική (Schneider 1975, Hofstede 1991, Schein 1992), καθώς προσφέρει ένα πλαίσιο αναφοράς για τη συμπεριφορά.

Σύμφωνα με τη θεωρία της κουλτούρας η επιλεκτική προσοχή σε κινδύνους μπορεί να γί-



νει κατανοητή καλύτερα αν αποδοθεί σε δύο συνδεόμενες ιδιότητες που συνιστούν τον τρόπο ζωής (Williamson, Weyman 2005; Aven, Kristensen 2005):

- προκαταλήψεις σχετιζόμενες με την κουλτούρα που αντανακλούν σε κοινές αξίες και αντιλήψεις (κοσμοθεωρίες)
- κοινωνικές σχέσεις που καθορίζονται από τη θεωρία της κουλτούρας ως ένα από τα πέντε είδη προτύπου συμπεριφοράς του ατόμου στην κοινωνία:
  - ❖ **ιεραρχικός**: οι κίνδυνοι είναι αποδεκτοί εφόσον οι φορείς έχουν ρουτίνες ελέγχου τους
  - ❖ **ισότιμος**: οι κίνδυνοι πρέπει να αποφεύγονται εκτός αν είναι αναπόφευκτοι για την προστασία δημόσιων αγαθών
  - ❖ **ατομιστής ή επιχειρηματικός**: οι κίνδυνοι προσφέρουν ευκαιρίες και γίνονται αποδεκτές με αντάλλαγμα οφέλη
  - ❖ **μοιρολάτρης**: ο κίνδυνος είναι ανεξέλεγκτος και η ασφάλεια θέμα τύχης
  - ❖ **ερημίτης**: οι κίνδυνοι είναι αποδεκτοί αν δεν ενοχλούν τους άλλους.

Η εθνική κουλτούρα έχει μεγάλη σημασία στην αντίληψη περί επικινδυνότητας, όπως προκύπτει και από τον υψηλό συντελεστή συσχέτισης μεταξύ θανατηφόρων τροχαίων και θανατηφόρων εργατικών ατυχημάτων (η σύγκριση γίνεται μεταξύ θανατηφόρων για το λόγο ότι υπάρχει χαμηλότερος δείκτης απόκρυψης ατυχημάτων).

Μία μελέτη σε Δανούς και Σουηδούς εργαζόμενους που εργαζόντουσαν σε μικτές ομάδες εκτελώντας τις ίδιες εργασίες (Spangenberg et al. 2003) βρήκε ότι οι Δανοί είχαν 4 φορές μεγαλύτερο δείκτη χαμένου χρόνου εργασίας λόγω ατυχημάτων από τους Σουηδούς συναδέλφους τους. Η διαφορά αυτή αποδόθηκε σε διαφορές σε στάσεις, βασική και επαγγελματική εκπαίδευση και εμπειρίες των δύο χωρών.

Επίσης, τα αποτελέσματα μιας επιδημιολογικής μελέτης ατυχημάτων σε μία Φινλανδική περιοχή με αρκετό Σουηδόφωνο πληθυσμό έδειξε ότι οι Φινλανδόφωνοι σε έξι μικρές επιχειρήσεις είχαν διπλάσιο αριθμό ατυχημάτων ανά άτομο από ότι οι Σουηδόφωνοι Φινλανδοί συνάδελφοι τους σε έξι αντίστοιχες μικρές επιχειρήσεις, γεγονός που οδήγησε στο συμπέρασμα της ανάπτυξης διαφορετικών νοητικών μοντέλων ανάλογα με τη γλώσσα ομιλίας (Johansson, Salminen 1999).

Οι διαφορές των καταστάσεων στις χώρες επηρεάζουν τη στάση απέναντι στον κίνδυνο (Weber et al. 1998). Όμως, η στάση αυτή δεν πρέπει να συνδέεται άμεσα με την κουλτούρα (McDaniels, Gregory 1991), παρότι μακροπρόθεσμα η κουλτούρα επίσης επηρεάζεται από τις καταστάσεις αυτές. Γενικά, οι οικονομικοί παράγοντες, η νομοθεσία και η εφαρμογή της και πλευρές του πολιτιστικού, οργανωτικού και φυσικού περιβάλλοντος που έχουν αναγνωριστεί να επηρεάζουν τη στάση απέναντι στην υγεία, σπάνια ενσωματώνονται σε μοντέλα (Lund, Aarø 2004). Υπάρχουν, επίσης, στοιχεία ότι το φύλο (Barke et al. 1995), η θέση εργασίας (Sjöberg, Sjöberg 1991) και η εθνικότητα (Vaughan 1995) επηρεάζουν την αντίληψη του κινδύνου. Όμως, (Sjöberg 1995) η συσχέτιση αυτή δεν βρέθηκε ιδιαίτερα υψηλή ( $r < 0.3$ ).



Η κουλτούρα ασφάλειας συνδέθηκε με τα λανθάνοντα σφάλματα (latent errors – Reason 2000) και τις λανθάνουσες αποκλίσεις (σύμφωνα με τα επιδημιολογικά μοντέλα – Κεφάλαιο 5) που υποβόσκουν και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα οδηγούν στα ατυχήματα (Sorensen 2002). Αρκετές έρευνες συμπεραίνουν ότι η κουλτούρα ασφάλειας οδηγεί τους εργαζομένους σε επαρκή γνώση της επικινδυνότητας, αν και κάποιες άλλες (Weyman et al 1996) βρήκαν σημαντικές αδυναμίες σε πολύπλοκους χώρους εργασίας και σε κινδύνους με μη άμεσα παρατηρήσιμες συνέπειες (π.χ. έκθεση σε χημικές ουσίες).

Τόσο η ψυχομετρική, όσο και η κοινωνική (συλλογική) προσέγγιση της αντίληψης του κινδύνου αναγνωρίζουν ότι η στάση των ατόμων απέναντι στον κίνδυνο σε κάποιο βαθμό αντανακλά τα αισθήματα ισχύος ή έλλειψης ισχύος σχετικά με την πηγή του κινδύνου. Πέρα, όμως, από αυτό διαχωρίζονται έντονα όσον αφορά τη σύλληψη της εθελοντικότητας. Σύμφωνα με το ψυχομετρικό παράδειγμα τα άτομα ανησυχούν λιγότερο για τους κινδύνους που νιώθουν ότι αναλαμβάνουν εκούσια και έτσι μπορούν να ελέγχουν, ενώ σύμφωνα με το κοινωνικό παράδειγμα, η εθελοντικότητα καθορίζεται από κοινωνικές σχέσεις οπότε είναι θέμα αντίληψης όσο και ο κίνδυνος: «οι κίνδυνοι δεν μπορούν να χαρακτηριστούν αντικειμενικά ως εθελοντικοί ή μη» (Jasanoff 1998).

### 3.8.3 Κριτική

Η προσέγγιση της κουλτούρας δέχτηκε κριτική σχετικά με την αδυναμία της να εξηγήσει την κοινωνική διεργασία και ειδικότερα πως μπορούν οι πολιτιστικές κοσμοθεωρίες των κοινωνιών να μεταβληθούν με το χρόνο. Η θεωρία εξέλιξης υποστηρίζει ότι η οργάνωση εξελίσσεται μέσα από συγκεκριμένες ρουτίνες, οι οποίες αποτελούν τη βάση για τη δημιουργία των νέων ρουτίνων. Έτσι δεν είναι δυνατόν η οργάνωση να αλλάξει άμεσα και δραστικά, ακόμη και αν αυτό είναι προς όφελος της (Dyhrberg, Jensen 2004). Επίσης (Hornig Priest et al. 2003) η σχέση μεταξύ κουλτούρας (με την έννοια της κοσμοθεωρίας), της κοινωνικής δομής και της αντίληψης του κινδύνου δεν έχει γίνει σαφής. Γενικότερα, παρά την εννοιολογική τους προσφορά, οι κοινωνικο-δημογραφικές αντιλήψεις δεν κρίνονται ως αξιόλογος παράγοντας καθορισμού της αντίληψης του κινδύνου (Williamson, Weyman 2005; Pidgeon 1998). Αντίθετα (Walker et al. 1998) η εναντίωση απέναντι σε μία απειλή μπορεί να δημιουργήσει κοινωνικούς συνασπισμούς που δεν σχετίζονται με συνήθειες κοινωνικο-δημογραφικές κατηγοριοποιήσεις. Ο τοπικός παράγοντας παρουσιάζεται περισσότερο σχετικός, κυρίως επειδή εμπεριέχεται στο πλαίσιο μέσα στο οποίο βιώνεται ο κίνδυνος.

Ενώ κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει σημειωθεί πρόοδος στην εμπειρική έρευνα της κουλτούρας και του κλίματος ασφάλειας, δε συνέβη το ίδιο και στη θεωρητική έρευνα τους (Guldenmund 2000). Είναι γενική παραδοχή ότι χρειάζεται να γίνει πολλή εργασία ακόμη στον τομέα αυτό πριν υπάρξουν εφαρμόσιμα αποτελέσματα (Lawrie et al. 2006). Έτσι, ένα από τα πλέον αδύνατα σημεία της προσέγγισης της κουλτούρας είναι ότι η ανάλυση των παραγόντων που οδηγούν στη διαμόρφωση της κουλτούρας ασφάλειας δεν έχουν επαρκώς προσδιοριστεί από την έρευνα μέχρι σήμερα (Williamson, Weyman 2005). Η αδυναμία της προ-

σέγγισης αυτής είναι πως το κοινωνικό περιβάλλον δεν μπορεί να είναι ο μόνος παράγοντας καθορισμού – μάλιστα δεν έχει αποδειχθεί ότι είναι καν παράγοντας καθορισμού (Sjoberg 2000). Καμία μελέτη μέχρι σήμερα δεν κατάφερε να αποδείξει μία ξεκάθαρη σχέση μεταξύ του κλίματος ασφάλειας και της ασφαλούς συμπεριφοράς ή ασφαλούς απόδοσης, ενώ υπάρχουν μελέτες που δείχνουν το αντίθετο (Cooper, Phillips 2004). Επίσης δεν έχει διερευνηθεί αρκετά το πώς επηρεάζει η αλληλεπίδραση ατομικών και οργανωσιακών παραγόντων την ασφαλή συμπεριφορά (DeJoy 1996).

Γενικά υπάρχει κοινή αποδοχή για τη γενική επιρροή του κλίματος ή της κουλτούρας, αλλά δεν υπάρχει ομοφωνία στο πώς να περιγραφούν και να καθοριστούν το κλίμα και η κουλτούρα (Guldenmund 2000). Ο Hale (2000) αναρωτιέται αν υπάρχει πραγματικά κουλτούρα ασφάλειας ή αν είναι καλύτερο να μιλάμε για «πολιτιστικές επιρροές στην ασφάλεια». Ειδικά για την κουλτούρα ασφάλειας υποστηρίζεται (Guldenmund 2000) ότι τα μοντέλα είναι ανεπαρκή, καθώς απλώς περιγράφουν κάποιες ομάδες συμπεριφορών και τις σχέσεις τους και δεν εισάγουν μία αιτιολογική αλυσίδα. Η άθροιση δεδομένων δεν δίνει απαραίτητα και πληροφορίες για τις στάσεις της οργάνωσης στην έκταση που έγινε η άθροιση.

Κριτική ασκήθηκε και όσον αφορά τον καθορισμό των ορίων των κοινωνικών συνόλων, δηλαδή το βαθμό ανεξαρτησίας των διαφόρων ομάδων (ώστε να θεωρούνται ομάδες), καθώς και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους (Williamson, Weyman 2005). Τα όρια μιας συγκεκριμένης κουλτούρας δεν είναι εύκολο και αυτονόητο να καθοριστούν, τόσο όσον αφορά την ομογένεια της κουλτούρας μέσα στην ίδια οργάνωση (Guest 1992) όσο και τη διαφοροποίηση της κουλτούρας μεταξύ διαφορετικών οργανώσεων (Mearns et al. 1998).

Πρέπει πάντοτε να δίνεται βαρύτητα στην υπεράνω δομή κουλτούρας (σε κλαδικό ή εθνικό επίπεδο) της οποίας μέρος μόνο είναι η κουλτούρα της οργάνωσης (Ludborzs 1995). Οι δομές αυτές θέτουν όρια στη δυνατή αλλαγή στην κουλτούρα (Guldenmund 2000). Οι αλληλεπιδράσεις αυτών των «μακρο-κουλτούρων» διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διάσπαση της ενιαίας κουλτούρας μεταξύ των ομάδων και μία πολλαπλή κουλτούρα για τον καθένα (Richter, Koch 2004). Οι Richter και Koch (2004) υποστηρίζουν ότι αφού δεν μπορεί να υπάρξει μία ενιαία κουλτούρα δεν είναι δυνατή η ελεγχόμενη αλλαγή της από την ηγεσία συμπέρασμα στο οποίο είχε καταλήξει και ο Pidgeon (1998).

Άλλες έρευνες δείχνουν ότι τα άτομα είναι περισσότερο προσκολλημένα στην κουλτούρα της υπο-ομάδας τους, παρά στη γενική κουλτούρα (Collinson 1999) και ότι η ύπαρξη των υπο-ομάδων αυτών με διαφορετική κουλτούρα μπορεί να οδηγήσει σε συγκρούσεις, αλλά μπορεί επίσης να συνεισφέρει διαφορετικές και συμπληρωματικές απόψεις (Gadd, Collins 2002). Η ύπαρξη «υπο-κουλτούρων» (sub-cultures) είναι ένδειξη χαλαρής κουλτούρας της οργάνωσης. Αντίθετα, οργανώσεις με θετική κουλτούρα ασφάλειας χαρακτηρίζονται από υψηλό επίπεδο επικοινωνίας (Glendon, McKenna 1995). Μία εξήγηση για τα παραπάνω φαινόμενα είναι ο διαφορετικός βαθμός με τον οποίο δένεται κάθε άτομο με μία οργάνωση ή υπο-οργάνωση (Richter, Koch 2004). Το κλίμα ασφάλειας πρέπει να εξετάζεται σαν υποσύνολο του κλίματος της οργάνωσης (Pritchard, Karasick 1973; Payne et al. 1976) το οποίο με τη σειρά του έχει άλλα υποσύνολα, όπως πρα-

κτικές εργασίας, κατάρτιση χειριστών, βιομηχανική υγιεινή, κλπ. (Coyle et al. 1995).

Συνοψίζοντας, σε μία γενική κριτική της έρευνας στην κουλτούρα ασφάλειας ο Guldenmund (2000) διαπιστώνει ότι:

- Οι έννοιες της κουλτούρας ασφάλειας και του κλίματος ασφάλειας δεν είναι καλά καθορισμένες και επεξεργασμένες.
- Η σχέση μεταξύ της κουλτούρας ασφάλειας και του κλίματος ασφάλειας είναι ασαφής.
- Υπάρχει σημαντική σύγχυση σχετικά με τα αίτια, το περιεχόμενο και τις συνέπειες της κουλτούρας και του κλίματος ασφάλειας (τα αίτια δεν έχουν εξηγηθεί ικανοποιητικά, δεν υπάρχει ομοφωνία για το περιεχόμενο, σπάνια αναφέρονται οι συνέπειες).
- Δεν υπάρχει ικανοποιητικό μοντέλο για την κουλτούρα ή το κλίμα ασφάλειας.
- Το θέμα του επιπέδου άθροισης δεν έχει λάβει τη δέουσα σημασία.

### 3.9 Συμπεράσματα – Σχολιασμός

*«Εφόσον τα ατυχήματα εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες θα χρειαστούν πολλές προσεγγίσεις και όχι μία ενιαία και μονοπαραγοντική. (McKenna 1987)*

Κάθε μία από τις προσεγγίσεις στον κίνδυνο διαθέτει κάποια δυνατά σημεία και βρίσκει αδυναμίες στις «ανταγωνιστικές» της. Τα κυριότερα συμπεράσματα που παρουσιάστηκαν κατά την έρευνα πάνω στις αντιλήψεις του κινδύνου ήταν (Aven, Kristensen 2005):

- Η διάκριση που ιστορικά γινόταν μεταξύ υποκειμενικού και αντικειμενικού κινδύνου δεν είναι βιώσιμη (Pidgeon et al. 1992).
- Ο κίνδυνος είναι ένα ανθρώπινο και κοινωνικό φαινόμενο που δεν μπορεί να περιοριστεί απλά σε ένα γινόμενο πιθανοτήτων και συνεπειών. Γενικότερα το τεχνοκρατικό μοντέλο είναι ατελές από επιστημολογικής απόψεως όσον αφορά τα κριτήρια αξιολόγησης του κινδύνου που χρησιμοποιεί (Pidgeon et al. 1992).
- Υπάρχουν πολλοί παράγοντες (π.χ. φόβος, γνώση, κλπ.) και κοινωνικές κρίσεις (π.χ. ευθύνη, εμπιστοσύνη ή κατηγορίες έναντι της διοίκησης, κλπ.) που επηρεάζουν την υποκειμενική αντίληψη και αποδοχή του κινδύνου.
- Το κοινωνικό και πολιτιστικό πλαίσιο μέσα στο οποίο εμφανίζονται οι κίνδυνοι πρέπει να λαμβάνεται υπόψη (Pidgeon et al. 1992).
- Τόσο το ατομικό όσο και το κοινωνικό επίπεδο πρέπει να λαμβάνονται ξεχωριστά υπόψη, καθώς το καθένα λειτουργεί διαφορετικά μεταξύ των αποφάσεων είτε διαφορετικών ατόμων είτε διαφορετικών ομάδων.

## 4. ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΛΑΘΟΣ

### 4.1 Γενικά

**«Αν δοθεί έμφαση μόνο στην αστοχία των μηχανών αγνοώντας τα ανθρώπινα λάθη, η αξιοπιστία του συστήματος θα υπερεκτιμηθεί» (Hwang, Hwang 1990).**

#### 4.1.1 Το ανθρώπινο λάθος ως έννοια

Ένα από τα κεντρικά θέματα ενδιαφέροντος στη μελέτη των εργατικών (όσο και όλων των ειδών) ατυχημάτων είναι το ανθρώπινο λάθος, το φαινόμενο, δηλαδή, όπου η ανεπιθύμητη ενέργεια και οι συνέπειες της προκαλούνται μεν από τον άνθρωπο αλλά παρά τη συνειδητή του θέληση (τουλάχιστον όσον αφορά τις συνέπειες). Με άλλα λόγια, ο άνθρωπος μπορεί να προβεί σε (ή να παραλείψει) μία ενέργεια είτε σκόπιμα (μη γνωρίζοντας τις συνέπειες) είτε όχι, αλλά σε καμία περίπτωση δεν επιθυμεί τις συνέπειές της.

Είναι δύσκολο να οριστεί η έννοια του ανθρώπινου λάθους με ακρίβεια ειδικά όταν ο σκοπός ενός τέτοιου ορισμού είναι η επιστημονική μελέτη. Το λάθος ως έννοια έχει μία διαισθητική σημασία, η οποία περιλαμβάνει τις επί μέρους έννοιες του ακούσιου και του ανεπιθύμητου. Οι συναφείς αυτές έννοιες δημιουργούν την ψευδαίσθηση ότι το ανθρώπινο λάθος είναι ένας συγκεκριμένος και καλά ορισμένος όρος τον οποίον όλοι εκλαμβάνουν με τον ίδιο τρόπο. Στην πραγματικότητα, όμως, πρόκειται για μία έννοια με τρεις διαφορετικές εκφάνσεις (Hollnagel 2005b):

- Αιτία (π.χ. η διαρροή οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος): εδώ το λάθος είναι η ενέργεια (ή μη ενέργεια) που προκάλεσε το παρατηρούμενο αποτέλεσμα (διαρροή), άρα στην περίπτωση αυτή το λάθος είναι η αιτία.
- Γεγονός ή ενέργεια (π.χ. ξέχασα να ελέγξω τη στάθμη): εδώ η εστίαση γίνεται στην ενέργεια (ή μη ενέργεια), η οποία θεωρείται ότι είναι το λάθος χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το αποτέλεσμα (που πιθανόν να μην προκύψει καν).
- Συνέπεια (π.χ. έκανα το λάθος να βάλω αλάτι στον καφέ): εδώ η εστίαση γίνεται στο αποτέλεσμα, το οποίο και ταυτοποιείται με την ενέργεια, άρα στην περίπτωση αυτή το λάθος εντοπίζεται στη συνέπεια.

Γενικά το ανθρώπινο λάθος στα ατυχήματα δεν είναι κάτι πάντοτε παρατηρήσιμο, καθώς δεν είναι πάντοτε ούτε ενέργεια ούτε προϊόν πρόθεσης (Hollnagel 1983). Η απόδοση ενός συμβάντος σε λάθος ενέργειες κάποιου ατόμου, ομάδας ή οργάνωσης είναι μία ψυχο-κοινω-

νική διαδικασία, η οποία μπορεί να επηρεάζεται από απόψεις, στάσεις και συμφέροντα και όχι μία αντικειμενική τεχνική διαδικασία (Woods et al. 1994). Η υποκειμενική αυτή διαδικασία συνήθως στοχεύει στην εύρεση ενός «αποδεκτού αιτίου», το οποίο θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά (Hollnagel 2005b):

- Να μπορεί αναμφισβήτητα να συσχετιστεί με μία δομή ή λειτουργία του συστήματος, ώστε το αίτιο να αφορά άμεσα το ίδιο το σύστημα και να μπορεί να διορθωθεί με ενέργειες που θα αναληφθούν εσωτερικά σε αυτό. Η απόδοση αιτιότητας σε εξωτερικούς και μη ελεγχόμενους παράγοντες δεν ικανοποιεί, αφού αν το σύστημα δεν μπορεί να προστατευτεί από τέτοιους ανεξέλεγκτους παράγοντες σημαίνει ότι τα μέτρα πρόληψης δεν είναι αρκετά.
- Να μπορεί να γίνει κάτι στα πλαίσια των δεδομένων πόρων και χρόνου για να αντιμετωπιστεί, ώστε να μην υπερβαίνονται οι εσωτερικές δυνατότητες για τη διόρθωσή του. Η απόδοση αιτιότητας σε προβλήματα που απαιτούν υπέρογκους πόρους ή υπερβολικό χρόνο δεν είναι ικανοποιητική, καθώς θα έπρεπε να παρεμβάλλονται περισσότερο εφαρμόσιμα μέτρα προστασίας.
- Να συμμορφώνεται με τους υπάρχοντες κανόνες εξήγησης, δηλαδή με την αποδεκτή θεωρία για τους κανόνες και τη λειτουργία του συστήματος. Αν η αιτιολόγηση αντιβαίνει στους κανόνες και στη λογική του συστήματος ή δεν μπορεί να εξηγηθεί με αυτούς, τότε η εξήγηση δεν είναι αποδεκτή.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά, βέβαια, δεν ανταποκρίνονται πάντοτε στην πραγματικότητα, ενώ εισάγουν και μεγάλο βαθμό υποκειμενικότητας. Είναι, όμως, εύκολο να ικανοποιηθούν όταν ως αίτιο θεωρείται ο άνθρωπος. Έτσι, υπάρχει η τάση να σταματά η διερεύνηση των αιτίων του ατυχήματος όταν η αιτιολογική αλυσίδα φτάνει στο άτομο (Rasmussen 1983). Το γεγονός ότι ο εμφανώς δρων άνθρωπος είναι το μόνο νοήμων στοιχείο στην αιτιολογική αλυσίδα αποενοχοποιεί τα υπόλοιπα στάδια και καταλογίζει τις ευθύνες απ' ευθείας σε αυτόν. Τα λάθη που προκάλεσαν την ανασφαλή λειτουργία των υπόλοιπων σταδίων δεν είναι εμφανή.

*«Συνήθως το δάχτυλο δείχνει τους εργαζομένους και τα θύματα των ατυχημάτων ως το πρόβλημα και άρα το πιο κατάλληλο αντικείμενο μελέτης, καθώς είναι αυτοί που εμπλέκονται περισσότερο» (Hale, Glendon 1987).*

Η άποψη ότι το ατύχημα οφείλεται αποκλειστικά σε ανθρώπινο λάθος είναι, επίσης, βολική καθώς το ανθρώπινο λάθος θεωρείται ως κάτι αναπόφευκτο και έτσι απαλλάσσεται το σύστημα τόσο από τις ευθύνες όσο και από τη βάσανο λήψης μέτρων για να μην επαναληφθεί. Όμως, η στάση αυτή είναι δείκτης ελλείμματος διοίκησης και χαρακτηρίζεται ως «*θεωρία φλογιστού του ανθρωπίνου λάθους*» (Kletz 1990b). «*Το να θεωρείται ότι τα ατυχήματα οφείλονται στην ανθρώπινη αποτυχία δεν είναι ούτε αληθές ούτε χρήσιμο και δεν οδηγεί σε καμία χρήσιμη δράση*». (Kletz 1991c).

Η δυσκολία να ορίσουμε το ανθρώπινο λάθος, η υποκειμενικότητα και η ψυχο-κοινωνική φύση του έχουν σαν αποτέλεσμα διαφορετικές και συχνά αντικρουόμενες θεωρίες, καθώς και μοντέλα ή τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για τη διαχείριση το ανθρώπινου λάθους, ιδιαίτερα



σε κρίσιμους χώρους, όπως τα πυρηνικά εργοστάσια. Στη συνέχεια του Κεφαλαίου αυτού γίνεται μία προσπάθεια να παρουσιαστούν οι κύριες κατευθύνσεις στην προσέγγιση του φαινομένου του ανθρώπινου λάθους και οι σημαντικότερες τεχνικές που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια των προσεγγίσεων αυτών.

#### 4.1.2 Συνεισφορά του ανθρώπινου λάθους στα ατυχήματα

Λόγω της υποκειμενικότητας του ανθρώπινου λάθους, στην αρθρογραφία παρουσιάζονται διαφορετικές απόψεις για τη συνεισφορά του ως παράγοντα πρόκλησης ατυχημάτων.

Σε διάφορες έρευνες, υποστηρίζεται ότι σε υψηλό ποσοστό, όπως 90% (Technica 1989) ή 66% (Williamson, Feyer 1990) ή μεταξύ 50% και 80% (Hollnagel 1998, Rasmussen 1998) των ατυχημάτων περιλαμβάνουν στοιχεία ανθρώπινου λάθους. Κάποιοι ερευνητές (Wiener, Nagel 1988), εκτιμούν ότι οι παράγοντες πρόκλησης ατυχήματος έχουν αλλάξει τις τελευταίες δεκαετίες και η ανθρώπινη συνεισφορά έχει αυξηθεί απότομα φτάνοντας σε ποσοστά της τάξης του 70% - 80%. Οι κύριοι λόγοι που εκτιμάται ότι οδηγούν στο φαινόμενο αυτό είναι δύο (Cacciabue 1998):

- Η μεγάλη αξιοπιστία του σύγχρονου εξοπλισμού. Ο σύγχρονος εξοπλισμός διαθέτει πολύ μεγαλύτερη αξιοπιστία σε σχέση με το παρελθόν λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης (καλύτερα υλικά, εξελιγμένα συστήματα ελέγχου, βελτιστοποιημένες τεχνικές σχεδιασμού, κλπ.) Έτσι, η συνεισφορά του εξοπλισμού στις αποκλίσεις του συστήματος από την επιθυμητή κατάσταση έχει μειωθεί σε σχέση με τη συνεισφορά του ανθρώπου. Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί ότι ο χαρακτηρισμός του σύγχρονου εξοπλισμού ως ιδιαίτερα αξιόπιστου είναι κοινό χαρακτηριστικό κάθε εποχής, το οποίο συνήθως αμφισβητείται στην επόμενη.
- Η πολυπλοκότητα του συστήματος και ο ρόλος του ανθρώπου. Παρότι ο άνθρωπος δεν έχει μεταβληθεί σημαντικά σαν σύστημα (όσον αφορά τις σωματικές και νοητικές του λειτουργίες και περιορισμούς), οι απαιτήσεις για το ρόλο του έχουν αλλάξει ραγδαία με αποτέλεσμα να δυσκολεύεται να ανταποκριθεί στο νέο του ρόλο. Τα συστήματα είναι τόσο πολύπλοκα που ξεπερνούν τη δυνατότητα του (κάθε απλού) ανθρώπου - χειριστή τους να τα κατανοήσει. Έτσι ο ρόλος του είναι πια να ελέγχει συγκεκριμένες παραμέτρους με τις οποίες δεν μπορεί να έχει πλήρη εποπτεία του συστήματος και συνήθως δε γνωρίζει τον πραγματικό ρόλο και λειτουργία τους εις βάθος (π.χ. έλεγχος μιας ένδειξης).

Υπάρχουν, όμως, αντίθετες απόψεις, όπως η καταγεγραμμένη στο σύστημα SRP (Savannah River Plant, US Department of Energy - Livingston et al. 2001) όπου για πολύπλοκα συστήματα εκτιμάται συνεισφορά 80% των «συστημικών» προβλημάτων και 20% καθαρού ανθρώπινου σφάλματος, καθώς και η άποψη των Bellamy και Geyer (1992) όπου η συνεισφορά αυτή ανέρχεται σε 25%. Άλλωστε τα τελευταία χρόνια είχαμε σημαντική εξέλιξη στα συστήματα ελέγχου που ήδη λαμβάνουν μέτρα για την αντιμετώπιση του ανθρώπινου λάθους, το οποίο προδιαγράφεται ως ενδεχόμενο (μία φυσική μεταβλητότητα της ανθρώπινης απόδοσης), άρα όχι ως αιτία αστοχίας.

Γενικά είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η συνεισφορά του ανθρώπινου λάθους στα ατυχήματα, αφού (Rasmussen 1982):

- Τα ατυχήματα και τα γεγονότα που οδηγούν σε αυτά είναι σπάνια, αλλά πρέπει να εξεταστούν λόγω της μεγάλης βαρύτητας των συνεπειών τους. Οι χαμηλές πιθανότητες – άρα και χαμηλές συχνότητες εμφάνισης – δεν επιτρέπουν την κατάλληλη στατιστική μελέτη και εξαγωγή ακριβών συμπερασμάτων, λόγω έλλειψης επαρκών δεδομένων.
- Η συνεχής εξέλιξη και διαρκώς αυξανόμενη πολυπλοκότητα των συστημάτων δεν επιτρέπει την εκπόνηση μακροχρόνιων μελετών για την περιγραφή τους. Λόγω της πολυπλοκότητας τους τα συστήματα χρειάζονται πια μεγαλύτερο χρόνο και περισσότερα ιστορικά δεδομένα για να μελετηθούν, αλλά παράλληλα αλλάζουν πολύ σύντομα (μικρότεροι κύκλοι ζωής λόγω τεχνολογικής εξέλιξης), οπότε μειώνεται ο διαθέσιμος χρόνος για τη μελέτη τους.

Σύμφωνα με το Rasmussen (1978), ενώ το ανθρώπινο λάθος έχει συνεισφορά 10% στις αστοχίες γενικά, συνεισφέρει κατά 50%-80% στα μεγάλα ατυχήματα. Αυτό, όμως, μπορεί να συμβαίνει επειδή για την πρόληψη των μεγάλων ατυχημάτων τίθενται τόσο κανόνες, ώστε είναι εύκολο να βρεθεί κάποιος σε όλη τη σειρά γεγονότων που να έχει παραβιάσει κάποιον από αυτούς κι έτσι να του χρεωθεί το ατύχημα (Leveson 2004). Άλλωστε η διερεύνηση προχωρά σε επαρκή βαθμό μόνο σε μεγάλα ατυχήματα, αφού σε αυτά απαιτείται η απόδοση νομικών ευθυνών.

Άλλωστε, ενώ στην κανονική λειτουργία δεν χρειάζεται οι άνθρωποι να κάνουν πολλά πράγματα, ξαφνικά εμφανίζονται κρίσιμες (όσο και σπάνιες) καταστάσεις όπου απαιτείται επείγοντως δράση (Hollnagel 2005a). Έτσι, το ατύχημα χρεώνεται στην αδυναμία του ανθρώπου να διορθώσει την ανώμαλη κατάσταση, το οποίο συχνά χαρακτηρίζεται ως λάθος.

Συμπερασματικά, η υποκειμενικότητα της αιτιολογικής διαδικασίας δεν επιτρέπει την απόδοση συγκεκριμένου ποσοστού αιτιότητας ατυχημάτων στο ανθρώπινο λάθος. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν είναι απαραίτητο για να γίνει αντιληπτή η σημασία της μελέτης του φαινομένου αυτού. Η (μικρή ή μεγάλη) συνεισφορά του ανθρώπινου λάθους στα ατυχήματα είναι δεδομένη όσο υπάρχει ανθρώπινη εμπλοκή, οπότε και η μελέτη του παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

## 4.2. Θεωρητικές προσεγγίσεις και μοντέλα ανθρώπινου λάθους 1ης γενιάς

*«Είναι γενικώς δύσκολο να λυθεί η αντίφαση ότι η ίδια ανθρώπινη ενέργεια μπορεί να εκληφθεί ως μη λανθασμένη από την ανθρώπινη άποψη αλλά ως λάθος από την άποψη του συστήματος» (Sträter et al 2004).*

### 4.2.1 Προσεγγίσεις και μοντέλα ανθρώπινου λάθους

Η μελέτη του ανθρώπινου λάθους στηρίζεται τόσο στην επιστήμη της Ψυχολογίας, όσο και

(σε μικρότερο βαθμό) στην Επιχειρησιακή Έρευνα. Αναλόγως της οπτικής γωνίας του ερευνητή χρησιμοποιούνται και οι ορολογίες «ανθρώπινη αξιοπιστία» (human reliability), «ανθρώπινοι παράγοντες» (human factors) ή απλώς «ανθρώπινο λάθος» (human error).

Παραδόξως, το ανθρώπινο λάθος δεν έχει εξερευνηθεί σε μεγάλο βαθμό, τουλάχιστο όσο θα περίμενε κανείς για ένα τόσο συνηθισμένο και συχνά σοβαρό φαινόμενο. Ο Ryan (1990) συμπεραίνει ότι γενικά υπάρχει μία φιλοσοφία μειωμένης αποδοχής των ανθρώπινων παραγόντων στη βιομηχανία, σε συνδυασμό με μία ατολμία των μελετητών της. Οι προσπάθειες για τη μελέτη του έγιναν κυρίως στα πυρηνικά εργοστάσια και μάλιστα (λόγω της φύσης του χώρου αυτού) κυρίως από μηχανικούς παρά από ψυχολόγους.

Η ανάγκη ταυτοποίησης και ποσοτικοποίησης του ανθρώπινου λάθους ξεκίνησε στη δεκαετία του 1950. Η πρώτη γνωστή προσπάθεια είναι αυτή του μαθηματικού Herman Williams και του ηλεκτρονικού Purdy Meigs των Εργαστηρίων Sandia (HTA) το 1952. Η συστηματικότερη μελέτη του ανθρώπινου λάθους ξεκίνησε στη δεκαετία του 1960 (Rook 1962) με την εισαγωγή της «ανθρώπινης αξιοπιστίας», αλλά η κύρια ώθηση στην ανάπτυξη της δόθηκε τη δεκαετία του '80 σαν αποτέλεσμα της κινητοποίησης που δημιουργήθηκε μετά το ατύχημα στο Three Miles Island των HTA (Hollnagel 2005c).

Ο όρος «ανθρώπινη αξιοπιστία» συνήθως ορίζεται ως η πιθανότητα ότι ένα άτομο θα εκτελέσει σωστά κάποια ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης περιόδου (εάν ο χρόνος είναι ο περιοριστικός παράγοντας), χωρίς να εκτελέσει κάποια άσχετη ενέργεια που θα μπορούσε να απορυθμίσει το σύστημα. Το αντικείμενο της ανθρώπινης αξιοπιστίας μπορεί να τεθεί ως το πρόβλημα γιατί ένα συγκεκριμένο άτομο μπορεί κάποιες φορές να πετύχει και κάποιες να αποτύχει σε κάποιο καθήκον του όταν δεν υπάρχουν αισθητές αλλαγές στις εξωτερικές συνθήκες (Hollnagel 1992b).

Η μελέτη του ανθρώπινου λάθους σήμερα είναι ένα μίγμα θεωριών ανθρώπινου λάθους (Reason 1990; Norman 1981; Senders, Moray 1991), Ψυχολογίας - ιδιαίτερα γνωστικής (Hollnagel 1993; Hollnagel, Woods 1983), μηχανικής ανθρώπινων παραγόντων (Salvendy 1987, Woodson 1987) και ανάλυσης πιθανοτήτων (Dougherty 1997). Η μικτή αυτή εξέταση είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη διαφόρων προσεγγίσεων και τεχνικών ή μοντέλων πρόβλεψης, όμως η βασική συζήτηση στη βιβλιογραφία γίνεται σε όρους Ψυχολογίας και συγκεκριμένα λιγότερο συμπεριφοριστικής και κυρίως γνωστικής. Γενικά, οι περισσότεροι ερευνητές ταξινομούν το ανθρώπινο λάθος τουλάχιστο σε δύο διαστάσεις (Lees 1996):

- Ανθρώπινη συμπεριφορά: αφορά το λάθος (ή το μέρος του) που οφείλεται στην ανθρώπινη συμπεριφορά (αντίδραση σε ερεθίσματα). Σύμφωνα με το συμπεριφοριστικό πρότυπο, είναι χαρακτηριστικό ζευγών ερεθίσματος - αντίδρασης και όχι της εκάστοτε κατάστασης και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του έργου.
- Χαρακτηριστικά έργου: αφορά το λάθος (ή το μέρος του) που οφείλεται στα χαρακτηριστικά του έργου και του ανθρώπου, δηλαδή του «πλαισίου» (context) όπου λαμβάνει χώρα το λάθος.

Ανάλογη είναι και η διατύπωση του Cacciabue (1992) ότι υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες λαθών: αυτά που σχετίζονται με τον άνθρωπο (ενδο/δια-προσωπικά αίτια) και αυτά που σχετίζονται με το σύστημα (αίτια σχετιζόμενα με τον εξωτερικό κόσμο). Βάσει των διαστάσεων αυτών αναπτύχθηκαν οι αντίστοιχες προσεγγίσεις (Lees 1996):

1. Συμπεριφοριστική προσέγγιση: Βασίζεται στο μοντέλο της συμπεριφοριστικής ψυχολογίας (δηλαδή στην εξέταση του ανθρώπινου μυαλού σαν ένα «μαύρο κουτί» όπου εισάγονται ερεθίσματα και εξάγονται αντιδράσεις ανεξαρτήτως του πλαισίου), οπότε είναι δυνατόν το λάθος να προβλεφθεί βάσει στατιστικής ανάλυσης αν έχουν προηγηθεί αρκετές μελέτες συμπεριφορών.
2. Προσέγγιση συνθηκών εργασίας:
  - α. Γενικές συνθήκες εργασίας: Το λάθος οφείλεται στις συνθήκες εργασίας και μόνο. Συγκεκριμένες συνθήκες οδηγούν σε συγκεκριμένα λάθη, οπότε θα ήταν δυνατόν να προβλεφθούν τα λάθη αν έχουν προηγηθεί αρκετές μελέτες των συνθηκών. Δεν λαμβάνονται υπόψη τα γνωστικά χαρακτηριστικά.
  - β. Γνωστικά χαρακτηριστικά: Βασίζεται στο γνωστικό μοντέλο, το οποίο μελετά διάφορες νοητικές διαδικασίες μεταξύ ερεθίσματος και αντίδρασης. Η πολυπλοκότητα και το πλήθος των διαδικασιών κάνουν την πρόβλεψη δύσκολη και πολλές τις δυνατές εκβάσεις.
  - γ. Οργανωσιακά χαρακτηριστικά: Το λάθος οφείλεται στο συλλογικό – ομαδικό πλαίσιο όπου αναπτύσσεται. Η βάση δίνεται κυρίως στην ψυχολογία ομάδας.

Με βάση τις παραπάνω προσεγγίσεις έχουν αναπτυχθεί αντίστοιχα μοντέλα για το ανθρώπινο λάθος, τα οποία στηρίζονται περισσότερο στη μία ή στην άλλη προσέγγιση, πάντως σε κάθε περίπτωση αποτελούν συνδυασμό τους. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές τέτοιες κατηγοριοποιήσεις μοντέλων του ανθρώπινου λάθους. Παρατίθεται ένας συνοπτικός πίνακας.

**Πίνακας 4.1 Κατηγοριοποιήσεις μοντέλων ανθρώπινης αξιοπιστίας**

| Συγγραφέας        | Κατηγορίες                                                                                                                                                                        |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lees (1996)       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Παραδοσιακή – συμπεριφοριστική</li> <li>▪ Εργονομική – πλαισιακή</li> <li>▪ Γνωστική – πλαισιακή</li> <li>▪ Κοινωνικο-τεχνική</li> </ul> |
| Cacciabue (1998)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ατομική – συμπεριφοριστική</li> <li>▪ Κοινωνικο-τεχνική – πλαισιακή</li> <li>▪ Αλληλεπίδρασης - εργονομική</li> </ul>                    |
| Dougherty (1993)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Διαδικαστική</li> <li>▪ Χρονική</li> <li>▪ Επιρροή</li> <li>▪ Πλαισιακή</li> </ul>                                                       |
| Hollnagel (2005c) | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Συμπεριφοριστική</li> <li>▪ Επεξεργασίας πληροφορίας</li> <li>▪ Γνωστική</li> </ul>                                                      |



- Τα παραδοσιακά (ή και συμπεριφοριστικά – διαδικαστικά) μοντέλα των μηχανικών ασφαλείας (οι οποίοι πρώτοι ασχολήθηκαν εκτενώς με το θέμα) αντιμετωπίζουν το πρόβλημα σαν θέμα ανθρώπινης συμπεριφοράς και προσπαθούν να το βελτιώσουν τροποποιώντας την (Lees 1996, Cacciabue 1998). Τα λάθη συνήθως κατηγοριοποιούνται σε λάθη παραλείψεων (errors of omission), έμπρακτα λάθη (errors of commission) και άσχετες ενέργειες (irrelevant action) και οι σχετικές μεθοδολογίες στοχεύουν στον προσδιορισμό πιθανοτήτων για συγκεκριμένες εκφάνσεις (Hollnagel 2005c). Τα λάθη παράλειψης (λάθη από αστοχία προσοχής ή μνήμης) αφορούν τη μη εκτέλεση της ενδεδειγμένης ενέργειας, ενώ τα έμπρακτα λάθη (λάθη ταυτοποίησης, μετάφρασης ή λειτουργίας) αφορούν λανθασμένες επιλογές- ενέργειες που επιδεινώνουν την κατάσταση (Apostolakis 2004, Dougherty 1993). Το μεγάλο πρόβλημα αφορά τα έμπρακτα λάθη, τα οποία δεν αφορούν αποτυχία σωστής εκτέλεσης, αλλά σωστή εκτέλεση από τη δική τους άποψη του συστήματος και της συμπεριφοράς του (Sträter et al. 2004).
- Τα χρονικά μοντέλα θεωρούν ότι το ανθρώπινο λάθος είναι μία χρονική μεταβλητή – αποτέλεσμα της φυσικής μεταβλητότητας της ανθρώπινης συμπεριφοράς κι έτσι ακολουθεί κάποια καμπύλη κατανομής σε σχέση με το χρόνο. Είναι ένα αναπόφευκτο φαινόμενο, οπότε το βάρος δίνεται στη δυνατότητα επανόρθωσης (παρά στην αποφυγή του), η οποία επίσης εξαρτάται από το διαθέσιμο χρόνο.
- Τα πλαίσιακά μοντέλα της μηχανικής των ανθρωπίνων παραγόντων και της εργονομίας (Human Factors / Ergonomics - HF/E) βασίζονται στην αλληλεπίδραση ανθρώπου – μηχανής και θεωρούν ότι το ανθρώπινο λάθος ξεκινά από την κατάσταση της εργασίας, την οποία και προσπαθούν να βελτιώσουν (Lees 1996, Cacciabue 1998). Γενικά η πλαίσιακή άποψη εξετάζει τις σχέσεις μεταξύ του τύπου λάθους και των χαρακτηριστικών της κατάστασης ή του έργου. Το μειονέκτημα της είναι πως δεν μπορεί να εξηγήσει πως ίδιες ή όμοιες καταστάσεις οδηγούν σε διαφορετικές μορφές λάθους (Reason 1990).
- Τα μοντέλα επεξεργασίας πληροφοριών εστιάζουν σε «εσωτερικούς μηχανισμούς» π.χ. για λήψη αποφάσεων ή αιτιολόγηση. Τα μοντέλα αυτά είναι πολύπλοκα, με μικρή ισχύ προβλέψεων και περιορισμένη δυνατότητα ποσοτικοποίησης. Τα είδη λάθους αναφέρονται στην εκδήλωση ή στη βλάβη μιας λειτουργίας επεξεργασίας πληροφοριών (π.χ. απροσεξίες, ολισθήματα, σφάλματα, παραβάσεις). Τα μοντέλα αυτά είναι καταλληλότερα για παρελθοντική ανάλυση παρά για προβλέψεις.
- Τα μοντέλα της γνωστικής μηχανικής, λαμβάνουν υπόψη την κατάσταση της εργασίας, αλλά η έμφαση τους είναι κυρίως σε γνωστικούς παράγοντες (Lees 1996). Εστιάζουν στη σχέση μεταξύ των ειδών λαθών και των αιτιών τους. Αντίθετα με τα μοντέλα επεξεργασίας πληροφοριών, τα γνωστικά μοντέλα είναι απλά και παρουσιάζουν ξεκάθαρα το πλαίσιο. Το άτομο εξετάζεται όχι μόνο ως αντιδρών σε γεγονότα, αλλά επίσης ως δρών σε προσδοκία μελλοντικών εξελίξεων. Σύμφωνα με τους υποστηρικτές τους, τα γνωστικά μοντέλα είναι κατάλληλα τόσο για παρελθοντικές αναλύσεις όσο και για προβλέψεις (Hollnagel 2005c), αν και η τελευταία δυνατότητα έχει αμφισβητηθεί, κυρίως ως προς τη σαφήνεια των αποτελεσμάτων.
- Τα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα αντιμετωπίζουν το ανθρώπινο λάθος ως αποτέλεσμα κοινωνικών και διοικητικών παραγόντων (Lees 1996). Η μελέτη τους βασίζεται σε πλαίσια γεγονότων όπου προέκυψε το ανθρώπινο λάθος που στοχεύουν στην περιγραφή των



ανθρώπων λαθών μέσα στο κοινωνικο-τεχνικό και οργανωσιακό περιβάλλον όπου προέκυψαν (Cacciabue 1998).

Αυτό οφείλεται στην εύκολη ποσοτικοποίηση που προσφέρουν, καθώς και στο ότι είναι πιο κοντά στο θεωρητικό υπόβαθρο των μηχανικών που κυρίως ασχολούνται με τη μελέτη του ανθρώπινου λάθους.

#### 4.2.2 Εφαρμοσμένες μέθοδοι ανθρώπινου λάθους

Η υπολογιστική διαδικασία που χρησιμοποιείται στις περισσότερες μεθόδους ανάλυσης της ανθρώπινης αξιοπιστίας είναι να υπολογίζεται η βασική (ή ονομαστική) πιθανότητα λάθους, να εντοπίζονται οι παράγοντες καθορισμού απόδοσης και να εκτιμάται η βαρύτητα των παραγόντων αυτών ώστε να συνδυαστούν για να τροποποιήσουν τη βασική πιθανότητα (Hallbert et al. 2004). Η συνήθης εξίσωση των μοντέλων αυτών είναι της μορφής  $P = P_0 f(a_i)$ , όπου  $P$  η πιθανότητα λάθους,  $P_0$  η πιθανότητα λάθους υπό κανονικές συνθήκες και  $a_i$  οι παράγοντες καθορισμού απόδοσης. Η συνάρτηση  $f(a_i)$  είναι συνήθως γραμμική ή απλή συνεχής συνάρτηση (Llory 1992). Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιείται στις περισσότερες μεθόδους, όπως THERP (Swain, Guttman 1983), CREAM (Hollnagel 1998), HEART (Williams 1986), CAHR (Sträter 2000) και SPAR (Byers et al. 2000) που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Τέρα από την εκάστοτε γενική προσέγγιση και το θεωρητικό μοντέλο που υιοθετείται, η ανάγκη για εφαρμογή στους χώρους εργασίας οδήγησε στην ανάπτυξη συγκεκριμένων τεχνικών. Οι κύριες τεχνικές που αναπτύχθηκαν στην ποσοτικοποίηση του ανθρώπινου λάθους μπορούν να ομαδοποιηθούν στις παρακάτω τρεις κατηγορίες (Raafat, Abdouni 1987):

**Συνθετικές ή αναλυτικές τεχνικές.** Βασίζονται στην ανάλυση των εργασιών σε στοιχειώδη έργα και στη συλλογή ιστορικών δεδομένων της συχνότητας αστοχίας της ανθρώπινης συμπεριφοράς σε αυτά. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται η «πιθανότητα» αστοχίας σε στοιχειώδη έργα. Η πιθανότητα περισσότερο πολύπλοκων εργασιών υπολογίζεται στη συνέχεια με γραμμικό συνδυασμό των στοιχειωδών έργων σε μία αλληλουχία. Γενικά η αναλυτική προσέγγιση βασίζεται σε ένα μοντέλο της εργασίας παρά σε ένα μοντέλο του ανθρώπου που εκτελεί την εργασία. Αφού οι ανθρώπινες λειτουργίες δεν λαμβάνουν χώρα σε κενό, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και χαρακτηριστικά της εργασίας, του φυσικού περιβάλλοντος, κλπ. Για το λόγο αυτό, οι ανθρώπινες λειτουργίες και χαρακτηριστικά λαμβάνονται υπόψη μέσω των «παραγόντων καθορισμού της απόδοσης» (Performance Shaping Factors – PSF - Swain 1976, 1980). Παραδείγματα τέτοιων παραγόντων είναι οι συνθήκες εργασίας, το επίπεδο stress, η άδραση από τη διαδικασία, η διαθεσιμότητα και ποιότητα των διαδικασιών, χρόνος, εκπαίδευση και εμπειρία (Pyg 2000).

Η κύρια αδυναμία της μάλλον μηχανιστικής προσέγγισης της ανάλυσης έργου είναι ότι μπορεί να είναι αποτελεσματική μόνο για πάγιες εργασίες που δεν απαιτούν λήψη αποφάσεων, έτσι ώστε τα λάθη να είναι μάλλον παραλείψεις παρά σφάλματα (Lederman 1988, Lees 1996).

Η ανάλυση των καθηκόντων σε στοιχεία και η απόδοση πιθανοτήτων λαθών σε κάθε στοιχείο (μέθοδος αποσύνθεσης) έχει δεχθεί κριτική ότι δεν λαμβάνει υπόψη κάποιο εσωτερικό νοητικό μοντέλο ή γνωστικές διεργασίες (Hollnagel 1992b). Μόνο ένα αιτιολογικό μοντέλο μπορεί να προσδώσει ιδιότητες εξήγησης και πρόβλεψης γιατί χωρίς αυτό (Mosleh, Chang 2004) δεν είναι εύκολο να εξηγηθεί γιατί φαινομενικά όμοιες καταστάσεις οδηγούν σε διαφορετικές εκβάσεις (Hockett et al. 1985). Άλλωστε, σύμφωνα με τη Θεωρία του Χάους, δεν μπορούμε να περιγράψουμε το «όλο» απλά συνδυάζοντας τα ξεχωριστά χαρακτηριστικά των στοιχείων. Επίσης, αγνοούνται οι κοινοί παράγοντες επηρεασμού που επηρεάζουν όλο το σύστημα ταυτόχρονα, π.χ. υψηλός θόρυβος. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί είτε να προκαλούν αίτια είτε να αποτελούν οι ίδιοι αίτια και δεν είναι ούτε ανεξάρτητοι ούτε γραμμικοί. Άλλωστε, η σύμπτωση πολλών λαθών που παρατηρείται στα μεγάλα ατυχήματα δεν μπορεί να εξηγηθεί απλώς από τη σύμπτωση ανεξάρτητων στοχαστικών γεγονότων (Jo, Park 2003; Rasmussen, Svedung 2000).

Ένα απλό μεμονωμένο ανθρώπινο λάθος από μόνο του δύσκολα οδηγεί σε ατύχημα λόγω της ύπαρξης στοιχείων ασφάλειας (Hollnagel 1998). Τα ανθρώπινα λάθη είναι από τη φύση τους συμβάντα κοινού αιτίου (common cause), δηλαδή δεν είναι ανεξάρτητα μεμονωμένα γεγονότα αλλά είναι αλληλένδετα με συνθήκες που προκαλούν και άλλα γεγονότα στο σύστημα (Bersini et al. 1988). Το λάθος, δηλαδή, είναι μία συγκυρία πολλών γεγονότων. Η εμφάνιση των περισσότερων ατυχημάτων ως αποτέλεσμα αλυσιδωτών γεγονότων, δείχνει ότι εμπλέκονται σε μεγάλο βαθμό παράγοντες που σχετίζονται με το σύστημα (Kletz 1990b).

Έτσι, αμφισβητείται η ανάλυση των ενεργειών σε στοιχειώδη έργα, αφού ακόμη και αν η εξωτερική ή μηχανική συμπεριφορά ενός χειριστή μπορεί να περιγραφεί σαν μία αλληλουχία διαφορετικών ενεργειών ή υποέργων, αυτή η αποσύνθεση δεν έχει νόημα από ψυχολογική άποψη: η αλληλουχία ενεργειών είναι το αποτέλεσμα μιας από πριν ανεπτυγμένης διαδικασίας σχεδιασμού, η οποία με τη σειρά της είναι η συνέπεια μιας διάγνωσης της κατάστασης.

Πέραν των ποσοτικών αναλυτικών τεχνικών που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο αυτό (π.χ. THERP) αναπτύχθηκαν και ποιοτικές αναλυτικές τεχνικές για την ανάλυση ανθρώπινου λάθους, όπως η PHEA (Predictive Human Error Analysis – Murgatroyd, Tate 1987; Embrey 1990) και η SPEAR (System for Predictive Error Analysis and Reduction – CCPS 1994)

**Κλασσικές τεχνικές αξιοπιστίας.** Προσπαθούν να εφαρμόσουν θεωρητικά πρότυπα αξιοπιστίας με χρονική εξάρτηση για μία ολόκληρη εργασία. Το λάθος παρουσιάζεται ως φαινόμενο που κατά βάση εξαρτάται από το χρόνο ή το πλήθος των επαναλήψεων μιας διαδικασίας, όπως ισχύει και για την αστοχία υλικών. Όμως, σε αντίθεση με τις αστοχίες μηχανημάτων και υλικών, ο άνθρωπος μπορεί να επανορθώσει λάθη και ο παράγοντας αυτός θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό της ανθρώπινης αξιοπιστίας.

**Υποκειμενικές κρίσεις ειδικών.** Γίνεται σε μεγαλύτερο βαθμό χρήση ποσοτικοποιημένων εκτιμήσεων ειδικών, για τη συμπλήρωση της μέχρι σήμερα ανεπαρκούς βάσης δεδομένων πιθανότητας ανθρώπινου λάθους για διάφορα είδη εργασιών. Σημειώνεται ότι και οι προηγού-

μενες μέθοδοι χρησιμοποιούν υποκειμενικές κρίσεις ειδικών για τις εκτιμήσεις πιθανοτήτων, όμως μόνο για το σχηματισμό ενδιάμεσων μοντέλων υπολογισμού και όχι για απ' ευθείας εξαγωγή συμπερασμάτων. Η προσέγγιση αυτή όμως, αποτελείται από κρίσεις πολλών ειδικών που γίνονται απευθείας για όλη τη διαδικασία και ακολουθεί κατάλληλη στατιστική επεξεργασία. Η πιθανότητα εκτιμάται άμεσα και αποκλειστικά από αυτές. Η πιο γνωστή τέτοια μέθοδος είναι η ARJ (Absolute Reliability Judgement) όπου οι ειδικοί κάνουν άμεσες εκτιμήσεις της πιθανότητας λάθους μιας δραστηριότητας (Seaver, Sitwell 1983).

Οι τεχνικές αυτές έχουν επίσης δεχθεί έντονη κριτική. Τα δεδομένα που προέρχονται από γνώμες ειδικών περιέχουν υποκειμενικότητα και είτε αγνοούν συγκεκριμένους παράγοντες είτε έχουν γίνει παρωχημένα από τις τεχνολογικές εξελίξεις (Hallbert et al. 2004). Έτσι, ανεξαρτήτως της τεχνικής ποσοτικοποίησης, ο αναλυτής θα χρησιμοποιήσει κρίσεις και αυτό σημαίνει ότι η τελική ανάλυση θα περιέχει υποκειμενικά συμπεράσματα (Lydell 1992). Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα υπολογισμού της πιθανότητας ανθρώπινου λάθους της ίδιας διεργασίας σε δύο πυρηνικές μονάδες των ΗΠΑ και από δύο διαφορετικούς φορείς: στη μονάδα Peach Bottom (Brookhaven National Laboratory) η πιθανότητα λάθους βρέθηκε μεταξύ 0,01 και 0,026 ενώ στη μονάδα Grand Gulf (Sandia National Laboratory) 10<sup>-4</sup> (Llory 1992).

Γενικά, στην αρθρογραφία εκφράζονται διιστάμενες απόψεις για τη χρήση των κρίσεων ειδικών:

*«Η χρήση «κρίσεων ειδικών» είναι ένα ευγενικό όνομα για τη χρήση «εικασιών ειδικών» και δεν υπάρχουν δεδομένα για να μπορέσουν να αξιολογηθούν οι εικασίες» (Moray 1990).*

*«Δεν υπάρχει τρόπος να αντικατασταθεί η δημιουργικότητα και ευελιξία ενός ειδικού εκτίμησης επικινδυνότητας ώστε να εξασφαλιστεί ότι μπορούν να βρεθούν νέες απόψεις σχετικά με την ασφάλεια» (Sträter et al. 2004).*

#### 4.2.3 Συμπεριφοριστικά μοντέλα

*«Παρά την έντονη κριτική του θεωρητικού υπόβαθρου των συμπεριφοριστικών μοντέλων, τα περισσότερα εφαρμοσμένα μοντέλα βασίζονται σε αυτά» (Fujita 1992).*

Ιστορικά η ανάλυση ανθρώπινης αξιοπιστίας ξεκίνησε από την ανάλυση αξιοπιστίας εξοπλισμού (Fujita 1992) στα πλαίσια της επιχειρησιακής έρευνας και πάντοτε από μηχανικούς. Έτσι η πιθανότητα ότι ο άνθρωπος δεν θα μπορέσει να εκπληρώσει το έργο που του ανατέθηκε θεωρήθηκε όμοια με την πιθανότητα αστοχίας ενός μηχανικού στοιχείου. Στόχος ήταν η απόδοση αντικειμενικών πιθανοτήτων ανθρώπινου λάθους (HEP – Human Error Probability) σε πολύ-γραμμικές απεικονίσεις των δραστηριοτήτων («δέντρα γεγονότων – Κεφάλαιο 5») στα πλαίσια των αναλυτικών τεχνικών.

Στην προσέγγιση αυτή ήταν περισσότερο συμβατή η συμπεριφοριστική αντίληψη του ανθρώπινου λάθους, στην περίπτωση της οποίας η ποσοτικοποίηση είναι εύκολη αφού δεν εξετάζονται ούτε οι διαφορές στα χαρακτηριστικά της κατάστασης (πλαίσιο) όπου γεννιέται το

λάθος ούτε οι ιδιαίτερες νοητικές εργασίες. Το άτομο αντιμετωπίζεται σαν ένα μαύρο κουτί όπου οι αντιδράσεις έρχονται σαν άμεσο αποτέλεσμα των ερεθισμάτων, άρα μπορούν (αν μελετηθούν πειραματικά σε μεγάλο εύρος) να προβλεφθούν για όλες τις καταστάσεις.

Δικαιολογώντας την παράκαμψη των γνωστικών παραμέτρων (ιδιαίτερα του σχεδιασμού και της προσδοκίας μελλοντικών εξελίξεων) ο Dougherty (1997) υποστηρίζει ότι παρόλο που ο προκαταρκτικός σχεδιασμός στο μυαλό του ανθρώπου μπορεί να έχει αξιοσημείωτη διάρκεια, οι αποφάσεις λαμβάνονται απότομα. Τη μία στιγμή κάποιος είναι αναποφάσιστος και την επόμενη αποφασισμένος οπότε οι προηγούμενες συνθήκες έχουν μικρή επιρροή.

Χαρακτηριστικό των μοντέλων της προσέγγισης αυτής είναι η ανάλυση σε στοιχειώδη ζεύγη ερεθίσματος – αντίδρασης και στη συνέχεια ο αλγεβρικός τους συνδυασμός για την αναγωγή σε ολοκληρωμένες ενέργειες ή έργα. Έτσι, συστηματικές παρατηρήσεις συμπεριφοράς χειριστή αποκάλυψαν τις ακόλουθες γενικές τάσεις (Tanaka et al. 1989) σε σχέση με τη σημαντικότητα της κάθε ενέργειας:

- Τα άτομα τείνουν να μεταπηδούν στην τελική ενέργεια χωρίς να επιβεβαιώνουν τις συνθήκες ή τις προκαταρκτικές ενέργειες, οι οποίες παρουσιάζουν λιγότερο ενδιαφέρον σε σχέση με το αποτέλεσμα.
- Τα άτομα τείνουν να αναβάλλουν (και σε ορισμένες περιπτώσεις να παραμελούν) ενέργειες που κρίνονται λιγότερο σημαντικές, τουλάχιστο από τους ίδιους.
- Όσο σημαντικότερη είναι η ενέργεια τόσο λιγότερες οι παρεκκλίσεις από την καθορισμένη διαδικασία.

Ένα ακόμη κατά βάση συμπεριφοριστικό μοντέλο είναι το «φυσικό» μοντέλο (world model) σύμφωνα με το οποίο τα φαινόμενα ανθρώπινου λάθους μπορεί να εμφανίζονται με έναν από τους παρακάτω τρόπους (Dougherty 1997):

- η προδιάθεση/απαίτηση/ανάγκη που προκαλεί ή κινητοποιεί μία ενέργεια είναι (τουλάχιστον εν μέρει) στοχαστική διαδικασία,
- η τάση για ανθρώπινο λάθος δεδομένης της πρόκλησης για δράση είναι εγγενώς στοχαστική.

Ο Swain (1972) κάνει διάκριση μεταξύ των τυχαίων, συστηματικών και σποραδικών λαθών. Τα τυχαία και συστηματικά λάθη μπορούν συνήθως να διορθωθούν με τη μείωση της μεταβλητότητας και των προκαταλήψεων στην εκτέλεση του έργου, αλλά αυτό δεν είναι εύκολο με τα σποραδικά λάθη που συνήθως αφορούν ξαφνικές και μεγάλες υπερβάσεις των ορίων.

Οι συμπεριφοριστικές και οι συναφείς τους προσεγγίσεις έχουν δεχθεί πολύ έντονη κριτική, σε τέτοιο βαθμό στην αρθρογραφία που ο χαρακτηρισμός «συμπεριφοριστικό» αποτελεί μομφή. Χαρακτηρίστηκαν ανεπαρκή τόσο όσον αφορά τη θεωρητική βάση των προβλέψεών τους όσο και τη δυνατότητα τους να συμπεριλάβουν την επίδραση του πλαισίου (Hollnagel 2005c). Η απόδοση συγκεκριμένων κατανομών μπορεί να έχει ικανοποιητική απόδοση μόνο όταν οι μεταβλητές είναι λίγες, δηλαδή το σύστημα απλό υπό την έννοια των λίγων βαθμών ελευθερίας. Επίσης, η προσέγγιση αυτή προϋποθέτει σταθερότητα (ή τουλάχιστο απλότητα) και δεν λαμβάνει υπόψη τη δυνατότητα επανόρθωσης του λάθους από το άτομο.



#### 4.2.3.1 THERP

Η σημαντικότερη τεχνική που αναπτύχθηκε κατά τις δεκαετίες του '70 και του '80 ήταν η THERP (Technique for Human Error Rate Prediction), καθώς και διάφορες παραλλαγές της (Swain, Guttman 1983, Hannaman, Spurgin 1984). Όλες αυτές οι μέθοδοι βασίζονται στη συμπεριφοριστική εξέταση της ανθρώπινης απόδοσης (Hollnagel, Cacciabue 1994).

Η μέθοδος THERP, η οποία αναπτύχθηκε στα εργαστήρια Sandia (ΗΠΑ), χρησιμοποιεί ψηφιακή λογική (Raafat, Abdouni 1987) 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).

Η μέθοδος THERP (Swain, Guttman 1983) που μεσουράνησε στη δεκαετία του 1980, δέχτηκε κριτική για τις αδυναμίες της σε σχέση με τις λανθάνουσες και μη χρονικά περιορισμένες αστοχίες (Jo, Park 2003, Cacciabue 2004) και την επίδραση περιβαλλοντικών (πλαισιακών) παραγόντων. Το ατύχημα προκύπτει σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο συνθηκών που περιλαμβάνει ανθρώπους, μηχανές, συστήματα και διαδικασίες, φυσικούς και κοινωνικούς παράγοντες και τις αλληλεπιδράσεις τους. Λάθη που γίνονται στο υψηλότερο επίπεδο της οργάνωσης δεν γίνονται άμεσα ορατά, αλλά παραμένουν σε λανθάνουσα κατάσταση (Cacciabue 1998).

Επίσης δέχτηκε κριτική όσον αφορά την εφαρμοσιμότητα της σε συγκεκριμένους τύπους ενεργειών (π.χ. αντίληψη σήματος, διαπροσωπική επικοινωνία – Raafat, Abdouni 1987) και στην έλλειψη εμπειριών, καθώς η προσέγγιση της είναι περισσότερο μικροσκοπική και συμπεριφοριστική, αφού φαίνεται να αποδίδει σε εργασίες που έχουν λίγη διάγνωση και περισσότερες καθορισμένες διαδικασίες (Fujita 1992).

Τέλος δέχτηκε κριτική όσον αφορά στην αναλυτική – συνθετική της φύση. «Οι περισσότερες καταστροφές στη σύγχρονη εποχή προκύπτουν από το συνδυασμό πολλών μικρών γεγονότων, ατελειών του συστήματος και ανθρωπίνων λαθών που το καθένα ξεχωριστά μπορεί να είναι άσχετο αλλά όταν συνδυάζονται σε μια συγκεκριμένη χρονική συγκυρία συνθηκών και ενεργειών, μπορούν να οδηγήσουν σε μη αναστρέψιμες καταστάσεις» (Cacciabue 1998).

#### 4.2.4 Χρονικά μοντέλα

*«Οι άνθρωποι συνεχίζουν να μας εκπλήσσουν με την ιδιοφυή τους λύση προβλημάτων και τις ικανότητες επανόρθωσης τους, οι οποίες καθιστούν την ανάλυση αξιοπιστίας θέμα τέχνης και εμπειρίας» (Kontogiannis 1997).*

Η ανθρώπινη μεταβλητότητα είναι ένα γενικά αποδεκτό φαινόμενο το οποίο έχει συζητηθεί πολύ στην αρθρογραφία του ανθρώπινου λάθους. Τόσο η ανθρώπινη απόδοση, όσο και οι



συνθήκες εργασίας έχουν μία εγγενή μεταβλητότητα. Η μεταβλητότητα αυτή φαίνεται από το ότι δύσκολα κάποιος κάνει κάτι δύο φορές με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Ακόμη και αν σχεδιαστεί το «τέλειο» σύστημα, θα υπάρχει ακόμη αρκετή ανθρώπινη ποικιλομορφία ώστε να προκληθούν παρεκκλίσεις όταν οι συνθήκες γίνουν κατάλληλες (Hollnagel 1983).

Σύμφωνα με τα χρονικά μοντέλα, το λάθος είναι αποτέλεσμα της μεταβλητότητας της απόδοσης, η οποία βγαίνει μερικές φορές εκτός των ανεκτών ορίων (Swain 1990). Η μεταβλητότητα αυτή κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες αρκεί για να οδηγήσει το όλο σύστημα σε αστοχία (Hudoklin, Rozman 1992). Η ποικιλομορφία αυτή, όμως, είναι (εκτός από αναπόφευκτο) και επιθυμητό χαρακτηριστικό. Οι μικρές παρεκκλίσεις έξω από το όρια είναι απαραίτητες για τη διερεύνηση των ορίων αυτών και βρίσκονται πίσω από την ανακάλυψη των πρακτικών κανόνων (Rasmussen 1983). Εάν η μεταβλητότητα αυτή, λοιπόν, οδηγεί σε θετικές εκβάσεις τότε χαρακτηρίζεται ως δημιουργικότητα και μάθηση, ενώ αν οι εκβάσεις είναι αρνητικές χαρακτηρίζεται ως ανθρώπινο λάθος (Hollnagel 2002). «*Η γνώση και το σφάλμα απορρέουν από τις ίδιες νοητικές πηγές, η μόνη διαφορά τους είναι η επιτυχία*» (Mach 1905). Γενικά είναι αδύνατο να καθοριστεί ένα απόλυτο πλαίσιο χαρακτηρισμού όπου οι πράξεις να χαρακτηρίζονται μονοσήμαντα ως σωστές ή λανθασμένες (Hollnagel 2005b). Τα ανθρώπινα λάθη μπορούν απλώς να θεωρηθούν ως ανεπιτυχή πειράματα με απαράδεκτες συνέπειες (Rasmussen 1982).

Όμως, αν το περιβάλλον δεν συγχωρεί, ώστε η εμφάνιση τέτοιων παρεκκλίσεων προκαλεί δυσάρεστες συνέπειες που δεν είναι δυνατόν να διορθωθούν, τότε το λάθος αποτελεί πραγματικό πρόβλημα. Έτσι, σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, είναι πιο αποτελεσματικό τόσο για την πρόβλεψη όσο και για την πρόληψη του λάθους να γίνεται επικέντρωση στην ανάκαμψη από το λάθος παρά στο αρχικό λάθος (Lees 1996).

Η σειρά διαχείρισης μιας ανώμαλης κατάστασης έχει τρία στάδια (Lees 1996):

- Εντοπισμός λάθους.
- Διάγνωση λάθους.
- Διόρθωση λάθους.

Το βασικότερο χρονικό μοντέλο που αναπτύχθηκε (TRC) καλύπτει όλες τις φάσεις. Διάφορα ακόμη μοντέλα αναπτύχθηκαν, τα οποία εστιάζουν σε συγκεκριμένες μόνο φάσεις.

#### 4.2.4.1 TRC

Η πρώτη χρονική προσέγγιση λάμβανε υπόψη το χρόνο μέσω συσχετίσεων χρόνου και αξιοπιστίας (TRC - Time-Reliability Correlation). Ξεκίνησε επίσης στη δεκαετία του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990 (Hall et al. 1982). 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). Συγκεκριμένα, τέθηκαν εναλλακτικές καμπύλες από διάφορους ερευνητές, όπως φαίνεται στον Πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 4.2 Πιθανότητα λάθους  $q$  για διαθέσιμο χρόνο απόκρισης  $t$** 

| Μελέτη                                           | Ζεύγη τιμών διαθέσιμου χρόνου – πιθανότητας λάθους |        |           |           |           |           |                       |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
|                                                  | $t$                                                | 1 sec  | 10 sec    | 60 sec    | 5 min     | 10 min    | >10 min               |
| UKAE AHSB(S) R160 (Ablitt 1969)                  | $q$                                                | 1      | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ | $10^{-4}$ | $10^{-5}$ – $10^{-6}$ |
| Rasmussen Report (Atomic Energy Commission 1975) | $t$                                                | 60 sec |           |           | 5 min     | 30 min    | Ωρες                  |
|                                                  | $q$                                                | 1      |           |           | 0,9       | $10^{-1}$ | $10^{-2}$             |

Η καμπύλη αξιοπιστίας – χρόνου TRC είναι σε μεγάλο βαθμό διαισθητική (Spurgin 1990). Η προσέγγιση αυτή βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό στη χρήση της προσομοίωσης για την εξαγωγή συμπερασμάτων (Lees 1996). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιεί συμπεράσματα από εκπαίδευση σε εξομοιωτές για να δημιουργήσει μία οικογένεια από καμπύλες συσχέτισης αξιοπιστίας – χρόνου (TRC). Οι καμπύλες αυτές στη συνέχεια προσαρμόζονται χρησιμοποιώντας το δείκτη επιτυχίας ενδεχομένου (SLI) και άλλες προσεγγίσεις κρίσεων ειδικών για συγκεκριμένες συνθήκες (Fragola, Dougherty 1988).

Ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν την πιθανότητα λάθους ή και επανόρθωσης είναι η πίεση (στρες). Η απόδοση αυξάνει με κάποιο μέτριο επίπεδο στρες. Από κάποια οριακή τιμή και πάνω, όμως, η οποία διαφέρει σημαντικά από άτομο σε άτομο, μειώνεται απότομα (καμπύλη U). Το στρες, όμως, δεν είναι απλώς εξωγενής παράγοντας στο άτομο. Μία συχνή κατάσταση (Siegel και Wolf 1969) είναι αυτή όπου γίνεται ένα λάθος, αναγνωρίζεται και στη συνέχεια γίνεται μία προσπάθεια να εκτελεστεί η ενέργεια σωστά. Υπό συνθήκες βαρέως φόρτου εργασίας η πιθανότητα αστοχίας τείνει να αυξάνει με κάθε προσπάθεια καθώς η εμπιστοσύνη μειώνεται. Για τις περιπτώσεις αυτές εφαρμόζεται ο κανόνας διπλασιασμού. Η πιθανότητα ανθρωπίνου λάθους διπλασιάζεται στη δεύτερη προσπάθεια και διπλασιάζεται πάλι για κάθε επόμενη προσπάθεια μέχρι να φτάσει τη μονάδα.

Η TRC δέχτηκε κριτική για πολλές ελλείψεις. Η βασικότερη είναι ότι δεν περιλαμβάνει ουσιαστικά κάποια ανάλυση και έτσι πάσχει από αδυναμία εξήγησης γιατί προέκυψε η συγκεκριμένη συμπεριφορά και τι ήταν αυτό που τη διέγειρε (Cacciabue 2004). Επίσης υπάρχουν προβλήματα από τα ίδια τα χρονικά χαρακτηριστικά της (Dougherty 1993):

- Πολλές φορές υπάρχει πάρα πολύς διαθέσιμος χρόνος, οπότε οι χρονικές συναρτήσεις δεν έχουν νόημα.
- Πολλές φορές υπάρχει πολύ λίγος χρόνος, πολύ λιγότερος από τη μεσαία τιμή του αναμενόμενου χρόνου απόκρισης, οπότε οι χρονικές συναρτήσεις δεν έχουν νόημα.

Μία εναλλακτική μέθοδος είναι η μέθοδος των Dougherty και Fragola (1988), η οποία συνδυάζει 4 καμπύλες TRC: μία για την αντίδραση, μία για την αποκατάσταση, μία για την αντίδραση με δισταγμό και μία για την αποκατάσταση με δισταγμό.

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). Ο σημαντικότερος συνδυασμός είναι αυτός που έγινε με ένα μοντέλο

επεξεργασίας πληροφοριών, γνωστό σαν SRK (παρουσιάζεται στη συνέχεια). Η προσέγγιση της γνωστικής ανθρώπινης αξιοπιστίας (Human Cognitive Reliability - HCR-Hannaman et al. 1985) που ακολούθησε βελτίωσε την TRC στα πλαίσια πάντοτε του μοντέλου SRK (Lees 1996). Η HCR επίσης παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Το ονομαστικό μοντέλο διάγνωσης (TRC) είναι ένα απλό TRC που αναπτύχθηκε για σκοπούς παρακολούθησης μόνο (NUREG 1987). Η μέθοδος 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)

#### 4.2.4.2 Μοντέλο διόρθωσης

Το μοντέλο αυτό επικεντρώνει στη διόρθωση, η οποία είναι σημαντική για ένα μεγάλο αριθμό λαθών, όπου δίνεται η δυνατότητα αυτή. Αν το ανθρώπινο λάθος είναι προϊόν ατελειών των ικανοτήτων του ανθρώπου, οι ίδιες οι ικανότητες του ανθρώπου του δίνουν τη δυνατότητα εξουδετέρωσης των αρνητικών συνεπειών του σε κάποιες περιπτώσεις. Οι εκ των υστέρων κρίσεις λαθών στη λήψη αποφάσεων μπορεί να γίνει με βεβαιότητα μόνο όταν υπάρχουν στοιχεία για συνειδητή σκέψη σχετικά με τη συμπεριφορά στο λάθος (Williamson, Feyer 1990).

Έτσι, σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, το λάθος δεν είναι επικίνδυνο αν το σύστημα δίνει ανάδραση στο άτομο και αν υπάρχουν οι απαραίτητες προϋποθέσεις ώστε να μπορέσει να επανορθώσει έγκαιρα (Morray 1990). Άρα, σε κάποιο βαθμό είναι σαφώς περισσότερο σκόπιμο οικονομικά να υιοθετηθούν στρατηγικές επανόρθωσης του λάθους παρά συνεχώς πιο ακριβά προληπτικά μέτρα (Clarke 2005).

Υπάρχουν, όμως, και αντίθετες απόψεις σχετικά με τη διορθωτική επέμβαση σε ατυχήματα. «Τα λάθη πριν από το ατύχημα είναι περισσότερα σε αριθμό από τα λάθη μετά το ατύχημα, αλλά τα τελευταία έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα συνεπειών. Γι' αυτό θα πρέπει να είναι μειωμένη η συμμετοχή του ατόμου σε καταστάσεις ατυχήματος» (Fujimoto et al. 1994).

Η βασική παραδοχή της προσέγγισης αυτής είναι ότι είναι δυνατόν να υπάρξει διόρθωση, άρα αντίληψη και δυνατότητα επέμβασης σε όλες τις περιπτώσεις, ήτοι απλότητα του συστήματος. Η χρήση της προσέγγισης αυτής προϋποθέτει επίσης τη σταθερότητα ή απλότητα του πλαισίου, καθώς και την απουσία λανθάνοντων λαθών, αφού τα λάθη πρέπει να είναι απλά και ανεξάρτητα για να μπορούν να διορθωθούν.

Η πιθανότητα επανόρθωσης εξαρτάται από την ύπαρξη και χρήση των ευκαιριών διόρθωσης και την αποτελεσματικότητα της διορθωτικής δράσης. Οι μηχανισμοί διόρθωσης περιλαμβάνουν ανθρώπινες ενέργειες (αν η εργασία ελέγχεται από επόμενο άτομο), καταστάσεις του συστήματος (ενδείξεις) και καταστάσεις εξοπλισμού (ενεργητικές – στοχευμένες και παθητι-

κές – γενικές επιθεωρήσεις). Σε κάθε τέτοιο μηχανισμό αποδίδονται εμπειρικές τιμές πιθανότητας λάθους (Lees 1996).

#### 4.2.5 Πλαισιακά - Εργονομικά μοντέλα

**«Η ανάλυση μεγάλου αριθμού ατυχημάτων έδειξε ότι αυτά είναι όλο και περισσότερο αποτέλεσμα καταστάσεων και ενεργειών που είναι επιρρεπείς σε λάθη και όχι ατόμων που είναι επιρρεπή σε λάθη» (Reason 1997).**

Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, ένα ανθρώπινο λάθος δεν μπορεί να προβλεφθεί και είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής ή γενικότερα του ανθρώπου με το άμεσο περιβάλλον του (πλαίσιο). Αν οι ασυμβατότητες συμβαίνουν περιστασιακά, τότε συνήθως οφείλονται στην ποικιλομορφία κάποιου μέρους του συστήματος ή της λειτουργίας του ανθρώπου και θεωρούνται αστοχίες του συστήματος ή ανθρώπινα λάθη αντίστοιχα (Rasmussen 1982). Αν βέβαια συμβαίνουν συχνά, τότε η αιτία πρέπει να θεωρείται ένα λάθος σχεδιασμού.

Το ενδεχόμενο λάθους εμφανίζεται αν και όταν η ικανότητα του χειριστή υποβαθμιστεί είτε λόγω κάποιου νοητικού παράγοντα είτε λόγω κάποιας ανεπιθύμητης εξωτερικής κατάστασης (Cacciabue 1992). Έτσι, τα ανθρώπινα λάθη προκύπτουν συνήθως ως προϊόν αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον, παρά λόγω σταθερών εγγενών χαρακτηριστικών του χειριστή (Hollnagel 1983).

Όπως οι συμπεριφοριστικές προσεγγίσεις, έτσι και οι εργονομικές – πλαισιακές δέχονται την αναλυτική ιδιότητα, δηλαδή τη δυνατότητα ανάλυσης του συστήματος σε μοναδιαία στοιχεία, των οποίων οι πιθανότητες λάθους αν αθροιστούν αλγεβρικά, ισοδυναμούν με τη συνολική πιθανότητα λάθους του συστήματος. Μάλιστα, σε μία πρώτη προσπάθεια σύνδεσης της αξιοπιστίας ανθρώπου και μηχανής στη συνολική αξιοπιστία του συστήματος, οι Hwang και Hwang (1990) υποστήριξαν ότι η συνολική πιθανότητα λάθους είναι  $A = P_c + P_l + P_m$ , όπου  $P_c$  η πιθανότητα κρίσιμου ανθρώπινου λάθους κατά τη διάρκεια του κύκλου παραγωγής,  $P_l$  η πιθανότητα λανθάνοντος ανθρώπινου λάθους κατά τη διάρκεια του κύκλου παραγωγής και  $P_m$  πιθανότητα αστοχίας της μηχανής στη διάρκεια του κύκλου παραγωγής. Επιπλέον, πρέπει να προστεθεί ένας παράγοντας που να λαμβάνει υπόψη του πιθανή διορθωτική ενέργεια όταν εμφανίζεται ένα ανθρώπινο λάθος (Woods, Roth 1988).

Βέβαια η τοποθέτηση όλων αυτών των στοιχείων σε μία εξίσωση έχει δεχθεί κριτική, καθώς «η ανθρώπινη πολυπλοκότητα είναι τουλάχιστο μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερη από ένα ολόκληρο πυρηνικό εργοστάσιο» (Kantowitz, Fujita 1990).

Η αμφισβήτηση της προσέγγισης αυτής αφορά τόσο το πλαίσιο όσο και τη γνωστική διαδικασία: η ανθρώπινη δραστηριότητα λαμβάνει χώρα σε ένα πλαίσιο που αποτελείται τόσο από τις πραγματικές συνθήκες, όσο και από την αντίληψη του ατόμου γι' αυτές. (Hollnagel 2005c). Έτσι, μπορεί να θεωρηθεί ότι μεσολαβούν δύο κύριοι παράγοντες (Cacciabue 1998):



- Η γνωστική ή εσωτερική κατάσταση του ατόμου.
- Το επίπεδο φόρτου εργασίας.

Ακόμη, οι πλαισιακές – εργονομικές μέθοδοι εμφανίζουν σημαντικά προβλήματα όσον αφορά τη δυναμική και χρονικά εξαρτημένη φύση των αλληλεπιδράσεων και τα έμπρακτα λάθη (Cacciabue 1998). Τα μοντέλα αυτά μπορεί να έχουν εφαρμογή σε συστήματα όπου το πλαίσιο έχει σημαντική αλλά απλή επίδραση (π.χ. μόνο μηχανή). Γενικά, οι αλληλεπιδράσεις πρέπει να είναι απλές, ενώ η ανάδραση δεν καλύπτεται. Βασική προϋπόθεση επίσης είναι η γραμμικότητα στις σχέσεις.

#### 4.2.5.1 SLIM

Η μέθοδος SLIM (Success Likelihood Index Method – Embrey et al. 1984) εξετάζει όχι μόνο την ποιότητα των παραμέτρων επηρεασμού απόδοσης (performance shaping factors - PSF), αλλά και τη βαρύτητα της επιρροής τους (Lees 1996). Η βασική της αρχή της είναι ότι το ενδεχόμενο λάθους σε μία συγκεκριμένη κατάσταση εξαρτάται από τη συνδυασμένη επίδραση σχετικά λίγων PSF, είτε ανθρώπινων (ικανότητα, νοτική 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.

Η SLIM δέχτηκε την κριτική ότι αν δεν υπάρχει εμπειρική επιβεβαίωση δεν υπάρχει τρόπος να εκτιμηθεί το λάθος από τις μέσες τιμές των εκτιμήσεων (Moray 1990), καθώς και για την έλλειψη συγκεκριμένου πλαισίου για την αξιολόγηση της βαρύτητας των PSF από γνώμες ειδικών (Raafat, Abdouni 1987).

#### 4.2.5.2 HEART

Στην τεχνική HEART (Human Error Assessment and Reduction Technique – Williams 1986, 1988a, b, 1992) 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).



#### 4.2.6 Γνωστικές προσεγγίσεις

**«Τα λάθη δεν είναι κάποιο μυστηριώδες προϊόν της ατέλειας και μη προβλεψιμότητας των ανθρώπων, αλλά κανονικές και προβλέψιμες συνέπειες μιας ποικιλίας παραγόντων» (Woods et al. 1994).**

Οι προσεγγίσεις αυτές βασίζονται στο βασικό εννοιολογικό παράδειγμα της γνωστικής ψυχολογίας, η οποία απορρίπτει το μοντέλο του «μαύρου κουτιού» και μελετά τις λειτουργίες με τις οποίες ο άνθρωπος επεξεργάζεται τα δεδομένα και οδηγείται στη λήψη αποφάσεων και στην ανάληψη ενεργειών. Το ευρύτερα διαδεδομένο μοντέλο αντίληψης της λειτουργίας του εργαζόμενου είναι αυτό του Ερεθίσματος – Οργανισμού – Απόκρισης (S-O-R), δηλαδή ότι η απόκριση είναι συνάρτηση τόσο του ερεθίσματος όσο και του οργανισμού (Hollnagel 1992a).

Σύμφωνα με τις γνωστικές προσεγγίσεις η δυσκολία στην πρόβλεψη του ανθρώπινου λάθους οφείλεται στην έλλειψη γνώσης και όχι στην ύπαρξη τυχαιότητας. Οι γνωστικοί αναλυτές, λοιπόν, έχουν καλύτερη εικόνα της μορφής του λάθους παρά του χρόνου του, ο οποίος θεωρείται απρόβλεπτος (Dougherty 1997).

Σύμφωνα με τη γνωστική προσέγγιση, η συνήθης ταξινόμηση των λαθών σε λάθη παράλειψης και έμπρακτα λάθη δεν λαμβάνει υπόψη λάθη που σχετίζονται με μία ανθρώπινη απόφαση που λαμβάνεται στη βάση μιας συγκεκριμένης κατανόησης του χώρου εργασίας (Lederman 1988). Η επιλογή ανάμεσα στις εναλλακτικές ενέργειες δεν καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά τους αλλά από τις πραγματικές ανάγκες και περιορισμούς την ώρα λήψης της απόφασης. Η πρόκληση για τα γνωστικά συστήματα είναι η εξήγηση του φαινομένου αυτού χωρίς να γίνονται πολλές παραδοχές για την ανθρώπινη μάθηση ή για τις ικανότητες ενός συστήματος επεξεργασίας εσωτερικών πληροφοριών (Hollnagel 1992a). Ένα γνωστικό λάθος (cognitive error) είναι μία ενέργεια ή αδράνεια που βασίζεται σε μία απόφαση (η οποία με τη σειρά της μπορεί να βασίζεται σε μία διάγνωση κ.λπ.) που παράγει ένα ανεπιθύμητο αποτέλεσμα (Dougherty 1997).

Οι αιτίες λαθών σύμφωνα με τους υποστηρικτές των γνωστικών προσεγγίσεων μπορεί να οφείλονται (Hollnagel 1992b, Bersini et al. 1988):

- Στην ασυμβατότητα γνώσεων του χειριστή και απαιτούμενων γνώσεων (ικανότητες). Τα διαφορετικά επίπεδα ειδικότητας μεταξύ διαφορετικών ατόμων οδηγούν σε επίσης διαφορετικές προσεγγίσεις στην επίλυση προβλημάτων (Bersini et al. 1988). Μία δεδομένη εργασία μπορεί για ένα ικανό άτομο να είναι μία απλή ενέργεια, αλλά για ένα λιγότερο ικανό άτομο είναι μία σειρά πολύπλοκων ενεργειών. Ο ορισμός της απλής ή σύνθετης ενέργειας εξαρτάται από το άτομο και την κατάσταση (Hollnagel 1992a).
- Στην ανακριβή εκτέλεση των σχεδίων. Αυτή μπορεί να οφείλεται είτε στη διαφορά μεταξύ των πραγματικών συνθηκών και του μοντέλου αναπαράστασης που έχει για αυτές το άτομο (συστημικά λάθη), είτε σε τυχαίες διακυμάνσεις που οφείλονται στον τρόπο λειτουργίας του εγκεφάλου, μικρές επιρροές από το περιβάλλον, απώλεια μνήμης ή προσοχής, κλπ. (εγγενή λάθη) που παραπέμπουν σε λάθη παράλειψης και έμπρακτα λάθη.

**«Η θεωρία λαθών σχεδόν πάντοτε περιλαμβάνει στατιστική αβεβαιότητα γιατί τελικά το λάθος εξαρτάται από τη λειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος. Οι παράγοντες που καθορίζουν τη συμπεριφορά των ανθρώπων είναι πολλοί για να επιτρέψουν ντετερμινιστική προβλεψιμότητα» (Senders, Moray 1991).**

Ένα πλήθος καταστάσεων σχετικών με την ανακριβή εκτέλεση σχεδίων έχει μελετηθεί στην αρθρογραφία. Ο Hale (1990a) υποστηρίζει ότι στην πράξη όλοι οι κανόνες βρίσκονται υπό διαρκή τροποποίηση:

- Είτε μέσω περαιτέρω εξειδίκευσης ενός γενικά διατυπωμένου κανόνα (π.χ. το «μην καπνίζετε κατά τη χρήση χημικών» γίνεται «μην καπνίζετε κατά τη χρήση του χημικού Α.»).
- Είτε μέσω φθοράς των προτάσεων «ΑΝ» που γενικεύονται (π.χ. το «αν συμβεί το Α χωρίς να συμβεί το Β κανένα από τα Β, Γ, Δ αγνόησε το» γίνεται «αν συμβεί το Α χωρίς να συμβεί το Β αγνόησε το»). Ένα σχετικό τέτοιο παράδειγμα παρατηρήθηκε στην Ολλανδία, όπου η ύπαρξη πινακίδων χαμηλότερου ορίου ταχύτητας πριν από εμπόδια είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ταχύτητας αλλά όχι στο αναγραφόμενο επίπεδο. Αυτή η διάβρωση μπορεί να συμβεί ιδιαίτερα όταν οι συνέπειες της παράβασης των κανόνων δεν είναι άμεσα ορατές ή όταν είναι προφανές ότι δεν είναι πάντοτε απαραίτητη.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν τα αποτελέσματα ερευνών για το νοητικό μοντέλο του χρήστη όσον αφορά την κωδικοποίηση των πληροφοριών και τη διαδικασία μάθησης. Γενικά βρέθηκε ότι το άτομο τείνει να προβλέπει το μέλλον και κατόπιν να δίνει σημασία μόνο στις απαραίτητες ενδείξεις που επιβεβαιώνουν την πρόβλεψη του αυτή (Bainbridge 1971, 1972, 1974). Έτσι, υπάρχει μία μάλλον στενή σχέση μεταξύ της διαθέσιμης πληροφορίας, της πληροφορίας για την οποία ψάχνει το άτομο και του τρόπου με τον οποίο γίνεται η επεξεργασία της πληροφορίας αυτής (Hollnagel 1992a). Σε σύνθετες οργανώσεις οι εργαζόμενοι συνεχώς προσαρμόζουν τις επίσημες προδιαγεγραμμένες εργασίες για να λάβουν υπόψη αλλαγές, άγνωστους παράγοντες και τη μεταβλητότητα των λεπτομερών παραγόντων που καθορίζουν τις εργασίες. Άλλωστε δεν είναι δυνατόν να επισημοποιηθεί και να προδιαγραφεί όλη η δραστηριότητα των εργαζομένων (Llory 1992).

Στο γνωστικό μοντέλο διαφοροποιείται η σειρά διαχείρισης καταστάσεων του συμπεριφορικού μοντέλου (εντοπισμός, διάγνωση, διόρθωση). Η σειρά αυτή δεν είναι παρά μία απλούστευση, καθώς η προτεραιότητα μετά τον εντοπισμό του λάθους είναι η διόρθωση και όχι η πλήρης διάγνωση του. Έρευνες (Roth et al. 1994) έχουν δείξει ότι η λήψη αποφάσεων και η ερμηνεία - διάγνωση συνήθως γίνονται παράλληλα όταν αντιμετωπίζεται μία πολύπλοκη κατάσταση. Έτσι, κάποιο είδος προκαταρκτικής λήψης αποφάσεων σχετικά με πιθανούς στόχους ή λύσεις μπορεί να γίνει στο στάδιο της ερμηνείας και έτσι να επηρεάσει την εκτίμηση της κατάστασης (Kontogiannis 1997).

Η διάγνωση είναι ένα ενδιαφέρον και σημαντικό μέρος της λήψης απόφασης. Σχετικές μελέτες (Dale 1958, 1964; Tilley 1967) έδειξαν ότι όταν το άτομο έχει κάποια ένδειξη με την οποία προσπαθεί να εντοπίσει την κατάλληλη αλληλουχία δεν ακολουθεί το δέντρο λήψης α-

ποφάσεων ανεξαρτήτως πιθανοτήτων, αλλά ακολουθεί πρώτα τις διαδρομές που θεωρεί ότι έχουν μεγάλη πιθανότητα και μόνο όταν αυτές εξαντληθούν δοκιμάζει αυτές με τη χαμηλότερη πιθανότητα (πάντοτε σύμφωνα με τη δική του κρίση).

Η διαδικασία διάγνωσης σε καταστάσεις κινδύνου έχει εξεταστεί σε σχετικές μελέτες (Purser, Bensilum 2001, Sime 1994). Η αναγνώριση (κατά την οποία συνεχίζονται οι ίδιες δραστηριότητες) και η αντίδραση είναι οι λιγότερο προβλέψιμες χρονικά. Καθώς οι άνθρωποι δεν βρίσκονται στο συγκεκριμένο χώρο για την επικίνδυνη κατάσταση (π.χ. πυρκαγιά), αλλά για άλλους λόγους, για να αλλάξουν συμπεριφορά πρέπει πρώτα να αναγνωρίσουν τον κίνδυνο και να σταματήσουν τις δραστηριότητες τους. Η διαδικασία αυτή είναι συνήθως χρονοβόρα. Γενικότερα σε ένα χώρο εργασίας (όπου δεν υπάρχουν επιπλέον τεχνικά προστατευτικά συστήματα) ο εργαζόμενος έχει την εντολή να λειτουργήσει την παραγωγική διαδικασία εφόσον μπορεί, αλλά να τη σταματήσει εάν πρέπει. Αυτό τείνει να δημιουργήσει μία σύγκρουση προτεραιοτήτων. Συνήθως προσπαθεί να κρατήσει την παραγωγή σε λειτουργία όσο μπορεί και αν χρειαστεί να τη σταματήσει παίρνει την απόφαση πολύ αργά.

*«Όλοι έχουμε την τάση να σχηματίζουμε υποθέσεις για την κατάσταση που αντιμετωπίζουμε βασισμένοι σε αυτό που μας συνέβαινε συχνότερα στο παρελθόν και στη συνέχεια να ψάχνουμε για στοιχεία που να επιβεβαιώνουν αυτή τη διάγνωση» (Hale 1990b).*

Στη φάση της διόρθωσης, μία ακόμη μορφή (Bainbridge 1972) μειωμένης απόδοσης εμφανίζεται από άτομα που μπορούν να επιλέξουν τη διορθωτική δράση που πρέπει να αναλάβουν, σκεπτόμενοι όλο και πιο συγκεκριμένες εκδοχές της δράσης αυτής, αλλά δεν μπορούν να δεσμευτούν στην τελική ανάληψη της.

Στα πλαίσια της γνωστικής προσέγγισης έχει μελετηθεί ιδιαίτερα η διαδικασία του ελέγχου, η οποία έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία λόγω των νέων (κυρίως ελεγκτικών) ρόλων που καλούνται να διαδραματίσουν οι άνθρωποι στα παραγωγικά συστήματα. Ο έλεγχος είναι δύσκολος σε διεργασίες όπου (Crossman 1960):

- Πολλές μεταβλητές ένδειξης και ελέγχου αλληλεξαρτώνται.
- Η διεργασία έχει μία σταθερή κατάσταση για μεγάλη χρονική περίοδο.
- Σημαντικές μεταβλητές πρέπει να εκτιμηθούν από το χειριστή.
- Διάφορες ενδείξεις δίνονται με χρόνο που ξεπερνά αυτόν της άμεσης μνήμης.
- Δεν υπάρχει έγκαιρη και έγκυρη γνώση των αποτελεσμάτων της ενέργειας του χειριστή.
- Η διεργασία είναι δύσκολο να απεικονιστεί στο μυαλό.

Η εισαγωγή παρακάμψεων (by-pass) είναι ένδειξη προβλήματος του συστήματος ελέγχου (Hollnagel 1992a).

Τα γνωστικά μοντέλα έχουν δεχθεί κριτική (Dougherty 1997) ότι προσπαθούν να μοντελοποιήσουν μηχανισμούς φαινομένων που έχουν μεγάλο βαθμό τυχαιότητας. Επίσης, η γνωστική προσέγγιση έχει δεχθεί την κριτική ότι πολλές κρίσιμες απόψεις της ανθρώπινης γνωστικής συμπεριφοράς είναι ακόμη απλώς τομείς έρευνας (Mosleh, Chang 2004), ενώ έχει αμφισβητηθεί και η ικανότητα της για προβλέψεις. Τα γνωστικά μοντέλα είναι τα περισσότερο

λεπτομερή, αλλά και θεωρητικά καταλληλότερα να λάβουν υπόψη την πολυπλοκότητα ενός σύνθετου συστήματος. Παρόλα αυτά εστιάζουν κυρίως στο εσωτερικό, οπότε απαιτείται να έχει προηγηθεί κατάλληλη ανάλυση του πλαισίου. Το πρόβλημα τους εντοπίζεται στη δυσκολία και ασάφεια των αποτελεσμάτων (ποσοτικοποίηση).

#### 4.2.6.1 SRK

Το μοντέλο εμπειρίας – κανόνων – γνώσης του Rasmussen (SRK – Skill, Rule, Knowledge) είναι το πλέον συζητημένο μοντέλο ανθρώπινου λάθους στη βιβλιογραφία. Σύμφωνα με αυτό, διακρίνονται τρία είδη ή επίπεδα ανθρώπινης συμπεριφοράς σε διεργασίες ελέγχου (Rasmussen 1983):

- Η συμπεριφορά «βάσει εμπειρίας» («skill-based») που προκύπτει χωρίς συνειδητή προσοχή και βασίζεται σε δεδομένα, ή αλλιώς (Hale 1990b) οι άνθρωποι εκτελούν τυποποιημένες ρουτίνες στον «αυτόματο πιλότο».
- Η συμπεριφορά «βάσει κανόνων» («rule-based») που ελέγχεται συνειδητά και είναι προσαρμοσμένη σε συγκεκριμένους στόχους, ή αλλιώς (Hale 1990b) οι άνθρωποι επιλέγουν ρουτίνες από ένα μεγάλο οπλοστάσιο δυνατών ρουτίνων.
- Η συμπεριφορά «βάσει γνώσης» («knowledge-based») που είναι επίσης συνειδητή αλλά επιπλέον περιλαμβάνει και αιτιολόγηση, ή αλλιώς (Hale 1990b) δεν υπάρχουν ρουτίνες, οπότε η δράση πρέπει να σχεδιαστεί εξ'αρχής.

Σαν γενική αρχή αναφέρεται (Hale 1990b) ότι οι άνθρωποι έχουν μία διαρκή τάση να μεταφέρουν τον έλεγχο της συμπεριφοράς στο επίπεδο με τη μέγιστη δυνατή ύπαρξη ρουτίνων («βάσει κανόνων» ή «βάσει εμπειρίας»), άρα και χαμηλότερης προσπάθειας, ιδιαίτερα όταν αυτό ευνοείται από την εργασία.

Στο μοντέλο SRK, πέρα από τη συμπεριφορά, ιδιαίτερη σημασία έχει και το είδος της πληροφορίας και έτσι γίνεται η ακόλουθη διάκριση κατηγοριών πληροφορίας:

- Το σήμα είναι ένα δεδομένο που εκλαμβάνεται απλά ως μία συνεχής ποσοτική ένδειξη της κατάστασης του συστήματος (π.χ. λαμπάκι θερμοκρασίας κινητήρα στο αυτοκίνητο).
- Το σημείο εκλαμβάνεται σαν ένδειξη μιας διακεκριμένης κατάστασης και συχνά ως ανάγκη για ανάληψη δράσης (π.χ. δείκτης θερμοκρασίας κινητήρα).
- Το σύμβολο σχετίζεται με κάποια λειτουργική ιδιότητα του συστήματος (π.χ. διάγραμμα θερμοκρασίας κινητήρα)

Ένα σημείο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λειτουργική αιτιολόγηση σχετική με το σύστημα, για την οποία χρησιμοποιείται το σύμβολο. Οι ενδείξεις είναι αντίστοιχες με τα επίπεδα συμπεριφοράς. Τα σήματα γενικά σχετίζονται με τη συμπεριφορά «βάσει εμπειρίας», τα σημεία με τη συμπεριφορά «βάσει κανόνων», ενώ τα σύμβολα με τη συμπεριφορά «βάσει γνώσης».

### Λάθη στα διάφορα επίπεδα συμπεριφοράς

Στο επίπεδο της συμπεριφοράς «βάσει εμπειρίας» τα λάθη σχετίζονται με τη μεταβλητότητα στη συσχέτιση δύναμης, χώρου ή χρόνου (Rasmussen 1982). Επίσης μπορούν να εμφα-



νιστούν λάθη που σχετίζονται με τη συνέχεια της διαδικασίας και της δυνατότητας να ακολουθηθεί αυτή πιστά. Μία τέτοια σειρά πιθανών λαθών δίνεται από τον Hale (1990b):

1. Εάν δύο ρουτίνες έχουν πανομοιότυπα βήματα για κάποιο μέρος της αλληλουχίας τους, είναι πιθανό να μεταφερθεί κανείς από τη μία στην άλλη χωρίς να το αντιληφθεί. Αυτό συμβαίνει σχεδόν πάντοτε από τη λιγότερο συχνή προς τη συχνότερη ρουτίνα (Rasmussen 1988a). Σχεδόν πάντοτε το λάθος αυτό συμβαίνει όταν ένα άτομο είναι απασχολημένο με άλλες σκέψεις.
2. Εάν κάποιος διακόπτεται κατά την εκτέλεση μιας ρουτίνας είναι πιθανό να επανέλθει σε λάθος βήμα και να χάσει ένα βήμα ή να το εκτελέσει δύο φορές.
3. Μία ρουτίνα μπορεί να διαταραχθεί κατά τον έλεγχο της, καθώς ο συνειδητός έλεγχος έχει πολύ πιο αργή δυναμική από την ελεγχόμενη ρουτίνα.
4. Εάν κάποια βήματα δείχνουν περιττά, ειδικά όταν αφορούν κινδύνους με χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης, μπορεί σταδιακά να παραλειφθούν.

Στις ρεαλιστικές ρουτίνες, όπου το άτομο διακόπτει την εργασία, την αφήνει ατελείωτη ή συγχωνεύει και μία ακόμη εργασία, το πρόβλημα ελέγχου γίνεται ακόμη μεγαλύτερο (Hollnagel 1992a). Οι πλέον επικίνδυνες καταστάσεις είναι αυτές όπου η ρουτίνα μπορεί να συνεχιστεί κανονικά μετά το λάθος και οι συνέπειες να εμφανιστούν πολύ αργότερα, ή το λάθος είναι σπάνιο (Hale, 1990b).

Στο επίπεδο της συμπεριφοράς «βάσει κανόνων» τα λάθη σχετίζονται κυρίως με την ανεπιτυχή επιλογή και εφαρμογή της κατάλληλης διαδικασίας ή με θέματα μνήμης (Rasmussen 1988a). Αφορούν κυρίως μηχανισμούς όπως η λανθασμένη αναγνώριση ή ταξινόμηση καταστάσεων, λανθασμένες σχέσεις με τις εργασίες, ή αστοχίες της μνήμης στην ανάκληση διαδικασιών. Άλλη μία κατηγορία είναι η σύγχυση εναλλακτικών, όπως + και -, δεξιά και αριστερά, πάνω και κάτω, κλπ. (Rasmussen 1988a). Οι μηχανισμοί λάθους της συμπεριφοράς «βάσει εμπειρίας», βέβαια, παραμένουν ενεργές και στο επίπεδο αυτό (Rasmussen 1982).

Στο επίπεδο της συμπεριφοράς «βάσει γνώσης» το λάθος μπορεί να προκύψει λόγω της επιλογής ενός ακατάλληλου στόχου ή της επιλογής ενός κατάλληλου στόχου με λανθασμένη εφαρμογή (Lees 1996). Γενικά είναι δύσκολο στο επίπεδο αυτό να χαρακτηριστούν οι ψυχολογικοί μηχανισμοί που οδηγούν στο λάθος (Rasmussen 1988a). Μία αντίστοιχη κατηγοριοποίηση των λαθών στο επίπεδο αυτό από τον Hale (1990b) είναι η εξής:

- Ανεπαρκής κατανόηση των αρχών (ανεπαρκή νοητικά μοντέλα).
- Ανεπαρκής χρόνος για την κατάλληλη διερεύνηση των προβλημάτων.
- Η τάση για επαναφορά σε επίπεδο «συμπεριφοράς βάσει κανόνων».

Οι δύο πρώτες κατηγορίες αφορούν τους αρχάριους και η τρίτη τους ειδικούς, οι οποίοι είναι οι πιο κατάλληλοι για λειτουργία στο επίπεδο αυτό, αλλά και αυτοί που χρειάζεται σπανιότερα από όλους να το κάνουν.



## Λάθη στη διεπιφάνεια των συμπεριφορών

Η κυριότερη αιτία λαθών είναι η αλλαγή στο περιβάλλον που απαιτεί και αντίστοιχη αλλαγή επιπέδου συμπεριφοράς. Γενικά η επαναλαμβανόμενη υλοποίηση μιας ενέργειας οδηγεί σε μία τάση για αντικατάσταση της συμπεριφοράς «βάσει γνώσης» με συμπεριφορά «βάσει κανόνων» και τη χρήση σημείων αντί συμβόλων. Αν το περιβάλλον αλλάξει με τέτοιο τρόπο που να μην μεταβάλλονται μεν τα σημεία (άρα να μην είναι εύκολος ο εντοπισμός) αλλά και να έχουν πια καταστεί ακατάλληλοι οι κανόνες, τότε το λάθος είναι αναμενόμενο. Αυτό μπορεί να συνδυάζεται με την τάση να χρησιμοποιούνται βολικά, ανεπίσημα σημεία αντί για τα καθορισμένα επίσημα σημεία για τον έλεγχο και να τροποποιούνται οι επίσημοι κανόνες ώστε να δίνουν πιο «βολικές» (για το άτομο) επιπτώσεις (Lees, 1996). Το είδος λάθους αυτό ονομάζεται «λάθος διάκρισης» (Rasmussen 1982).

Κάθε αλλαγή στο σύστημα, όπως εισαγωγή νέας τεχνολογίας, βελτιωμένη λειτουργικότητα ή οργανωτικές αλλαγές, αναπόφευκτα αλλάζει τις συνθήκες εργασίας για τους ανθρώπους στο σύστημα, άρα και τις νοητικές τους εργασίες (Hollnagel 2006). Ο κρίσιμος παράγοντας για την εξάλειψη του λάθους είναι η εξασφάλιση του κατάλληλου επιπέδου λειτουργίας την κατάλληλη στιγμή. Σημειώνεται ότι μπορεί να είναι εξίσου καταστροφική η λειτουργία είτε σε πολύ χαμηλό επίπεδο συμπεριφοράς είτε σε πολύ υψηλό επίπεδο συνειδητού ελέγχου (Hale 1990b).

Ιδιαίτερες δυσκολίες παρουσιάζονται σε περιπτώσεις ημιαυτόματης διαδικασίας όπου ο χειριστής πρέπει να παρέμβει μόνο σε περίπτωση ανάγκης. Στις περιπτώσεις αυτές ο χειριστής δεν έχει αρκετή εμπειρία ώστε να διαχειριστεί την έκτακτη κατάσταση και αν έχει λίγα για να κάνει προφανώς θα απασχολήσει το μυαλό του με κάτι άλλο (Hale 1990b). Άλλωστε, η πιθανότητα αντίληψης ενός σπάνιου σήματος είναι μάλλον μικρή (Lees 1996). Ιδιαίτερα σε συστήματα έντονου ελέγχου όπου από το άτομο απαιτείται «εμπειρική συμπεριφορά», διεγείρεται η αντίδραση «αν το σύστημα είναι τόσο έξυπνο ας λειτουργήσει μόνο του, γιατί να κάνω οτιδήποτε;». Στην περίπτωση αυτή οι άνθρωποι παραμένουν σε αυτό το επίπεδο συμπεριφοράς, αντί να αποδεχθούν συνειδητά ότι αντιμετωπίζουν μία ασυνήθιστη κατάσταση (Hale 1990b) και να αναλάβουν ανάλογη δράση.

Το μοντέλο SRK δέχτηκε κριτική από την ίδια τη γνωστική Ψυχολογία (Dougherty 1992). Αμφισβητήθηκε ότι μπορεί μια ανθρώπινη συμπεριφορά να είναι κάτι άλλο εκτός από «βάσει γνώσης», καθώς ακόμη και η συμπεριφορά «βάσει εμπειρίας» είναι κάτω από γνωστικό έλεγχο, άρα θα πρέπει να είναι «βάσει γνώσης» (Reason 1984). Επίσης, πειραματικές μελέτες σε περιβάλλον υψηλής πιστότητας δεν συμφωνούν με τη λογική του SRK (Moieni et al. 1989). Ακόμη, η ύπαρξη κανόνων (άρα και συμπεριφοράς «βάσει κανόνων») δεν φαίνεται αρκετή ως παράγοντας καθορισμού της ανθρώπινης αξιοπιστίας (Dougherty 1992).

Τέλος, σημείο κριτικής αποτέλεσε το γεγονός ότι η καταχώρηση κάθε εργασίας σε κάποια από τις τρεις γνωστικές κατηγορίες του μοντέλου γίνεται με υποκειμενική κρίση ειδικών (Kantowitz, Fujita 1990). Ακόμη και ο ίδιος ο Rasmussen είχε απορρίψει τη δυνατότητα πο-

σοτικοποίησης για το μοντέλο του: «Δεδομένων των συνήθων τύπων ενδείξεων, η κατάσταση είναι συνήθως πολύ ακανόνιστη για να επιτρέψει την ανάπτυξη ενός μοντέλου της διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων, άρα και την ταυτοποίηση των τυπικών τρόπων λάθους» (Rasmussen 1980).

#### 4.2.6.2 HCR

Σε μία προσπάθεια (Hannaman et al. 1984) συνδυασμού της γνωστικής αιτιολογικής φύσης της SRK με τη δυνατότητα ποσοτικοποίησης της TRC, δημιουργήθηκε η προσέγγιση της ανθρώπινης γνωστικής αξιοπιστίας (HCR – Human Cognitive Reliability). 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)

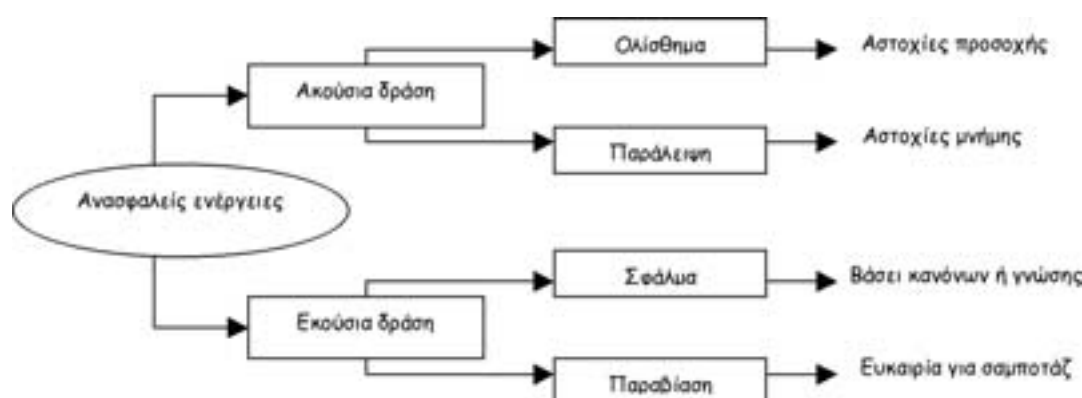
Παρά την αρχικά ευρεία αποδοχή της, η HCR δέχεται έντονη κριτική τελευταία (Senders et al. 1985; Kantowitz, Fujita 1990). Η κριτική αυτή συνοψίζεται στα εξής δύο σημεία (Fujita 1992):

- Δεν έχει σταθερή ψυχολογική βάση, οπότε δεν μπορεί να διαφοροποιήσει τις ξεχωριστές γνωστικές διαδικασίες που έχουν σαν αποτέλεσμα τον ίδιο χρόνο απόκρισης και δεν μπορεί να αντιμετωπίσει απότομες αλλαγές στο επίπεδο συμπεριφοράς βάσει εμπειρίας, κανόνων και γνώσης.
- Ο χρόνος έχει εγγενείς περιορισμούς που προκαλούν προβλήματα, όπως ότι δεν μπορούν να εξεταστούν έμπρακτα λάθη που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της διάγνωσης και φαινόμενα όπου η πιθανότητα λάθους αυξάνεται με το χρόνο για ολοκλήρωση. Τα έμπρακτα λάθη μπορούν σε κάποιο βαθμό να προβλεφθούν, όχι όμως και οι παραλείψεις (Williamson, Feyer 1990), καθώς η έλλειψη προσοχής μπορεί να συμβεί οποιαδήποτε στιγμή (Reason 1976, 1984).

#### 4.2.6.3 Μοντέλο απώλειας προσοχής

Ένα από τα πλέον διαδεδομένα μοντέλα (μαζί με το SRK) είναι το μοντέλο απώλειας προσοχής ("absentmindedness") του Reason (1990), το οποίο κάνει διάκριση των λαθών σε παραλείψεις, παραδρομές και σφάλματα. Μία παραδρομή (slip) είναι είτε ένα λάθος στην εκτέλεση ενός σωστού σχεδίου, είτε μία ακούσια ενέργεια. Μία παράλειψη (lapse) είναι ένα λάθος όπου η ηθελημένη ενέργεια δεν εκτελέστηκε λόγω αστοχίας της μνήμης. Ένα σφάλμα (mistake) είναι ένα λάθος στον καθορισμό του πλάνου δράσης, όπως διάγνωση, λήψη αποφάσεων ή σχεδιασμός.

Επιπλέον, οι παραβιάσεις είναι σκόπιμες ενέργειες που επιδιώκουν τους κατάλληλους στόχους αλλά αψηφούν κάποιο πρότυπο, διαδικασία ή πρακτική (Kletzt, 1991b). Οι εσκεμμένες παραβιάσεις δεν εξετάζονται ουσιαστικά στη βιβλιογραφία του ανθρώπινου λάθους λόγω των ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζουν (Rasmussen 1982). Γενικά οι παραβιάσεις δεν είναι μέρος της διαδικασίας της εργασίας, οπότε είναι δύσκολο να προβλεφθούν με τη χρήση συνήθως τεχνικών ανάλυσης έργου (Bellamy, Geyer 1992). Υπάρχουν, όμως, αναφορές ότι συνήθως σχετίζονται με υψηλή αυτό-εκτίμηση των δυνατοτήτων, π.χ. βρέθηκε υψηλή συσχέτιση των παραβιάσεων με την ατομική εκτίμηση των οδηγικών ικανοτήτων σε οδηγούς αυτοκινήτων (Hale 1990a).



**Σχήμα 4.1 Ταξινόμηση του Reason (Dougherty 1993)**

Αντίστοιχα με τις κατηγορίες λαθών το μοντέλο καθορίζει τις κύριες κατηγορίες «εσωτερικών προτύπων λαθών» κατά το «σχεδιασμό», την «αποθήκευση» και την «εκτέλεση», οι οποίες συσχετίζονται αντίστοιχα με τα σφάλματα, τις παραλείψεις και τις παραδρομές.

Υπάρχει κάποιο σύμπτωμα απόψεων στην αρθρογραφία (van der Schaaf 1995, Rizzo et al. 1995, Reason 1990, Kontogiannis 1997) ότι οι παραδρομές και οι παραλείψεις μπορούν να διορθωθούν σχετικά ευκολότερα από τα σφάλματα. Οι παραδρομές μπορούν να εντοπιστούν στα στάδια εκτέλεσης και έκβασης λόγω των άμεσων συγκρίσεων που μπορεί να γίνουν μεταξύ των προδιαγεγραμμένων ενεργειών (σχέδια) και των λανθασμένων ενεργειών ή εκβάσεων, καθώς το επίπεδο πολυπλοκότητας (και επιλογών) είναι πολύ μικρότερο. Τα σφάλματα συνήθως εντοπίζονται στο στάδιο της έκβασης όταν παρατηρείται ένα ανεπιθύμητο αποτέλεσμα (και είναι εύκολο να αποδοθούν σε παραλείψεις ή παραδρομές) αλλά είναι δυσκολότερο να εξηγηθούν και να διορθωθούν γιατί η εκτίμηση της κατάστασης ή του σχεδιασμού είναι λανθασμένη (Kontogiannis 1997).

Διάφοροι ερευνητές προσπάθησαν να συσχετίσουν τις προσεγγίσεις των Reason και Rasmussen (SRK):

Ο Gertman (1993) συνδυάζει:

- Τις εργασίες σε επίπεδο «βάσει εμπειρίας» με λάθη που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν εύκολα σαν παραδρομές, παραλείψεις ή απλά σφάλματα.
- Τις εργασίες σε επίπεδο «βάσει κανόνων» με παραδρομές (ανάκληση λάθος κανόνα), πα-

ραλείψεις (αδυναμία ανάκλησης οποιουδήποτε κανόνα) ή σφάλματα (κακή εκτίμηση της κατάστασης και ανάκληση του σωστού κανόνα για τη λάθος κατάσταση).

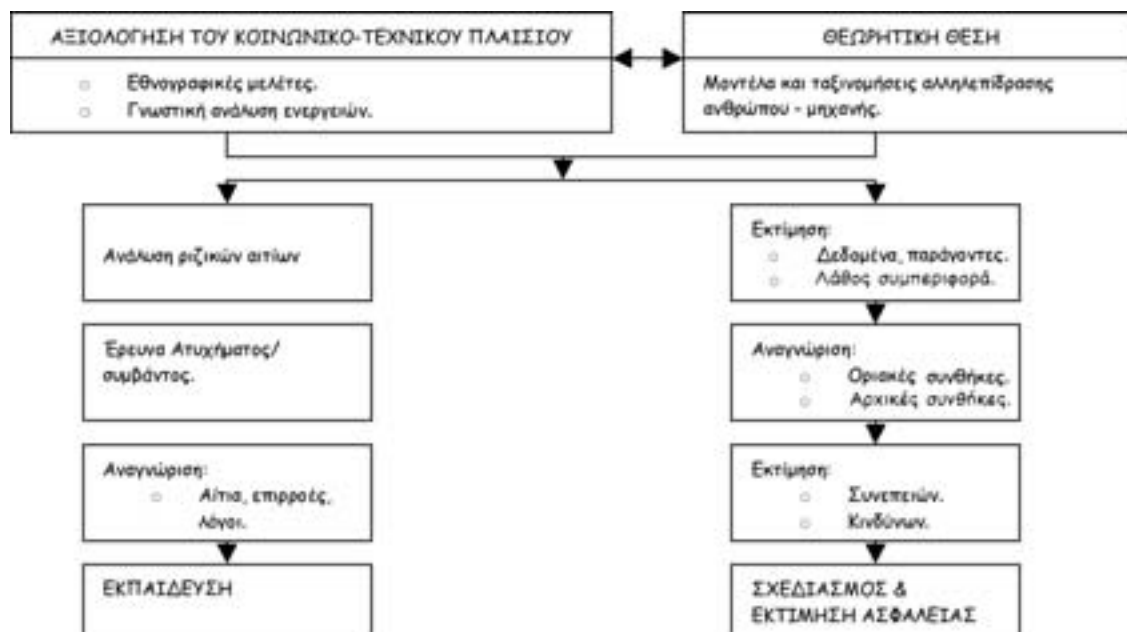
- Τις εργασίες σε επίπεδο «βάσει γνώσης» με παραλείψεις (στη σκέψη και σχετική προηγούμενη εμπειρία ή κατάρτιση που ξεχνιέται) και σφάλματα (παραγωγή κακών υποθέσεων ή χρήση ακατάλληλης αναλογίας στην προσπάθεια να λυθούν προβλήματα).

Αντίστοιχη προσπάθεια έγινε και από τον Fujita (1992), σύμφωνα με τον οποίο αντιστοιχούν τα ολισθήματα και οι παραλείψεις στο επίπεδο «βάσει εμπειρίας», τα σφάλματα κανόνων στο επίπεδο «βάσει κανόνων» και τα σφάλματα γνώσης στο επίπεδο «βάσει γνώσης».

Το μοντέλο του Reason επίσης κάνει διάκριση σε επίπεδα συμπεριφοράς, οπότε υπάρχει το πρόβλημα της αντικειμενικότητας στην κατηγοριοποίηση αλλά και η αδυναμία ποσοτικοποίησης.

#### 4.2.6.4 HERMES

Μία αναλυτική – συνθετική μέθοδος βασισμένη, όμως, στις αρχές της γνωστικής ψυχολογίας είναι η μέθοδος HERMES (Human Error Risk Management for Engineering Systems - Cacciabue 2004). Η μέθοδος αυτή επιχειρεί να λάβει υπόψη όλες τις οπτικές γωνίες και να καθορίσει μία χρονική και λογική σειρά στην εκτίμηση κινδύνου. 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.



Σχήμα 4.2 Μοντέλο HERMES (Cacciabue 2004)

#### 4.2.6.5 TALENT

Η προσέγγιση TALENT (Task Analysis-Linked Evaluation Technique – Ryan 1988) βασί-



ζεται 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, παρά από παράγοντες σχετιζόμενους με τον εξοπλισμό (Ryan 1990, USNRC 1985, USNRC 1986a, USNRC 1986b). 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.

#### 4.2.6.6 SHARP

Η μέθοδος SHARP (Systematic Human Action Reliability Procedure - Hannaman, Spurgin 1984) 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) επιτρέπει να γίνει εκμετάλλευση της γνώσης του χειριστή που συνεχώς αναγνωρίζει καταστάσεις και αναπτύσσει ελεγκτικές και εποπτικές στρατηγικές. Είναι καθαρά γνωστική ενέργεια χωρίς άμεση αλληλεπίδραση με το πραγματικό σύστημα ελέγχου. Η διάγνωση και ο σχεδιασμός γίνονται παράλληλα.
- Το δεύτερο, το χαμηλό επίπεδο λήψης αποφάσεων (Low Level Decision Making - LLDM) υποστηρίζεται από τη δυναμική της εργασιακής και συνειδητής μνήμης, όταν ο χειριστής εφαρμόζει μία προγραμματισμένη από πριν απόκριση ή μια σχεδιασμένη στρατηγική προκειμένου να ικανοποιήσει τον καθορισμένο σκοπό.

Στο HLDM, η διαδικασία σχεδιασμού βασίζεται σε τρεις βάσεις γνώσεων (Bersini et al. 1988):

- Στη βάση γνώσης σκοπού, όπου βρίσκονται όλοι οι στόχοι που μπορεί να επιτύχει ο χειριστής.
- Στη βάση γνώσης συστήματος, όπου εμπεριέχεται η δομική αναπαράσταση (μοντέλο) του συστήματος.
- Στη βάση γνώσης διαδικασιών, όπου εμπεριέχονται τα δεδομένα με τα οποία εξομοιώνεται η αναπαράσταση των φυσικών φαινομένων στο μυαλό του χειριστή. Η χρήση της γίνεται μόνο όταν ο χειριστής δεν βρίσκει μία έτοιμη διαδικασία ειδικά για τη συγκεκριμένη περίπτωση ή όταν οι εξωτερικές συνθήκες του επιτρέπουν να προβεί σε μία εις βάθος αιτιολόγηση για τη λειτουργία του συστήματος και τα συνεπαγόμενα φαινόμενα. Έτσι, χρησιμοποιείται κυρίως κάτω από κανονικές ή αργά μεταβαλλόμενες καταστάσεις, ενώ κατά τη διάρκεια έκτακτων καταστάσεων υποτίθεται ότι δεν γίνεται εις βάθος αιτιολόγηση και ο χειριστής εφαρμόζει μόνο την προσχεδιασμένη γνώση του από την εκπαίδευση ή από προηγούμενες εμπειρίες.

Το LLDM ασχολείται με την αλληλεπίδραση του χειριστή με το σύστημα και τις διεπιφάνειες του. Παρότι το συμπεριφοριστικό αυτό μέρος σπάνια εξετάζεται σε γνωστικές προσεγγίσεις θεωρείται σημαντικό για δύο λόγους (Bersini et al. 1988):



- Μόνο στο επίπεδο αυτό μπορεί να υπάρξει αποτελεσματική εξομοίωση της ανίχνευσης της ανομοιομορφίας μεταξύ της προσδοκίας ενός στόχου και των πραγματικών συνθηκών.
- Το επίπεδο αυτό προσομοίωσης εξετάζει την εμφάνιση ολισθημάτων παρά σφαλμάτων κατά τη διάρκεια της καθορισμένης διαδικασίας.

#### 4.2.6.7 Μοντέλο ανισότητας προσφοράς - ζήτησης

Το μοντέλο αυτό εξετάζει το ανθρώπινο λάθος σαν αποτέλεσμα της ανισότητας μεταξύ των απαιτήσεων του έργου και των ικανοτήτων των εκτελεστών του (Lees 1996). Σημειώνεται ότι δεν υπάρχει μία μονοδιάστατη αξιολόγηση – ταξινόμηση ικανότητας των ατόμων, η οποία θα ήγειρε και ηθικά θέματα.

Κάθε εργασία απαιτεί συγκεκριμένες ικανότητες, τις οποίες το κάθε άτομο έχει σε διαφορετικό βαθμό. Η διαφορά του απαιτούμενου επιπέδου ικανότητας της εργασίας και του διαθέσιμου επιπέδου του χειριστή καθορίζει την πιθανότητα λάθους.

Έτσι, ο σημαντικότερος παράγοντας καθορισμού είναι η πολυπλοκότητα της εργασίας. Σε συνθήκες ατυχήματος τα δυναμικά χαρακτηριστικά της αλληλουχίας των γεγονότων προσθέτουν στην εγγενή πολυπλοκότητα της κατάστασης και περιπλέκουν περαιτέρω τη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Rasmussen et al. 1987, Stassen et al. 1990, Billings 1997). Ακόμη και ένας μικρός αριθμός ψυχολογικών μηχανισμών που σχετίζονται με χαρακτηριστικά της μνήμης θα αντιστοιχούν σε μία μεγάλη ποικιλία λαθών όταν πολλαπλασιάζονται με τις απαιτήσεις της εργασίας (Reason 1987a).

Οι απόψεις μεταξύ των ερευνητών σχετικά με τα χαρακτηριστικά που καθιστούν μια εργασία πολύπλοκη δίδονται σε μεγάλο βαθμό (Campbell 1988). Κάποιοι ερευνητές (Locke et al. 1981; March, Simon 1958) τόνισαν τις απαιτήσεις της πολύπλοκης εργασίας σε γνώσεις και ικανότητα, άλλοι τόνισαν το πλήθος των διαστάσεων απόδοσης που περιλαμβάνονται σε μία εργασία (Latham, Yukl 1975; Payne et al. 1976), ενώ άλλοι εστίασαν στις ψυχολογικές επιπτώσεις των πολύπλοκων εργασιών (Hackman, Oldham 1975, 1976; Pierce, Dunham 1976).

Γενικά στη βιβλιογραφία, η πολυπλοκότητα αντιμετωπίζεται ως (Campbell 1988):

- Βασικά ψυχολογική εμπειρία. Η εξέταση της πολυπλοκότητας ως ψυχολογικής εμπειρίας είναι μόνο μερική. Δεν υπάρχουν μελέτες που να αντιμετωπίζουν την πολυπλοκότητα της εργασίας αποκλειστικά σαν ψυχολογική εμπειρία του ατόμου που την εκτελεί παρότι η ψυχολογική διάσταση είναι παρούσα σε πολλές προσεγγίσεις.
- Αλληλεπίδραση μεταξύ εργασίας και χαρακτηριστικών του ατόμου. Οι εργασίες είναι περισσότερο ή λιγότερο πολύπλοκες ανάλογα με τις ικανότητες του ατόμου που εκτελεί την εργασία (March, Simon 1958). Μία εργασία που για κάποιον είναι απλή μπορεί να είναι πολύπλοκη για κάποιον άλλο (Hollnagel 2005c).
- Συνάρτηση των αντικειμενικών χαρακτηριστικών της εργασίας. Πρώτον, οι πολύπλοκες εργασίες χαρακτηρίζονται από άγνωστες ή αβέβαιες εναλλακτικές, ή συνέπειες μιας πράξης. Δεύτερον, τέτοιες ενέργειες χαρακτηρίζονται από ανακριβείς ή άγνωστες σχέσεις μέσων – στόχων. Τέλος, οι πολύπλοκες εργασίες χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη ενός αριθμού υπο-εργασιών, οι οποίες είτε μπορούν να αναλυθούν σε σχεδόν ανεξάρτητα τμή-

ματα, είτε όχι (March, Simon 1958). Ομοίως, η πολυπλοκότητα μπορεί να οριστεί με όρους πολλαπλότητας μέσων – στόχων, δηλαδή της ύπαρξης διαφόρων τρόπων για την ολοκλήρωση μιας εργασίας: μια αντίληψη μέσων – στόχων (Terborg, Miller 1978).

Πέραν, όμως, των υποκειμενικών στοιχείων της πολυπλοκότητας της εργασίας, υπάρχουν και αντικειμενικά στοιχεία πολυπλοκότητας.

- Πολλαπλές διαδρομές. Μία αύξηση στον αριθμό των πιθανών τρόπων για να φτάσει κανείς στο επιθυμητό αποτέλεσμα αυξάνει το φόρτο πληροφοριών και έτσι αυξάνει την πολυπλοκότητα.
- Πολλαπλές εκβάσεις. Καθώς αυξάνεται το πλήθος των επιθυμητών εκβάσεων μιας εργασίας, η πολυπλοκότητα αυξάνει επίσης. Όμως υπάρχει μία εξαίρεση στο γενικό αυτό συμπέρασμα: αν τα επιθυμητά αποτελέσματα έχουν θετική συσχέτιση, ο βαθμός πολυπλοκότητας μειώνεται. Η θετική συσχέτιση δημιουργεί παραλληλίες.
- Αντιτιθέμενες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαδρομών. Αντίθετα, η πολυπλοκότητα μπορεί να προκύψει λόγω αρνητικών συσχετίσεων μεταξύ των επιθυμητών εκβάσεων.
- Αβέβαιες ή πιθανοκρατικές σχέσεις. Οι απαιτήσεις της επεξεργασίας πληροφοριών αυξάνονται ουσιαστικά αν η σχέση μεταξύ των ενεργειών των πιθανών διαδρομών και των επιθυμητών εκβάσεων δεν μπορεί να καθοριστεί με βεβαιότητα.
- Σχετιζόμενα χαρακτηριστικά. Άλλα χαρακτηριστικά που μπορεί να σχετίζονται, όπως η ανυπαρξία δομής, η αμφιβολία και η δυσκολία απαιτούν ιδιαίτερη θεώρηση λόγω του ότι η σχέση τους με την αντικειμενική πολυπλοκότητα των εργασιών δεν είναι απλή.

Η οικειότητα ενός ατόμου με την εργασία, η άμεση μνήμη του, το εύρος της προσοχής του, η υπολογιστική ικανότητα, η διαθεσιμότητα των εργαλείων, οι χρονικοί περιορισμοί, κλπ. μπορούν να μεταβάλλουν τη σχέση μεταξύ αντικειμενικής και μαρτυρούμενης πολυπλοκότητας (Campbell, 1988).

Το μοντέλο αυτό, όμως, δυσκολεύεται να εξηγήσει γιατί ένα άτομο κάνει λάθος κάποιες μόνο φορές σε μία εργασία και όχι πάντοτε (Hollnagel 2005c), ενώ είναι δύσκολο να οριστούν και να μετρηθούν οι απαραίτητες ή διαθέσιμες ικανότητες, αφού αποτελούν ποιοτικά χαρακτηριστικά. Χρησιμεύει κυρίως σαν άποψη παρά σαν υπολογιστικό μοντέλο, αφού αγνοεί βασικές παραμέτρους (π.χ. σχετιζόμενες με το πλαίσιο ή τις διαφορετικές καταστάσεις του ατόμου).

#### 4.2.7 Προσεγγίσεις επεξεργασίας πληροφορίας

*«Δεν υπάρχει τρόπος να εκτιμηθεί ή να προβλεφθεί το πότε οι άνθρωποι θα υπερφορτωθούν νοητικά ... Επίσης, δεν υπάρχουν μελέτες σχετικά με την αποτελεσματικότητα με την οποία οι άνθρωποι σχεδιάζουν την κατανομή των ικανοτήτων τους στα διάφορα καθήκοντα με ταυτόχρονες απαιτήσεις αλλά τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν ότι δεν είναι ιδιαίτερα καλοί σε αυτό» (Morrays 1990).*

Σύμφωνα με τα μοντέλα της προσέγγισης αυτής, το λάθος σχετίζεται με τους μηχανισμούς

μετάδοσης – λήψης και επεξεργασίας της πληροφορίας. Με άλλα λόγια είναι αποτέλεσμα είτε της νοητικής υπερφόρτωσης είτε των προβλημάτων στην επικοινωνία πομπού - δέκτη. Η υπερφόρτωση πληροφοριών μπορεί να καθοριστεί αντικειμενικά υπό την έννοια ενός ορίου στον αριθμό των bits τα οποία μπορεί να μεταφέρει ένα ανθρώπινο κανάλι εισαγωγής δεδομένων. Οι καταστάσεις υπερφόρτωσης πληροφοριών μπορεί να είναι προβλέψιμες, αλλά μπορούν να προκύψουν και χωρίς προειδοποίηση. Όταν συμβούν το άτομο τυπικά θα προσπαθήσει να ανταποκριθεί με τη χρήση περισσότερο γνωστών αντιδράσεων ή ρουτινών αντίδρασης (Hollnagel 1992a).

Μία από τις εναλλακτικές προτάσεις που έγιναν ήταν αυτή της ομοιόστασης δυσκολίας (αντίστοιχη με την RHT του Κεφαλαίου 3), δηλαδή η εξισορρόπηση του επιπέδου δυσκολίας αντί του επιπέδου επικινδυνότητας (Spurr 1969, Brehmer 1990, Brown 1990, Fuller 2005). Δηλαδή, όπου υπάρχει ευελιξία, οι εργαζόμενοι εργάζονται ομοιοστατικά για να επιτύχουν ένα βέλτιστο φόρτο εργασίας, ψάχνοντας εργασίες όταν ο φόρτος είναι χαμηλός και αναβάλλοντας τις όταν αυξάνεται (Wickens, Hollands 2000). Η δυσκολία είναι αντιστρόφως ανάλογη της διαφοράς απαιτήσεων και ικανότητας. Όσο πιο κοντά στην ικανότητα είναι οι απαιτήσεις τόσο λιγότερη εφεδρική ικανότητα θα υπάρχει για να αντιμετωπιστεί ένα ξαφνικό πρόβλημα. Στο σημείο αυτό θα συγκλίνουν η υποκειμενική εκτίμηση και η αίσθηση του κινδύνου (Fuller 2005). Η αντίληψη αυτή είναι συμβατή και με προσεγγίσεις στο ανθρώπινο λάθος ως ανισότητα απαιτήσεων και διαθέσιμων πόρων αντιμετώπισης (Dekker 2002).

Η νοητική υπερφόρτωση είναι μία κατάσταση που μπορεί να εμφανιστεί με διάφορες μορφές. Νοητικές δυσχέρειες μπορεί να προέλθουν και από την απαίτηση από έναν χειριστή να αναλάβει έργα που δεν είναι το *forte* του, όπως τα σπάνια φαινόμενα, ή η χειροκίνητη ανάληψη ελέγχου σε μία κατάσταση συναγερμού (Kletz, 1991c).

Σε μία κατάσταση έκτακτης ανάγκης ο ειδικός βρίσκεται κάτω από μεγάλο στρες και πρέπει να βρει μία κατάλληλη λύση σε πολύ περιορισμένο χρόνο. Σε μία τέτοια κατάσταση καμία σύνθετη αιτιολογική δράση δεν μπορεί να διενεργηθεί και οι ειδικοί βασίζονται στην προηγούμενη εμπειρία τους σε ανάλογες καταστάσεις (Cacciabue 1998). Το μοντέλο «ακαμψίας στην απειλή» (Staw et al. 1981, Hollnagel 1992) υποστηρίζει ότι άτομα που βρίσκονται αντιμέτωπα με απειλές γίνονται άκαμπτα και πιθανότερο είναι να ανταποκριθούν με τρόπο όμοιο με προηγούμενες αντιδράσεις. Αντίθετα, υπάρχουν μελέτες που υποστηρίζουν ότι τα άτομα κατά τη διάρκεια ατυχημάτων συνήθως γίνονται καινοτόμα και χρησιμοποιούν ασυνήθιστους τρόπους για την αντιμετώπιση των κινδύνων (Apostolakis 2004). Όταν, όμως, ένας εφεδρικός χειριστής καλείται να αναλάβει δράση μπορεί να χρειαστεί κάποιο χρόνο μέχρι να φράσει σε ικανοποιητικό επίπεδο ανταπόκρισης ανάλογα με τις συνθήκες (Clarke 2005).

Έρευνες (Barlett 1943, Mosneron-Dupin et al. 1997) έδειξαν ότι κάτω από στρες η τάση είναι να ακολουθηθούν εμπειρικές υπο-ρουτίνες, οι οποίες άλλωστε και νομιμοποιούν το λήπτη αποφάσεων για τις επιλογές του. Αν οι χειριστές διαπιστώσουν ότι δεν μπορούν να ακολουθήσουν πια τις οδηγίες, δεν θα θέσουν εκ νέου το θέμα αλλά θα ακολουθήσουν αυτό που πιστεύουν ως την πλησιέστερη ισοδύναμη δράση (Kletz, 1991c).

Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις ένα άτομο μαθαίνει να χειρίζεται έκτακτες καταστάσεις

μόνο κατά την εκπαίδευση, καθώς τέτοιες καταστάσεις δεν εμφανίζονται στην καθημερινότητα. Αυτό συντελεί στη δημιουργία νοητικών προκαταλήψεων στην πλευρά του χειριστή, ο οποίος οδηγείται να υπερεκτιμήσει την ικανότητα του συστήματος να ανταποκρίνεται σε ανωμαλίες (Cacciabue 1998).

Δίνοντας βαρύτητα στις πιέσεις όσον αφορά το ατύχημα ο Park (1987) διέκρινε τις ακόλουθες ομάδες:

- Πιέσεις σχετιζόμενες με το έργο.
- Πιέσεις σχετιζόμενες με την φυσικο-ψυχολογική κατάσταση του ατόμου.
- Περιβαλλοντικές πιέσεις, φυσικές ή κοινωνικές.

Οι πιέσεις αυτές δεν είναι αντικειμενικές. Διαφορετικά άτομα έχουν διαφορετικά συναισθήματα πίεσης για τις ίδιες συνθήκες – συνήθως ακόμη και το ίδιο το άτομο έχει διαφορετική αίσθηση στρες για την ίδια κατάσταση. Έτσι είναι δύσκολο να καθοριστούν τα όρια του στρες για ένα συγκεκριμένο έργο (Hudoklin, Rozman 1992).

Έχει αποδειχθεί ότι μετά από έντονο ψυχολογικό στρες, το οποίο μπορεί να προέλθει και από εξωγενείς προς την εργασία παράγοντες (προσωπική ζωή), το σώμα δεν επιστρέφει στη φυσιολογική του κατάσταση για περισσότερο από 24 ώρες, οπότε στο διάστημα αυτό ο εργαζόμενος βρίσκεται σε ένα άγνωστο επίπεδο αποτελεσματικότητας (Morray 1990).

Μία σχετική έννοια είναι αυτή της ακούσιας ανάπαυσης ("involuntary rest"), σύμφωνα με την οποία η επανάληψη της ίδιας διαδοχής εναύσματος – απόκρισης οδηγεί σε μία νευρική κατάσταση οίονει κόπωσης που απαιτεί μία περίοδο ακούσιας ανάπαυσης, κατά την οποία δίνεται σημασία στην τρέχουσα εργασία. Η περίοδος αυτή είναι μεγαλύτερη σε εξωστρεφή άτομα (Eyesenck 1962) που εμφανίζεται να έχουν περισσότερα ατυχήματα (Fine 1963).

Η τάση των τελευταίων ετών να μεταβάλλεται ο έλεγχος που ασκεί ο εργαζόμενος στην εργασία του από ενεργός σε εποπτικός δημιουργεί ερωτήματα (Nachreiner et al. 2006) για την αποτελεσματικότητα του ατόμου σε τέτοια καθήκοντα, ιδιαίτερα αν οι συνέπειες είναι μεγάλες («οξύ άκρο», Reason 2000). Εργονομικά δεδομένα (Bainbridge 1983) υποστηρίζουν την άποψη αυτή, καθώς έχει βρεθεί ότι η έξοδος τους από την κυκλική ανάδραση της εργασίας (άρα και τη σχετική απόκτηση εμπειριών υπό κανονικές συνθήκες) θα έχει σαν αποτέλεσμα την ανεπαρκή ανταπόκριση τους υπό μη-κανονικές συνθήκες.

Γενικά, σύμφωνα με τα μοντέλα επεξεργασίας πληροφορίας, το είδος του λάθους εξαρτάται από τη διαχείριση της πληροφορίας, η οποία προσαρμόζεται στις προτεραιότητες (ή πιέσεις) που υπάρχουν:

- Εάν η προτεραιότητα είναι να ολοκληρωθεί μία συνεχιζόμενη ενέργεια χωρίς να ενοχληθεί από άλλα συμβάντα, το αποτέλεσμα θα είναι το λάθος παράλειψης.
- Εάν η προτεραιότητα είναι να μειωθεί ο χρόνος για την ολοκλήρωση της τρέχουσας ενέργειας, πιο κατάλληλη εμφανίζεται η μείωση της ακρίβειας.
- Εάν η προτεραιότητα είναι να μη χαθεί καμία πληροφορία, μία απάντηση θα ήταν η ουρά αναμονής, αλλά θα ήταν αποτελεσματική μόνο εάν η υπερφόρτωση πληροφοριών εί-



ναι προσωρινή.

- Εάν οι περιορισμοί χρόνου/χωρητικότητας είναι έντονοι, μπορεί να γίνει αποδεκτή η παράλειψη συγκεκριμένων κατηγοριών προς όφελος άλλων (π.χ. αναζητώντας ανακοινώσεις μόνο συγκεκριμένου τύπου). Το φιλτράρισμα, όμως, από μόνο του απαιτεί ότι με κάποιο τρόπο γίνεται επεξεργασία όλων των πληροφοριών.
- Εάν είναι αρκετό να μη σημειωθούν μεγάλες διακυμάνσεις (ακραίες τιμές), η αποκοπή κατηγοριών μπορεί να είναι κατάλληλη (Hollnagel 1992a).

Μία ιδιαίτερη περίπτωση είναι το μοντέλο χάσματος πληροφορίας (info gap - Ben-Heim 2001, Ben-Heim 2004) σύμφωνα με το οποίο 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.

Η διαπροσωπική επικοινωνία είναι άλλη μία πηγή λαθών. Παράτίθεται πίνακας με σχετικά είδη λάθους.

#### **Πίνακας 4.3 Λάθη που σχετίζονται με τη διαπροσωπική επικοινωνία (Bellamy, 1983)**

##### **1. Λάθη πομπού**

###### **α. στην κωδικοποίηση της πληροφορίας**

Η πληροφορία δεν κωδικοποιήθηκε (π.χ. το μήνυμα δεν περιέχει πληροφορία)

Η πληροφορία είναι αμφίβολη (π.χ. εννοιολογική αβεβαιότητα)

Η πληροφορία είναι ατελής (π.χ. παράλειψη λεπτομερειών)

Η πληροφορία ή ο κώδικας είναι λανθασμένη (π.χ. λάθος αξίες ή λάθος όροι)

Ο κώδικας είναι ακατάλληλος (π.χ. κώδικας ξένος προς τον επιθυμητό δέκτη)

###### **β. στη μεταφορά της πληροφορίας**

Η πληροφορία δεν μεταδίδεται (π.χ. δεν απεστάλη, δεν κατεγράφη)

Η πληροφορία δεν μεταδίδεται έγκαιρα (π.χ. πολύ αργά για δράση)

Η πληροφορία μεταδίδεται από λάθος κανάλι (π.χ. μη χρήση του συνήθους καναλιού)

Μη αναγνωρίσιμη πληροφορία δεν επαναλήφθηκε (π.χ. αδυναμία επανάληψης)

Αναγνωρίσιμη πληροφορία δεν διορθώθηκε (π.χ. σφάλμα που δεν αναγνωρίστηκε)

##### **2. Λάθη δέκτη**

Αποτυχία ανάκτησης μηνύματος (π.χ. δεν διαβάσει καταγραφές, αγνοεί το μήνυμα)

Ατελής αποκωδικοποίηση του μηνύματος (π.χ. ξεχασμένες λεπτομέρειες)

Λανθασμένη αποκωδικοποίηση του μηνύματος (π.χ. κακή μετάφραση)

Μη αναγνωρίσιμη απόδειξη παραλαβής (π.χ. δεν απεστάλη ανάδραση)

Αναγνώριση απόδειξης αλλά όχι ανάδραση αποκωδικοποίησης (π.χ. μη αποστολή πίσω του αποκωδικοποιημένου περιεχομένου)

Αμφίβολη ανάδραση ή αποκωδικοποίηση μηνύματος (π.χ. εννοιολογική αβεβαιότητα)

##### **3. Λάθη στην επιπλέον καταγραφή απεσταλμένων ή ληφθέντων μηνυμάτων**

Απεσταλμένη πληροφορία που δεν καταγράφηκε (π.χ. δεν σημειώθηκε)

Ληφθείσα πληροφορία που δεν καταγράφηκε (π.χ. δεν σημειώθηκε)

Πληροφορία που καταγράφηκε αλλά κωδικοποιήθηκε ανεπαρκώς (π.χ. σε γραπτή αναφορά).



## 4.2.8 Κοινωνικο-τεχνικά συστήματα

*«Φαίνεται απαραίτητο να περιληφθούν κλιματικοί παράγοντες που σχετίζονται με συναισθηματικές πλευρές κινήτρων της κατάστασης εργασίας, όπως και ψυχολογικοί παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες δεν εμφανίζονται άμεσα στην αιτιολογική αλυσίδα γεγονότων αλλά μπορούν να την επηρεάσουν αλλάζοντας τα ανθρώπινα όρια ικανότητας, υποκειμενικές προτιμήσεις στην επιλογή νοητικών στρατηγικών και στόχων κ.λπ.» (Rasmussen 1982).*

Το οργανωσιακό ή κοινωνικο-τεχνικό μοντέλο αναδεικνύει τη συνεισφορά των οργανωσιακών και ευρύτερων κοινωνικο-τεχνικών παραγόντων στο ανθρώπινο λάθος (Lees 1996). Εφόσον τα πολύπλοκα τεχνολογικά συστήματα (όπου το ανθρώπινο λάθος είναι πιο κρίσιμο) λειτουργούν από ομάδες ατόμων θα πρέπει να εξετάζεται η ομαδική συμπεριφορά στην ανάλυση αξιοπιστίας και ασφάλειας τέτοιων συστημάτων. Η ομαδική συμπεριφορά επηρεάζεται όχι μόνο από τις γνωστικές διαδικασίες κάθε ατόμου αλλά και από την επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ τους σε μία δυναμική κατάσταση. Σε τέτοιες καταστάσεις, όμως, τα πρότυπα επικοινωνίας και συνεργασίας δεν μπορούν να προδιαγραφούν (Shu et al. 2002).

*«Η συμπεριφορά ενός πληρώματος χειριστών δεν είναι γραμμικός συνδυασμός της συμπεριφοράς ανεξάρτητων χειριστών» (Kantowitz, Fujita 1990).*

Δύο σημαντικές έννοιες στην προσέγγιση αυτή είναι η «ομαδική σκέψη» ("team thinking") για τα συστήματα ανεξάρτητων στοιχείων και η «εξάρτηση» ("dependence") για τα συστήματα αλληλεξαρτημένων στοιχείων (Greenstreet, 2001) αντίστοιχα:

«Ομαδική σκέψη» είναι το φαινόμενο κατά το οποίο οι άνθρωποι υιοθετούν την λανθασμένη κρίση κάποιου άλλου χωρίς πολλή σκέψη. Έτσι ένα τέτοιο λάθος κάποιου ατόμου μεταφέρεται αμετάβλητο από τους άλλους. Συναφές φαινόμενο είναι αυτό κατά το οποίο ένα άτομο που έχει κάνει ένα λάθος, το επαναλαμβάνει γιατί έχει πειστεί ότι «πρέπει να είναι σωστό» («mind set»). Τα φαινόμενα αυτά θεωρούνται από τους σημαντικότερους λόγους αστοχίας συστημάτων που έχουν ανεξάρτητα διαδοχικά μέτρα πρόληψης (όταν αυτά ενεργοποιούνται από ανθρώπινες κρίσεις). Ένα λάθος δεν θα διορθωθεί σε όλη την πορεία γιατί θα υιοθετείται διαδοχικά και χωρίς σκέψη από όλους (π.χ. λόγω εμπιστοσύνης στις ικανότητες του προηγούμενου χειριστή).

Η «εξάρτηση» χρησιμοποιείται σαν γενικός όρος προκειμένου να περιγράψει την κατάσταση όπου οι πιθανότητες αστοχίας «ανεξάρτητων» συνιστωσών δεν είναι στην πράξη ανεξάρτητες, αλλά με κάποιο τρόπο υπό συνθήκη πιθανότητες. Η εξάρτηση του ανθρώπινου λάθους αφορά την κατάσταση όπου κάποια μορφή προσωπικού, δια-προσωπικού ή εξωτερικού παράγοντα δημιουργεί μία ζεύξη μεταξύ δύο ειδικά ανεξάρτητων δράσεων ή γεγονότων. Συνεισφέροντες παράγοντες όπως η ποιότητα της διεπιφάνειας ανθρώπου – μηχανής επηρεάζουν τόσο το ενδεχόμενο εμφάνισης εξαρτήσεων, όσο και το ενδεχόμενο ανίχνευσης τέτοιων λαθών. Έτσι, λειτουργικοί παράγοντες όπως ο διαθέσιμος χρόνος για ανίχνευση και διόρθωση λαθών θα επηρεάσουν το ίδιο το ενδεχόμενο λαθών (Greenstreet, 2001).

Η εξάρτηση του ανθρώπινου λάθους είναι μία ειδική περίπτωση, η οποία εμφανίζεται όπου οι πιθανότητες ανθρώπινων πράξεων ή λαθών, ή σειρές πράξεων ή λαθών, συνδέονται μεταξύ τους στενότερα από ότι αν ήταν τυχαία γεγονότα (ήτοι οι πιθανότητες τους είναι υπό συνθήκη). Υπάρχουν δύο είδη τέτοιας εξάρτησης:

- Λάθη κοινής αιτίας, όπου (για παράδειγμα) μία σειρά ανθρώπων διαπράττουν το ίδιο ή διαφορετικά λάθη λόγω π.χ. κακής εκπαίδευσης ή κακοσχεδιασμένων συστημάτων. Στην περίπτωση αυτή η πιθανότητα να διαπράξει κάθε άτομο ένα λάθος εξαρτάται από την κοινή συνθήκη (π.χ. την κακή εκπαίδευση).
- Ανθρώπινα προκαλούμενη (ενδο-συστηματική) εξάρτηση, όπου η ανθρώπινη δράση δημιουργεί μία εξάρτηση μεταξύ δύο ή περισσότερων ειδικών ανεξάρτητων συστημάτων, όπως ένας ελλιπώς εκπαιδευμένος τεχνικός που κάνει το ίδιο λάθος σε όλα τα παράλληλα εφεδρικά συστήματα, εξουδετερώνοντας τα όλα.

Το οργανωσιακό μοντέλο δεν είναι επαρκές από μόνο του, καθώς δεν εντοπίζει τη γέννηση του λάθους. Είναι, όμως, απαραίτητο στοιχείο για την εξέταση ενός πολύπλοκου συστήματος όπου οι αλληλεπιδράσεις είναι το κυρίαρχο στοιχείο.

### 4.3 Κριτική μοντέλων πρώτης γενιάς

*«Η γενική έλλειψη δεδομένων ανθρώπινης αξιοπιστίας και η περιορισμένη ύπαρξη ειδικών στους ανθρώπινους παράγοντες έχει σαν αποτέλεσμα μία μακρά και ανιαρή διαδικασία κατά την εκτίμηση της επικινδυνότητας» (Raafat, Abdouni 1987).*

Οι προαναφερθείσες μέθοδοι ονομάζονται γενικά στη βιβλιογραφία ως «μοντέλα 1ης γενιάς» λόγω της χρονικής τους εμφάνισης και της διαφοροποίησης τους από τα μοντέλα (2ης γενιάς) που ακολούθησαν. Οι σημαντικότεροι περιορισμοί των μεθόδων πρώτης γενιάς είναι (Mosleh, Chang 2004; Swain 1990; Stanton, Baber 1996):

- Απέτυχαν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά τη σημαντικότερη κατηγορία λαθών, τα έμπρακτα λάθη (commission). Επικεντρώθηκαν στη μελέτη των τρόπων με τους οποίους ο άνθρωπος πράττει παρά τη βούληση του και δεν πέτυχαν στη μελέτη των ηθελημένων ενεργειών του ανθρώπου που δεν είναι λογικές.
- Δεν προσέφεραν μία πειστική βάση πιθανοτήτων λάθους. Τα καθαρά θεωρητικά μοντέλα (π.χ. SRK ή απώλειας προσοχής) είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν, ενώ τα αναλυτικά μοντέλα (π.χ. THERP) δεν είχαν πειστική θεωρητική βάση με επαρκή εξήγηση των μηχανισμών.
- Δεν έδωσαν μία αιτιολογική εικόνα του λάθους του χειριστή. Παρότι υπήρξαν καθαρά γνωστικές προσεγγίσεις, δεν εμβάθυναν αρκετά ώστε να δοθεί η ολιστική αιτιολογική εικόνα.
- Δεν ήταν αρκετά δομημένες ώστε να μειωθεί η μεταβλητότητα των αναλύσεων μεταξύ διαφορετικών αναλυτών. Η έλλειψη δεδομένων αναγκαστικά οδηγεί σε υποκειμενικές κρίσεις ειδικών. Τα μοντέλα 1ης γενιάς δεν έδωσαν όμως ένα ενιαίο πλαίσιο που να επιτρέπει περιορισμό της υποκειμενικότητας ή σύγκλιση, αλλά ούτε έδωσαν και κάποια βά-

ση για κοινή δομή στις προσεγγίσεις διαφορετικών αναλυτών ώστε οι απόψεις τους να είναι τουλάχιστο συγκρίσιμες.

- Βασίστηκαν στην παραδοχή ότι μπορεί να υπολογιστεί η πιθανότητα βάσει κάποιων συναρτήσεων παραγόντων καθορισμού απόδοσης (PSF), η οποία φαίνεται ανέφικτη για διάφορους λόγους που σχετίζονται τόσο με την οικουμενικότητα των PSF, όσο και με τη δυνατότητα εντοπισμού όλων των PSF αυτών και των αλληλεπιδράσεων τους.

Λόγω των παραπάνω ανεπαρειών, οι μεθοδολογίες ανάλυσης ανθρώπινης αξιοπιστίας τείνουν να βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στη γνώση, εμπειρία και κρίση.

## 4.4 Μοντέλα 2ης γενιάς

*«Η καλύτερη εφαρμογή των συμπερασμάτων της ανάλυσης ανθρώπινων παραγόντων δεν θα οδηγήσει σε λιγότερα λάθη, αλλά σε πιο προβλέψιμα λάθη» (Swain 1990).*

Τα τελευταία χρόνια, η «δεύτερη γενιά» της ανθρώπινης αξιοπιστίας έφερε μεθόδους όπως η IDAC (Mosleh, Chang 2004), η ATHEANA (Cooper et al. 1996), MERMOS (Bieder et al. 1998), CAHR (Sträter 1996) και CREAM (Hollnagel 1998) που προσπαθούν να βελτιώσουν τα αδύνατα σημεία των μεθόδων της πρώτης γενιάς. Δεν υπάρχει κοινά αποδεκτός ορισμός της έννοιας της «δεύτερης γενιάς» μοντέλων, αλλά όλες οι μέθοδοι αυτές επιχειρούν να επεκτείνουν την εφαρμοσιμότητα της ανάλυσης ανθρώπινης αξιοπιστίας (Pyy 2000). Οι σημαντικότερες μέθοδοι (CREAM και ATHEANA) θεωρούν ότι η πιθανότητα να γίνει κάτι λάθος καθορίζεται από τις συνθήκες απόδοσης και όχι από εγγενείς πιθανότητες ανθρώπινου λάθους.

### 4.4.1 IDAC

Το IDAC (Information - Decision - Action - Crew) είναι ένα αιτιολογικό μοντέλο που βασίστηκε σε ευρήματα της γνωστικής ψυχολογίας, της συμπεριφοριστικής επιστήμης, 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 (Mosleh, Chang 2004). 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).

Το μοντέλο IDAC αποτελείται από επί μέρους μοντέλα επεξεργασίας πληροφοριών (I-information), επίλυσης προβλημάτων και λήψης αποφάσεων (D-decision) και δράσης (A-

action) ενός πληρώματος (C-crew), στα οποία οφείλει το όνομα του (Mosleh, Chang 2004).

Το μοντέλο I καλύπτει την αντίληψη, σύγκριση, αφαίρεση και ομαδοποίηση των πληροφοριών και περιλαμβάνει τρία είδη μνήμης: εργασιακή μνήμη (αποθήκευση περιορισμένης πληροφορίας σχετικά με την τρέχουσα γνωστική διαδικασία), ενδιάμεση μνήμη (θεωρητικά απεριόριστης χωρητικότητας που αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με τις πρόσφατες γνωστικές διαδικασίες και μπορεί εύκολα να ανακληθεί με το κατάλληλο ερέθισμα) και «βάσει γνώσης» (επίσης απεριόριστης χωρητικότητας που αποθηκεύει πληροφορίες για τη λύση προβλημάτων από γνώση που προέρχεται από εκπαίδευση).

Το μοντέλο D καλύπτει τόσο τις στρατηγικές λήψης αποφάσεων (δηλαδή την ανάκληση υφιστάμενων εναλλακτικών ή δημιουργία νέων), όσο και τη λήψη αποφάσεων (επιλογή εναλλακτικής μέσω βελτιστοποίησης κόστους – οφέλους) και αντιστοιχεί στη διάγνωση και σχεδιασμό δράσης.

Το μοντέλο IDAC λαμβάνει υπόψη τόσο τη νοητική κατάσταση, δηλαδή τα συναισθήματα του ατόμου έναντι ενός ερεθίσματος, όσο και προσωπικά χαρακτηριστικά και την επίδραση της ομάδας. Για το λόγο αυτό εισάγει τα μεγέθη TCL (Time-Constraint-Load) για το στρες λόγω χρονικών περιορισμών και TRL (Task-Related-Load) για το στρες λόγω απαιτήσεων.

Τα λάθη εντοπίζονται σε σχέση με δύο σκευχή αναφοράς: εσωτερικά και εξωτερικά. Τα εξωτερικά περιλαμβάνουν το σύστημα, τις διαδικασίες και το πλήρωμα:

- Η συμπεριφορά του πληρώματος συγκρίνεται με τις ανάγκες του συστήματος ή την πραγματική κατάσταση του συστήματος.
- Η συμπεριφορά του πληρώματος συγκρίνεται με τις απαιτήσεις των διαδικασιών.
- Οι απαιτήσεις των διαδικασιών συγκρίνονται με τις ανάγκες του συστήματος.

Η διαφωνία μεταξύ απαιτήσεων και καταστάσεων οποιωνδήποτε από τα τρία είναι ένα λάθος.

Τα εσωτερικά περιλαμβάνουν τα αντίστοιχα μοντέλα του IDAC (Πληροφορία, Απόφαση, Δράση) και ανατρέχουν στην εσωτερική γνωστική διαδικασία για να εξετάσουν την περίπτωση όπου υπήρχαν σωστά δεδομένα εισόδου αλλά λανθασμένα δεδομένα εξόδου. Αντίστοιχα του σημείου I, D, A όπου εντοπίζεται το λάθος υπάρχουν και είδη λάθους (π.χ. παράλειψη, λάθος απόφαση, κ.λπ.)

#### 4.4.2 CREAM

Η μέθοδος CREAM (Cognitive Reliability Error Analysis Method – Hollnagel 1998) παρουσιάζει ένα σύστημα ταξινόμησης λαθών που συμπεριλαμβάνει ατομικούς, τεχνολογικούς και οργανωσιακούς παράγοντες (Konstantinidou et al. 2006). Χρησιμοποιεί μία διαδικασία για το πώς η ταξινόμηση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση ή πρόβλεψη της απόδοσης με τη χρήση ενός πλαισιακού γνωστικού μοντέλου (COCOM – Cognitive Control Model – Hollnagel 1998). Βασική αρχή της μεθόδου CREAM είναι ότι η ανθρώπινη απόδοση εξαρ-

τάται σε μεγάλο βαθμό από την κατάσταση. Η διάκριση γίνεται σε τέσσερα επίπεδα ελέγχου (Hollnagel 1998, Hollnagel 1992a, Konstantinidou et al. 2006):

- Στο ακανόνιστο (στοχαστικό) επίπεδο ελέγχου η επιλογή της επόμενης ενέργειας είναι τυχαία. Δεν υπάρχει σημαντική σχέση μεταξύ της κατάστασης και των ενεργειών. Αυτή είναι η συνήθης περίπτωση δράσης ατόμων σε πανικό.
- Στο ευκαιριακό επίπεδο ελέγχου η επόμενη ενέργεια καθορίζεται από τα πλέον εμφανή χαρακτηριστικά. Εφαρμόζεται όταν η ασυνέπεια της γνώσης είναι μεγάλη είτε λόγω έλλειψης εμπειρίας και γνώσης, είτε σε ασυνήθιστες καταστάσεις του περιβάλλοντος. Η επιλογή είναι συχνά αναποτελεσματική.
- Στο τακτικό επίπεδο ελέγχου η απόδοση ακολουθεί λίγο ή πολύ μία γνωστή διαδικασία ή κανόνα.
- Στο στρατηγικό επίπεδο η απόδοση σχεδιάζεται σε πιο μακροπρόθεσμο ορίζοντα με στρατηγικούς στόχους. Συχνά εμπλέκονται πολλαπλοί και υψηλότερου επιπέδου στόχοι και λειτουργικές αλληλεπιδράσεις.

Τα 4 αυτά είδη μπορούν να θεωρηθούν σαν τυπικά σημεία στο χώρο ελέγχου, χωρίς να είναι αντιπροσωπευτικά απόλυτων κατηγοριών. Προτείνεται να διατηρείται η επικρατούσα ρουτίνα δράσης ενώ την ίδια στιγμή να παροτρύνει το χρήστη σε περισσότερο στρατηγική απόδοση. Αυτό, βέβαια, μπορεί να επιτευχθεί μόνο εάν είναι δυνατόν να εντοπιστεί ή να ταυτοποιηθεί η τρέχουσα ρουτίνα ελέγχου. Ένα καλό μοντέλο δεν υπαγορεύει τη σειρά ενεργειών, αλλά περιγράφει τον τρόπο σχεδιασμού των διαδοχών και την επιλογή των ειδικών ενεργειών (Hollnagel 1992a).

Η CREAM χρησιμοποιεί τις συνθήκες κοινής απόδοσης (αντιστοίχως των PSF) και προσπαθεί να τις αντιστοιχήσει με μέσες τιμές πιθανότητας αστοχίας, χωρίς να προβαίνει σε παραδοχές για τις ατομικές ανθρώπινες δράσεις. Οι κυριότερες αυτές συνθήκες είναι (Konstantinidou et al. 2006):

- Η επάρκεια της οργάνωσης.
- Οι συνθήκες εργασίας (θόρυβος, φωτισμός, κλπ).
- Επάρκεια της διεπιφάνειας ανθρώπου – μηχανής (πληροφόρηση, κλπ).
- Διαθεσιμότητα διαδικασιών και σχεδίων.
- Αριθμός ταυτόχρονων στόχων.
- Διαθέσιμος χρόνος.
- Ώρα της ημέρας.
- Επάρκεια εκπαίδευσης και εμπειρίας.
- Ποιότητα συνεργασίας πληρώματος.

Μία εκτίμηση της τάξης μεγέθους της πιθανότητας ενεργής αποτυχίας είναι η εξής (Fujita, Hollnagel 2004):



**Πίνακας 4.4 Διάστημα αξιοπιστίας ανά επίπεδο ελέγχου της μεθόδου CREAM**

| Επίπεδο ελέγχου | Διάστημα αξιοπιστίας (πιθανότητα ενεργής αποτυχίας) |
|-----------------|-----------------------------------------------------|
| Στρατηγικό      | $0,00005 < p < 0,01$                                |
| Τακτικό         | $0,001 < p < 0,1$                                   |
| Ευκαιριακό      | $0,01 < p < 0,5$                                    |
| Ακανόνιστο      | $0,1 < p < 1$                                       |

#### 4.4.3 ATHEANA

Η μέθοδος ATHEANA (A Technique for Human Error Analysis – υπό ανάπτυξη) βασίζεται σε ένα πολυσυλλεκτικό πλαίσιο που εξετάζει τόσο τους ανθρωποκεντρικούς παράγοντες (PSF) όσο και τις συνθήκες του συστήματος που προκαλούν την ανάγκη δράσης και αλληλεπιδράσεων (Konstantinidou et al. 2006). Η προσέγγιση της ATHEANA (όπως και της MERMOS) είναι να μοντελοποιήσει τους πλαισιακούς παράγοντες με μεγαλύτερη έκταση. Μπορούν να εμπλουτιστούν λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικά είδη στοιχείων για την απόδοση αξιοπιστίας συστημάτων ανθρώπου – μηχανής (Pyy 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).

## 5. ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

**«Τα ατυχήματα σχεδόν εξ' ορισμού δεν μπορούν να μελετηθούν» (Suchman 1961).**

Τα μοντέλα ατυχημάτων είναι εννοιολογικά ή/και υπολογιστικά υποδείγματα – προσεγγίσεις για τη σύλληψη του φαινομένου του ατυχήματος. Καταγράφουν τον τρόπο με τον οποίο (εκτιμάται ότι) προκαλείται ένα ατύχημα. Οι βασικότερες κατηγορίες τέτοιων μοντέλων ερμηνείας των ατυχημάτων είναι (Kjellén 1984, Hollnagel 2002, Huang 2007):

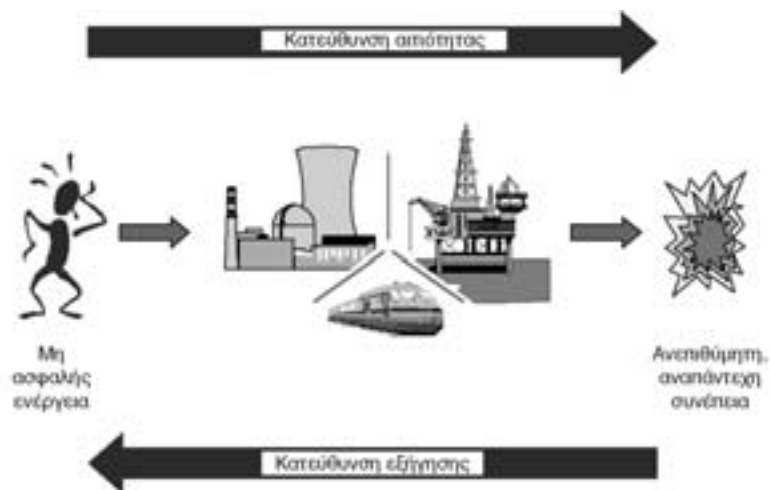
- Μοντέλα διαδοχής, όπου η βασική παράμετρος είναι ο χρόνος.
- Επιδημιολογικά μοντέλα, τα οποία εστιάζουν στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ξενιστή, παράγοντα και περιβάλλοντος.
- Συστημικά μοντέλα, τα οποία επικεντρώνουν σε στοιχεία, υποσυστήματα και στην αλληλεπίδραση αυτών μέσα στο όλο σύστημα.

Οι κατηγορίες μοντέλων που ακολουθούν διαφέρουν στη θεώρηση του συστήματος του εργασιακού χώρου και στην αιτιολόγηση. Τα μοντέλα δεν είναι αντικρουόμενα όσον αφορά τη φυσική υπόσταση των γεγονότων, η οποία σε κάθε περίπτωση θεωρείται ίδια για έναν αντικειμενικό παρατηρητή, αλλά όσον αφορά τη συμβολή τους στο ατύχημα. Τα μοντέλα που ανήκουν στην κάθε κατηγορία – προσέγγιση μπορεί είτε να είναι ποσοτικά είτε όχι, όμως σε κάθε περίπτωση αντανακλούν την αντίληψη του συστήματος και του συμβάντος του ατυχήματος.

### 5.1 Μοντέλα διαδοχής

**«Η ριζική αιτία είναι ο βασικότερος λόγος για ένα γεγονός, ο οποίος αν διορθωθεί θα προλάβει την επανάληψη του» (Gano 1982).**

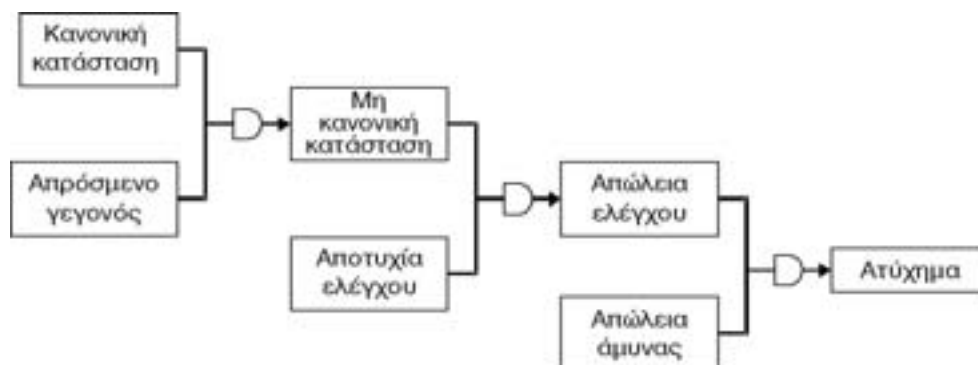
Τα μοντέλα διαδοχής θεωρούν το ατύχημα αποκλειστικά και μόνο σαν αποτέλεσμα διακριτών γεγονότων που συμβαίνουν διαδοχικά και οδηγούν στο ατύχημα. Σύμφωνα με αυτά, μία σειρά γεγονότων (που μπορεί είτε να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους είτε όχι), τα οποία είναι διακριτά και αναγνωρίσιμα και προκύπτουν σε σχετικά σύντομο χρονικό



**Σχήμα 5.1 Νοητική προσέγγιση μοντέλων διαδοχής (Hollnagel 2002)**

διάστημα πριν την εκδήλωση του ατυχήματος είναι αυτά που οδηγούν στο ατύχημα. Η νοητική προσέγγιση των μοντέλων αυτών περιγράφεται στο σχήμα που ακολουθεί:

Η ακολουθία συμβάντων ξεκινά είτε από μία ανασφαλή ενέργεια του ατόμου είτε από ένα άλλο εξωτερικό ή εσωτερικό προς το σύστημα έναυσμα και μέσα από αλυσιδωτές αντιδράσεις οδηγεί προς την ανεπιθύμητη και αναπάντεχη συνέπεια του ατυχήματος. Η αλληλουχία αυτή είναι αναγνωρίσιμη και σαφής (τουλάχιστο μετά την εμφάνισή της). Λαμβάνει χώρα πάνω στο συγκεκριμένο σύστημα το οποίο βρισκόταν σε κανονική κατάσταση και το μόνο που διαφοροποιεί τη νέα κατάσταση από την προηγούμενη είναι τα συμβάντα αυτά. Με άλλα λόγια αν δεν είχαν προκύψει τα συμβάντα αυτά το σύστημα θα ήταν στην κανονική του κατάσταση.



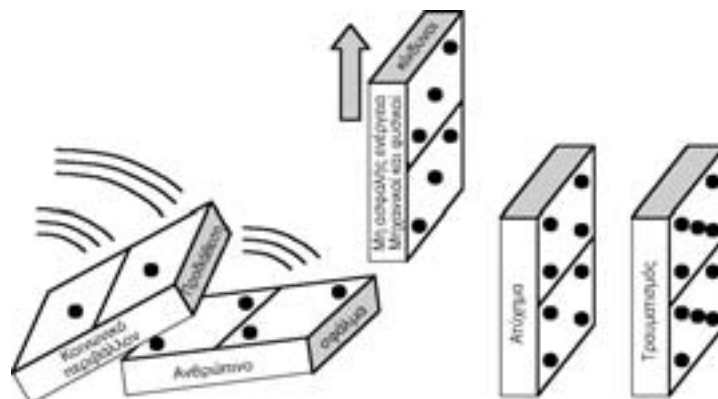
**Σχήμα 5.2 Αλληλουχία συμβάντων μοντέλων διαδοχής (Green, 1998)**

Διακρίνονται τρία είδη μοντέλων διαδοχής:

- Γραμμική αλυσίδα γεγονότων
- Μοντέλα δέντρου
- Μοντέλα δικτύου

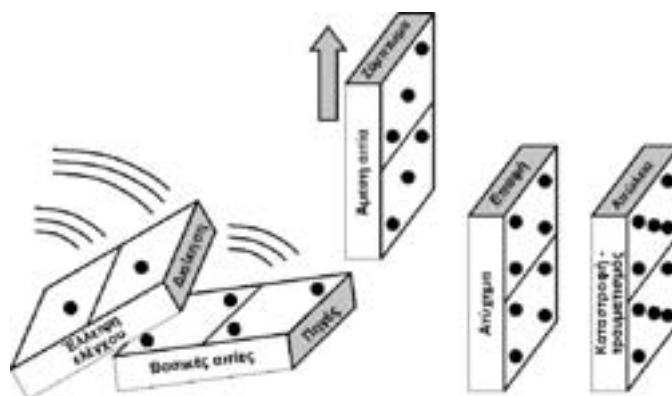
### 5.1.1 Γραμμική αλυσίδα γεγονότων

Η πρώτη και θεμελιώδης επιστημονική μελέτη σχετικά με τον επαγγελματικό κίνδυνο προήλθε από τον H. W. Heinrich (1956), ο οποίος μέσα από μία ανάλυση 75.000 ατυχημάτων σε 1.500 επιχειρήσεις στις ΗΠΑ κατέληξε στο γνωστό μοντέλο του Domino:



**Σχήμα 5.3 Μοντέλο του Domino (Heinrich 1956)**

Παρά τη γενικότητα του μοντέλου αυτού, η σημασία του είναι μεγάλη, αφού ήταν η πρώτη προσπάθεια απεικόνισης της διαδικασίας πρόκλησης ενός ατυχήματος. Ανάλογη είναι και η εικόνα που παρουσιάζει ο Bird (1974) στη δική του μελέτη που είναι παρόμοια με αυτή του Heinrich, αλλά καταλήγει σε ένα μοντέλο Domino με διαφορετικά στοιχεία:



**Σχήμα 5.4 Μοντέλο του Domino (Bird 1974)**

Τα δύο τελευταία στοιχεία (ατύχημα – καταστροφή ή τραυματισμός) είναι κοινά και στις δύο προσεγγίσεις και οι δύο συγγραφείς προσπάθησαν με στατιστική ανάλυση του δείγματος των εργατικών ατυχημάτων που είχαν να ποσοτικοποιήσουν την αναλογία των δύο αυτών «Domino». Έτσι ο Heinrich (1956) κατέληξε στο γνωστό μεταξύ των ερευνητών τρίγωνο:



**Σχήμα 5.5 Τρίγωνο ατυχημάτων (Heinrich 1956)**

Σε κάθε ατύχημα με βαρύ τραυματισμό αντιστοιχούν 29 περιπτώσεις με μικρότερους τραυματισμούς και 300 περιπτώσεις χωρίς τραυματισμούς. Έκτοτε ακολούθησε ένας αριθμός μελετών που προσπάθησε να διερευνήσει την αναλογία αυτή, οι οποίες αναφέρονται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί:

**Πίνακας 5.1 Αποτελέσματα «πυραμίδων ατυχημάτων»**

| Έρευνα                           | Δείγμα              | Σοβαρός | Λιγότερο<br>σοβαρός | Μόνο α'<br>βοήθειες | Καθόλου<br>τραυματισμός | Καταστροφή<br>υλικού |
|----------------------------------|---------------------|---------|---------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|
| Heinrich (1956)                  | 1.500 επιχειρήσεις  | 1       | 29                  |                     | 300                     |                      |
| Bird (1974)                      | 297 επιχειρήσεις    | 1       | 10                  |                     | 600                     | 30                   |
| British Safety<br>Council (1975) | 2.000 επιχειρήσεις  | 1       | 50                  |                     | 400                     | 80                   |
| Tye, Pearson                     | 1.000.000 ατυχήματα | 1       | 3                   | 50                  | 400                     | 80                   |
| Fletcher (1972)                  | 50 όμοιες μονάδες   | 1       | 19                  |                     | 175                     |                      |

Οι μελέτες αυτές διεκδικούν γενικότητα των συμπερασμάτων λόγω των διαφορετικών επιχειρήσεων (π.χ. μέγεθος, ιδιωτική ή δημόσια κ.λπ.) και διαφορετικών κλάδων δραστηριότητας που εξετάζουν, όμως η γενικότητα αυτή είναι και η αδυναμία των συμπερασμάτων τους, καθώς μπορεί να δίνεται μία γενική εικόνα που τελικά, όμως, δεν αντανakλά την εικόνα κανενός κλάδου, αν οι διαφορές μεταξύ των τελευταίων είναι μεγάλες.

Προκειμένου να απομονώσει την αδυναμία αυτή ο Fletcher (1972) μελέτη σε 50 παραγωγικές μονάδες της ίδιας επιχείρησης σε 12 διαφορετικές χώρες και κατέληξε στην αναλογία ενός ατυχήματος με σοβαρό τραυματισμό για 19 περιπτώσεις με μικρότερους τραυματισμούς και 175 περιπτώσεις χωρίς τραυματισμό.

Ο Andreoni (1986) αμφισβητεί όχι μόνο τις αναλογίες 1:30 και 10:30 του Bird για σοβαρούς και μικρότερους τραυματισμούς αντίστοιχα σε σχέση με τις καταστροφές υλικών, αλλά και την ίδια την άποψη ότι οι καταστροφές υλικών είναι πιο συχνές από τους τραυματισμούς σε όλες τις περιπτώσεις. Ο συγγραφέας υποστηρίζει ότι οι προσπάθειες μείωσης των ατυχημάτων δεν συμπίπτουν με αυτές για τη μείωση των καταστροφών υλικού (και το αντίστροφο), καθώς οι περιπτώσεις που οδηγούν σε καταστροφή υλικού και τραυματισμό ταυτόχρονα είναι σαφώς λιγότερες από τις περιπτώσεις που οδηγούν στο ένα ή το άλλο φαινόμενο και τα μέτρα πρόληψης του ενός σπάνια μπορούν να συμβάλλουν και στη μείωση του άλλου.

Με άλλα λόγια μία επιχείρηση μπορεί να βρεθεί στο δίλημμα να επιλέξει να κατευθύνει τις προσπάθειες της στη μείωση της πιθανότητας καταστροφής υλικού ή στη μείωση της πιθανότητας τραυματισμού εργαζομένου (οι οποίες μπορεί να είναι ανταγωνιστικές ή ακόμη και αλληλοσυγκρουόμενες), οπότε η αμφισβητείται η αντίληψη της ενιαίας πρόληψης όλων των κινδύνων της επιχείρησης.

Μία ακόμη εγγενής παραδοχή των «τριγωνικών» αυτών προσεγγίσεων είναι ο ισομορφισμός: ότι δηλαδή οι αιτιακές αλληλουχίες πίσω από όλα τα είδη ατυχημάτων (σοβαρά ή μη) είναι οι ίδιες (Saloniemi, Oksanen 1998). Η παραδοχή αυτή έχει δεχθεί κριτική είτε λογικά, είτε μέσω εμπειρικών μελετών (Salminen et al. 1992; Saloniemi, Oksanen 1998) που δείχνουν διαφορές στα αίτια των ατυχημάτων διαφορετικής βαρύτητας. Ακόμη, όμως, και αν κάποιος δεχτεί την «τριγωνική» προσέγγιση, αυτή αφορά μόνο τη σχέση των τελευταίων δύο domino και όχι της συνολικής αλληλουχίας, καθιστώντας την ποσοτικοποίηση αδύνατη για το σύνολο της αιτιολογικής αλυσίδας του ατυχήματος.

Μία τεχνική που βασίστηκε στο εννοιολογικό μοντέλο του Domino είναι η SCAT (Systematic Cause Analysis Technique – Bird, Germain 1985), 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 κ.λπ.)
- Απώλεια (άνθρωποι, περιουσίες, διαδικασίες)



Ένα ακόμη μοντέλο διαδοχής είναι το μοντέλο του Houston (1971, 1977), στο οποίο είναι αναγκαία η συνύπαρξη τριών παραγόντων για να προκύψει ένα ατύχημα: του στόχου, της κινητήριας δύναμης (π.χ. ενέργεια, τοξικότητα κ.λπ.) 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).



**Σχήμα 5.6 Μοντέλο του Houston (1977)**

Το μοντέλο αυτό, αν και στηρίζεται πάλι στη γραμμική αλυσίδα γεγονότων, εισάγει τις έννοιες της προληπτικής και διορθωτικής δράσης, οι οποίες έχουν ιδιαίτερη σημασία στις αναλύσεις των άλλων κατηγοριών μοντέλων ατυχημάτων. Παρόμοιες προσεγγίσεις αυτής είναι:

- Το μοντέλο RoSPA (Manning 1974), σύμφωνα με το οποίο ένα ατύχημα μπορεί να εξηγηθεί σαν αποτέλεσμα έως τριών διαδοχικών απρόβλεπτων συμβάντων.
- Το μοντέλο ISA (Lagerlöf, Andersson 1979), το οποίο περιγράφει τη διαδοχή ατυχημάτων στη μορφή ενός συμβάντος τραυματισμού, ενός συμβάντος επαφής, προ-συμβάντα και εξωτερικούς παράγοντες όπως εξοπλισμός και υλικά.

Το μοντέλο των Bellamy και Geyer (Geyer, Bellamy 1991), δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στο κοινωνικο-τεχνικό υπόβαθρο των ατυχημάτων, ενώ το μοντέλο του Kletz (1988) βασίζεται στη σειρά αποφάσεων και δραστηριοτήτων που οδηγούν στο ατύχημα, το οποίο τοποθετείται στην κορυφή και κάτω από αυτό οι διαδοχικές αποφάσεις και γεγονότα που οδήγησαν σε αυτό με αντίστροφη χρονικά σειρά.

Μία εναλλακτική θεώρηση ήταν το ενεργειακό μοντέλο (Gibson 1961, Haddon 1968), το οποίο προσπαθεί να αναγνωρίσει την κατάσταση που οδήγησε στη συγκέντρωση και απελευθέρωση ε-

νέργειας που προκάλεσε τον τραυματισμό. Παραλλαγή του είναι το μοντέλο του φορέα κινδύνου (Skiba 1973), 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. Βέβαια, η βασική αδυναμία του μοντέλου αυτού έγκειται στο γεγονός ότι οι κινήσεις του σώματος είναι απείρως μεταβλητές και τα αντικείμενα του περιβάλλοντος άπειρης ποικιλομορφίας, άρα οι πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ σωματικών κινήσεων και αντικειμένων είναι άπειρες (Davies, Manning 1994), οπότε περιορίζεται σε ιδιαίτερες μόνο περιπτώσεις.

Μία ακόμη προσέγγιση (Nilsen, Aven 2003) είναι τα μοντέλα γεγονότων ("event-oriented models"). Ενώ τα ποσοτικά μοντέλα προσπαθούν να προβλέψουν μία τιμή  $f(X)$  σε σχέση με ένα σύνολο ποσοτήτων  $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ , τα μοντέλα γεγονότων προσπαθούν να περιγράψουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες προκύπτουν τα συμβάντα. Τέτοια μοντέλα μπορούν να αποδώσουν ντετερμινιστικές σχέσεις του συστήματος, αλλά στην ανάλυση επικινδυνότητας το ζητούμενο είναι η αβεβαιότητα που σχετίζεται με τις πιθανές καταστάσεις του συστήματος και πως αυτή μεταφράζεται σε αβεβαιότητα των καθορισμένων ανεπιθύμητων συμβάντων (Nilsen, Aven 2003).

Μία σημαντική έννοια των διαδοχικών μοντέλων είναι η ριζική αιτία (root cause). Η ριζική αιτία μπορεί να είναι είτε προκαταρκτικό συμβάν είτε συμβάν έναυσης. Πλήθος μοντέλων (MES, STEP, SRAD, CAP, MORT, SRP, TAPROOT, HIP, CTM, REASON, ERCAP) αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της ανάλυσης ριζικής αιτίας (Livingston et al. 2001). Στα πλαίσια αυτά εντάσσονται και τα μοντέλα που προχωρούν στην ανάλυση αυτή μέσω κάποιας λίστας ελέγχου, όπως TOR (Technic of Operations Review – Weaver 1973) και SACA (Systematic Accident Cause Analysis – Waldram 1988), το κοινωνικο-τεχνικό μοντέλο SOL (Safety through Organizational Learning – Becker et al. 1994), καθώς και τα μοντέλα AAM (Accident Anatomy Method), AEA (Action Error Analysis), HAZOP (Hazard and Operability Analysis), AEB (Accident Evolution and Barrier, WSA (Work Safety Analysis), PROACT, κ.ά.

### 5.1.2 Μοντέλα δέντρου

Η γραμμική αλυσίδα συμβάντων (Domino), η οποία παρά το πλήθος των εναλλακτικών μοντέλων δεν ήταν ποτέ ιδιαίτερα αποτελεσματική για την ανάλυση και ποσοτικοποίηση, εξελίχθηκε σε μία διακλαδωμένη αλυσίδα γεγονότων και τελικά σε μία πολλαπλώς γραμμική αλληλουχία συμβάντων (Vernez et al. 2003). Η πλέον διαδεδομένη κατηγορία μοντέλων διαδοχής είναι αυτή των δέντρων. Βασίζονται στην αντίστοιχη μεθοδολογία της επιστήμης λήψης αποφάσεων, όπου όλες οι εναλλακτικές ή όλα τα ενδεχόμενα απεικονίζονται με διακλαδώσεις. Η βασική διαφορά της εξέτασης αυτής από την προηγούμενη (του Domino) είναι ότι εξετάζει όλες τις πιθανές εκβάσεις και όχι μόνο την αλληλουχία γεγονότων που οδηγεί στο ατύχημα. Η δομή των δέντρων, όμως, προϋποθέτει ότι όλα τα βασικά γεγονότα (ανθρώπινα λάθη, αστοχίες εξαρτημάτων κ.λπ.) στο σύστημα προκύπτουν ανεξάρτητα μεταξύ τους (Andrews, Moss 2002; Henley, Kumamoto 1981).

Το μεγάλο πλεονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι η δυνατότητα ποσοτικοποίησης. Είναι η μέθοδος που προσφέρει τις μεγαλύτερες δυνατότητες ποσοτικοποίησης από όλες που εμφανίστηκαν είτε πριν είτε μετά από αυτήν και για το πλεονέκτημά της αυτό συνεχίζει να χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό στη βιομηχανία για τη διαχείριση κινδύνων.

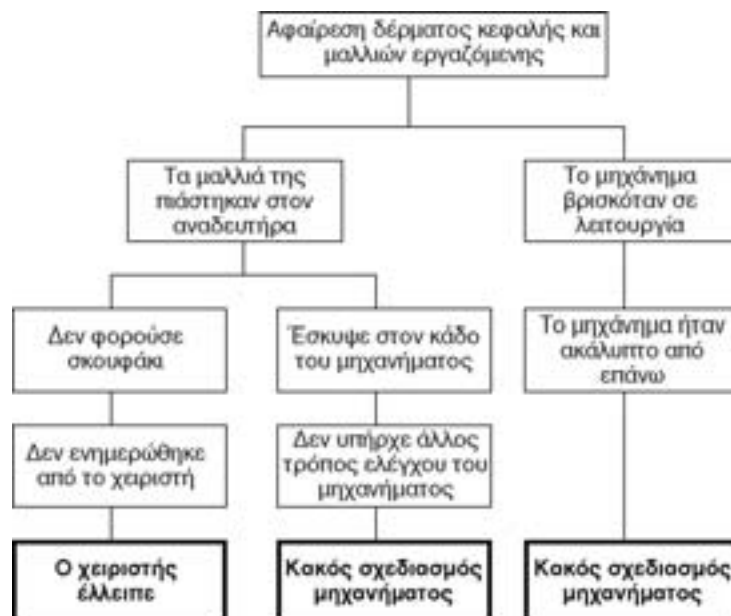
Η διαχείριση κινδύνων μπορεί να γίνει μέσω δύο διαδρομών. Η «διαχείριση λαθών» είναι η προσέγγιση που προσπαθεί να εντοπίσει «ριζικές αιτίες» και να αποτρέψει μελλοντικά ατυχήματα με εξάλειψη ή περιορισμό των εντοπισμένων αιτιών. Αντίθετα, η «διαχείριση αποκλίσεων απόδοσης» ασχολείται με την εύρεση τρόπων μείωσης ή εξάλειψης πιθανών επιβλαβών αποκλίσεων. Η διαχείριση μπορεί να μειώσει την ποικιλομορφία που οδηγεί σε ανεπιθύμητες εκβάσεις ή να αυξήσει την πολυπλοκότητα που οδηγεί σε θετικές εκβάσεις (Hollnagel 2005d).

Έτσι, υπάρχουν αντίστοιχα δύο βασικά είδη δέντρου:

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

Το δέντρο σφαλμάτων εφαρμόζεται στην περίπτωση που έχει συμβεί το ατύχημα (ή σε κάποια προσομοίωση όπου γίνεται ανάλυση του συγκεκριμένου σεναρίου ξεκινώντας από το αποτέλεσμα) προκειμένου να διερευνηθούν τα αίτιά του. Στο δέντρο αυτό εξετάζονται εξαντλητικά όλα τα ενδιάμεσα αίτια και ενδεχόμενα ώσπου να οδηγηθούμε στα αρχικά βασικά αίτια (Hollnagel 2002). Ακολουθεί παράδειγμα.

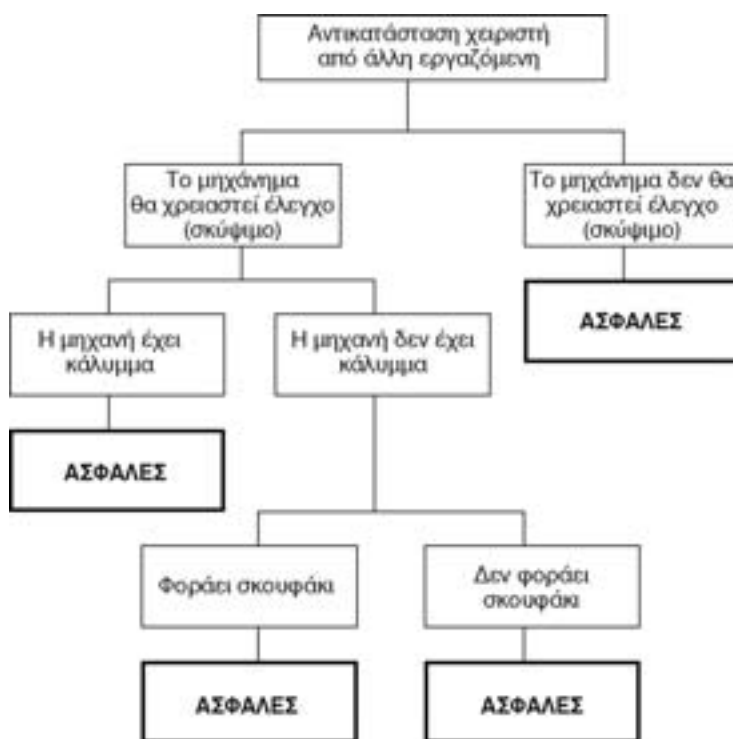
Σε εργαζόμενην δόθηκε εντολή από τον εργοδηγό του τμήματος, να ελέγξει τον κάδο μεγάλου αναδευτήρα. Ο μόνιμος εργαζόμενος σε αυτή την θέση είχε διάλειμμα. Η κοπέλα δεν φορούσε σκουφάκι για τα μαλλιά και όταν έσκυψε στον αναδευτήρα τα μαλλιά της μπλέχτηκαν με αποτέλεσμα να αφαιρεθεί μέρος δέρματος της κεφαλής μαζί με τα μαλλιά.



Σχήμα 5.7 Δέντρο σφαλμάτων

Σε κάθε στάδιο παρατίθενται όλες οι αναγκαίες προϋποθέσεις για να συμβεί το ατύχημα και η συνύπαρξη όλων μαζί θα πρέπει να είναι ικανή συνθήκη για να προκληθεί (π.χ. η αφαίρεση δέρματος έγινε γιατί τα μαλλιά της εργαζόμενης πιάστηκαν στον αναδευτήρα ενώ το μηχάνημα βρισκόταν σε λειτουργία: καθένα από τα δύο είναι αναγκαίες αλλά όχι και ικανές συνθήκες ενώ τα δύο μαζί είναι ικανή συνθήκη). Το μοντέλο δέντρου σφαλμάτων δέχεται ότι ένα συμβάν που μπορεί να οδηγήσει σε ατύχημα προκύπτει μόνο εάν προκύψει ή έχει ήδη προκύψει μία προϋπόθεση που του επιτρέπει να εξελιχθεί (Lees 1996). Όταν εξαντληθεί η διαδικασία αιτιολόγησης (γεγονός που συμβαίνει όταν η δυνατότητα δράσης ξεπεράσει τα εσωτερικά όρια ελέγχου του συστήματος) τότε σταματά θεωρώντας τα στοιχεία του σταδίου αυτού ως πρωταρχικά αίτια.

Το δέντρο γεγονότων εφαρμόζεται όταν ο σκοπός είναι να εντοπιστούν πιθανά ατυχήματα στο μέλλον. Στην περίπτωση αυτή αναλύονται όλα τα πιθανά ενδεχόμενα τα οποία οδηγούν σε διάφορες καταστάσεις ώστε να εντοπιστεί κάποια επικίνδυνη κατάσταση.



Σχήμα 5.8 Δέντρο γεγονότων

Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η δυνατότητα απόδοσης πιθανοτήτων σε κάθε κλώνο βάσει ιστορικών ή τεχνικών δεδομένων. Έτσι είναι τελικά δυνατός ο μαθηματικός υπολογισμός της τελικής πιθανότητας κάθε ενδεχομένου, τουλάχιστο όταν τα ενδεχόμενα είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και υπάρχουν αρκετά ιστορικά στοιχεία για την εκτίμηση των επί μέρους πιθανοτήτων.

Παρ' όλη την κριτική που έχει δεχθεί η μέθοδος αυτή είναι η πλέον διαδεδομένη στην εκτίμηση κινδύνου ιδιαίτερα στη βιομηχανία, όπου αναπτύσσονται τεράστια δέντρα γεγονότων,



τα οποία χρησιμοποιούνται και σαν χάρτες δράσης σε περίπτωση μετάβασης σε κάποια κατάσταση (contingency planning). Είναι η μόνη μέθοδος που μπορεί με μεγάλη σαφήνεια και ευκολία να αποδώσει ποσοτικές τιμές (πιθανότητες) στα ενδεχόμενα.

Λόγω της ευρείας εφαρμογής των μοντέλων δέντρου εμφανίστηκαν πολλές παραλλαγές τους. Μία εξέλιξη των μοντέλων αυτών είναι η διαδοχή πολύ-γραμμικών γεγονότων (Multilinear Events Sequencing - MES), η οποία εισήγαγε τη χρονική παράμετρο στα διαγράμματα διαδοχής (Benner 1975). Οι ενέργειες διακρίνονται κατά άτομο και εξελίσσονται οριζόντια πάνω σε μία χρονική κλίμακα. Μία περαιτέρω εξέλιξη του μοντέλου αυτού (Hendrick, Benner 1987) είναι η διαδικασία εντοπισμού χρονικά διαδοχικών γεγονότων (Sequential Timed Events Plotting - STEP). 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. Το διάγραμμα σχηματικής αναφοράς ανάλυσης (Schematic Report Analysis Diagram - SRAD) είναι μία ακόμη τέτοια εφαρμογή (Toft, Turner 1987), η οποία ξεκινά από μία γενική αναφορά από την οποία εξάγονται όλα τα γεγονότα ή ενέργειες που μπορεί να σχετίζονται με το συμβάν και συναρμολογούνται σε χρονική σειρά ώστε να εντοπιστούν σχέσεις μεταξύ τους. Το μοντέλο INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité - Leplat 1978, Monteau 1977) επίσης βασίζεται στα δέντρα γεγονότων και βλέπει το ατύχημα σαν αποτέλεσμα μιας σειράς γεγονότων στη μορφή των αποκλίσεων από τον αναμενόμενο κύκλο εργασίας.

Μία ιδιαίτερη και πιο σύνθετη μορφή των δέντρων σφαλμάτων είναι το μοντέλο MORT (Management Oversight Risk Tree - Johnson 1980), το οποίο είναι μία συγκεκριμένη λίστα ελέγχου βασισμένη σε δέντρο σφαλμάτων για τον εντοπισμό των αδυναμιών και παραλείψεων (Kjellén, Larsson 1981). 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).

Το μοντέλο SRP (Savannah River Plant - Paradies, Busch 1988) 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. Παρόμοια μοντέλα με ηλεκτρονική εφαρμογή είναι το TapRoot (Unger, Paradies 1992), το HPIP (Human Performance Investigation Process - Paradies et al 1993 a, b, c), το REASON και το ERCAP (Livingston et al. 2001). Ιδιαίτερη έμφαση στην ανθρώπινη απόδοση δίνει το μοντέλο HSYS (Paradies et al. 1993b), το οποίο είναι ένα δέντρο γεγονότων της ανθρώπινης απόδοσης που ακολουθεί πέντε διαδοχικά στοιχεία: απόφαση, κατανόη-



ση απόφασης, επιλογή δράσης, σχεδιασμός δράσης, εκτέλεση δράσης, τα οποία στη συνέχεια διασπώνται ακόμη περισσότερο.

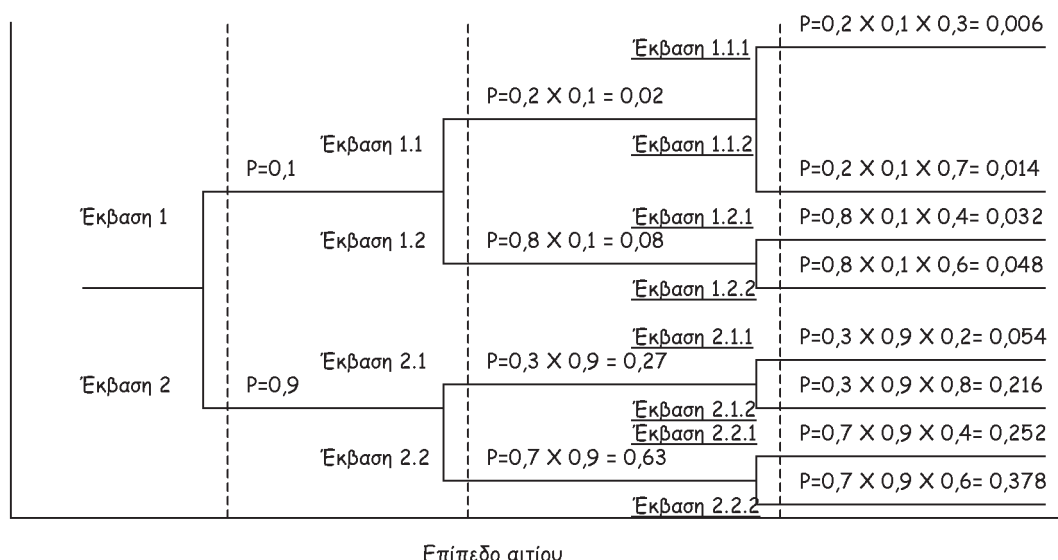
Το μοντέλο CTM (Causal Tree Method – Leplat 1978) θεωρεί την αλλαγή ή τη μεταβλητότητα από την κανονική κατάσταση σαν αιτία των ατυχημάτων. Η διαδικασία αιτιολόγησης βασίζεται σε ελεύθερα κείμενα και συνεργασία μιας ομάδας ειδικών διαχωρίζοντας τα γεγονότα ως σχετικά, αναγκαία ή ικανά αίτια.

Στη βάση των μοντέλων δέντρου έχουν αναπτυχθεί μεγάλες προσπάθειες να αναλυθούν όλες οι εργασίες σε στοιχειώδη έργα – ενέργειες ώστε να μπορούν να επανασυντεθούν σε κάθε χώρο (αναλόγως των ενεργειών που περιλαμβάνει) και να γίνεται με έναν τυποποιημένο τρόπο η εκτίμηση επικινδυνότητας του όλου συστήματος. Τέτοιες προσπάθειες έχουν γίνει για πολλούς κλάδους σε πολλές χώρες. Χαρακτηριστικό είναι το CARAT (Chemical Accident Risk Assessment Thesaurus), το οποίο είναι ένα τέτοιο ευρωπαϊκό πρότυπο για τη χημική βιομηχανία. Είναι ένας χάρτης ενεργειών με πιθανότητες αστοχίας, στοιχεία του οποίου μπορεί να συνθέσει ο κάθε οργανισμός (αναλόγως των ενεργειών που λαμβάνουν χώρα σε αυτόν) προκειμένου να καταρτίσει μία εκτίμηση των κινδύνων του.

Οι παραδοχές στις οποίες στηρίχθηκε είναι οι εξής (Rosenthal et al. 2002):

- Η εκτίμηση κινδύνων είναι μία διαδικασία που επιτυγχάνεται μέσω μιας σειράς διακριτών βημάτων.
- Τα βήματα αυτά μπορούν να αποσυντεθούν και να οργανωθούν ιεραρχικά σε οσοδήποτε λεπτομερές λειτουργικό επίπεδο.
- Τα στοιχεία της ταξινόμησης αυτής είναι γενικής χρήσης (ισχύουν σε όλους τους χώρους εργασίας).
- Κάθε λειτουργικό βήμα της διαδικασίας εκτίμησης επικινδυνότητας θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με κάποιο τρόπο, ανεξάρτητα από το αν η αντιμετώπιση αυτή είναι μία ξεκάθαρη διαδικασία που χρειάζεται υψηλό τεχνικό επίπεδο ή μία υπονοούμενη παραδοχή που στην πράξη δε χρειάζεται καμία ενέργεια.

Γενικά, η απόδοση συγκεκριμένων πιθανοτήτων ανά έργο και η δυνατότητα σύνθεσης τους προϋποθέτουν την παραδοχή αλεατορικής αβεβαιότητας, η οποία μπορεί να δώσει αποτελέσματα σε σύνθετα συστήματα αν δεχτούμε ότι τα γεγονότα είναι ανεξάρτητα, ώστε να προχωρά έτσι στη διακλάδωση των πιθανών εκβάσεων (δέντρο γεγονότων). Βέβαια, για την αναλογία όλων αυτών των εκβάσεων αυτών θα πρέπει να υπάρχουν επαρκή ιστορικά δεδομένα που να δείχνουν τη συχνότητα. Μία λύση είναι η ανάλυση σε χαμηλότερο επίπεδο αιτίου, όπου οι πιθανότητες είναι μεγαλύτερες (Apeland et al. 2002) και οι εκβάσεις λιγότερες. Στην περίπτωση αυτή, όμως, αυξάνεται κατά πολύ η πολυπλοκότητα και η ασάφεια της διαδικασίας.

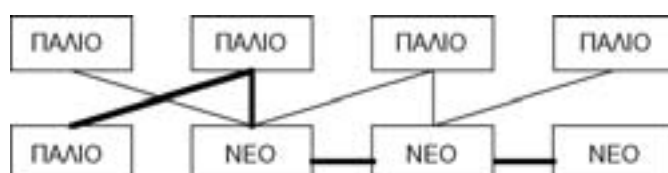


Σχήμα 5.9 Επίπεδο αιτίου και δέντρο ανεξάρτητων γεγονότων

### 5.1.3 Μοντέλα δικτύου

Το τρίτο είδος μοντέλων διαδοχής είναι τα μοντέλα δικτύου. Στα μοντέλα αυτά θεωρείται ότι υπάρχουν εναλλακτικές αλληλουχίες γεγονότων που συμβαίνουν παράλληλα. Η πιθανότητα να συμβεί ένα ατύχημα καθορίζεται από την αλληλουχία με τη μέγιστη επιμέρους πιθανότητα (κρίσιμη διαδρομή). Με άλλα λόγια κάθε ενέργεια ή αλληλουχία ενεργειών εμπεριέχει κίνδυνο, ο οποίος δεν είναι δυνατόν να εξαλειφθεί. Ο στόχος της ανάλυσης είναι να εντοπίσει (και να μειώσει) τον κίνδυνο στην εκάστοτε αλληλουχία με τη μέγιστη πιθανότητα ατυχήματος, η οποία χαρακτηρίζει και τον κίνδυνο όλου του συστήματος (Hollnagel 2002). Η έκβαση του ατυχήματος συνεχίζει να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διαδοχή και τη διάρκεια των συμβάντων (Vernez et al. 2003). Ακολουθεί παράδειγμα.

Αν σε ένα χώρο εργασίας υπάρχουν παλιά μηχανήματα με φθαρμένα καλώδια και νέα μηχανήματα και οι εργαζόμενοι έχουν να χρησιμοποιήσουν διαδοχικά τα μηχανήματα που συνδέονται με είτε με την παχιά (ρουτίνα 1), είτε με τη λεπτή (ρουτίνα 2) γραμμή, τότε ο κίνδυνος ατυχήματος καθορίζεται από τη ρουτίνα 2 (κρίσιμη διαδρομή).



Σχήμα 5.10 Μοντέλο δικτύου

Είναι προφανές ότι το μοντέλο αυτό είναι συγκριτικό και σύμφωνα με αυτό πάντοτε θα υπάρχει μία κρίσιμη διαδρομή, ενώ έχει εφαρμογή μόνο σε διαδικασίες με ταυτόχρονη λειτουργία πολλών εναλλακτικών.

Τα γνωστότερα μοντέλα δικτύου είναι αυτά που βασίζονται σε δίκτυα Petri (Petri 1963), τα οποία αρχικά αναπτύχθηκαν για μοντέλα ηλεκτρονικών υπολογιστών και απεικονίζουν καταστάσεις και τάσεις μετάβασης των διαφόρων στοιχείων ενός συστήματος. Χαρακτηριστικότερο τέτοιο μοντέλο είναι το MORM (Man-machine Occupational Risk Modeling – Vernez et al. 2004), το οποίο επιχειρεί να προσομοιώσει τρία συστατικά: τις μηχανές, τα άτομα και τη ροή διαδικασιών.

#### 5.1.4 Κριτική των μοντέλων διαδοχής

Γενικά τα μοντέλα διαδοχής δέχτηκαν κριτική για τη δυνατότητά τους να ανταποκριθούν στις σύγχρονες συνθήκες εργασίας (Leveson 2004), αφού:

- Τονίζουν περιορισμένες έννοιες αιτιότητας (κυρίως γραμμικές) και έτσι είναι δύσκολο να περιλάβουν μη γραμμικές σχέσεις, συμπεριλαμβανόμενης της ανάδρασης (feedback).
- Παραλείπουν παράγοντες που έχει αποδειχθεί ότι έχουν ιδιαίτερη σημασία στα ατυχήματα (π.χ. κουλτούρα ασφάλειας, δέσμευση διοίκησης στην ασφάλεια, κλπ).
- Παρότι το πρώτο γεγονός στην αλυσίδα αποκαλείται «εναρκτήριο γεγονός», η επιλογή ενός τέτοιου είναι αυθαίρετη, καθώς μπορούν πάντοτε να προστεθούν προηγούμενα γεγονότα ή συνθήκες.
- Οι αλυσίδες αιτιότητας συνήθως εστιάζουν σε γεγονότα αμέσως πριν το ατύχημα, ενώ οι βάσεις του ατυχήματος μπορεί να έχουν τεθεί χρόνια πριν.
- Η υπερβολική βάση σε συγκεκριμένες αιτίες – ρίζες ("root causes") μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα, αφού ακόμη και αν είχε αποφευχθεί η συγκεκριμένη αιτία – ρίζα (έναυσμα) το ατύχημα αλλά μπορεί να συνέβαινε σε κάποια άλλη χρονική στιγμή (Rasmussen 1997).

Η σχέση μεταξύ ενός συμβάντος και του αιτίου του γίνεται πιο απόμακρη καθώς αυξάνεται ο αριθμός των ενδιάμεσων μεταβλητών (Technica 1989). Ένα ατύχημα ταυτοποιείται σωστά μόνο αν η πηγή κινδύνου, η ρουτίνα έκθεσης και ο στόχος συνδυάζονται σε μία «σύνθεση» (Cunyu, Lejeune 2003). Γενικά, βλέποντας προς τα πίσω ένα ατύχημα φαίνεται προβλέψιμο λόγω της παρουσίας των «προαγγέλων» πριν από αυτό, όμως η φαντασία των ατόμων είναι περιορισμένη για να προβλέψει όλες αυτές τις αιτιολογικές διαδρομές (Sonnemans, Kõrvers 2006) τη στιγμή που εμφανίζεται ο «προάγγελος». Στην πραγματικότητα εμφανίζονται εκατοντάδες παρεκκλίσεις, η πλειοψηφία των οποίων δεν επηρεάζουν την ασφάλεια και κανείς δεν τις θυμάται μετά. Ακόμη, όμως, και αν ο συγκεκριμένος κίνδυνος προσδιοριστεί, η πιθανότητα θα έχει μάλλον πολύ χαμηλή τιμή (Ringdahl, Wennersten 2001).

Επίσης, οι προσεγγίσεις αυτές είναι γενικές χωρίς να εξατομικεύουν, παραλείποντας έτσι την επίδραση των ατομικών ή ομαδικών ιδιοτεροτήτων στη συνολική επικινδυνότητα. Οι δια-

φοροποιήσεις στην έκθεση μπορεί να είναι το αποτέλεσμα απλών διαφορών στην εργασιακή συμπεριφορά (π.χ. το παράδειγμα του «βρώμικου εργαζόμενου») ή διαφορών σε περιβαλλοντικές παραμέτρους (Semple et al. 2003). Σε σχετική έρευνα σε βιομηχανίες (Kromhout et al. 1993) βρέθηκε ότι σχεδόν το ένα τρίτο των θέσεων εργασίας είχε διαφορές τάξης μεγέθους μεταξύ εργαζομένων όσον αφορά την έκθεση σε χημικά.

Τέλος, η περιγραφή των εργασιών σαν μία λογική πρόοδο ανάμεσα σε διάφορες φάσεις σπάνια ανταποκρίνεται στην ποικιλομορφία του συστήματος – στόχου (άτομο). (Hollnagel 1992a). Τα μοντέλα διαδοχής είναι ουσιαστικά τα μόνα που μπορούν να δώσουν ποσοτικά αποτελέσματα με ευκολία, όμως δεν είναι σε θέση να δώσουν ικανοποιητικές εξηγήσεις σε πολύπλοκα συστήματα, με την έννοια των πολύπλοκων και αβέβαιων αλληλεπιδράσεων.

## 5.2 Επιδημιολογικά μοντέλα

*«Όλα τα συστήματα που φτιάχτηκαν από ανθρώπους έχουν μέσα τους σπόρους της καταστροφής τους σαν «έμφυτα παθογόνα» στο ανθρώπινο σώμα. Οποιαδήποτε στιγμή θα υπάρξει ένας συγκεκριμένος αριθμός συνιστωσών αστοχιών, ανθρωπίνων λαθών και «αναπόφευκτων παραβιάσεων». Κανένας από αυτούς τους παράγοντες δεν είναι επαρκής γενικά για να προκαλέσει μία καταστροφή. Οι καταστροφές προκύπτουν μέσω των αφανών και συνήθως απρόβλεπτων συγκεντρώσεων μεγάλου αριθμού τέτοιων παθογόνων ... το άτομο συνήθως προσθέτει το τελικό γαρνίρισμα στο μοιραίο μίγμα που μαγειρευόταν εδώ και καιρό... τα σοβαρά ατυχήματα προκύπτουν από ανάστροφες σχέσεις έμφυτων παθογόνων και τοπικών εναυσμάτων» (Reason 1987b).*

### 5.2.1 Αρχές των επιδημιολογικών μοντέλων

Τα μοντέλα αυτά βασίζονται σε μία διαφορετική αντίληψη για το ατύχημα. Το συμβάν δεν θεωρείται ως αποτέλεσμα κάποιων διακριτών μεμονωμένων γεγονότων που (είτε διαδοχικά, είτε σε σύζευξη) οδήγησαν σε αυτό, αλλά ως αποτέλεσμα διαφόρων καταστάσεων του συστήματος που μοιραία οδηγούν «ένα ποσοστό του πληθυσμού να νοσήσει» (να πάθει ατύχημα).

Η σύγχρονη επιδημιολογική προσέγγιση ξεκίνησε από τον Quinot (1979), ο οποίος παρατηρώντας την ανεπάρκεια των κλασσικών παραμέτρων της επιδημιολογίας (διάδοση, εμφάνιση) πρότεινε την επέκταση των επιδημιολογικών μεθόδων για την καλύτερη απεικόνιση της εξέλιξης της ασθένειας και τη συσχέτιση των περιβαλλοντικών παραγόντων με τις παθογόνες συνέπειες τους μέσω της στατιστικής ανάλυσης της εξέλιξης μιας ασθένειας.

Η γενική αντίληψη της θεωρίας αυτής παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί:



**Σχήμα 5.11** Νοητική προσέγγιση επιδημιολογικών μοντέλων (Hollnagel, 2002)

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

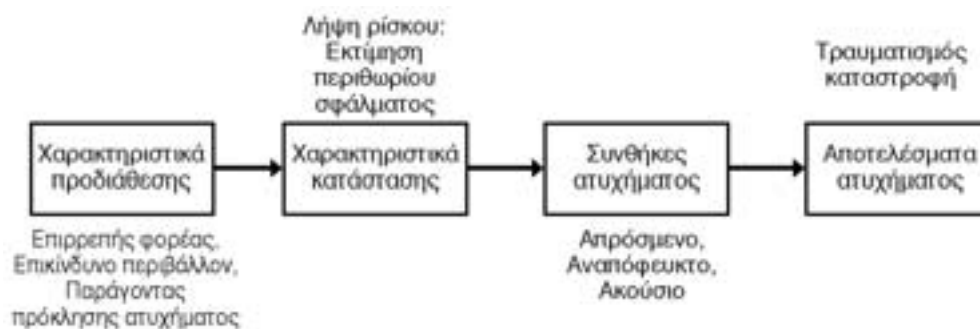
- Λανθάνουσες καταστάσεις.
- Φορείς και εμπόδια.
- Παθογόνα συστήματα.

Χαρακτηριστικά εννοιολογικά σχήματα της προσέγγισης αυτής είναι:



**Σχήμα 5.12** Εννοιολογικά σχήματα των επιδημιολογικών μοντέλων

Μία εικόνα της γενικής αλληλουχίας των επιδημιολογικών μοντέλων δίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:



**Σχήμα 5.13** Αλληλουχία καταστάσεων επιδημιολογικών μοντέλων (Hollnagel 2002)



Τα ατυχήματα συμβαίνουν τη χρονική στιγμή όπου πολλαπλές διαταραχές αλληλεπιδρούν σε σημείο που οι αμυντικοί μηχανισμοί είναι ανεπαρκείς να αντιδράσουν στις αρνητικές συνέπειες των διαταραχών (Ternov, Akseleson 2004). Η ιδέα της «επώασης» των καταστροφών εισήχθη αρχικά από τον Turner (1978). Ως «προάγγελοι» ατυχημάτων στα συστήματα έχουν αναγνωριστεί τόσο τεχνικοί (Lees 1982, Tweeddale 1995) όσο και οργανωσιακοί παράγοντες (Reason 1997, Turner 1978, Perrow 1984).

Ο Hale (1990b) περιγράφει την κατάσταση με την οποία το σύστημα οδηγείται από το ανθρώπινο λάθος στο ατύχημα, όταν το σύστημα κινείται εκτός των ορίων των παραμέτρων σχεδιασμού με τέτοιο τρόπο που οι διαδικασίες ελέγχου δεν μπορούν πλέον να διορθώσουν την κατάσταση. Σε πολύπλοκα συστήματα σύγχρονης τεχνολογίας κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί μόνο σε σπάνιες καταστάσεις, ενώ σε πιο απλά συστήματα είναι πιο συχνό. Μία τέτοια παρέκκλιση μπορεί να συμβεί:

- από παράγοντες που δεν έχουν ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό,
- από αστοχία υλικών στοιχείων, ή
- από παρέκκλιση από τους κανόνες λειτουργίας από ένα άτομο.

Το σύστημα μεταβαίνει έτσι σε μία «μετα-σταθερή» κατάσταση η οποία μπορεί να διαρκέσει από δευτερόλεπτα έως μήνες, όπου κάποιοι παράγοντες (αλλά όχι όλοι) που οδηγούν σε βλάβη είναι παρόντες. Κατά τη διάρκεια αυτή είναι δυνατή η διάγνωση και εξουδετέρωση της πηγής κινδύνου. Εάν δεν υπάρξει διόρθωση το σύστημα θα μεταβεί μοιραία σε μία ασταθή κατάσταση όπου ο τελευταίος απαραίτητος παράγοντας συμβαίνει (η σταγόνα που ξεχειλίζει το ποτήρι) και το μόνο που μπορεί να γίνει μετά είναι η λήψη μέτρων για τον περιορισμό των συνεπειών. Σε μελέτη του Idaho National Engineering and Environmental Laboratory (INEEL 2000) σε 35 συμβάντα βρέθηκε ότι ο λόγος των λανθάνοντων προς τα ενεργά σφάλματα ήταν 4:1.

Σύμφωνα με την επιδημιολογική προσέγγιση ένα ατύχημα συμβαίνει ως αποτέλεσμα συμβολής των ακόλουθων (Haddon et al. 1964, Vilardo 1988):

- Χαρακτηριστικά του ξενιστή. Σχετίζονται με το άτομο που υπέστη το ατύχημα και περιλαμβάνουν παραμέτρους όπως η ηλικία και το φύλο του θύματος.
- Παράγοντες. Είναι τα αντικείμενα που δίνουν άμεσα έναυσμα στο ατύχημα και μπορούν να θεωρηθούν είτε ως τα είδη μη κανονικής εναλλαγής ενέργειας που προκαλούν το ατύχημα, είτε ως τα είδη της καταστροφής που προκλήθηκε.
- Περιβάλλον. Αυτό διακρίνεται περαιτέρω σε:
  - ❖ Φυσικό.
  - ❖ Βιολογικό.
  - ❖ Κοινωνικό-οικονομικό (π.χ. κάποια άτομα είναι περισσότερο ευάλωτα στα ατυχήματα από άλλα).

Έτσι, η αρχή ανάλυσης ατυχημάτων σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή είναι η έρευνα για «φορείς» και λανθάνουσες καταστάσεις και ο καθορισμός σαφών ενδείξεων «υγείας» του συστήματος, δηλαδή μετρήσιμων φαινομένων που δείχνουν ότι τα υποβόσκοντα αίτια βρίσκονται

σε χαμηλά επίπεδα. Στόχος της ανάλυσης είναι η ενίσχυση των αμυνών και εμποδίων έναντι των κινδύνων (Hollnagel 2002). Η πρόληψη σε ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να επιτευχθεί με τη διακοπή της σχέσης στην αλληλεπίδραση ξενιστή – παραγόντων – περιβάλλοντος (Vilardo 1988) και όχι με τη διακοπή συγκεκριμένων αλληλουχιών.

### 5.2.2 Χαρακτηριστικά ξενιστή

Διάφορες παράμετροι του ξενιστή (θύμα ατυχήματος) έχουν εξεταστεί ως χαρακτηριστικά προδιάθεσης που μεταβάλλονται στη διάρκεια του χρόνου. Η σημαντικότερη είναι η ηλικία. Η φθίνουσα θεωρία της ηλικίας υποστηρίζει ότι καθώς ένα άτομο μεγαλώνει ηλικιακά, κάποιες εργασιακές ικανότητες τόσο φυσιολογικές (καρδιολογική λειτουργία, μυϊκή δύναμη, αντοχή) όσο και νοητικές (π.χ. αισθητήρια και κινητήρια απόδοση, χρόνος λήψης αποφάσεων, μνήμη) εξασθενούν σταδιακά, γεγονός που μειώνει την ικανότητα του ατόμου να αντιμετωπίζει τις απαιτήσεις της εργασίας (Teiger, Villatte 1987; Saily, Vilkoﬀ 1990; Davies et al. 1991; Gary 1991). Όμως, αντισταθμιστικά, οι μεγαλύτεροι σε ηλικία εργαζόμενοι έχουν την ικανότητα να μειώνουν τις δυσκολίες ανταπόκρισης στις απαιτήσεις της εργασίας μέσω της εμπειρίας και της πιο αποτελεσματικής χρήσης των πόρων (Warr 1993, 1994).

Σε πολλές μελέτες (Simonds, Shafai-Sahrai 1977; Chelius 1979; Dillingham 1981a; Leigh 1986; Baker 1987; Mueller et al. 1987; Mitchell 1988; Landen, Hendricks 1992; Salminen 1996; Rhodes 1983) βρέθηκε ότι η συχνότητα ατυχημάτων μειώνεται με την ηλικία, αν και υπάρχουν μελέτες (Siu et al. 2003) που δεν κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα. Αντίστροφα, σε πολλές μελέτες βρέθηκε ότι με την αύξηση της ηλικίας αυξάνονται και οι συνέπειες των ατυχημάτων είτε αυτές μετρώνται ως μοιραίες εκβάσεις (Root 1981; Buskin, Paulozzi 1987; Mitchell 1988; Salminen 2004; Kisner, Pratt 1999), είτε ως μόνιμες αναπηρίες (Root 1981; Mitchell 1988; Dillingham 1981b) είτε ως μέσο πλήθος χαμένων ημερών ανά ατύχημα (Dillingham 1981a, 1981b; Landen, Hendricks 1992). Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στη μειωμένη σωματική αντοχή με την αύξηση της ηλικίας (Laflamme, Menckel 1995). Όμως, δεν βρέθηκαν σχετιζόμενες με την ηλικία διαφορές σε μελέτες μεταξύ διαφορετικών κατηγοριών απασχόλησης, είτε όσον αφορά το μέσο αριθμό χαμένων ημερών ανά ατύχημα και θέση εργασίας (Cloutier 1994) είτε για την αναλογία των σοβαρών τραυματισμών ανά και μεταξύ θέσεων εργασίας (Shahani 1987). Επίσης, η σχετιζόμενη με την ηλικία τάση προς ατυχήματα εμφανίζεται να είναι περισσότερο συγκεκριμένη, παρά γενική, ενώ η ταυτόχρονη εξέταση όλων των ειδών ατυχημάτων μπορεί να κρύβει τις διαφορές που οφείλονται στην ηλικία, αφού εργαζόμενοι διαφορετικών ηλικιών είναι επιρρεπείς σε διαφορετικά είδη τραυματισμών (Laflamme, Menckel 1995). Υποστηρίχθηκε (Giniger et al. 1983) ότι οι μεγαλύτερης ηλικίας εργαζόμενοι είναι λιγότερο επιρρεπείς σε ατυχήματα που μπορούν να προληφθούν με την κρίση και περισσότερο επιρρεπείς σε αυτά που προλαμβάνονται με γρήγορη αντίδραση. Από την άλλη πλευρά υποστηρίχθηκε (Siu et al. 2003) ότι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία εργαζόμενοι είναι περισσότερο θετικοί απέναντι στην ασφάλεια (εκτίμηση τάξης και μέτρων ασφάλειας) και απέναντι στη διοίκηση.

Σε μία εκτεταμένη ανασκόπηση αρθρογραφίας σχετικά με την επίδραση της ηλικίας στα εργατικά ατυχήματα ο Salminen (2004) κατέληξε ότι:

- Σε 35 από τις 63 μελέτες με μη θανατηφόρα ατυχήματα παρατηρήθηκε υψηλότερος δείκτης συχνότητας για τους νέους εργαζόμενους, σε 11 για τους ηλικιωμένους ενώ σε 17 δεν υπήρξε σημαντική διαφορά.
- Σε 29 από τις 45 μελέτες θανατηφόρων ατυχημάτων οι νεότεροι εργαζόμενοι είχαν χαμηλότερο δείκτη, σε 7 μελέτες υψηλότερο, ενώ σε 9 μελέτες δεν υπήρξε σημαντική διαφορά.

Εκφράζεται, όμως, αμφισβήτηση κατά πόσον η ηλικία από μόνη της είναι επαρκής δείκτης του φαινομένου της εργασιακής γήρανσης, ακόμη και όταν το περιεχόμενο της εργασίας είναι ελεγχόμενο (Laflamme, Menckel 1995). Μία σχετική μελέτη (Warr 1993) υποστήριξε ότι η κατανόηση της επίδρασης της ηλικίας στην απόδοση θα βελτιωθεί πολύ αν εξεταστεί σε τρεις δέσμες χαρακτηριστικών: φυσιολογικές δυνατότητες, προσαρμοστικότητα και γενική εργασιακή αποτελεσματικότητα. Ενώ τα πρώτα δύο μειώνονται με την ηλικία (με διαφορετικό ρυθμό από άτομο σε άτομο) η γενική αποτελεσματικότητα στην εργασία μπορεί να μείνει σταθερή ή ακόμη και να αυξηθεί με την ηλικία.

Μία παλαιότερη μελέτη (Butani 1988) έδειξε ότι όσο μεγαλύτερη η διάρκεια της εμπειρίας στην επιχείρηση (ανεξάρτητα από τη συγκεκριμένη θέση σε αυτήν) τόσο λιγότερα τα ατυχήματα, ενώ αντίθετη σχέση έδειξε μία νεότερη μελέτη (Siu et al. 2003) με την επιφύλαξη, όμως, ότι οι παλαιότεροι στην επιχείρηση εργαζόμενοι μπορεί να νοιώθουν περισσότερο άνετα να δηλώνουν ατυχήματα, οπότε εμφανίζονται και περισσότερο επιρρεπείς.

Το φύλο του εργαζομένου είναι ένας αμφιλεγόμενος παράγοντας. Γενικά οι γυναίκες εμφανίζουν σημαντικά χαμηλότερους δείκτες ατυχημάτων από ότι οι άνδρες, αν και αυτό αποδίδεται από κάποιες μελέτες (OECD 1989) στην απασχόληση των γυναικών σε «ασφαλέστερους» κλάδους, ενώ μπορεί να υπάρχει κάποια στατιστικά σημαντική επίδραση του φύλου στη δήλωση των ατυχημάτων.

Το μέγεθος της ομάδας εργασίας έχει επίσης εξεταστεί ως παράγοντας που συσχετίζεται με τα ατυχήματα. Μία σύνοψη των σχετικών ερευνών (Guastello, Guastello 1987) δείχνει ότι εμφανίζεται μία πολύπλοκη μη γραμμική σχέση μεταξύ του μεγέθους της ομάδας και των δεικτών ατυχημάτων. Το φαινόμενο αποδόθηκε στη συνοχή, στο στενό έλεγχο, αλλά και στην κατανομή της εργασίας (πιο πολύπλοκη σε μεγάλες ομάδες). Οι μεγάλες ομάδες τείνουν να είναι λιγότερο συνεκτικές και ομοιογενείς (Chatterjee 1972; Griffin 1982; Singh, Moorjani 1978; Zeitz 1983). Από την άλλη πλευρά, οι μικρές ομάδες μπορεί να επιβλέπονται πολύ στενά, γεγονός που οδηγεί σε πνίξιμο της αυτονομίας και της πρωτοβουλίας. Άρα πρέπει να υπάρχει ένα βέλτιστο μέγεθος (Ouchi 1983). Προτάθηκε μάλιστα μέγεθος ομάδας μικρότερο από 15 άτομα για επικίνδυνες εργασίες.

### 5.2.3 Χαρακτηριστικά περιβάλλοντος

Πέραν των χαρακτηριστικών του ξενιστή, στατιστική συσχέτιση με τα ατυχήματα είχαν και φυσικοί παράγοντες του περιβάλλοντος, όπως επίπεδα θορύβου και φωτισμού, κίνδυνοι καθκόντων, κλπ. (DeBobes 1986; Hansen 1988; Smoczyk, Dedmon, 1985; Steffy et al. 1986). Ερευνώντας σε διαφορετική κατεύθυνση, ερευνητές συσχέτισαν την κόπωση και την έλλειψη επαρκών διαλειμμάτων με υψηλότερη συχνότητα ατυχήματος και χαμένου χρόνου εργασίας (Lilley et al. 2002). Δύο ακόμη παράμετροι που έχουν προταθεί ως μέτρα της ασφάλειας (Tinmannsvik, Hovden 2003) είναι η υποκειμενική αξιολόγηση των παραγόντων διαχείρισης της ασφάλειας και ο δείκτης συχνότητας τραυματισμών. Σχετικές μελέτες (Marek et al. 1986, Rundmo 1990) έχουν δείξει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών παραμέτρων.

Γενικά παρατηρήθηκε ότι σε επιχειρήσεις με υψηλό δείκτη συχνότητας τραυματισμών οι εργαζόμενοι ήταν κατά μέσο όρο λιγότερο ικανοποιημένοι με τη διαχείριση ασφάλειας, παρότι δεν παρατηρήθηκε η ίδια σχέση με την ικανοποίηση για το επίπεδο ασφάλειας γενικότερα. Όμως, ο μη συνυπολογισμός της σοβαρότητας (ιδιαίτερα αν ληφθεί υπόψη η ενδεχόμενη διαφορετική αιτιολογία των σοβαρών ατυχημάτων) θέτει υπό αμφισβήτηση το κριτήριο της συχνότητας των ατυχημάτων (Tinmannsvik, Hovden 2003).

Το status του εργαζόμενου από πλευράς θέσης, μισθολογικού επιπέδου, ασφάλειας, κλπ. έχει επίσης βρεθεί να διαφοροποιεί το είδος των ατυχημάτων. Συγκεκριμένα (Saloniemi, Oksanen 1998) βρέθηκε ότι στις κατασκευές, το σύνολο των ατυχημάτων και τα μοιραία ατυχήματα ήταν συχνότερα σε εργαζομένους χαμηλού status, ενώ τα ατυχήματα με αρκετές ημέρες απουσίας από την εργασία ήταν συχνότερα σε εργαζομένους υψηλότερου status.

Άλλοι παράγοντες που έχουν συσχετιστεί με τα ατυχήματα είναι η υγεία, το άγχος, η κοινωνική δυσπροσαρμοστικότητα, τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας (π.χ. νευρωτικά συμπτώματα) και τα κίνητρα (DeBobes 1986; Hansen 1988; Smoczyk, Dedmon, 1985; Steffy et al. 1986). Η γενική εικόνα του ατόμου με μεγαλύτερη πιθανότητα ατυχήματος είναι αυτού που προέρχεται από ασταθές, δυσλειτουργικό παρελθόν, εμφανίζει άγχος, δεν είναι ικανοποιημένο με την εργασία του, δεν έχει εμπιστοσύνη στη διοίκηση και δέσμευση στην επιχείρηση (Holcom et al. 1993). Άλλωστε, έρευνες έχουν δείξει ότι τα εμφανιζόμενα συχνότερα ως θύματα ατυχημάτων απουσίαζαν συχνότερα για άλλους λόγους από πριν και γενικά δεν έχουν καλή σχέση με την επιχείρηση και απουσιάζουν για μικρά ατυχήματα όπου άλλα άτομα δεν θα το έκαναν (Verhaegen et al. 1985; Hill, Trist 1953).

Μία ακόμη έννοια που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της επιδημιολογικής προσέγγισης για την κατάσταση του συστήματος ως αιτίου των ατυχημάτων είναι αυτή της εγγενούς ασφάλειας (Kletz 1990a), σύμφωνα με την οποία χώροι όπου η ασφάλεια είχε ληφθεί υπόψη από το στάδιο του σχεδιασμού παρουσιάζονται περισσότερο ασφαλείς εν γένει. Σε ένα τέτοιο σύστημα ένα πρόβλημα αυτό-διορθώνεται ή εξελίσσεται μόνο σε ελεγχόμενο επίπεδο, ενώ σε ένα μη ασφαλές σύστημα η εξέλιξη είναι μεγαλύτερη (Kletz 1991a, Marshall 1987, Lawrence et al. 1993). Έτσι η βάση πρέπει να δίνεται στην εγγενή ασφάλεια και όχι σε αυτήν που προέρχεται από



εκ των υστέρων βελτιώσεις, καθώς η πρώτη μόνο μπορεί να μειώσει την πιθανότητα απρόβλεπτων γεγονότων (Khan, Abbasi 1998).

Βέβαια, όλες οι παραπάνω σχέσεις βρίσκονται υπό την αμφισβήτηση της απόκρυψης (under-reporting) που είναι το μόνιμο πρόβλημα των στατιστικών των εργατικών ατυχημάτων και πιθανώς το αίτιο για τα φαινόμενα αντίστροφης πορείας των ημερών απουσίας (ως δείκτη σοβαρότητας) και της συχνότητας των ατυχημάτων (Nichols 1992). Επίσης σοβαρός περιοριστικός παράγοντας είναι η αξιοπιστία των πληροφοριών που προέρχονται από τα ίδια τα άτομα και αφορούν ευαίσθητες και κοινωνικά μη αποδεκτές συμπεριφορές (Holcom et al. 1993), όπως η «απροσεξία» που οδήγησε στο ατύχημα.

Στη σύγχρονη εργασιακή πραγματικότητα το επιθετικό και ανταγωνιστικό περιβάλλον επικεντρώνει τα κίνητρα των διοικούντων σε βραχυπρόθεσμα οικονομικά κριτήρια, παρά σε μακροπρόθεσμα, όπως η εγγενής ασφάλεια και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μελέτες πρόσφατων ατυχημάτων αναφέρουν ότι οι μεγάλες καταστροφές δεν οφείλονται σε συμπτώσεις ανεξάρτητων γεγονότων, αλλά σε συστηματική μετατόπιση της συμπεριφοράς των οργανώσεων προς τα ατύχημα υπό την πίεση της ανάγκης για αποτελεσματικότητα (Svedung, Rasmussen 2002). Χαρακτηριστικοί είναι οι όροι: «παραγόμενες αβεβαιότητες και οργανωμένα ανευθυνότητα» και «στρατηγική αβεβαιότητα και δομική τρωτότητα» (Beck 1992).

Ένα σχετικό παράδειγμα είναι η μείωση του χρονικού ορίζοντα δοκιμής των οργανισμών λόγω του κατακερματισμού τους σε αυτόνομες επιχειρησιακές μονάδες (Duffield 1999) ή η μείωση των επενδύσεων σε έρευνα για την ασφάλεια στις μονάδες παραγωγής ενέργειας μετά τις τάσεις απελευθέρωσης της αγοράς στις βιομηχανικές χώρες (Dooley 1998).

*«Οι αναλύσεις των βιομηχανικών ατυχημάτων τυπικά δείχνουν ότι η πίεση από τις λειτουργικές και οικονομικές προσαρμογές οδηγεί σε μία σταδιακή διάβρωση των ατομικών εφεδρικών προϋποθέσεων ασφάλειας μέχρι να έρθει η στιγμή που η παραβίαση μιας ακόμη προϋπόθεσης ή ένα απλό λάθος σε ένα στοιχείο θα απελευθερώσει ένα ατύχημα ... Τα μέτρα που μειώνουν τις υποβόσκουσες αστοχίες δεν έχουν ορατά αποτελέσματα ακόμη και αν είναι επιτυχή και είναι τα πρώτα θύματα της προσαρμογής των οργανισμών στις οικονομικές πιέσεις».* (Rasmussen 1988b).

#### **5.2.4 Σημαντικότερα επιδημιολογικά μοντέλα**

Το πρώτο επιδημιολογικό μοντέλο, το οποίο προέκυψε από την επιστήμη της επιδημιολογίας, είναι αυτό του Gordon (1949), το οποίο εισήγαγε τους όρους του ξενιστή, του παράγοντα και του περιβάλλοντος. Ο βασικότερος παράγοντας για το ατύχημα θεωρήθηκε ότι είναι μία μορφή ενέργειας ή μία τοξική ουσία. Επίσης, γίνεται διάκριση του παράγοντα (π.χ. ενέργεια) από το «όχημα» του (π.χ. σφυρί που πέφτει).



Ένα ατύχημα είναι η συνέπεια μιας δυσλειτουργίας στο σύστημα, το οποίο δε λειτουργεί όπως σχεδιάστηκε (Lerplat et al. 1979). Συνεπώς, η μελέτη των ατυχημάτων πρέπει να νοείται ως μελέτη των δυσλειτουργιών που τα προκάλεσαν. Σύμφωνα με κάποιες απόψεις τα συμβάντα είναι συμπτώματα της δυσλειτουργίας, ενώ σύμφωνα με άλλες η δυσλειτουργία προκαλεί συμβάντα τα οποία προκαλούν ατυχήματα. Επίσης, μπορεί η ίδια δυσλειτουργία να προκαλεί συμβάντα και ατυχήματα που δεν συνδέονται μεταξύ τους (Lerplat 1984). Παραμένει, όμως, αμφίβολο εάν είναι το επίπεδο της απόκλισης είναι αυτό που καθορίζει το εάν θα υπάρξει τραυματισμός ή όχι. Το ερώτημα αυτό παραπέμπει έμμεσα στον ισομορφισμό των αιτίων των διαφόρων επιπέδων σοβαρότητας ατυχημάτων (Salminen et al. 1992; Saloniemi, Oksanen 1998).

Μία εναλλακτική προσέγγιση μεταξύ μοντέλου διαδοχής και επιδημιολογικού είναι το μοντέλο έναυσης και σύζευξης (Trigger Coupling Model - TCM model) (Humphreys, Jenkins 1991). Το μοντέλο αυτό βασίζεται σε συγκεκριμένες κατηγοριοποιήσεις αιτίων:

- Ένα «προσεγγίζον αίτιο» (proximate cause) που σχετίζεται με μία αστοχία είναι ένας χαρακτηρισμός μιας κατάστασης που προφανώς οδηγεί στην αστοχία, αλλά δεν προσφέρει από μόνο του πλήρη κατανόηση του τι οδήγησε στην κατάσταση αυτή (Lofgren et al. 1988).
- Ένα προκαταρκτικό συμβάν (conditioning event) είναι ένα γεγονός το οποίο προδιαθέτει ένα στοιχείο προς αστοχία ή αυξάνει την τάση του για αστοχία αλλά δεν προκαλεί το ίδιο την αστοχία.
- Ένα συμβάν έναυσης (trigger event) είναι ένα γεγονός που ενεργοποιεί μία αστοχία ή ξεκινά τη μετάβαση προς μία κατάσταση αστοχίας, είτε η αστοχία αποκαλύπτεται την ίδια στιγμή είτε όχι.
- Ένας παράγοντας σύζευξης (coupling factor) είναι μία ιδιότητα ενός συνόλου στοιχείων που τα καθιστά επιρρεπή στους ίδιους μηχανισμούς αστοχίας. Δεν είναι εύκολο να διαχωριστούν οι μηχανισμοί σύζευξης και αστοχίας: η σύζευξη εμφανίζεται σε όλα τα σημεία της αιτιολογικής αλυσίδας σε κάποιο βαθμό και έτσι είναι ένα αδιαχώριστο τμήμα του μηχανισμού αστοχίας (Parry 1991).



**Σχήμα 5.14 Μοντέλο TCM (Humphreys, Jenkins 1991)**

Μία ακόμη παραλλαγή είναι το μοντέλο «Εξέλιξης Ατυχήματος και Προστατευτικών Μέτρων» (Svenson 1991), το οποίο σε αντίθεση με το μοντέλο του Domino, απλώς περιγράφει τα μέτρα ασφάλειας που αστόχησαν (και όχι τα συμβάντα που οδήγησαν στο ατύχημα). Το μο-

ντέλο του Houston επίσης εντάσσεται κατά ορισμένους συγγραφείς (Lees 1996) στην κατηγορία αυτή.

Μία δεύτερη κατηγορία επιδημιολογικών μοντέλων δίνει έμφαση στην κατάσταση του συστήματος και τη δυνατότητα καθορισμού μιας «κανονικής κατάστασης λειτουργίας», ώστε οι αποκλίσεις από αυτήν να θεωρηθούν ως σχετιζόμενες με ατύχημα. Κυριότερα τέτοια μοντέλα είναι:

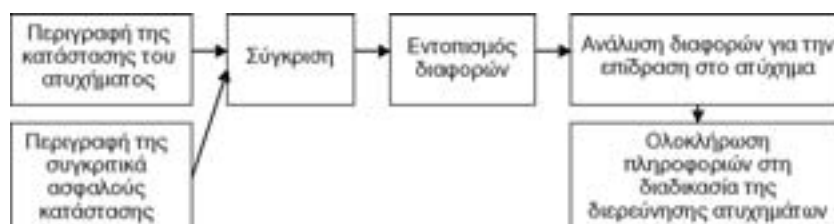
- Το μοντέλο του MacDonald (1972), το οποίο δέχεται την αλληλουχία: κανονική κατάσταση, ανάπτυξη συνθηκών προδιάθεσης, απόκλιση, μετασταθερή κατάσταση, ασταθής κατάσταση, καταστροφή.
- Το μοντέλο του Kjellén (1983), το οποίο δέχεται την αλληλουχία: απώλεια ελέγχου, αρχική φάση, τελική φάση, φάση τραυματισμού και φάση ολοκλήρωσης συνεπειών.

Και τα δύο αυτά μοντέλα προτείνουν για τις φάσεις τους τις αντίστοιχες ενέργειες: αρχικός σχεδιασμός, έλεγχος, αναγνώριση κινδύνων, ανάκαμψη, δευτερεύουσα ασφάλεια, επισκευή.

Η μέθοδος Markov (Billinton, Alan 1983) 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). Έτσι έχει δύο μεταβλητές: το χρόνο και την κατάσταση (Lees 1996). Λόγω της πολυπλοκότητας της, έχει προταθεί να εφαρμόζεται η μέθοδος Markov μόνο στα μέρη του συστήματος όπου υπάρχουν αλληλεξαρτήσεις και να εφαρμοστούν δέντρα σφαλμάτων στο υπόλοιπο σύστημα (Pullum, Dugan 1996; Meshkat, Dugan 2002).

Το διαφοροποιημένο μοντέλο OARU (Occupational Accident Research Unit) εκλαμβάνει τη διαδοχή σαν μία αλυσίδα αποκλίσεων ποικίλης διάρκειας από την αρχική φάση ως τη φάση ολοκλήρωσης και καθοριστικών παραγόντων (τεχνικών, ανθρώπινων ή οργανωτικών πόρων του συστήματος) που επηρεάζουν την εμφάνιση των αποκλίσεων ή τις συνέπειες τους (Kjellén, Larsson 1981; Kjellén 1984).

Ένα λογικό διάγραμμα της διαδικασίας αυτής δίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



**Σχήμα 5.15 Μοντέλο OARU (Livingston et al. 2001)**

Μοντέλα που εντάσσονται στην κατηγορία αυτή είναι το μοντέλο ACSNI (Advisory Committee on the Safety of Nuclear Installations – ACSNI 1991), το οποίο δίνει βαρύτητα

τα σε λανθάνουσες καταστάσεις, το μοντέλο ISRS (International Safety Rating System - Smith 1992) με έμφαση σε διοικητικά θέματα και το μοντέλο ASSET (Assessment of Safety Significant Event Teams – IAEA 1991), το οποίο θεωρεί τις λανθάνουσες αδυναμίες ως παράγοντα πρόκλησης και τις διοικητικές αδυναμίες για τον εντοπισμό τους ως αίτιο.

Η τρίτη κατηγορία επιδημιολογικών μοντέλων είναι αυτά που δίνουν έμφαση στην επεξεργασία πληροφοριών. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα μοντέλα των Hale & Hale (1970) και Surry (1969), τα οποία είναι δομημένα 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), καθώς και το μοντέλο πληροφοριών (Saari 1984) σύμφωνα με το οποίο το ατύχημα προκαλείται από διατάραξη της ροής πληροφοριών στο σύστημα του χώρου εργασίας. Το μοντέλο «συμπεριφοράς μπροστά στον κίνδυνο» των Hale, Glendon (1987) είναι ένα μίγμα του μοντέλου του Surry και του μοντέλου ανθρώπινου λάθους SRK του Rasmussen (Κεφάλαιο 4), το οποίο προσπαθεί να δείξει τι πρέπει να συμβεί για να αποφευχθεί το ατύχημα όταν ο κίνδυνος έχει προκύψει.

### 5.2.5 Κριτική

Η επιδημιολογική προσέγγιση θεωρήθηκε ιδιαίτερα χρήσιμη για να ληφθούν υπόψη οι άμεσες αντιδράσεις στην πίεση, η ελλιπής αίσθηση υπευθυνότητας και η τυχαιότητα (Brody 1963), οι ατομικές διαφορές συμπεριλαμβανομένων των συναισθηματικών παραγόντων (Mac Iver 1961) ή οι οργανωσιακοί, διαπροσωπικοί και ατομικοί παράγοντες (Footle 1961). Τα επιδημιολογικά μοντέλα μπορούν με καλύτερο τρόπο να ερμηνεύσουν ατυχήματα στα οποία δεν έχει προηγηθεί κάποιο εξόχως εμφανές αίτιο ή συμβαίνουν σε μία συνήθη αλληλουχία χωρίς να έχει συμβεί καμία (προφανής) απόκλιση. Η αδυναμία τους είναι ότι απλώς και μόνο η χρονική διαδοχή δεν επαρκεί για να καθοριστεί η σχέση αιτίου και αποτελέσματος (Hollnagel 2002).

Η επιδημιολογική προσέγγιση δέχτηκε κριτική ότι ενώ ήταν η πρώτη προσπάθεια να ληφθούν υπόψη όλοι οι σχετικοί παράγοντες, δεν επιτεύχθηκε μία περιγραφική προσέγγιση που θα επέτρεπε και ισχύ προβλέψεων. Η προσέγγιση αυτή έχει χαρακτηριστεί 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 2005d).

Ένα ακόμη στοιχείο κριτικής αφορά τη σχέση της επιδημιολογικής προσέγγισης με την πολυπλοκότητα. Η δυσκολία αυτή ξεκίνησε από την κλασσική επιδημιολογία, όπου παρά τις μεγάλες αρχικά επιτυχίες στη μείωση κάποιων ασθενειών, εμφανίστηκαν στη συνέχεια προβλήματα καθώς γινόταν εμφανές ότι κάποιες ασθένειες ήταν πολυπαραγοντικές από τη φύση τους (Hanlon, Pickett 1984). Εάν γίνει προσπάθεια απλώς να συγκεντρωθεί η πληροφορία των διαφόρων «προάγγελων» χωρίς να υπάρχει γνώση του ποιοι είναι οι κρίσιμοι, τότε ο ερευνητής θα βρεθεί αντιμέτωπος με ένα πλήθος «προαγγέλων» (Sonnemans, Körvers 2006).

Ιδιαίτερα τα ατυχήματα είναι περιπτώσεις με πολλαπλά αίτια, οπότε παρουσιάζονται και αντίστοιχες αδυναμίες του επιδημιολογικού μοντέλου στην αντιμετώπιση τους (Vilardo 1988). Η επιδημιολογική προσέγγιση με τον τρόπο που γίνεται για τις ασθένειες δεν μπορεί να εξηγήσει για ποιο λόγο ενώ πολλοί είναι αυτοί που εκτίθενται π.χ. σε γρήγορη οδήγηση σε ολισθηρό δρόμο και φθαρμένα ελαστικά, σε κάποιους μόνο εμφανίζεται τραυματισμός και σε κάποιους άλλους όχι (Vilardo 1988).

Επιπλέον, έχει ασκηθεί κριτική και στις παραμέτρους που εξετάζονται από το επιδημιολογικό μοντέλο (ξενιστής – παράγοντες – περιβάλλον) όσον αφορά την εφαρμοσιμότητα τους και στα ατυχήματα, όπου η βασικότερη αλληλεπίδραση είναι αυτή μεταξύ συμπεριφορών και περιβάλλοντος σε αντίθεση με τις ασθένειες, όπου ακόμη και στις πλέον μεταδοτικές, η νόσος δεν είναι συνήθως αποτέλεσμα συμπεριφοράς. Επίσης, στις περισσότερες περιπτώσεις κινδύνου ατυχήματος υπάρχει ισχυρό κίνητρο αποδοχής του κινδύνου (π.χ. ικανοποίηση, κέρδος κ.λπ.) σε αντίθεση με τις περισσότερες ασθένειες - με εξαίρεση, ίσως, τις σεξουαλικά μεταδιδόμενες νόσους (Vilardo 1988).

### 5.3 Συστημικά μοντέλα

*«Ο κίνδυνος δεν είναι ιδιότητα κάποιου συγκεκριμένου στοιχείου του συστήματος, αλλά ιδιότητα του ίδιου του συστήματος» (Hatfield, Hipel 2002).*

#### 5.3.1 Ντετερμινιστικά, πιθανοκρατικά και χαοτικά συστήματα

Η ανάπτυξη της επιστήμης της πολυπλοκότητας και των συστημάτων, έχει μία ιστορία 60 ετών. Οι ρίζες της βρίσκονται στις έννοιες του «ολισμού» και του «gestalt» και περί τις δεκαετίες του 1940 και 1950 στην κατανόηση της αρχής της ανάδρασης (Simon 1996). Ο ολισμός και το gestalt περιέχουν την ιδέα του όλου που είναι περισσότερο από το άθροισμα των μερών του και για το λόγο αυτό ανθίσταται στις αρχές της ανάλυσης και αφαιρετικότητας. Η έννοια της ανάδρασης αντικαθιστά το εξωτερικό ερέθισμα και εμπεριέχει τις επιδράσεις της πληροφορίας και του σκοπού. Έτσι, η αποσύνθεση ενός σύνθετου συστήματος μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια της κατανόησης του, ειδικά όταν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μερών του, άρα και η οργανωτική του φύση, είναι αυτά που καθορίζουν τη συμπεριφορά του ως σύνολο (Le Coze 2005).

Ο Kirchsteiger (1999) ξεχωρίζει τα συστήματα σε:

- Ντετερμινιστικά, τα οποία είναι εντελώς προβλέψιμα και υπάρχει μηχανισμός (συνήθως άγνωστος), ο οποίος μπορεί να περιγράψει τα πάντα στο μέλλον τους. Μια βασική αρχή των αναλυτικών – ντετερμινιστικών προσεγγίσεων είναι ότι το σύστημα μπορεί «αρκετά καλά» να επανασυσταθεί από τα στοιχεία στα οποία είχε αναλυθεί



- Πιθανοκρατικά, τα οποία έχουν κάποιο βαθμό αβεβαιότητας και χρειάζονται τυχαίες μεταβλητές για να περιγράψουν κάποιες αλληλεπιδράσεις τους.
- Χαοτικά συστήματα το μέλλον των οποίων είναι δύσκολο ή αδύνατο να προβλεφθεί λόγω των μεγάλων αλλαγών που μπορεί να τους επιφέρουν μικρές διακυμάνσεις. Κύριο χαρακτηριστικό της χαοτικής συμπεριφοράς είναι ότι αφού είναι αδύνατο να παρατηρηθεί με άπειρη ακρίβεια η τρέχουσα κατάσταση, η ασφάλεια στο εγγύς μέλλον μπορεί να προβλεφθεί μόνο με περιορισμένη ακρίβεια και στο απώτερο μέλλον είναι απρόβλεπτη (Collins, Thompson 1997; Lorenz 1993).

Οι πρώτες δύο κατηγορίες δεν «υπάρχουν» κανονικά, αλλά αντικατοπτρίζουν τις αντιλήψεις που υπάρχουν για τα συστήματα αυτά. *«Αν ο ντετερμινισμός ήταν η αλήθεια σε έναν εντελώς υλικό κόσμο, οι άνθρωποι δεν θα είχαν κανένα έλεγχο σε οτιδήποτε θα επέλεγαν να κάνουν, καθώς οτιδήποτε κάνει κάποιος θα ήταν αποτέλεσμα μιας μακράς αλυσίδας γεγονότων που εκτείνεται πριν από τη σύλληψη του»* (Kirchsteiger 1999). Αυτό δεν είναι δυνατόν, καθώς κάθε προσπάθεια να εξηγηθεί ο κόσμος με όλο και περισσότερο «σφαιρικές» θεωρίες δεν οδηγεί μόνο σε μεγαλύτερα επίπεδα σφαιρικότητας, αλλά και σε μεγαλύτερα επίπεδα αβεβαιότητας (Porper 1988).

Το βασικό πλεονέκτημα της ντετερμινιστικής προσέγγισης είναι η απλότητα και σαφήνεια της ανάλυσης και της λήψης αποφάσεων. Το πρόβλημα της είναι ότι βασίζεται στην εμπειρία και στην «κοινή λογική», η οποία σε πολλές περιπτώσεις εξαρτάται από το άτομο ή την οργάνωση (Carter 1994) και δεν γίνεται ευρέως αποδεκτή από τους επιστήμονες (Kirchsteiger 1999). Επίσης, η ντετερμινιστική προσέγγιση δεν επιτρέπει ταξινομήσεις πιθανών εκβάσεων (Berg, Kafka 1997). Ακόμη και η εξέταση του χειρότερου σεναρίου αποτελεί μία αποσπασματική εξέταση ενός σπάνιου γεγονότος μεταξύ μυριάδων (Kirchsteiger 1999).

Το πλεονέκτημα της πιθανοκρατικής προσέγγισης είναι η ολοκληρωτική και ποσοτική αντιμετώπιση της, η οποία επιτρέπει την κατάταξη των ενδεχομένων, τη σαφή αντίληψη και επεξεργασία όλων των ειδών αβεβαιότητας και την εφαρμογή διαδικασιών βελτιστοποίησης (Apostolakis 1990). Επίσης, η προσέγγιση αυτή είναι οικονομικά σκόπιμη για λήψη αποφάσεων για την αποδοτικότερη δέσμευση πόρων. Ακόμη και αν η ποσότητα των διαθέσιμων πληροφοριών είναι σχετικά περιορισμένη, οι προσεγγίσεις αυτές είναι λειτουργικές, αφού χρησιμοποιούνται σαν συγκριτικά εργαλεία (Kirchsteiger 1999).

Το βασικό της μειονέκτημα είναι ότι οι εκτιμήσεις επικινδυνότητας που βασίζονται σε πιθανοκρατικές προσεγγίσεις, μπορεί να είναι μειωμένης αξίας για δύο κύριους λόγους (Ringdahl, Wennersten 2001):

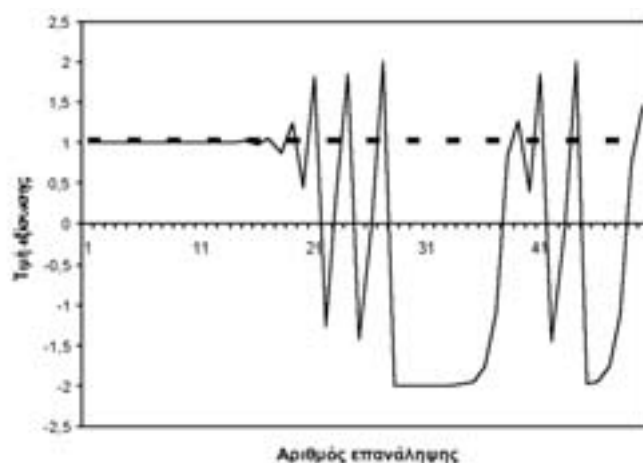
- Οι αλλαγές στο σύστημα καθιστούν τις παραδοχές και τα δεδομένα λιγότερο αξιόπιστα.
- Μπορεί να είναι δύσκολο για τους εργαζομένους να κατανοήσουν τη σχέση μεταξύ των κινδύνων και των αλλαγών στο χώρο εργασίας.

Τόσο η πιθανοκρατική όσο και η ντετερμινιστική προσέγγιση έχουν το πρόβλημα της μίξης υποκειμενικών αντιλήψεων με αντικειμενικά δεδομένα. Αμφότερες οι προσεγγίσεις αυτές εμπεριέχουν αβεβαιότητες και δεν μπορούν να διεκδικήσουν ακρίβεια μεγαλύτερη αυτής της τάξης μεγέθους (Kirchsteiger 1999).



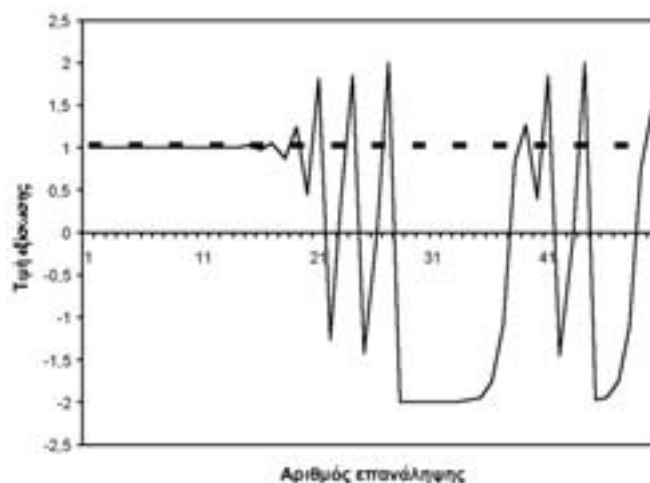
Τα χαοτικά συστήματα προέκυψαν από τη μελέτη των μη γραμμικών συστημάτων με ανάδραση, η οποία έδειξε ότι τέτοια συστήματα, ακόμη και όταν προσωρινά εμφανίζονται σταθερά, μπορούν να οδηγηθούν στην αστάθεια από μία μικρή παρέκκλιση στις αρχικές τους συνθήκες, ακόμη και χωρίς καμία εξωτερική επίδραση.

Για παράδειγμα, αν εξεταστεί κάποιο μη γραμμικό σύστημα με ανάδραση (εδώ το σύστημα που περιγράφεται από τον αλγόριθμο:  $x_2 = -x_1^2 + 2$ ), παρατηρούνται τα εξής:



**Σχήμα 5.16** Εξέλιξη αλγόριθμου  $x_2 = -x_1^2 + 2$  για απόκλιση 0,000001 από την τιμή 1

Για τη μία ρίζα της αντίστοιχης εξίσωσης ( $x^2+x-2=0$ ) σαν αρχική τιμή (δηλαδή  $x_1=1$ ) προκύπτει μία ίσια (διακεκομμένη) γραμμή που αναπαράγει την ίδια τιμή. Όμως, για μία πολύ μικρή απόκλιση (αρχική τιμή  $x_1 = 1,000001$  or  $x_1=0,99999$ ) μετά τις πρώτες 15 επαναλήψεις όπου υπάρχει μία ισορροπία γύρω από την τιμή αυτή, το γράφημα οδηγείται απότομα στην αστάθεια (συνεχής γραμμή). Αυτή η μικρή απόκλιση του 0,000001 στις αρχικές συνθήκες είχε σαν αποτέλεσμα την ολική αστάθεια του συστήματος μακροπρόθεσμα (χωρίς καμία εξωτερική επίδραση). Εξετάζοντας ένα άλλο σύστημα [π.χ.  $x^2 - 4x + 3 = 0$ , δηλαδή  $x_2 = 1/4 (x_1^2 - 3)$ ], παρατηρούνται τα εξής:



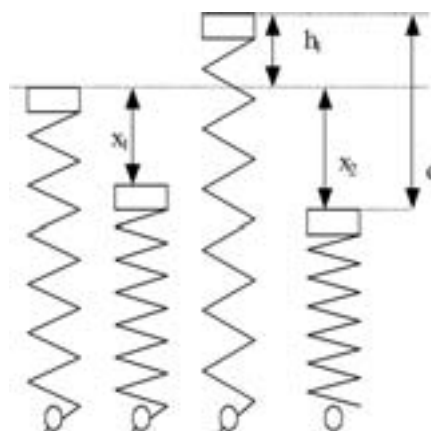
**Σχήμα 5.17** Εξέλιξη αλγόριθμου  $x_2 = 1/4 (x_1^2 - 3)$  για απόκλιση 0,000001 από την τιμή 3

Ενώ για μία αρχική τιμή  $x_1 = 3$  (ρίζα της εξίσωσης) υπάρχει σταθερότητα (διακεκομμένη γραμμή) για μία μικρή απόκλιση προς τα πάνω (3,000001) και μετά από 12 επαναλήψεις υπάρχει απότομη αύξηση προς το άπειρο (παχιά συνεχής γραμμή) ενώ για μία μικρή απόκλιση προς τα κάτω (2,99999) παρουσιάζεται μία μικρή διακύμανση γύρω από την τιμή 1 (δεύτερη ρίζα της εξίσωσης), η οποία στενεύει όσο αυξάνεται ο αριθμός των επαναλήψεων (λεπτή συνεχής γραμμή). Τέτοιες τιμές που οδηγούν σε τάξη μέσα στο χάος είναι γνωστές σαν «ελκυστές» ("attractors").

Αυτή η σύντομη παρουσίαση κάποιων θεμελιωδών αρχών της μη γραμμικότητας δείχνει ότι η συμπεριφορά ενός μη γραμμικού συστήματος δεν μπορεί να προβλεφθεί μακροπρόθεσμα. Είναι, όμως, δυνατόν να βρει κανείς μία απλή περίπτωση μη γραμμικού συστήματος, όπως τα προηγούμενα, σε χώρους εργασίας; Ακολουθεί ένα απλό παράδειγμα (Targoutzidis, Antonopoulou 2006).

Κάθε αντικείμενο μάζας  $m$ , τοποθετημένο πάνω σε ένα ελατήριο με αρχική συσπίρωση  $x_1$ , θα εκσφενδονιστεί σε ένα ύψος  $h_1 = (k/2mg) x_1^2 - x_1$  (όπου  $k$  η σταθερά του ελατηρίου και  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας). Αν αυτή η διαδικασία είναι επαναλαμβανόμενη και το ελατήριο συμπιέζεται χειρονακτικά από την υψηλή θέση ( $h$ ) μέσω μιας σταθερής μετατόπισης ( $d$ ) για να επανέλθει στην αρχική του θέση τότε  $x_2 = -(k/2mg) x_1^2 + x_1 + d$ .

Αντιστοιχώντας τιμές στα  $k$ ,  $m$  και  $d$ , είναι προφανές ότι το σύστημα είναι ίδιο με τα προαναφερθέντα. Για κάποια τιμή ( $x_1$ ) ίση με τη ρίζα της εξίσωσης  $(k/2mg) x^2 - 2x - d = 0$ , το σύστημα θα είναι σταθερό, ενώ μία μικρή απόκλιση από την τιμή αυτή μπορεί να οδηγήσει σε απρόβλεπτη συμπεριφορά του συστήματος.



**Σχήμα 5.18** Τυπικό μη γραμμικό σύστημα με ανάδραση στο χώρο εργασίας

Το γεγονός ότι δεν παρατηρείται κάτι τέτοιο σε απλές περιπτώσεις εργασιών οφείλεται στην άμεση οπτική ανάδραση του εργαζομένου, η οποία ενεργοποιεί τη διαδικασία της διάγνωσης και άμεσης διόρθωσης (π.χ. μεταβάλλοντας το  $d$ ) όταν το σύστημα αρχίζει να αποσταθεροποιείται. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν είναι απλό σε πιο σύνθετα συστήματα. Περιπτώσεις πανικού όπου ένα πολύπλοκο σύστημα αποσταθεροποιείται και «όλα πάνε λάθος» (π.χ. απότομη α-

πώλεια ισορροπίας) με την έννοια της γεωμετρικής παρά γραμμικής αύξησης της απόκλισης από την «κανονική» κατάσταση είναι συνηθισμένες σε μικρότερη ή μεγαλύτερη κλίμακα.

Πρέπει να τονιστεί ότι δεν χρειάζονται ιδιαίτερα πολύπλοκες εξισώσεις για να παραχθεί χάος: η ανάδραση από μόνη της είναι αρκετή ακόμη και στον απλό αλγόριθμο του Bernoulli:

$$x_{n+1} = 2x_n \text{ (modulo 1)}, \text{ δηλαδή αν } 2x_n > 1, \text{ τότε } x_{n+1} = 2x_n - 1.$$

Αυτού του είδους η παρέμβαση (δηλαδή η σταθερή παρέμβαση όταν ξεπερνιέται ένα όριο) είναι ιδιαίτερα συνηθισμένη στους χώρους εργασίας. Έχει αποδειχθεί (Prigogine 1996) ότι κάθε απειροελάχιστη απόκλιση στην αρχική τιμή οδηγεί σε εντελώς διαφορετικά αποτελέσματα του συστήματος. Είτε με τη μαθηματική, είτε με την πρακτική έννοια, οι μηχανισμοί ανάδρασης κυριαρχούν σε κάθε σύστημα όπου υπάρχουν.

### 5.3.2 Πολύπλοκα συστήματα εργασίας

Ένα χαρακτηριστικό των πολύπλοκων συστημάτων, το οποίο τα καθιστά ουσιαστικά ασύμβατα με την πιθανοκρατική ανάλυση είναι η περιορισμένη χρησιμότητα των ιστορικών στοιχείων. Κάποιοι κίνδυνοι μπορεί να μην πραγματοποιήθηκαν ποτέ και έτσι να μην εμφανίζονται στα ιστορικά δεδομένα (Gadd et al. 2003). Επίσης σημαντικό είναι το πρόβλημα της μειωμένης αναφοράς (under-reporting), ο βαθμός του οποίου τείνει να αυξάνεται όσο μειώνεται η σοβαρότητα των συνεπειών (Adams 1998). Γενικά, λοιπόν, τα δεδομένα που σχετίζονται με την ασφάλεια πολύ συχνά παρουσιάζουν πρόβλημα αξιοπιστίας.

Μελέτη αξιοπιστίας σε 106 σενάρια ατυχημάτων (Frank 1989) έδειξε ότι τα 20 σενάρια συνεισέφεραν για το 99% της πιθανότητας αστοχίας, 2 από τα οποία δεν είχαν προβλεφθεί. Συμπεραίνεται ότι θα ήταν πιο εύκολο και ακριβές αν η μελέτη περιλάμβανε μόνο τα 20 αυτά. Το συμπέρασμα αυτό δεν ξενίζει, καθώς είναι ευρέως αποδεκτό ότι η μεγιστοποίηση της αξιοπιστίας ενός συστήματος δεν σημαίνει απαραίτητα και την ελαχιστοποίηση των απωλειών του από αστοχίες. Κάποια λίγα είδη αστοχιών ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος των προσδοκώμενων απωλειών από αστοχίες, στις οποίες θα έπρεπε να κατευθυνθεί το μεγαλύτερο μέρος των πόρων (Todínov 2006). Άλλωστε, τα ιστορικά δεδομένα μπορεί να περιλαμβάνουν σπάνια γεγονότα ή ξεπερασμένες σχέσεις και ρουτίνες (Gadd et al. 2003). Η ανάλυση και οι δείκτες ατυχημάτων ακόμη και αν δίνουν φαινομενικά καλές προβλέψεις, αγνοούν τη δυναμική συμπεριφορά του συστήματος πρόκλησης ατυχημάτων και συνεπώς σημαντικά χαρακτηριστικά της διαδικασίας αυτής (Haastrup, Funtowicz 1992).

Ιδιαίτερα στα πολύπλοκα (μη γραμμικά με ανάδραση) συστήματα, όπως τα προηγούμενα αριθμητικά παραδείγματα, η μελλοντική πορεία σε ένα προχωρημένο στάδιο δεν έχει καμία σχέση με την αρχική κατάσταση. Ένα σύστημα αλλάζει – λόγω εσωτερικών και εξωτερικών επιρροών – προς μία νέα (σταθερή ή μη) κατάσταση όπου δεν μοιάζει καθόλου με αυτό που ήταν στην αρχή (Ringdahl, Wennersten 2001).

Χαρακτηριστική είναι η μελέτη εκτεταμένης ανάλυσης συμβάντων – αιτιών ατυχημάτων, όπου σε ένα δείγμα 2516 περιπτώσεων δεν βρέθηκε κανένα ζεύγος εντελώς ίδιων ατυχημάτων, γεγονός που αμφισβητεί τις κλασσικές κατηγοριοποιήσεις των ατυχημάτων (Davies et al. 1998), ενώ μειώνει την αξία της επαναληψιμότητας των ίδιων ατυχημάτων (Kletz 1993).

Στα πολύπλοκα μοντέλα, οι μέθοδοι που αναπτύχθηκαν στη βάση ατυχημάτων του παρελθόντος δεν μπορούν να οδηγήσουν σε αποτελεσματική προληπτική στρατηγική (Svedung, Rasmussen 2002; Vernez et al. 2004). Οι ήδη καθορισμένες πρακτικές είναι ικανοποιητικές όταν αντιμετωπίζονται γεγονότα υψηλής πιθανότητας όπου οι σχέσεις αιτίου – αιτιατού μπορούν εύκολα να απεικονιστούν. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος των κινδύνων και η πολυπλοκότητα των συστημάτων που εξετάζονται, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η ακρίβεια και η σταθερότητα, άρα και η λεπτομέρεια (Gadd et al. 2003). Σε πολλές περιπτώσεις, όμως, δεν υπάρχει το απαιτούμενο χρονικό διάστημα δοκιμής είτε γιατί η κατάσταση είναι πολύπλοκη και ασυνήθιστη, είτε γιατί οι συνέπειες είναι πολύ σοβαρές (Kirchsteiger 1999).

Η επίλυση πολύπλοκων λειτουργικών θεμάτων σε ένα περιβάλλον με περιορισμένους πόρους μπορεί να επιτευχθεί καλύτερα με περισσότερο ευέλικτες και ολοκληρωμένες προσεγγίσεις (Kanki 2002). Σε τέτοιες περιπτώσεις πολύπλοκων συστημάτων, οι επεμβάσεις που γίνονται από τα άτομα ως αντίδραση στα εκλαμβανόμενα προβλήματα ή στη σύγχυση μπορούν συχνά να αυξήσουν την αλληλεπιδρούσα πολυπλοκότητα, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα επαναφοράς του συστήματος (Sharit 2000).

Παρά τις δυσχέρειες αυτές στην ποσοτικοποίηση, το εντυπωσιακό στοιχείο των χαοτικών συστημάτων είναι η αυτό-ομοιογένεια, η οποία σημαίνει ότι η αστοχία δεν οφείλεται σε ένα εξωτερικό τυχαίο αίτιο, αλλά σε πρότυπα γεγονότων που ξεκινούν πρώτα στα επίπεδα χαμηλότερης έντασης μέσα στο σύστημα (παρ' ολίγον αστοχίες, διακυμάνσεις) και μετά αυξάνονται σε υψηλότερα επίπεδα ώσπου να κυριαρχήσουν και να οδηγήσουν στην αστοχία. Εάν κάποια συστήματα είναι χαοτικά όσον αφορά τη συμπεριφορά αστοχίας τους τότε τα πρότυπα αστοχίας τους θα εμπεριέχουν στοιχεία αυτο-ομοιογένειας (Kirchsteiger 1999).

Τα χαρακτηριστικά που διακρίνουν τα πολύπλοκα από τα γραμμικά συστήματα χώρων εργασίας είναι (Perrow 1984):

**Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά πολύπλοκων και γραμμικών συστημάτων**

| <b>Πολύπλοκα συστήματα</b>                                                              | <b>Γραμμικά συστήματα</b>                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Στενότητα χώρου εξοπλισμού.                                                             | Εξαπλωμένος εξοπλισμός.                                                                       |
| Κοντινά βήματα παραγωγής.                                                               | Ξεχωριστά βήματα παραγωγής.                                                                   |
| Πολλές κοινές συνδέσεις στοιχείων που δεν είναι στην παραγωγική αλληλουχία.             | Κοινές συνδέσεις περιορίζονται στο περιβάλλον και στην παροχή ενέργειας.                      |
| Περιορισμένη απομόνωση στοιχείων που αστόχησαν.                                         | Εύκολη απομόνωση στοιχείων που αστόχησαν.                                                     |
| Εξειδίκευση προσωπικού περιορίζει τη γνώση αλληλεπιδράσεων.                             | Λιγότερη εξειδίκευση προσωπικού.                                                              |
| Περιορισμένη αντικατάσταση προμηθειών και υλικών.                                       | Εκτεταμένη αντικατάσταση προμηθειών και υλικών.                                               |
| Ασυνήθιστες ή ακούσιες αναδράσεις.                                                      | Λίγες ασυνήθιστες ή ακούσιες αναδράσεις.                                                      |
| Πολλές παράμετροι ελέγχου με πιθανές αλληλεπιδράσεις.                                   | Λίγες, άμεσες και διακριτές παράμετροι ελέγχου.                                               |
| Έμμεσες ή επαγωγικές πηγές πληροφόρησης.                                                | Άμεσες πηγές πληροφόρησης on-line.                                                            |
| Περιορισμένη κατανόηση κάποιων διαδικασιών (σχετιζόμενες με μεταποιητικές διαδικασίες). | Εκτεταμένη κατανόηση όλων των διαδικασιών (τυπικά διαδικασίες κατασκευής και συναρμολόγησης). |

Πέρα από την πολυπλοκότητα, σημαντική είναι και η επίδραση της στενότητας της σύνδεσης («coupling»), καθώς τα συστήματα όπου η σύνδεση είναι χαλαρή δίνουν περισσότερες ευκαιρίες επαναφοράς του συστήματος (συνήθως μέσα από ένα συνδυασμό ανθρώπινης προσπάθειας και ευνοϊκών συνθηκών) από αστοχίες ή συμβάντα που μπορούν να προκαλέσουν αστοχίες. Ένα σύστημα μπορεί να είναι στενά ή χαλαρά συνδεδεμένο ανεξαρτήτως της πολυπλοκότητας του (Sharit 2000).

Η διάκριση μεταξύ στενών και χαλαρών συνδέσεων των στοιχείων του συστήματος σύμφωνα με τον Perrow (1984) έχει ως εξής:

**Πίνακας 5.3 Χαρακτηριστικά στενών και χαλαρών συνδέσεων**

| <b>Στενές συνδέσεις</b>                                                                        | <b>Χαλαρές συνδέσεις</b>                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Καθυστερήσεις στις διαδικασίες δεν είναι δυνατές.                                              | Δυνατές οι καθυστερήσεις.                      |
| Μόνο μία μέθοδος για την επίτευξη των στόχων.                                                  | Η σειρά της αλληλουχίας μπορεί να αλλάξει.     |
| Μόνο μικρές καθυστερήσεις είναι δυνατές στις προμήθειες, στον εξοπλισμό και στο προσωπικό.     | Δυνατές εναλλακτικές μέθοδοι.                  |
| Τα αποθέματα και οι εφεδρείες σχεδιάζονται σκόπιμα.                                            | Τα αποθέματα και οι εφεδρείες υπάρχουν τυχαία. |
| Οι αντικαταστάσεις προμηθειών, εξοπλισμού και προσωπικού είναι περιορισμένες και σχεδιασμένες. | Οι αντικαταστάσεις είναι τυχαία διαθέσιμες.    |



Γενικά τα συστήματα δεν είναι ούτε πολύπλοκα ούτε γραμμικά, καθώς και ούτε χαλαρά ούτε στενά συνδεδεμένα, αλλά βρίσκονται σε ένα συνεχές όπου η σύνδεση και η πολυπλοκότητα είναι οι δύο διαστάσεις.

Χωρίς εξαίρεση, όλα τα πρακτικά δομημένα συστήματα εκδηλώνουν συμπεριφορά που σε κάποιο βαθμό είναι μη γραμμική και δυναμική και έχει ιδιότητες που εξαρτώνται από το χρόνο και την τάση και είναι ανομοιομορφες χωρικά (Bomel 2001).



**Σχήμα 5.19 Επίδραση των παραγόντων ασφάλειας στην πιθανότητα αστοχίας (Bomel 2001)**

Οι αναλύσεις ατυχημάτων δείχνουν ότι τα ατυχήματα που συμβαίνουν σε μη κανονικές καταστάσεις του χώρου εργασίας μπορεί να ξεπερνούν το 40% (Franks et al. 2000).

### 5.3.3 Βασικές αρχές των συστημικών μοντέλων

Τα μοντέλα αυτά προέκυψαν από τη ραγδαία εξέλιξη της Επιστήμης των Συστημάτων και της Θεωρίας του Χάους. Απορρίπτουν την αιτίαση των προφανών (ντετερμινιστικών) αιτίων είτε ως διακριτών συμβάντων (μοντέλα διαδοχής) είτε ως λανθανόντων γενικευμένων καταστάσεων (επιδημιολογικά μοντέλα).

Σύμφωνα με τα συστημικά μοντέλα, οι εσωτερικοί μηχανισμοί και αλληλεπιδράσεις των στοιχείων του συστήματος είναι αυτά που υπερτερούν και έτσι οι αποκρίσεις σε εξωτερικά ερεθίσματα δεν είναι γραμμικές (ανάλογες των ερεθισμάτων) αλλά εν γένει απρόβλεπτες (Hollnagel 2002). Τα στοιχεία αυτά είναι λειτουργικά ασύνδετα και μόνο το συμβάν του ατυχήματος είναι αυτό που μπορεί να αποκαλύψει τη σχέση τους (Svedung, Rasmussen 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 («οξύ άκρο»).

Η αρχή ανάλυσης ατυχημάτων των συστημικών μοντέλων είναι η έρευνα για ασυνήθιστες

σχέσεις (αδιευκρίνιστου μηχανισμού αιτίου – αιτιατού) και συνήθεις καταστάσεις του συστήματος (καταστάσεις ισορροπίας). Σκοπός τους είναι να εντοπιστεί και να ελεγχθεί η μεταβλητότητα των καταστάσεων του συστήματος (αντί να θεωρείται το σύστημα σταθερό όπως στις προηγούμενες προσεγγίσεις). Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι αρχές των μοντέλων αυτών (Hollnagel 2002):



**Σχήμα 5.20** Νοητική προσέγγιση συστημικών μοντέλων (Hollnagel, 2002)

Η πιθανότητα να παράγονται πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις από τα στοιχεία ενός συστήματος είναι μικρή, αλλιώς το σύστημα θα ήταν εν γένει ασταθές. Η πιθανότητα αυτή είναι μεγαλύτερη στα πολύπλοκα, παρά στα γραμμικά συστήματα (ο χαρακτηρισμός ενός συστήματος ως γραμμικού ή πολύπλοκου γίνεται βάσει του πλήθους των σύνθετων αλληλεπιδράσεων - Sharit 2000). Ακόμη, όμως 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). Έχει, άλλωστε, υποστηριχθεί (Brian 1988) ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των συχνότερων μικρών ατυχημάτων και των λιγότερο συχνών μεγάλων ατυχημάτων.

Γενικά, όταν τα συστήματα είναι μικρής κλίμακας και σχετικά χαμηλής επικινδυνότητας με μικρό ρυθμό μεταβολής με το χρόνο, μπορούν να εξελιχθούν με διαδικασίες trial & error. Αυτό συχνά δεν είναι, όμως, δυνατόν σε μοντέρνα συστήματα όπου οι ρυθμοί μεταβολής είναι πολύ γρήγοροι και οι συνέπειες της αστοχίας πολύ μεγάλες (Lees, 1996). Όταν οι αλληλεπιδράσεις είναι μη αναμενόμενες, αμφίβολες ή δυσνόητες, η πιθανότητα ατυχήματος ή γενικότερα για αντίστροφη έκβαση αυξάνονται (Sharit 2000).

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 ξεπεράσει 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 συστημάτων 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).

Η εμφάνιση των νέων μοντέλων αντανακλά τις αλλαγές που έχουν επέλθει στο χώρο εργασίας (Pursswell, Rumar 1984). Πριν από λίγες δεκαετίες η εργασία ήταν συνώνυμη με τη χειρονακτική. Τα χέρια του εργαζόμενου ήταν πάνω σε αυτό που παρήγε. Το σύστημα ήταν αυτοτροφοδοτούμενο με έμφυτη άμεση ανάδραση, κυρίως μέσω φυσικών παραγόντων όπως ο θόρυβος και οι δονήσεις (Leveson 2004), αλλά η αποτελεσματικότητα του ήταν χαμηλή. Προκειμένου να βελτιωθεί δημιουργήθηκαν μηχανές με ανεξάρτητες πηγές ενέργειας, στις οποίες όμως η αμεσότητα της ανάδρασης μειώθηκε λόγω της απόστασης, οι νοητικές ενέργειες όπως η προσοχή αυξήθηκαν και η αυτοτροφοδότηση εξαφανίστηκε (Rumar 1982). Πολλά ατυχήματα εμφανίστηκαν λόγω ανεπαρκούς ανάδρασης (Leveson 2004). Επίσης, αρκετά ατυχήματα προκλήθηκαν λόγω της «ασύγχρονης αλλαγής», δηλαδή της αλλαγής ή της σταδιακής αποδιάρθρωσης σε ένα μέρος του συστήματος χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι αλλαγές στο υπόλοιπο σύστημα (Lerplat 1984). Μία περιγραφή των αιτιών για την ανεπάρκεια των παλαιότερων μοντέλων είναι (Leveson 2004):

- Ραγδαία πορεία τεχνολογικών αλλαγών: οι τεχνολογίες σήμερα φτάνουν στην αγορά σε 2 - 3 έτη και μπορεί να γίνουν ξεπερασμένες σε 5.
- Διαφοροποιημένη μορφή των ατυχημάτων: παλιές τεχνικές (π.χ. παράλληλα εφεδρικά συστήματα) δεν επαρκούν για τα ψηφιακά συστήματα και το λογισμικό, ενώ αντίθετα μπορεί απλά να αυξήσουν την πολυπλοκότητα και η υπερβολική στήριξη σε αυτά δημιουργεί επιπλέον προβλήματα (π.χ. πρόσφατα αεροπορικά ατυχήματα).
- 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 με το κόστος και την 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 δυνατόν να προβλέψουν όλες τις δυνατές καταστάσεις.
- Περαισσότερο πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ ατόμων και αυτοματισμών: νέα είδη ανθρώπινου λάθους και νέα είδη κατανομή 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 μεγάλο πλεονέκτημα των συστημικών μοντέλων είναι η έμφαση τους ότι η ανάλυση ατυχημάτων πρέπει να βασίζεται σε μία κατανόηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών του συστήματος, παρά σε παραδοχές ή υποθέσεις σχετικά με την αλληλεπίδραση μεταξύ δομών ή εσωτερικών μηχανισμών, όπως υποστηρίζεται από συνήθειες απεικονίσεις (π.χ. επεξεργασία πληροφοριών ή διαδρομές αστοχίας). (Hollnagel 2005d).

Το μοντέλο STAMP (Systems Theory Accident Modeling and Processes – Leveson 2004) χωρίζει το κοινωνικο-τεχνικό σύστημα σε επίπεδα ελέγχου όπου ελέγχονται οι αστοχίες στοι-

χείων, οι προβληματικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ στοιχείων και οι περιβαλλοντικές αναταραχές. Η έμφαση δίνεται στον έλεγχο των περιορισμών των παραμέτρων αυτών παρά στην πρόληψη αστοχιών. Τα ατυχήματα θεωρούνται αποτέλεσμα ανεπάρκειας του ελέγχου των περιορισμών.

Η προσέγγιση των συστημικών μοντέλων δέχτηκε κριτική από την πρώτη εμφάνισή της, η οποία κυρίως αφορούσε την πρακτική εφαρμογή και αποτελεσματικότητα («οι θεωρίες συστημάτων εξηγούν τα πάντα αλλά δεν προβλέπουν τίποτα» - Singleton 1984), όπως και την αποδοχή της υποκειμενικότητας ως αναπόφευκτο και δομικό στοιχείο παρά σαν απλή ατέλεια στα δεδομένα.

Η απόρριψη 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 έδειχναν αντίστοιχα αποτελέσματα στα στατιστικά των ατυχημάτων (Singleton 1982).

Η εισαγωγή της υποκειμενικότητας και η αμφισβήτηση των απλών μηχανισμών αιτίου – αιτιατού από τα συστημικά μοντέλα δεν σταματά, όμως, τις οργανώσεις από το να λαμβάνουν μέτρα για την αύξηση της ασφάλειας ακόμη και αν δεν υπάρχει ξεκάθαρος μηχανισμός αιτιότητας του ατυχήματος. Προτείνεται, έτσι, ο έλεγχος συγκεκριμένων παραμέτρων και η διατήρηση τους σε συγκεκριμένα όρια, αν και είναι παραδεκτό ότι το πλήθος των συνδυασμών τους δεν μπορεί να προβλεφθεί (Singleton 1984). Μία τέτοια προσέγγιση, όμως, προϋποθέτει γραμμική συμπεριφορά του συστήματος, ώστε οι μικρές μεταβολές στις ελεγχόμενες παραμέτρους να μην μπορούν να έχουν δυσανάλογα υψηλές συνέπειες.





## 6. ΣΥΝΟΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα εργατικά ατυχήματα είναι ένα σύνθετο φαινόμενο που έχει τις βάσεις του τόσο στον άνθρωπο όσο και στα δημιουργήματα του. Το κύριο συστατικό τους, ο κίνδυνος, περιλαμβάνει τους μηχανισμούς του εγγενώς αγνώστου, τους οποίους καλείται ο άνθρωπος να αντιμετωπίσει σε οποιαδήποτε ενέργεια του σε κάθε στιγμή της ζωής του.

Ούτε η εγγενής άγνοια, όμως, είναι ικανή να σταματήσει τη δημιουργικότητα του ανθρώπου. Άλλωστε η γνώση ήταν ένα αγαθό το οποίο ο άνθρωπος δεν έβρισκε ποτέ έτοιμο, αλλά το έχτιζε σταδιακά μέσα από ατελή μοντέλα που διαδέχονταν το ένα το άλλο. Έτσι, ποτέ δεν κατείχε μέχρι σήμερα την απόλυτη γνώση για κάποιο μηχανισμό, αλλά όλο και καλύτερες προσεγγίσεις και νοητικά κατασκευάσματα που τον βοηθούν να διαχειρίζεται όλο και καλύτερα την άγνοια του σύμπαντος, πλησιάζοντας όλο και πιο κοντά στην αλήθεια.

Ένα τέτοιο νοητικό κατασκεύασμα είναι και η πιθανότητα. Ξεκινώντας από προϊόν της συχότητας, δηλαδή της αναλογίας εκβάσεων σε πειράματα απλών καταστάσεων και πολλών επαναλήψεων, έγινε μία αυτόνομη οντότητα με δική της διαισθητική έννοια, η οποία εκτιμάται (ποσοτικά ή ποιοτικά) αυτόνομα από τα άτομα, προκειμένου να τους βοηθήσει να κατανοήσουν το μέγεθος των ευκαιριών ή των κινδύνων που αντιμετωπίζουν. Η έννοια αυτή (στην ιδεατή της μορφή – δηλαδή ως ιδιότητα τέλεια επαναλαμβανόμενων καταστάσεων) μελετήθηκε μαθηματικά σε μεγάλο βαθμό μέσω της Θεωρίας των Πιθανοτήτων. Τα συμπεράσματα από τη μελέτη αυτή (αυθαίρετα σε κάποιο βαθμό) επεκτάθηκαν στην ευρεία (διαισθητική) έννοια της πιθανότητας.

Ιδιαίτερα στην περίπτωση των εργατικών ατυχημάτων, η έννοια των τέλεια επαναλαμβανόμενων καταστάσεων είναι μακριά από την αλήθεια, καθώς πρόκειται για σπάνια φαινόμενα που δεν επαναλαμβάνονται συχνά και σίγουρα όχι υπό τις ίδιες συνθήκες. Η πιθανότητα περιορίζεται στο διαισθητικό της χαρακτήρα, οπότε καλύτερα ταιριάζει η έννοια της αβεβαιότητας, αφού πρόκειται για άγνοια μηχανισμών και όχι άγνοια εκβάσεων με δεδομένη αναλογία.

Στο βιβλίο αυτό συγκεντρώθηκε η αρθρογραφία για τον επαγγελματικό κίνδυνο και παρουσιάστηκε σε τρεις διαστάσεις: στη μελέτη της ποσοτικής εκτίμησης του κινδύνου και των συστημάτων εργασίας, στη μελέτη της υποκειμενικής αντίληψης του κινδύνου και στη μελέτη του ανθρώπινου λάθους. Στόχος ήταν η παρουσίαση στον αναγνώστη όλου του εννοιολογικού φάσματος του φαινομένου του εργατικού ατυχήματος, ώστε να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση και απεικόνιση του χώρου εργασίας, η οποία είναι απαραίτητη για τη διαχείριση του επαγγελματικού κινδύνου. Βέβαια, δεν κατέληξε σε ένα συγκεκριμένο μοντέλο, αλλά περιορίστηκε στην παρουσίαση των υφιστάμενων προσεγγίσεων, αφήνοντας στον αναγνώστη να επιλέξει το κατάλληλο μοντέλο (ή συνδυασμό αυτών) για την κατάσταση που αντιμετωπίζει, αλλά και τις αρχές τόσο του ίδιου, όσο και του συστήματος που διαχειρίζεται.



## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ablitt J. F. 1969. A Quantitative Approach to the Evaluation of the Safety Function of Operators on Nuclear Reactors. AHSB(S) R 160. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Abramson L. R. 1981. Some Misconceptions About the Foundations of Risk Analysis. Risk Analysis. 1. pp. 231-236. Cited in: Apostolakis G. E. 1988. The Interpretation of Probability in Probabilistic Safety Assessments. Reliability Engineering and System Safety. pp. 247-252.
- Adams J. G. U. 1985. Risk and Freedom. Transport Publishing Projects. Cardiff. Cited in: Trimpop R. M. 1996. Risk Homeostasis Theory: Problems of the Past and Promises for the Future. Safety Science Vol. 22. No. 1-3, pp. 119 – 130.
- Adams J. G. U. 1998. Risk. University College London Press. Fourth Impression. 1998. ISBN 1-85728-068-7. Cited in: Gadd S., Keeley D., Balmforth H. 2003. Good Practice and Pitfalls in Risk Assessment. HSE Research Report 151. Available at [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- AF Wahlberg A. E. 2001. The Theoretical Features of some Current Approaches to Risk Perception. Journal of Risk Research 4 (3), 237 – 250 (2001). Taylor and Francis Ltd. Cited in Williamson J., Weyman A. Review of the Public Perception of Risk and Stakeholder Engagement. Health and Safety Laboratory. HSL/2005/16. Available at [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Ajzen I. 1991. The Theory of Planned Behaviour. Organisational and Human Decision Processes. Vol 50. pp 159-211. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Alhakami A. and Slovic P. 1994. A psychological study of the inverse relationship between perceived risk and perceived benefit. Risk Analysis, 14 6, 1085-96. Cited in: Taylor-Gooby P., Zinn J. O. 2006. Current Directions in Risk Research: New Developments in Psychology and Sociology. Risk Analysis. Vol. 26. No. 2
- Althaus C. E. 2005. A Disciplinary Perspective on the Epistemological Status of Risk. Risk Analysis. Vol. 25. No. 3. pp. 567 – 588.
- Andreoni, D. 1986. "The Cost of Occupational Accidents and Diseases", Occupational Safety and Health Diseases, Geneva, International Labour Office, 363.11 ILO OSHS 54
- Andrews C. J., Hassenzahl D. M., Johnson B. B. 2004. Accommodating Uncertainty in Comparative Risk. Risk Analysis. Vol. 24. No. 5. pp. 1323 – 1335.
- Andrews J. D., Moss T. R. 2002. Reliability and Risk Assessment. 2nd ed. Professional Engineering Publishing. Cited in: Sun H., Andrews J. D. 2004. Identification of Independent Modules in Fault Trees which Contain Dependent Basic Events. Reliability Engineering and System Safety. 86. pp. 285-296.
- Apeland S., Aven T., Nisen T. 2002. Quantifying Uncertainty Under a Predictive, Epistemic Approach to Risk Analysis. Reliability Engineering and System Safety. 75. pp. 93-102.
- Apostolakis G. E. 1978. Probability and Risk Assessment: The Subjectivist Viewpoint and Some Suggestions. Nuclear Safety. 19. pp. 305 – 315. Cited in: Merrick J. R. W., van Dorp J. R., Dinesh V. 2005. Assessing Uncertainty in Simulation – Based Maritime Risk Assessment. Risk Analysis. Vol. 25. No. 3. pp. 731 – 743.
- Apostolakis G. E., Mosleh A. 1979. Expert Opinion and Statistical Evidence: An Application to Reactor Core Melt Frequency. Nuclear Science and Engineering. 70. pp. 135-149. Cited in: Apostolakis G. E. 1988. The Interpretation of Probability in Probabilistic Safety Assessments. Reliability Engineering and System Safety. Pp. 247-252.

- Apostolakis G. E. 1988. The Interpretation of Probability in Probabilistic Safety Assessments. *Reliability Engineering and System Safety*. Pp. 247-252.
- Apostolakis G. E. 1990. The Concept of Probability in Safety Assessment of Technological Systems. *Science*. 50. pp. 1359-1366. Cited in: Kirchsteiger C. 1999. On the Use of Probabilistic and Deterministic Methods in Risk Analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 12. pp. 399-419.
- Apostolakis G. E. 2004. How Useful is Quantitative Risk Assessment? *Risk Analysis*. Vol. 24. No. 3, pp. 515-520.
- Arbous A. G., Kerrich J. E. 1953. The Phenomenon of Accident Proneness. *Ind. Med. Surg.* 22(5). p.141. Cited in: Lees P F. 1996. *Loss prevention in the process industries*, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Arkes H. R., Herren L. T., Isen A. M. 1988. The Role of Potential Loss in the Influence of Affect on Risk-Taking Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 42. pp.181-193.
- Aschenbrenner K. M., Biehl B., Wurm G. M. 1986. Antiblockiersystem und Verkehrssicherheit: Ein Vergleich der Unfallbelastung von Taxen mit und ohne Antiblockiersystem. Teilbericht an die Bundesanstalt für Strassenwesen zum Forschungsprojekt 8323: Einfluss der Risikokompensation auf die Wirkung von Sicherheitmassnahmen. University of Mannheim, F. R. G., March. Cited in: Wilde G. J. S. 1989. Accident Countermeasures and Behavioural Compensation: The Position of Risk Homeostasis Theory. *Journal of Occupational Accidents*. 10: pp. 267 – 292.
- Atomic Energy Commission 1975. *Reactor Safety Study: An Assessment of Accident Risks in US Commercial Nuclear Reactors*. Rep. WASH-1400 (Washington DC). Cited in: Lees P F. 1996. *Loss prevention in the process industries*, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Aven T., Kristensen V. 2005. Perspectives on Risk: Review and Discussion of the Basis for Establishing a Unified and Holistic Approach. *Reliability Engineering and System Safety*. 90. pp. 1-14
- Bae H. R., Grandhi R. V., Canfield R. A. 2004. An Approximation Approach for Uncertainty Quantification Using Evidence Theory. *Reliability Engineering and System Safety*. 86. pp. 215-225.
- Bainbridge L. 1971. The Influence of Display Type on Decision-making Strategy Displays. London: Institute of Electrical Engineers. Cited in: Lees P F. 1996. *Loss prevention in the process industries*, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Bainbridge L. 1972. An Analysis of a Verbal Protocol from a Process Control Task. Ph.D. Thesis, University of Bristol. Cited in: Lees P F. 1996. *Loss prevention in the process industries*, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Bainbridge L. 1974. Analysis of Verbal Protocol from a Process Control Task. Cited in: Lees P F. 1996. *Loss prevention in the process industries*, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Bainbridge L. 1983. Ironies of Automation. *Automatica*. 19. pp. 775-779. Cited in: Nachreiner F., Nickel P., Meyer I. 2006. *Human Factors in Process Control Systems: The Design of Human-Machine Interfaces*. *Safety Science*. 44. pp. 5-26.
- Baker C.C. 1987. Ethnic Differences in Accident Rates at Work. *British J. Ind. Medicine*. 44. pp. 206 – 211. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. *Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades*. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Baranowski T. 1992-93. Beliefs as Motivational Influences at Stages in Behavior Change. *International Quarterly of Community Health Education*. 13(1). pp. 3-29. Cited in: DeJoy D. M. 1996. Theoretical Models of Health Behaviour and Workplace Self-protective Behaviour. *Journal of Safety Research*, 27 (2), pp. 61-72.
- Barke R., Jenkins-Smith H., Slovic P. 1995. Risk Perceptions of Men and Women Scientists. Unpublished Manuscript. School of Public Policy. Georgia Institute of Technology. Cited in: Pidgeon N. 1998. Risk Assessment, Risk Values and the Social Science Programme: Why We Do Need Perception Research. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 5-15
- Barlett 1943. Fatigue Following Highly Skilled Work. *Proceedings of the Royal Society. Series B*. 131. 247. Cited in: Lees P F. 1996. *Loss prevention in the process industries*, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Bateman I., Carson R., Day B., Hanemann M., Hanley N., Hett T., Jones-Lee M., Loomes G., Mourato S.,

- Ozdemifoglu E., Pearce D., Sugden R. and Swanson J. 2002 Economic Valuation with Stated Preference Techniques, Cheltenham, Edward Elgar. Cited in: Taylor-Gooby P., Zinn J. O. 2006. Current Directions in Risk Research: New Developments in Psychology and Sociology. Risk Analysis. Vol. 26. No. 2
- Beck U. 1992. Risk Society: Towards a New Modernity. Sage. London. Cited in: Svedung I., Rasmussen J. 2002. Graphic Representation of Accident Scenarios: Mapping System Structure and the Causation of Accidents. Safety Science. 40. pp. 397 – 417.
- Becker G., Wilpert B., Miller R., Fahlbruch B., Fank M., Freitag M., Giesa H G., Hoffman S., Scheifer. 1994. Analysis and Causes of Human Failures in Nuclear Power Plants. Der Bundesminster fuer Umwelt, Naturschultz und Reaktorsicherheit (BMU-1996-457), Bonn. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Bellamy L. J. 1983. Neglected Individual, Social and Organisational Factors. Reliability 83. p. 2B/5/1. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Bellamy L. J., Geyer T. A. W. (ed J. C. Williams). 1992. Organisational, Management and Human Factors in Quantified Risk Assessment. HSE Contract Research Report. No. 33/1992. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Ben-Heim Y. 2001. Information-Gap Decision Theory: Decisions Under Severe Uncertainty. London: Academic Press. Cited in: Ben-Heim Y. 2004. Uncertainty, Probability and Information-Gaps. Reliability Engineering and System Safety. 85. pp. 249-266.
- Ben-Heim Y. 2004. Uncertainty, Probability and Information-Gaps. Reliability Engineering and System Safety. 85. pp. 249-266.
- Bena A., Mamo C., Marinacci C., Pasqualini O., Tomaino A., Campo G., Cost G. 2006. Risk of Repeat Accidents by Economic Activity in Italy. Safety Science. 44. pp. 297-312.
- Benjamin D. K., Dougan W. R. 1997. Individuals' Estimates of the Risk of Death: Part I – A Reassessment of the Previous Ecidence. Journal of Risk and Uncertainty 15:2. Cited in: Hakes J. K., Viscusi K. W. 1997. Mortality Risk Perceptions: A Bayesian Reassessment. Journal of Risk and Uncertainty. 15: 135 – 150. Kluwer Academic Publishers. Available at: <http://www.law.harvard.edu/faculty/viscusi/pubs.php>
- Benner L. Jr. 1975. Accident Investigations: Multilinear Events Sequencing Methods. Journal of Safety Research. V. 7. N. 2. pp. 67 – 73. Washington DC. USA. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Berends J. J. 1996. On the Measurement of Safety Culture (Unpublished Graduation Report). Eindhoven University of Technology. Eindhoven. Cited in: Guldenmund F. W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. Safety Science. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- Berg H. P., Kafka P. 1997. Developments and Practice Towards Risk Based Regulations in Various technologies. Advances in Safety and Reliability. Pp. 15-26. Oxford: Elsevier Science Ltd. Cited in: Kirchsteiger C. 1999. On the Use of Probabilistic and Deterministic Methods in Risk Analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 12. pp. 399-419.
- 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.
- Bhatt U. S., Newman D. E., Carreras B. A., Dobson I. 2005. Understanding the Effect of Risk Aversion on Risk. Presentation at the Thirty-eighth Hawaii International Conference on System Science, January 2005, Big Island, Hawaii. Available at: <http://eceserv0.ece.wisc.edu/~dobson/PAPERS/bhattHICSS05.pdf>
- 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. Cited 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](http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2000/P422.pdf)
- Bier V. M., Mosleh A. 1990. The Analysis of Accident Precursors and Near Misses: Implications for Risk Assessment and Risk Management. Reliability Engineering and System Safety. 27. pp. 91-101.



- Billings C. E. 1997. Aviation Automation: The Search for a Human – Centered Approach. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ. Cited in: 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.
- Billinton R. Alan R. 1983. Reliability Evaluation of Engineering Systems. London. Pitman. Cited in: Sun H., Andrews J. D. 2004. Identification of Independent Modules in Fault Trees which Contain Dependent Basic Events. *Reliability Engineering and System Safety*. 86. pp. 285-296.
- Bird F. E. 1974. Management Guide to Loss Control, Atlanta, Georgia, Institute Press. Cited in: Andreoni, D. 1986. "The Cost of Occupational Accidents and Diseases", Occupational Safety and Health Diseases, Geneva, International Labour Office.
- Bird F. E. Jr, Germain GL. 1985. Proactical Loss Control Leadership, ILCl, Loganville. Georgia. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Bjorkman M. 1984. Decision Making, Risk Taking and Psychological Time. Review of Empirical Findings and Psychological Theory. *Scandinavian Journal of Psychology*. 87, pp 251 – 258. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Blasco R. D. 1988. Azar y Factor Humano en Los Accidentes de Trafico: Un Estudio Predictivo. (Hazard and Human Factor in Traffic Accidents: A Predictive Study). Doctoral Dissertation. University of Barcelona. Unpublished. Cited in: Blasco R. D., Prieto J. M., Cornejo J. M. 2003. Accident Probability after Accident Occurrence. *Safety Science*. 41. pp. 481 – 501.
- Blasco R. D., Prieto J. M., Cornejo J. M. 2003. Accident Probability after Accident Occurrence. *Safety Science*. 41. pp. 481 – 501.
- Bloor M. 1995. A Users Guide to Contrasting Theories of HIV Related Risk Behaviour. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Bomel Ltd. 2001. Probabilistic Methods: Uses and Abuses in Structural Integrity. HSE Contract Research Report 398/2001. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Bouladon G. 1979. Costs and Banefits of Motor Vehicles. Cited in: Wilde G. J. S. 1989. Accident Countermeasures and Behavioural Compensation: The Position of Risk Homeostasis Theory. *Journal of Occupational Accidents*. 10: pp. 267 – 292.
- Brehmer B. 1990. Variable Errors Set a Limit to Adaptation. *Ergonomics*. 33. pp. 1231-1240. Cited in: Fuller R. 2005. Towards a General Theory of Driver Behaviour. *Accident Analysis and Prevention*. 37. pp. 461-472.
- Brian P. L. T. 1988. Managing Safety in the Chemical Industry. Pp. 615 – 619. I.Chem.E Symposium Series No. 110. Preventing Major Chemical and Related Process Accidents. Cited in: Bellamy J., Geyer T. A. W. (ed J. C. Williams). 1992. Organisational, Management and Human Factors in Quantified Risk Assessment. HSE Contract Research Report. No. 33/1992. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Brickman P., Ryan K., Wortman C. B. 1975. Causal Chains: Attribution of Responsibility as a Function of Immediate and Prior Causes. *Journal of Personality and Social Psychology*. 32. pp. 1060-1067. Cited in: Torell U., Bremberg S. 1995. Unintentional Injuries: Attribution, Perceived Preventability and Social Norms. *Journal of Safety Research*. Vol. 26. No. 2. pp. 63-73.
- Brody L. 1963. The Accident Phenomenon. *Personnel Administration*. 26. pp. 11 – 14. Cited in: Smilley R. J., Ayoub M. A. 1976. Accident Causation Theories: A Simulation Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 1. 1976. pp. 47 – 68.
- Brown C. W., Ghiselli E. E. 1948. Accident Proneness Among Street Car Motormen and Motor Coach Operators. *Journal of Applied Psychology*. 32. pp. 20 – 23. Cited in: Smilley R. J., Ayoub M. A. 1976. Accident Causation Theories: A Simulation Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 1. 1976. pp. 47 – 68.
- Brown I. D. 1990. Driver's Margins of Safety Considered as a Focus of Research on Error. *Ergonomics*. 33. pp. 1307-1314. Cited in: Fuller R. 2005. Towards a General Theory of Driver Behaviour. *Accident Analysis and Prevention*. 37. pp. 461-472.

- Brown R. V. 1993. Impersonal Probability as an Ideal Assessment Based on Acceptable Evidence: A Viable Construct? *Journal of Risk and Uncertainty*. 7. pp. 215-236. Cited in: Watson S. R. 1994. The Meaning of Probability in Probabilistic Safety Analysis. *Reliability Engineering and System Safety*. 45. pp. 261-269
- Burns W. J., Slovic P., Kasperson R. E., Kasperson J. X. 1993. Incorporating Structural Models into Research on Social Amplification of Risk Construction and Decision Making. Implications for Theory. *Risk Analysis* vol. 13, no. 6, pp. 611 – 623. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Buskin S. E., Paulozzi L. J. 1987. Fatal Injuries in the Construction Industry in Washington State. *Am. J. Ind. Medicine*. 11 (4). pp. 453 – 460. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Butani S. J. 1988. Relative Risk Analysis of Injuries in Coal Mining by Age and Experience at Present Company. *Journal of Occupational Accidents*. 10 (3): 209 – 216. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Byers et al. 2000. Simplified Plant Analysis Risk (SPAR) Methodology: Comparisons with Other HRA Methods. In: *Proceedings of the XIVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association and 44th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society. 2000. pp. 3-177 – 3-180. Cited in: 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
- Cacciabue P. C. 1992. Cognitive Modelling: A Fundamental issue for Human Reliability Assessment Methodology? *Reliability Engineering and System Safety*. 38. pp. 91-97.
- 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.
- Campbell D. J. 1988. Task Complexity: A Review and Analysis. *Academy of Management Review*. Vol. 13. No 1. pp. 40-52.
- Cannon W. B. 1929. Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage. Appleton. New York. Cited in: Trimpop R. M. 1996. Risk Homeostasis Theory: Problems of the Past and Promises for the Future. *Safety Science* Vol. 22. No. 1-3, pp. 119 – 130.
- Cannon W. B. 1932. The Wisdom of the Body. Norton. New York. Cited in: Trimpop R. M. 1996. Risk Homeostasis Theory: Problems of the Past and Promises for the Future. *Safety Science* Vol. 22. No. 1-3. pp. 119 – 130.
- Carlson M., Charlin V., Miller N. 1988. Positive Mood and Helping Behavior: A Test of Six Hypotheses. *Journal of Personality and Social Psychology*. 55. pp. 211-229. Cited in: Nygren T. E., Isen A. M., Taylor P. J., Dulin J. 1996. The Influence of Positive Affect on the Decision Rule in Risk Situations: Focus on Outcome (and Especially Avoidance of Loss) Rather than Probability. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 66. No. 1. April. Pp. 59-72.
- Carter D. A. 1994. Consideration of Offsite Risk Reduction Measures by Quantified Risk Assessment. VDGAB/AIIT Forum, Wiesbaden. 29 September. Cited in: Kirchsteiger C. 1999. On the Use of Probabilistic and Deterministic Methods in Risk Analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 12. pp. 399-419.
- Casey J. T., Delquié. 1995. Stated vs Implicit Willingness to Pay Under Risk. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 61. No. 2. February. pp. 123-137.
- Cazamian P. 1983. Accident Proneness. In Parmegiani L. 1983. *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. 3rd ed. Geneva: International Labour Office. p. 20. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.

- CCPS (Centre for Chemical Process Safety) 1994. Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Chatterjee A. 1972. The Organizational Variables of Group Cohesiveness. Indian Journal of Psychological Education. 3. pp. 43 – 52. Cited in: Guastello D. D., Guastello S. J. 1987. The Relationship Between Work Size and Occupational Accidents. Journal of Occupational Accidents. 9. pp. 1 – 9.
- Chaikin A. L., Darley J. M. 1973. Victim or Perpetrator? Defensive Attribution of Responsibility and the Need for Order and Justice. Journal of Personality and Social Psychology. 25. pp. 268-275. Cited in: Gyekye A. S., Salminen S. 2006. The Self-Defensive Attribution Hypothesis in the Work Environment: Co-Workers' Perspectives. Safety Science 44. pp. 157-168.
- Chelius J. R. 1979. Economic and Demographic Aspects of the Occupational Injury Problem. Quaterly Rev. Econ. Business. (19). pp. 65 – 70. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. Safety Science. 21. pp. 145 – 161.
- Cheyne A., Tomas J. M., Cox S., Oliver A. 1999. Modeling Employee Attitudes to Safety: A Comparison Across Sectors. European Psychologist. Vol.4(1), pp. 1-10. Cited in: Gadd S., Collins A. M. 2002. Safety Culture: A Review of the Literature. HSL/2002/25. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Chhokar J. S., Wallin J. A. 1984. Improving Safety Through Applied Behavior Analysis. Journal of Safety Research. Vol. 15. pp. 141-151.
- Chung M. K., Wu S., C., Herrin, G. D. 1986. The Use of a Mixed Weibull Model in Occupational Injury Analysis. Journal of Occupational Accidents. 7. pp. 239 – 250.
- Clarke D. M. 2005. Human Redundancy in Complex, Hazardous Systems: A Theoretical Framework. Safety Science. 43. pp. 655-677.
- 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. Cited in: DeJoy D. M. 1996. Theoretical Models of Health Behaviour and Workplace Self-protective Behaviour. Journal of Safety Research, 27 (2), pp. 61-72.
- Cloutier E. 1994. The Effect of Age on Safety and Work Practices Among Domestic Trash Collectors in Quebec. Safety Science. 17. pp. 291 – 308.
- Cohen M., Jaffray J. Y., Said T. 1987. Experimental Comparison of Individual Behavior under Risk and under Uncertainty for Gains and for Losses. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 39, pp. 1-22.
- Collins R. J., Thompson R. 1997. Systemic Failure Modes: A Model for Perrow's Normal Accidents in Complex, Safety Critical Systems. Advances in Safety and Reliability. pp. 357-364. Oxford: Elsevier Science Ltd. Cited in: Kirchsteiger C. 1999. On the Use of Probabilistic and Deterministic Methods in Risk Analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 12. pp. 399-419.
- Collinson D. L. 1999. Surviving the Rigs: Safety and Surveillance on North Sea Oil Installations. Organization Studies. Vol. 20(4). Pp 579 – 600. Cited in: Gadd S., Collins A. M. 2002. Safety Culture: A Review of the Literature. HSL/2002/25. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Conybeare J. A. C. 1980. Evaluation of Automobile Safety Regulation: The Case of Compulsory Seat Belt Legislation in Australia. Policy Science. 12. pp. 27-39. Cited in: McKenna F. P. 1987. Behavioural Compensation and Safety. Journal of Occupational Accidents. 9. pp. 107-121.
- Cooper M. D. 2000. Towards a Model of Safety Culture. Safety Science. Vol 36. pp. 111 – 136.
- Cooper M. D., Phillips R.A. 2004. Exploratory Analysis of the Safety Climate and Safety Behavior Relationship. Journal of Safety Research. 35. pp. 497-512.
- 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. Cited 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](http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2000/P422.pdf)
- Covey S. R. 1989. The Seven Habits of Highly Effective People. New York: Simon and Schuster. Cited in:



- Haimes Y. Y. Risk Analysis, Systems Analysis and Covey's Seven Habits. Risk Analysis. Vol. 21. No. 2. pp. 217 – 224.
- Coyle I. R., Sleeman S. D., Adams N. 1995. Safety Climate. Journal of Safety Research. Vol. 26. No. 4. pp. 247-254.
- Cresswell W. L., Froggatt P. 1963. The Causation of Bus Driver Accidents: An Epidemiological Study. Oxford: Oxford University Press. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Crossman E.R.F.W. 1960. Automation and Skill (London HM Stationery Office). Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Cunx X., Lejeune M. 2003. Statistical Modeling and Risk Assessment. Safety Science 41. pp. 29 – 51.
- Curley S. P., Yates J. F. 1985. The Center and range of the Probability Interval as Factors Affecting Ambiguity Preferences. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 38. pp. 230-256. Cited in: Kuhn K. M., Budescu D. V. 1996. The Relative Importance of Probabilities, Outcomes and Vagueness in Hazard Risk Decisions. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 68. No. 3. December. pp. 310-317.
- Curley S. P., Yates J. F., Abrams R. A. 1986. Psychological Sources of Ambiguity Avoidance. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 38. pp. 230-256. Cited in: Kuhn K. M., Budescu D. V. 1996. The Relative Importance of Probabilities, Outcomes and Vagueness in Hazard Risk Decisions. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 68. No. 3. December. pp. 310-317.
- Dake K. 1991. Orienting Dispositions in the Perception of Risk – an Analysis of Contemporary Worldviews and Cultural Biases. Journal of Cross Cultural Psychology. Vol. 22, no. 1.
- Dale H.C.A. 1958. Fault Finding in Electronic Equipment. Ergonomics, 1, 356. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Dale H.C.A. 1964. Factors affecting the Choice of Strategy in Searching . Ergonomics, 7, 73. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Damasio A. R. 1994. Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain. New York: Avon. Cited in: Slovic P., Finucane M. L., Peters E., MacGregor D. 2004. Risk as Analysis and Risk as Feelings: Some Thoughts about Affect, Reason, Risk and Rationality. Risk Analysis. Vol. 24. No. 2. pp. 311-322.
- Davies D. R., Cooley P. A. 1959. Accident – Proneness in Motor – Vehicle Drivers. Ergonomics. 2. pp. 239 – 246. Cited in: Smalley R. J., Ayoub M. A. 1976. Accident Causation Theories: A Simulation Approach. Journal of Occupational Accidents. 1. 1976. pp. 47 – 68.
- Davies D. R., Matthews G., Wong C. S. K. 1991. Ageing and Work. In: C. L. Cooper and Ivan T. Robertson (Ed.), Int. Review Industrial and Organizational Psychology. University of Manchester Institute of Science and Technology (Wiley, NY, 1991). pp. 149 – 211. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. Safety Science. 21. pp. 145 – 161.
- Davies J. C., Manning D. P. 1994. MAIM: The Concept and Construction of Intelligent Software. Safety Science 17. pp. 207 – 218. Cited in: Davies J. C., Stevens G., Manning D. P. 1998. Understanding Accident Mechanisms: An Analysis of the Components of 2516 Accidents Collected in a MAIM Database.
- Davies J. C., Stevens G., Manning D. P. 1998. Understanding Accident Mechanisms: An Analysis of the Components of 2516 Accidents Collected in a MAIM Database.
- Davis G. A. 2004. Possible Aggregation Biases in Road Safety Research and a Mechanism Approach to Accident Modeling. Accident Analysis and Prevention 36, pp. 1119 – 1127.
- DeCock G., Bouwen R., de Witte K. 1986. Organisatieklimaat : Een Opdracht Voor het Personeelbeleid ? Praktisch Personeelsbeleid. Capita Selecta. 16. pp. 1-20. Cited in: Guldenmund F.W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. Safety Science. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- DeBobs L. 1986. The psychological Factors in Accident Prevention. Personnel Journal. 64 (1). pp. 34-38. Cited in: Holcom M. L., Lehman W. E. K, Simpson D. D. 1993. Employee Accidents: Influences of Personal Characteristics, Job Characteristics, and Substance Use in Jobs Differing in Accident Potential.
- DeJoy D. M. 1994. Managing Safety in the Workplace: An Attribution Theory Analysis and Model. Journal

- of Safety research. Vol. 25. No. 1. pp. 3-17.
- DeJoy D. M. 1996. Theoretical Models of Health Behaviour and Workplace Self-protective Behaviour. *Journal of Safety Research*, 27 (2), pp. 61-72.
- Dekker S. 2002. The Field Guide to Human Error Investigations. Ashgate, Aldershot, UK. Cited in: Fuller R. 2005. Towards a General Theory of Driver Behaviour. *Accident Analysis and Prevention*. 37. pp. 461-472.
- Dempster A. P. 1967a. Upper and Lower Probabilities Induced by Multivalued Mapping. *Annals of Mathematical Statistics*. 38. pp. 325-339. Cited in: Helton J. C., Oberkampf W. L., Johnson J. D. 2005. Competing Failure Analysis Using Evidence Theory. *Risk Analysis*. 25. No. 4. pp. 973-995.
- Dempster A. P. 1967b. Upper and Lower Probability Inferences Based on a Sample from a Finite Univariate Population. *Biometrika*. 5(23). Pp. 515-528. Cited in: Helton J. C., Oberkampf W. L., Johnson J. D. 2005. Competing Failure Analysis Using Evidence Theory. *Risk Analysis*. 25. No. 4. pp. 973-995.
- Dillingham A. E. 1981a. Age and Workplace Injuries. *Ageing and Work*. (4): pp. 1 – 10. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Dillingham A. E. 1981b. Sex Differences in Labour Market Injury Risk. *Ind. Relations*, (20): pp. 117 – 120. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Dooley J. J. 1998. Unintended Consequences: Energy R&D in a Deregulated Energy Market. *Energy Policy*. 26(7). Pp. 547-555. Cited in: Kirchsteiger C. 1999. On the Use of Probabilistic and Deterministic Methods in Risk Analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 12. pp. 399-419.
- Dorman P., Hangstrom P. 1998. Compensating Wage Differentials for Dangerous Work Reconsidered. *Industrial and Labor Relations Review*. 52(1). pp. 116-135. Cited in: Dorman P. 2000. The Economics of Safety, Health and Well-Being at Work: An Overview. InFocus Program on SafeWork, International Labour Organisation, The Evergreen State College. Available at: [www.ilo.org/public/english/protection/safework/papers/ecoanal/ecoview.pdf](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/papers/ecoanal/ecoview.pdf)
- Dorman P. 2000. The Economics of Safety, Health and Well-Being at Work: An Overview. InFocus Program on SafeWork, International Labour Organisation, The Evergreen State College. Available at: [www.ilo.org/public/english/protection/safework/papers/ecoanal/ecoview.pdf](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/papers/ecoanal/ecoview.pdf)
- Dougherty E. M., Fragola J. R. 1988. Human Reliability Analysis. New York: Wiley. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Dougherty E. M. 1992. SRK – It Just Keeps on a Rollin'. *Reliability Engineering and System Safety*. 38. pp. 253-255.
- Dougherty E. M. 1993. Context and Human Reliability Analysis. *Reliability Engineering and System Safety*. 41. pp. 25-47
- Dougherty E. M. 1997. Is Human Failure a Stochastic Process? *Reliability Engineering and System Safety*. 55. pp. 209-215.
- Douglas M, Wildavsky A. 1982. Risk and Culture. University of California Press. Berkeley. Cited in: Sjoberg L. 2000. Factors in Risk Perception. *Risk Analysis*. Vol. 20, No. 1
- Douglas M. 1985. Risk Acceptability according to the Social Sciences. New York, Russell Sage Foundation. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Dubourg E., Jones-Lee M., Loomes G. 1997. Imprecise Preferences and Survey Design in Contingent Valuation. *Economica* 64. pp. 681-702. Cited in: Taylor-Gooby P., Zinn J. O. 2006. Current Directions in Risk Research: New Developments in Psychology and Sociology. *Risk Analysis*. Vol. 26. No. 2
- Duffield J. S. 1999. Foreword to International Trends in Major Accidents and Activities by the European Commission Towards Accident Prevention. *Journal of Loss Prevention*. 12(1). 1. Cited in: Kirchsteiger C. 1999. On the Use of Probabilistic and Deterministic Methods in Risk Analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 12. pp. 399-419.
- Duncan G. J., Holmlund B. 1983. Was Adam Smith Right after All? Another Test of the Theory of Compensating Wage Differentials. *Journal of Labor Economics*. October, 1: 366 – 379. Cited in: Dorman



- P. (2000), "The Economics of Safety, Health and Well-Being at Work: An Overview", InFocus Program on SafeWork, International Labour Organisation, The Evergreen State College, url:<http://www.ilo.org>
- 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.
- Easterling R. G. 1980. Comments on Bayesian Method for Estimating Reactor Core Melt Frequency. *Nuclear Science and Engineering*. 75. pp. 202. Cited in: Apostolakis G. E. 1988. The Interpretation of Probability in Probabilistic Safety Assessments. *Reliability Engineering and System Safety*. Pp. 247-252.
- Easterling R. G. 1981. Bayesianism. *Nuclear Safety*. 22. pp. 464. Cited in: Apostolakis G. E. 1988. The Interpretation of Probability in Probabilistic Safety Assessments. *Reliability Engineering and System Safety*. Pp. 247-252.
- Edwards M. 1981. the Design of an Accident Investigation Procedure. *Applied Ergonomics*. 12(2). pp. 111-115. Cited in: Kjellén U. 1987. Simulating the Use of a Computerized Injury and Near Accident Information System in Decision Making. *Journal of Occupational accidents*. 9. pp. 87-105.
- Einhorn H. J., Hogarth R. M. 1985. Ambiguity and Uncertainty in Probabilistic Inference. *Psychological Review*. 92. pp. 433-461. Cited in: Kuhn K. M., Budescu D. V. 1996. The Relative Importance of Probabilities, Outcomes and Vagueness in Hazard Risk Decisions. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 68. No. 3. December. pp. 310-317.
- Ekvall G. 1983. Climate, Structure and Innovativeness of Organisations. Working Paper of the Swedish Council for Management and Organisational Behaviour. Cited in: Guldenmund F. W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. *Safety Science*. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- Electrical Power Research Institute. 1990. Operator Reliability Experiments Using Power Plant Simulators. EPRI NP-6937. Palo Alto. CA. 1990. Cited 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.
- 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-3518. US Nuclear Regulatory Publication. Cited in: Mosleh A., Chang Y. H. 2004. Model-Based Human Reliability Analysis: Prospects and Requirements. *Reliability Engineering and System Safety*. 83. pp. 241-253
- Embrey D. E. 1990. Top-down Human Error and Task Analysis (THETA). Software Manual. Human Reliability Associates. Wigan. Literature. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Epstein S. 1994. Integration of the Cognitive and the Psychodynamic Unconscious. *American Psychologist*. 49. pp. 709-724. Cited in: Slovic P., Finucane M. L., Peters E., MacGregor D. 2004. Risk as Analysis and Risk as Feelings: Some Thoughts about Affect, Reason, Risk and Rationality. *Risk Analysis*. Vol. 24. No. 2. pp. 311-322.
- Ettenson R. T., Coughlin R. C. 1982. Effects of type of pay-off and instructions on individual risk taking behaviour. *Psychological Reports*, Dec. 51(3), pt1, 855-860. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Eyensenck H. J. 1962. The Personality of Drivers and Pedestrians. In: Haddon W. 1968. The Changing Approach to Epidemiology, Prevention and Amelioration of Trauma. *American Journal of Public Health*. 58 (8). Pp. 1431 – 1438. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Fagley N. S. 1993. A note concerning reflection effects versus framing effects. *Psychological Bulletin*, 113, pp. 451-452. Cited in Kuhberger A., Schulte-Mecklenbeck M., Perner J. 1999. The effects of Framing, Reflection, Probability and Payoff on risk Preference in Choice Tasks. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 78, No 3, June, pp. 204-231.
- Farmer E., Chambers E. G. 1939. A Study of Accident Proneness Among Motor Drivers. In: Haddon W. 1968. The Changing Approach to Epidemiology, Prevention and Amelioration of Trauma. *American Journal of Public Health*. 58 (8). Pp. 1431 – 1438. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Ferson S., Kreinovich V., Ginzberg L. Myers D. S., Sentz K. 2002. Constructing Probability Boxes and

- Dempster-Shafer Structures. SAND2002-4015. Albuquerque. NM: Sandia National Laboratories. Cited in: Helton J. C., Oberkampf W. L., Johnson J. D. 2005. Competing Failure Analysis Using Evidence Theory. *Risk Analysis*. 25. No. 4. pp. 973-995.
- Fessler D. M. T., Pillsworth E. G., Flansburg T. J. 2004. Angry Men and Disgusted Women: An Evolutionary Approach to the Influence of Emotions on Risk Taking. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 95. pp. 107-123.
- Fine B. J. 1963. Introversión – Extroversión and Motor Vehicle Driver Behavior. *Perceptual and Motor Skills*. 16. pp. 95 – 100. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Finucane, M., Slovic, P., Mertz, C., Flynn, J. and Satterfield, T. 2000. Gender, race and perceived risk. *Health, Risk and Society*. 2. 2. pp 159-72. Cited in: Taylor-Gooby P., Zinn J. O. 2006. Current Directions in Risk Research: New Developments in Psychology and Sociology. *Risk Analysis*. Vol. 26. No. 2
- Fischhoff B. 1983. Predicting Frames. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*. 9. pp. 103-116. Cited in: 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.
- Fischhoff B. et al. 1978. How Safe is Safe Enough ? A Psychometric Study of Attitudes Towards technological Risks and Benefits. *Policy Sciences*. 9, pp. 127 – 152. Cited in: Sjöberg L. 2000. Factors in Risk Perception. *Risk Analysis*. Vol. 20, No. 1
- Fischhoff B., Slovic P., Lichtenstein S. 1980. Subjective Sensitivity Analysis. *Organisational Behaviour and Human Decision Making Processes*. June, vol. 23(3), pp. 127-152. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Fischhoff B., Watson S. R., Hope C. 1984. Defining Risk. *Policy Science*. 17. pp. 123-139. Cited in: McKenna F. P. 1987. Behavioural Compensation and Safety. *Journal of Occupational Accidents*. 9. pp. 107-121.
- Fischhoff B., Bostrom A., Jacobs B., Quadrel M. 1997. Risk Perception and Communication. *Oxford Textbook of Public Health*. Oxford University Press. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Fishbein M., Ajzen I. 1975. Belief, Attitude, Intention and Behaviour: An Introduction to Theory and Research. Reading, MA Addison – Wesley. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Fletcher F.A. 1972. The Industrial Environment (Total Loss Control): A Guide for Managers and Supervisors. Willowdale, Ontario, National Profile
- Flin R., Mearns K., O'Connor P., Bryden R. 2000. Measuring Safety Climate: Identifying the Common Features. *Safety Science*. Vol. 34. No. 1-3. pp. 177 – 193. Cited in: Gadd S., Collins A. M. 2002. Safety Culture: A Review of the Literature. HSL/2002/25. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Foot N. N. 1961. Sociological factors in Childhood Accidents. In: Behavioral Approaches to Accident Research. Association for the Aid of Crippled Children. New York. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Fragola J. R., Dougherty E. 1988. Human Reliability Analysis. John-Wiley Inter-Science. Cited 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.
- Frank M. V. 1989. Quantitative Risk Analysis of a Space Shuttle Subsystem. In Proceedings of the International Topical Meeting on Probability, Reliability and Safety Assessment. PSA '89. Pittsburgh, Pennsylvania, April 2-7. Cited in: Apostolakis G. E. 2004. How Useful is Quantitative Risk Assessment? *Risk Analysis*. Vol. 24. No. 3, pp. 515-520.
- Franks A., Hughes G., Hanif S. 2000. A Comparison of Accident Experience with Quantitative Risk Assessment (QRA) Methodology. HSE Contract Research Report 293/2000. Available at [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- French D. P., Hankins M. 2003. The Expectancy-value Muddle in the theory of Planned Behaviour – Some

- Proposed Solutions. *British Journal of Health Psychology*, 8, pp. 37 – 55. Cited in: Johnson S. E., Hall A. 2005. The Prediction of Safe Lifting Behavior: An Application of the Theory of Planned Behavior. *Journal of Safety Research* 36, pp. 63 – 73.
- Frisch D., Baron J. 1988. Ambiguity and Rationality. *Journal of Behavioral Decision Making*. 1. pp. 149-157. Cited in: Kuhn K. M., Budescu D. V. 1996. The Relative Importance of Probabilities, Outcomes and Vagueness in Hazard Risk Decisions. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 68. No. 3. December. pp. 310-317.
- Frisch D. 1993. Reasons for Framing Effects. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 54, pp. 399-429. Cited in: Wang X. T. 1996a. Framing Effects. *Dynamics and Task Domains. Organizational Behavior and Human Decision Process*, 68, pp 145 - 157
- Fujimoto H., Fukuda M., Tabata H. 1994. Sensitivity Study of Human Errors as a Basis for Human Error Reductions on New Safety System Design. *Reliability Engineering and System Safety*. 45. pp. 215-221.
- Fujita Y. 1992. Human Reliability Analysis: A Human Point of View. *Reliability Engineering and System Safety*. 38. pp. 71-79.
- Fujita Y., Hollnagel E. 2004. Failures Without Errors: Quantification of Context in HRA. *Reliability Engineering and System Safety*. 83. pp. 145-151
- Fuller R. 2005. Towards a General Theory of Driver Behaviour. *Accident Analysis and Prevention*. 37. pp. 461-472.
- Gadd S., Collins A. M. 2002. Safety Culture: A Review of the Literature. HSL/2002/25. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Gadd S., Keeley D., Balmforth H. 2003. Good Practice and Pitfalls in Risk Assessment. HSE Research Report 151. Available at [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Gano D. L. 1982. Root Cause and How to Find It. *Nuclear news*. 30(10). Pp. 39-43. Cited in: Parry G. W. 1991. Common Cause Failure Analysis: A Critique and Some Suggestions. *Reliability Engineering and System Safety*. 34. pp. 309-326.
- Gary A. 1991. Ergonomics of the Older Worker: An Overview. *Experimental Aging Res*. 17 (3): pp. 143 – 155. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Gaskell G., Allum N. 2001. Two Cultures of Risk. The Centre for Analysis of Risk and Regulation. The London School of Economics and Political Science. Cited in Williamson J., Weyman A. Review of the Public Perception of Risk and Stakeholder Engagement. Health and Safety Laboratory. HSL/2005/16. Available at [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Gertman D. I. 1993. Representing Cognitive Activities and Errors in HRA Trees. *Reliability Engineering and System Safety*. 39. pp. 25-34.
- Geyer T.A.W., Bellamy L.T. 1991. Pipework Failure, Failure Causes and the Management Factor. Paper C425/012 (London: Instn. Mech. Engrs). Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Ghiselli E. E., Brown C. W. 1955. *Personnel and Industrial Psychology* (2nd ed.). McGraw Hill Book Co. Inc. New York. pp.492. Cited in: Smilley R. J., Ayoub M. A. 1976. Accident Causation Theories: A Simulation Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 1. 1976. pp. 47 – 68.
- 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. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Giniger S., Dispenzieri A., Eisenberg J. 1983. Age, Experience and Performance on Speed and Skill Jobs in an Applied Setting. *Journal of Applied Psychology*. 68 (3): pp. 469 – 475. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Glendon A. I., McKenna E. F. 1995. *Human Safety and Risk Management*. London: Chapman and Hall. Cited in: Gadd S., Collins A. M. 2002. Safety Culture: A Review of the Literature. HSL/2002/25. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)



- Glendon A. I., Hoyes T. W., Haigney D. E., Taylor R. G. 1996. A Review of Risk Homeostasis Theory in Simulated Environments. *Safety Science*, Vol. 22. No 1-3, pp. 15 – 25.
- Glick W. H. 1985. Conceptualizing and Measuring Organizational and Psychological Climate: Pitfalls in Multilevel Research. *Academy of Management Review*. 10 (3). Pp. 601-616. Cited in: Guldenmund F. W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. *Safety Science*. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- Gordon J. E. 1949. The Epidemiology of Accidents. *American Journal of Public Health*. 39. p. 504. Cited in: Lees P F. 1996. *Loss prevention in the process industries*, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Green E. 1998. The Use of Evaluation Strategies to Assess the Effectiveness of Public Information Campaigns. The Institute for Health and Environment. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Green S. G., Mitchell T. R. 1979. Attributional Processes of Leaders in Leader-Member Interactions. *Organizational Behavior and human Performance*. 23. pp. 429-458. Cited in: DeJoy D. M. 1994. *Managing Safety in the Workplace: An Attribution Theory Analysis and Model*. *Journal of Safety research*. Vol. 25. No. 1. pp. 3-17.
- 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](http://www.hse.gov.uk)
- Greenwood M., Woods H. M. 1919. *Industrial Fatigue Research Board (Report No. 4)*. HMSO London. Cited in: Blasco R. D., Prieto J. M., Cornejo J. M. 2003. Accident Probability after Accident Occurrence. *Safety Science*. 41. pp. 481 – 501.
- Griffin R. W. 1982. *Task Design: An Integrative Approach*. Scott Foresman. Glenview. IL. Pp. 243. Cited in: Guastello D. D., Guastello S. J. 1987. The Relationship Between Work Size and Occupational Accidents. *Journal of Occupational Accidents*. 9. pp. 1 – 9.
- Guadalupe M. 2003. The Hidden Costs of Fixed Term Contracts: The Impact on Work Accidents. *Labour Economics*. 10. pp. 339-357.
- Guastello D. D., Guastello S. J. 1987. The Relationship Between Work Size and Occupational Accidents. *Journal of Occupational Accidents*. 9. pp. 1 – 9.
- Guest D. E. 1992. *Employment Relations: the Psychology of Influence and Control at Work*. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Guion R. M. 1973. A Note on Organizational Climate. *Organizational Behavior and Human Performance*. 9. pp. 120-125. Cited in: Guldenmund F. W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. *Safety Science*. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- Guldenmund FW. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. *Safety Science*. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- Gyekye A. S. 2001 *The Self-Defensive Attribution Theory Revisited: A Culture-comparative Analysis between Finland and Ghana in the Work Environment*. Yliopistopaino, Helsinki. Cited in: Gyekye S. A., Salminen S. 2006. The Self-Defensive Attribution Hypothesis in the Work Environment: Co-Workers' Perspectives. *Safety Science* 44. pp. 157-168.
- Gyekye A. S., Salminen S. 2004. Causal Attributions of Ghanaian Industrial Workers for Accident Occurrence: *Journal of Applied Social Psychology*. 34(11). pp. 2324-2342. Cited in: Gyekye S. A., Salminen S. 2006. The Self-Defensive Attribution Hypothesis in the Work Environment: Co-Workers' Perspectives. *Safety Science* 44. pp. 157-168.
- Gyekye A. S., Salminen S. 2006. The Self-Defensive Attribution Hypothesis in the Work Environment: Co-Workers' Perspectives. *Safety Science* 44. pp. 157-168.
- 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.
- Hackman J. R., Oldham G. R. 1975. Development of the Job Diagnostic Survey. *Journal of Applied Psychology*,

- Vol. 60. pp. 159-170. Cited in: Campbell D. J. 1988. Task Complexity: A Review and Analysis. Academy of Management Review. Vol. 13. No 1. pp. 40-52.
- Hackman, J. R., & Oldham, G. R. 1976. Motivation through the design of work: A test of a theory. *Organizational Behavior and Human Performance*, 16: 250-279. Cited in: Campbell D. J. 1988. Task Complexity: A Review and Analysis. Academy of Management Review. Vol. 13. No 1. pp. 40-52.
- Haddon W. 1968. The Changing Approach to Epidemiology, Prevention and Amelioration of Trauma. *American Journal of Public Health*. 58 (8). Pp. 1431 – 1438. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Haddon W. Jr., Suchman E. A., Klein D. A. 1964. Accident Research: Methods and Approaches. Harper & Row. New York. Pp. 752. (Reprinted from Report no. 34. Industrial fatigue Research Board. Medical Research Committee. Great Britain). Cited in: Smiley R. J., Ayoub M. A. 1976. Accident Causation Theories: A Simulation Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 1. 1976. pp. 47 – 68.
- Hakes J. K., Viscusi K. W. 1997. Mortality Risk Perceptions: A Bayesian Reassessment. *Journal of Risk and Uncertainty*. 15: 135 – 150. Kluwer Academic Publishers. Available at: <http://www.law.harvard.edu/faculty/viscusi/pubs.php>
- Häkkinen S. 1958. Traffic Accidents and Driver Characteristics. A Statistical and Psychological Study. In: Scientific Researches. 13. Finland's Institute of Technology. Helsinki. Cited in: Blasco R. D., Prieto J. M., Cornejo J. M. 2003. Accident Probability after Accident Occurrence. *Safety Science*. 41. pp. 481 – 501.
- Häkkinen S. 1971. Traffic Accidents and Professional Driver Characteristics. A Follow-up Study. *Accident Analysis and Prevention*. 11. pp. 7 – 18. Cited in: Blasco R. D., Prieto J. M., Cornejo J. M. 2003. Accident Probability after Accident Occurrence. *Safety Science*. 41. pp. 481 – 501.
- Hale A. R., Glendon A. I. 1987. Individual Behaviour in the Control of Danger. Elsevier Science Publishers. Amsterdam, The Netherlands. ISBN 0-444-42838-0. Cited in Book Reviews. 1988. *Journal of Occupational Accidents*. 10. pp. 69-70.
- Hale A. R., Hale M. 1970. Accidents in Perspective. *Occupational Psychology*. 44. pp. 115 – 121. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Hale A. R. 1990a. Safety Rules O.K.? Possibilities and Limitations in Behavioural Safety Strategies. *Journal of Occupational Accidents*. 12. pp. 3-20.
- Hale A. R. 1990b. How People Learn to Live with Risk: Prediction and Control. *Journal of Occupational Accidents*. 13. pp. 33-45.
- Hale A. 2000. Culture's Confusions (Editorial). *Safety Science*. 34. pp. 1-14. Cited in: Lund J., Aar\_ L. E. 2004. Accident Prevention. Presentation of a Model Placing Emphasis on Human, Structural and Cultural Factors. *Safety Science*. 42. pp. 271-324.
- 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. Cited in: 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.
- 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
- Halpern D. F., Blackman S., Salzman B. 1989. Using Statistical Risk Information to Assess Oral Contraceptive Safety. *Applied Cognitive Psychology*. 3. pp. 251-260. Cited in: Stone E. R., Yates J. F., Parker A. M. 1994. Risk Communication: Absolute versus Relative Expressions of Low-Probability Risks. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 60. pp. 387-408.
- Hankins M., French D., Horne R. 2000. Statistical Guidelines for Studies of the Theory of reasoned Action and the Theory of Planned Behaviour. *Psychology and Health*, 15, pp. 151 - 161. Cited in: Johnson S. E., Hall A. 2005. The Prediction of Safe Lifting Behavior: An Application of the Theory of Planned Behavior. *Journal of Safety Research* 36, pp. 63 – 73.
- Hanlon, J., Pickett G. E. 1984. Public Health Administration and Practice. (8th Edition). St Louis: Times



- Mirror/Mosby. Cited in: Vilardo F. J. 1988. The Role of the Epidemiological Model in Injury Control. *Journal of Safety Research*. Vol. 19. pp. 1-4
- Hannaman G. W., Spurgin A. J. 1984. Systematic Human Action Reliability Procedure (SHARP). EPRI NP-3583. Project 2170-3. Interim Report. San Diego, CA, US:NUS Corporation. Cited in: 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.
- Hannaman G. W., Spurgin A. J., Lukic Y. D. 1984. Human Cognitive Reliability Model for PRA Analysis. NUS-4531. Electric Power Research Institute. Cited in: Mosleh A., Chang Y. H. 2004. Model-Based Human Reliability Analysis: Prospects and Requirements. *Reliability Engineering and System Safety*. 83. pp. 241-253
- 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. Cited in: 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.
- Hansen C. P. 1988. Personality Characteristics of the Accident Involved Employee. *Journal of Business and Psychology*. 2(4). pp. 346-365. Cited in: Holcom M. L., Lehman W. E. K, Simpson D. D. 1993. Employee Accidents: Influences of Personal Characteristics, Job Characteristics, and Substance Use in Jobs Differing in Accident Potential.
- Harris D. M., Guten S. 1979. Heath-Protective Behavior: An Exploratory Study. *Journal of Health and Social Behavior*. 20. pp. 17-29. Cited in: Klar Y., Medding A., Sarel D. 1996. Nonunique Invulnerability: Singular versus Distributional Probabilities and Unrealistic Optimism in Comparative Risk Judgements. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 67. No. 2. August. Pp. 229-245.
- Hatfield A. J., Hipel K. W. 2002. Risk and Systems Theory. *Risk Analysis*. Vol. 22. No. 6. pp. 1043 – 1057.
- Hattis D., Kennedy D. 1990. Assessing Risks from Health Hazards: An Imperfect Science. In *Readings in Risk*, eds. Glickman T. S., Gouch M. Resources for the Future. Washington D. C. 1990. pp. 156-163. Cited in: Renn O. 1998. The Role of Risk Perception for Risk Management. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 49-62.
- Hayes B. E., Perander J., Smecko T., Trask J. 1998. Measuring Perceptions of Workplace Safety: Development and Validation of the Work Safety Scale. *Journal of Safety Research*. Vol. 29. No. 3. pp. 145-161.
- Heath C., Tversky A. 1991. Preference and Belief: Ambiguity and Competence in Choice Under Uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*. 4. pp. 5-28. Cited in: Kuhn K. M., Budescu D. V. 1996. The Relative Importance of Probabilities, Outcomes and Vagueness in Hazard Risk Decisions. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 68. No. 3. December. pp. 310-317.
- Heinrich, H.W., 1956. *Industrial Accident Prevention*, McGraw Hill, New York
- Helton J. C. 2004. Alternative Representations of Epistemic Uncertainty. *Reliability Engineering and System Safety*. 85. pp. 1-10
- Helton J. C., Oberkampf W. L., Johnson J. D. 2005. Competing Failure Analysis Using Evidence Theory. *Risk Analysis*. 25. No. 4. pp. 973-995.
- Hendrick K., Benner L. Jr. 1987. *Investigating Accidents with S-T-E-P*. New York: Marcel Dekker. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Henley E. J., Kumamoto H. 1981. *Reliability Engineering and Risk Assessment*. Englewood Cliffs. NJ. Prentice Hall. Cited in: Sun H., Andrews J. D. 2004. Identification of Independent Modules in Fault Trees which Contain Dependent Basic Events. *Reliability Engineering and System Safety*. 86. pp. 285-296.
- Hershey J., Schoemaker P. 1980. Prospect Theory's Reflection Hypothesis: A Critical Examination. *Organizational Behavior and Human Performance*, 25, pp. 395-418. Cited in Cohen M., Jaffray J. Y., Said T. 1987. Experimental Comparison of Individual Behavior under Risk and under Uncertainty for Gains and for Losses. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 39, pp. 1-22.
- Highhouse S., Payam Yuce. 1996. Perspectives, Perceptions and Risk-Taking Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 65, No. 2, February, pp. 159-167

- Hill J. M. M., Trist E. L. 1953. A Consideration of Industrial Accidents as a Means of Withdrawal from the Work Situation. A Study of the Relation to Other Absences in an Iron and Steel Works. *Human Relations*. 6. pp. 357-380. Cited in: Verhaegen P., Strubbe J., Vonck R., van den Abeele J. 1985. Absenteism, Accidents and Risk-Taking. *Journal of Occupational Accidents*. 7. pp. 177-186.
- Hockett G. R. J., Gaillard A. W. K., Coles M. G. H. 1985. *Energetics and Human Information*. Dordrecht. The Netherlands: Martinus Nijhoff. pp. 243-251. Cited in: Mosleh A., Chang Y. H. 2004. Model-Based Human Reliability Analysis: Prospects and Requirements. *Reliability Engineering and System Safety*. 83. pp. 241-253
- Hofmann D., Stetzer A. 1996. A Cross-Level Investigation of Factors Influencing Unsafe behaviors and Accidents. *Personnel Psychology*. 49. pp. 307-339. Cited in: Kines P. 2003. Case Studies of Occupational Falls from Ladders: Cognition and Behavior in Context. *Journal of Safety Research*. 34. pp. 263-271.
- Hofstede G. R. 1986. Werken aan de Organisatiecultuur. *Bedrijfskunde*. 58 (2). Pp. 102-106. Cited in: Guldenmund F. W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. *Safety Science*. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- Hofstede G. R. 1991. *Cultures and Organisations: Software of the Mind*. McGraw Hill, London. Cited in: Guldenmund F. W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. *Safety Science*. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- Hogarth R. M. 1982. New Directions for Methodology of Social and Behavioural Science. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Hogarth R. M., Einhorn H. J. 1990. Venture Theory: A Model of Decision Weights. *Management Science*, 36, pp. 780 – 803. Cited in Kuhberger A., Schulte-Mecklenbeck M., Perner J. 1999. The effects of Framing, Reflection, Probability and Payoff on risk Preference in Choice Tasks. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 78, No 3, June, pp. 204-231.
- Holcom M. L., Lehman W. E. K, Simpson D. D. 1993. Employee Accidents: Influences of Personal Characteristics, Job Characteristics, and Substance Use in Jobs Differing in Accident Potential.
- Hollnagel E. 1983. Human Error. Position Paper for NATO Conference on Human Error. August 1983. Bellagio. Italy. Available at: <http://www.ida.liu.se/~eriho/>
- Hollnagel E., Woods D. 1983. Cognitive Systems Engineering: New Wine in New Bottles. *International Journal of Man-Machine Studies*. 18. pp. 583-600. Cited in: Dougherty E. M. 1997. Is Human Failure a Stochastic Process? *Reliability Engineering and System Safety*. 55. pp. 209-215.
- Hollnagel E. 1992a. 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. 1992b. The Reliability of Man-Machine Interaction. *Reliability Engineering and System Safety*. 38. pp. 81-89.
- Hollnagel E. 1993. *Human Reliability Analysis: Context and Control*. Academic Press, London. Cited in: Dougherty E. M. 1997. Is Human Failure a Stochastic Process? *Reliability Engineering and System Safety*. 55. pp. 209-215.
- Hollnagel E., Cacciabue P. C. 1994. Reliability of Cognition, Context and Data for a Second Generation HRA. Proceedings of International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management. San Diego, California. 20-25 March 1994. Cited in:
- Hollnagel E. 1998. Cognitive Reliability and Error Analysis Method. Elsevier Science Ltd. Cited in: 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.
- 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](http://iac.dtic.mil/hsiac/docs/Colloquia_Hollnagel.ppt)
- Hollnagel E. 2005a. What is Cognitive Systems Engineering? Available at: <http://www.ida.liu.se/~eriho/>
- Hollnagel E. 2005b. The Elusiveness of "Human Error". Available at: <http://www.ida.liu.se/~eriho/>
- Hollnagel E. 2005c. Human Reliability Analysis. Available at: <http://www.ida.liu.se/~eriho/>

- Hollnagel E. 2005d. Accident Models and Accident Analysis. Available at: [www.hmi.kth.se/Courses/HMI605.html](http://www.hmi.kth.se/Courses/HMI605.html)
- Hollnagel E. 2006. What is Cognitive Task Design? Available at: <http://www.ida.liu.se/~eriho/>
- Holyoak K. J. 1984. Mental Models in Problem Solving. In Anderson J. R., Kosslyn S. M. *Tutorials in Learning and Memory* (pp. 193-218). New York: W. H. Freeman. Cited in: Prussia G. E., Brown K. A., Willis P. G. 2003. Mental Models of Safety: Do Managers and Employees See Eye to Eye? *Journal of Safety Research*. 34. pp. 143-156.
- Hornig Priest S., Bonfadelli H., Rusanen M. 2003. The "Trust Gap" Hypothesis: Predicting Support for Biotechnology Across National Cultures as a Function of Trust in Actors. *Risk Analysis*, Vol. 23, No 4, 2003. Cited in Williamson J., Weyman A. Review of the Public Perception of Risk and Stakeholder Engagement. Health and Safety Laboratory. HSL/2005/16. Available at [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- 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.
- Hoyes T. W. Stanton N. A., Taylor R. G. 1996a. Risk Homeostasis Theory: A Study of Intrinsic Compensation. *Safety Science*, Vol. 22, No 1-3, pp. 77-86.
- Hoyes T. W., Dorn L., Desomnd P., Taylor R. 1996b. Risk Homeostasis Theory, Utility and Accident Loss in a Simulated Driving Task. *Safety Science*. Vol 2. No 1. pp. 49 – 62.
- HSE 2003. Costs Overview, url:[http://www.hse.gov.uk/costs/costs\\_overview/costs\\_overview.asp](http://www.hse.gov.uk/costs/costs_overview/costs_overview.asp)
- 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](http://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.
- Hwang C.-T., Hwang S.-L. 1990. A Stochastic Model of Human Errors on System Reliability. *Reliability Engineering and System Safety*. 27. pp. 139-153.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). 1991. *Safety Culture*. A report by the International Nuclear Safety Advisory Group. Rep. 75-INSAG-4 (Vienna). Cited in: Lees P F. (1996). *Loss Prevention in the Process Industries*, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- INEEL 2000. Report No. CCN 00-005421. Summary of INEEL Findings on Human Performance During Operating Events. Transmitted by letter dated February 29. 2000. Cited in: Sorensen J. N. 2002. *Safety Culture: A Survey of the State-of-the-Art*. *Reliability Engineering and System Safety*. 76. pp. 189-204.
- Isen A. M., Simmonds S. F. 1978. The Effect of Feeling Good on a Helping Task that is Incompatible with a Good Mood. *Social Psychology*. 41. pp. 345-349. Cited in: Arkes H. R., Herren L. T., Isen A. M. 1988. The Role of Potential Loss in the Influence of Affect on Risk-Taking Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 42. pp.181-193.
- Jacobs H. H. 1970. Towards more Effective Safety Measurement Systems. *Journal of Safety Research*. 2. pp. 160-175. Cited in: Chhokar J. S., Wallin J. A. 1984. Improving Safety Through Applied Behavior Analysis. *Journal of Safety Research*. Vol. 15. pp. 141-151.
- James L. R., Jones A. P. 1974. Organizational Climate: A Review of Theory and Research. *Psychological Bulletin*. 81(12). pp. 1096-1112. Cited in: Guldenmund F. W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. *Safety Science*. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- James L. R. 1982. Aggregation Bias in Estimates of Perceptual Agreement. *Journal of Applied Psychology*. 67 (2). Pp. 219-229. Cited in: Guldenmund F. W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. *Safety Science*. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- Janz N. K., Becker M. H. 1984. The Health Belief Model: A Decade Later. *Health Education Quaterly*. Spring. Vol. 11(1), pp 1 – 47. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)

- Jasanoff S. 1986. Risk, Uncertainty and the Legal Process. Cornell University Program. Science Technology and Society. ITHACA, NY, 14853. (American Chemical Symposium Series Vol. 315 pp. 462 – 475). Cited in: 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](http://www.hse.gov.uk)
- Jasanoff S. 1993. Bridging the Two Cultures of Risk Analysis. Risk Analysis. 13(2). pp. 123-130. Cited in: Okrent D. 1998. Risk Perception and Risk Management: On Knowledge, Resource Allocation and Equity. Reliability Engineering and System Safety. 59. pp. 17-25.
- Jasanoff S. 1998. The Political Science of Risk Perception. Reliability Engineering and System Safety. 59. pp. 91-98.
- Jellison, J. M., Riskind J. 1970. A Social Comparison of Abilities Interpretation of Risk-taking Behavior. Journal of Personality and Social Psychology, 15, pp. 375 – 390. Cited in: Van Knippenberg D., Van Knippenberg B., Van Dijk E. 2000. Who Takes the Lead in Risky Decision Making? Effects of Group Members' Risk Preferences and Prototypicality. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 83, No. 2, November, pp. 213 - 234
- Jellison J. M., Arkin R. 1977. Social Comparison of Abilities: A Self-Presentation Approach to Decision Making in Groups. In J. M. Suls & R. L. Miller (Eds.) Social Comparison Processes, pp. 235 – 257. Washington, DC: Hemisphere. Cited in: Van Knippenberg D., Van Knippenberg B., Van Dijk E. 2000. Who Takes the Lead in Risky Decision Making? Effects of Group Members' Risk Preferences and Prototypicality. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 83, No. 2, November, pp. 213 - 234
- 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.
- Johansson J. J., Salminen S. 1999. A Minority with Few Occupational Accidents: The Case of Swedish-Speaking Finns. American Journal of Industrial Medicine Supplement. 1. pp. 37-38. Cited in: Lund J., Aar\_ L. E. 2004. Accident Prevention. Presentation of a Model Placing Emphasis on Human, Structural and Cultural Factors. Safety Science. 42. pp. 271-324.
- Johnson E., Tversky A. 1983. Affect, Generalization and the Perception of Risk. Journal of Personality and Social Psychology. 45. pp. 20-31. Cited in: Nygren T. E., Isen A. M., Taylor P. J., Dulin J. 1996. The Influence of Positive Affect on the Decision Rule in Risk Situations: Focus on Outcome (and Especially Avoidance of Loss) Rather than Probability. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 66. No. 1. April. Pp. 59-72.
- Johnson W. G. 1980. MORT, Safety Assurances Systems, New York, Marcel Decker. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Johnson S. E., Hall A. 2005. The Prediction of Safe Lifting Behavior: An Application of the Theory of Planned Behavior. Journal of Safety Research 36, pp. 63 – 73.
- Jones A. P., James L. R. 1979. Psychological Climate: Dimensions and Relationships of Individual and Aggregated Work Environment Perceptions. Organizational Behavior and Human Performance. 23. pp. 201-250. Cited in: Guldenmund F. W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. Safety Science. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- Joslyn C., Helton J. C. 2002. Bounds on Belief and Plausibility of Functionally Propagated Random Sets. In J. Keller, O. Nasraoui (Eds.) 2002. Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society. Proceedings. June 27-29. 2002. New Orleans. LA (pp. 412-417). Piscataway. NJ: IEEE. Cited in: Helton J. C., Oberkampf W. L., Johnson J. D. 2005. Competing Failure Analysis Using Evidence Theory. Risk Analysis. 25. No. 4. pp. 973-995.
- Joslyn C., Kreinovich V. 2002. Convergence Properties of an Interval Probabilistic Approach to System Reliability Estimation. LE-UR-02-6261. Los Alamos. NM: Los Alamos National Laboratory. Cited in: Helton J. C., Oberkampf W. L., Johnson J. D. 2005. Competing Failure Analysis Using Evidence Theory. Risk Analysis. 25. No. 4. pp. 973-995.
- Kahneman D., Tversky A. 1979. Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk. Econometrica. 47. pp. 263-291.

- Kahneman D., Miller D. 1986. Comparing Reality to its Alternatives. *Psychological Review*, vol 93, no 2, pp 136 – 153. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- 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.
- Kämpke T. 1988. About Assessing and Evaluating Uncertain Interferences within the Theory of Evidence. *Decision Support Systems*. 4. pp. 433-439. Cited in: Helton J. C., Oberkampf W. L., Johnson J. D. 2005. Competing Failure Analysis Using Evidence Theory. *Risk Analysis*. 25. No. 4. pp. 973-995.
- Kanki B. G. 2002. Current Approaches to Assessing Risk in Maintenance and Inspection. 16th Human Factors in Aviation Maintenance Symposium. April 2-4, 2002. Available at: [www.hf.faa.gov/docs/508/docs/kanki\\_doc.pdf](http://www.hf.faa.gov/docs/508/docs/kanki_doc.pdf)
- Kantowitz B. H., Fujita Y. 1990. Cognitive Theory, Identifiability and Human Reliability Analysis. *Reliability Engineering and System Safety*. 29. pp. 317-328.
- Kaplan S., Garrick B. J. 1981. On the Quantitative Definition of Risk. *Risk Analysis*. 1. pp. 11-37. Cited in: Apostolakis G. E. 1988. The Interpretation of Probability in Probabilistic Safety Assessments. *Reliability Engineering and System Safety*. Pp. 247-252.
- Keehn J. D. 1959. Factor Analysis of Reported Minor Personal Mishaps. *Journal of Applied Psychology*. 34. pp. 311 – 314. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Keil Centre 2000. Behaviour Modification to Improve Safety: Literature Review. HSE Offshore Technology Report, 2000/003. ISBN 0 7176 1893 5. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Keren G., Roelofsma P. 1995. Immediacy and Certainty in Intertemporal Choice. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 63. pp. 287-297. Cited in: Weber B. J., Chapman G. B.. 2005. The Combined Effects of Risk and Time on Choice: Does Uncertainty Eliminate the Immediacy Effect? Does Delay Eliminate the Certainty Effect? *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 96. pp. 104-118.
- Kines P. 2003. Case Studies of Occupational Falls from Ladders: Cognition and Behavior in Context. *Journal of Safety Research*. 34. pp. 263-271.
- Kirchner W. K. 1961. The Fallacy of Accident Proneness. *Personnel*. 38 (6). pp. 34 – 37. Cited in: Smiley R. J., Ayoub M. A. 1976. Accident Causation Theories: A Simulation Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 1. 1976. pp. 47 – 68
- Kirchst J. P., Haefner D. P., Kegeles S. S., Rosenstock I. M. 1966. A National Study of Health Beliefs. *Journal of Health and Human Behavior*. 7. pp. 248-254. Cited in: Klar Y., Medding A., Sarel D. 1996. Nonunique Invulnerability: Singular versus Distributional Probabilities and Unrealistic Optimism in Comparative Risk Judgements. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 67. No. 2. August. Pp. 229-245.
- Kirchsteiger C. 1999. On the Use of Probabilistic and Deterministic Methods in Risk Analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 12. pp. 399-419.
- Kisner S., Pratt S. 1999. Occupational Injury Fatalities Among Older Workers in the United States, 1980-1994. *American Journal of Industrial Medicine Supplement* 1. pp. 24-25. Cited in: Kowalski-Trakofler K. M., Steiner L. J., Schwerha D. J. 2005. Safety Considerations for the Aging Workforce. *Safety Science*. 43. pp. 779-793.
- Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Kjellén U. 1982. An Evaluation of Safety Information Systems at Six Medium-Sized and Large Companies. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 273-288. Cited in: Kjellén U. 1987. Simulating the Use of a Computerized Injury and Near Accident Information System in Decision Making. *Journal of Occupational accidents*. 9. pp. 87-105.
- Kjellén U. 1983. The Deviation Concept in Occupational Accidents Control.: Theory and Method. Report. Occup. Accid. Group, R. Technol. Univ. Stockholm. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Kjellén U. 1984. The Role of Deviations in Accident Causation. *Journal of Occupational Accidents*. Vol. 6.



- No. . pp. 117 – 126.
- Kjellén U. 1987. Simulating the Use of a Computerized Injury and Near Accident Information System in Decision Making. *Journal of Occupational accidents*. 9. pp. 87-105.
- Klar Y., Medding A., Sarel D. 1996. Nonunique Invulnerability: Singular versus Distributional Probabilities and Unrealistic Optimism in Comparative Risk Judgements. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 67. No. 2. August. Pp. 229-245.
- Klen T. 1989. Costs of Occupational Accidents in Forestry. *Journal of Safety Research*. Vol. 20. pp. 31-40.
- Kletz T. A. 1988. Learning from Accidents in Industry. London: Butterworths. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Kletz T. A. 1990a. AIChE Loss Prevention Symposium. California: San Diego. Cited in: Khan F. I., Abbasi S. A. 1998. Inherent Safer Design Based on Rapid Risk Analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 11. pp. 361-372
- Kletz T. A. 1990b. Ether, Protoplasm and Human Error. *Chemical Engineering*. London, 479, 19. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Kletz T. A. 1991a. Billiard Balls and Polo Mints. *Chemical Engineering*. London 495, 21. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Kletz. T. A. 1991b. Proceedings of Institute of Mechanical Engineers. 205. 11. Cited in: Khan F. I., Abbasi S. A. 1998. Inherent Safer Design Based on Rapid Risk Analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 11. pp. 361-372
- Kletz T. A. 1991c. An Engineer's View of Human Error. 2nd ed. Rugby: Institute of Chemical Engineers. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Kletz T. A. 1993. Lessons from Disasters, how Organizations have no Memory and Accidents Recur. UK: Institution of Chemical Engineers. Cited in: 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.
- Kohlas J. 1989. Modeling Uncertainty with belief Functions in Numerical Models. *European Journal of Operational Research*. 40. pp. 377-388. Cited in: Helton J. C., Oberkampf W. L., Johnson J. D. 2005. Competing Failure Analysis Using Evidence Theory. *Risk Analysis*. 25. No. 4. pp. 973-995.
- Kohler B. 2004. Accident Causation, Available at: [http://www.cep.ca/health\\_safety/files/accicaus\\_e.html](http://www.cep.ca/health_safety/files/accicaus_e.html)
- Komaki J. 1977. Alternative Evaluation Strategies in Work Settings: Reversal and Multiple Baseline Designs. *Journal of Organizational Behavior Management*. 1. pp. 53-77. Cited in: Chhokar J. S., Wallin J. A. 1984. Improving Safety Through Applied Behavior Analysis. *Journal of Safety Research*. Vol. 15. pp. 141-151.
- Komaki J., Barwick K. D., Scott L. R. 1978. A Behavioral Approach to Occupational Safety: Pinpointing and Reinforcing Safe Performance in a Food Manufacturing Plant. *Journal of Applied Psychology*. 67. pp. 334-340. Cited in: Chhokar J. S., Wallin J. A. 1984. Improving Safety Through Applied Behavior Analysis. *Journal of Safety Research*. Vol. 15. pp. 141-151.
- Κωνσταντίνιδης Θ. Κ. 2003. Περιγραφική Επιδημιολογία των Εργατικών Ατυχημάτων στον Ελληνικό Πληθυσμό κατά την Περίοδο 1956 – 94. Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας. ISBN 960-7678-33-8.
- 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.
- Kontogiannis T. 1997. A Framework for the Analysis of Cognitive Reliability in Complex Systems: A Recovery Centred Approach. *Reliability Engineering and System Safety*. 58. pp. 233-248.
- Kouabenan D. R. 1985. Degree of involvement in an Accident and Causal Attribution. *Journal of Occupational Accidents*. 7. pp. 187-194. Cited in: Gyekye S. A., Salminen S. 2006. The Self-Defensive Attribution Hypothesis in the Work Environment: Co-Workers' Perspectives. *Safety Science* 44. pp. 157-168.
- Kouabenan D. R., Gilibert D., Medina M., Bouzon F. 2001. hierarchical Position, Gender, Accident Severity

- and Causal Attribution. *Journal of Applied Social Psychology*. 31. pp. 553-575. Cited in: Gyekye S. A., Salminen S. 2006. The Self-Defensive Attribution Hypothesis in the Work Environment: Co-Workers' Perspectives. *Safety Science* 44. pp. 157-168.
- Kreinovich V. Y., Bernat A., Borrett W., Mariscal Y., Villa E. 1994. Monte-Carlo Methods Make Dempster-Shafer Formalism Feasible. In Yager R., Fedrizzi M., Kacprzyk (Eds.). *Advantages in the Dempster-Shafer Theory of Evidence*. New York. John Wiley. Cited in: Helton J. C., Oberkampf W. L., Johnson J. D. 2005. Competing Failure Analysis Using Evidence Theory. *Risk Analysis*. 25. No. 4. pp. 973-995.
- Kromhout H. Symanski E., Rappaport S. M. 1993. A Comprehensive Evaluation of within- and between- Worker Components of Occupational Exposure to Chemicals. *Annual Occupational Hygiene*. 37. pp. 253 – 270. Cited in: Semple S. E., Proud L. A., Cherrie J. W. 2003. Use of Monte Carlo Simulation to Investigate Uncertainty in Exposure Modeling. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*. 29.5. pp. 347 – 353.
- Kuhberger A., Schulte-Mecklenbeck M., Perner J. 1999. The effects of Framing, Reflection, Probability and Payoff on risk Preference in Choice Tasks. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 78, No 3, June, pp. 204-231.
- Kuhn K. M., Budescu D. V. 1996. The Relative Importance of Probabilities, Outcomes and Vagueness in Hazard Risk Decisions. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 68. No. 3. December. pp. 310-317.
- Kulik J. A., Mahler H. I. M. 1987. Health, Status, Perceptions of Risk and Prevention Interest for Health and Nonhealth Problems. *Health Psychology*. 6. pp. 15-27. Cited in: Klar Y., Medding A., Sarel D. 1996. Nonunique Invulnerability: Singular versus Distributional Probabilities and Unrealistic Optimism in Comparative Risk Judgements. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 67. No. 2. August. Pp. 229-245.
- Kunce J. T. 1967. Vocational Interests and Accident Proneness. *Journal of Applied Psychology*. 51. pp. 223 – 225. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Kunce J. T. 1974. SVIB Scores and Accident Proneness. *Measurement and Evaluation in Guidance*. 7. pp. 118 – 121. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Kunreuther H., Slovic P. 1996. Science, Values and Risk. In *Annals of the American Academy of Political and Social*
- Kvaløy J. T., Aven T. 2005. An Alternative Approach to Trend Analysis in Accident Data. *Reliability Engineering and System Safety*. 90. pp. 75-82.
- Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Lagerlof E., Andersson R. 1979. The Swedish Information System on Occupational injuries. The Swedish Board of Occupational Safety and Health. Stockholm. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Landen D. D., Hendricks S. A. 1992. Estimates from the National Health Interview Survey on Occupational Injury Among Older Workers in the United States. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*. 18. Suppl. 2: pp. 18 – 20. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Larwood L. 1978. Swine Flu: A Field Study of Self-Serving Biases. *Journal of Applied Social Psychology*. 32. pp. 311-328. Cited in: Klar Y., Medding A., Sarel D. 1996. Nonunique Invulnerability: Singular versus Distributional Probabilities and Unrealistic Optimism in Comparative Risk Judgements. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 67. No. 2. August. Pp. 229-245.
- Latham G. P. Yukl G. A. 1975. Review of Research on the Application of Goal Setting in Organizations. *The Academy of Management Journal*, Vol. 18, No. 4 (Dec., 1975), pp. 824-845. Cited in: Campbell D. J. 1988. Task Complexity: A Review and Analysis. *Academy of Management Review*. Vol. 13. No 1. pp. 40-52.
- Lawrence D., Edwards D. W., Rushton A. G. 1993. *IMechE*. 1. Cited in: Khan F. I., Abbasi S. A. 1998. Inherent

- Safer Design Based on Rapid Risk Analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 11. pp. 361-372
- Lawrie M., Parker D., Hudson P. 2006. Investigating Employee Perceptions of a Framework of Safety Culture Maturity. *Safety Science*. 44. pp. 259-276.
- Le Coze J. – c. 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. Cited in: Gyekye S. A., Salminen S. 2006. The Self-Defensive Attribution Hypothesis in the Work Environment: Co-Workers' Perspectives. *Safety Science* 44. pp. 157-168.
- Lerner M. J., Miller D. J. 1978. Just World Research and the Attribution Process: Looking Back and Ahead. *Psychological Bulletin*. 85. pp. 1030-1051. Cited in: Torell U., Bremberg S. 1995. Unintentional Injuries: Attribution, Perceived Preventability and Social Norms. *Journal of Safety Research*. Vol. 26. No. 2. pp. 63-73.
- Lederman L. 1988. Accident Sequences Sensitive to Human Errors. *Reliability Engineering and System Safety*. 22. pp. 269-276.
- Lees F. P. 1982. Hazard Warning Structure: Some Illustrative Examples Based on Actual Cases. *Reliability Engineering*. 10. England: Elsevier pp. 65-81. Cited in: 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.
- Lees P F. 1996. *Loss prevention in the process industries*, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Leigh J. P. 1986. Individual and Job Characteristics as Predictors of Industrial Accidents. *Accident Analysis and Prevention*. pp. 109 – 216. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Leigh J. P. 1995. Compensating Wages, Value of Statistical Life and Inter-Industry Differentials. *Journal of Environmental Economics and Management*. 28. 1. pp. 83 – 97. Cited in: Dorman P. 2000. The Economics of Safety, Health and Well-Being at Work: An Overview. InFocus Program on SafeWork, International Labour Organisation, The Evergreen State College. Available at: <http://www.ilo.org>
- Leplat J. 1978. Accident Analyses and Work Analyses. *Journal of Occupational Accidents*. 1. pp. 331 – 340. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Leplat J., Cuny X. 1979. Les Accidents du Travail. Coll. « Que Sais-Je » No. 1591. P.U.F. Paris. pp. 126. Cited in: Leplat J. 1984. Occupational Accident Research and Systems Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 6. pp. 77 – 89.
- Leplat J. 1984. Occupational Accident Research and Systems Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 6. pp. 77 – 89.
- Lerner J. S., Gonzalez R. M., Small D. A., Fischhoff B. 2003. Effects of Fear and Anger on Perceived Risks of Terrorism: A National Field Experiment. *Psychological Science*. 14. pp. 144-150. Cited in: Fessler D. M. T., Pillsworth E. G., Flamson T. J. 2004. Angry Men and Disgusted Women: An Evolutionary Approach to the Influence of Emotions on Risk Taking. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 95. pp. 107-123.
- Lerner J. S., Keltner D. 2001. Fear, Anger and Risk. *Journal of Personality and Social Psychology*. 81. pp. 146-159. Cited in: Fessler D. M. T., Pillsworth E. G., Flamson T. J. 2004. Angry Men and Disgusted Women: An Evolutionary Approach to the Influence of Emotions on Risk Taking. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 95. pp. 107-123.
- Leveson N. 1995. *Safeware: System Safety and Computers*. Addison Wesley. Reading. M.A. Cited in: Levenson N. 2004. A New Accident Model for Engineering Safer Systems. *Safety Science* 42. pp. 237 – 270.
- Leveson N. 2004. A New Accident Model for Engineering Safer Systems. *Safety Science* 42. pp. 237 – 270.
- Levin I. P., Johnson R. D., Davis D. M. 1987. How Information Frame Influences Risky Decisions between Subjects and within Subjects Comparisons. *Journal of Economic Psychology*. March vol. 8(1) pp 43-54. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)



- Lewinsohn S., Mano H. 1993. Multiattribute Choice and Affect: The Influence of Naturally Occurring and Manipulated Moods on Choice Processes. *Journal of Behavioral Decision Making*. 6. pp. 33-51. Cited in: Mano H. 1994. Risk-Taking, framing Effects and Affect. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 57. pp. 38-58.
- Lilley R., Feyer A-M. Kirk P., Gander P. 2002. A Survey of Forest Workers in New Zealand. Do Hours of Work, Rest and Recovery Play a Role in Accidents and Injury? *Journal of Safety Research*. 33. pp. 53 – 71.
- Lindberg G., Frost D. E. 1992. Counterfactuals in Financial Decision Making. *Acta Psychologica*, 79, pp 227 – 244. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Linville P. W., Fischer G. W., Fischhoff B. 1987. Aids Risk Perceptions and Decision Biases. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- 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](http://www.hse.gov.uk)
- Llory M. A. 1992. Human Reliability and Human Factors in Complex Organizations: Epistemological and Critical Analysis – Practical Avenues to Action. *Reliability Engineering and System Safety*. 38. pp. 109-117.
- Locke E A, Saari L M, Shaw K N & Latham G P. 1981. Goal setting and task performance: 1969-1980. *Psychology Bulletin* 90:125-52. Cited in: Campbell D. J. 1988. Task Complexity: A Review and Analysis. *Academy of Management Review*. Vol. 13. No 1. pp. 40-52.
- Lofgren E. V., Rothleder B. M., Karimium S. 1988. Guidelines for Using Reliability Programs to Defend Against Common-Cause Failures (draft). June 1988. Cited in: Parry G. W. 1991. Common Cause Failure Analysis: A Critique and Some Suggestions. *Reliability Engineering and System Safety*. 34. pp. 309-326.
- Lorenz E. N. 1993. The Essence of Chaos. London: UCL Press Limited. Cited in: Kirchsteiger C. 1999. On the Use of Probabilistic and Deterministic Methods in Risk Analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 12. pp. 399-419.
- Luce R. D., Raiffa H. 1957. *Games and Decisions* (pp. 23-31). New York: John Willey & Sons. Cited in: Andrews C. J., Hassenzahl D. M., Johnson B. B. 2004. Accommodating Uncertainty in Comparative Risk. *Risk Analysis*. Vol. 24. No. 5. pp. 1323 – 1335.
- Ludborz B. 1995. Surveying and Assessing "Safety Culture" within the Framework of Safety Audits. In: Mewis J. J., Pasman H. J., De Rademaeker E. E. *Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries*. 1. pp. 83-92. Cited in: Guldenmund F. W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. *Safety Science*. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- Lund J., Aarø L. E. 2004. Accident Prevention. Presentation of a Model Placing Emphasis on Human, Structural and Cultural Factors. *Safety Science*. 42. pp. 271-324.
- Lydell B.O.Y. 1992. Human Reliability Methodology. A Discussion of the State of the Art. *Reliability Engineering and System Safety*. 36. pp. 15-21.
- Mac Iver J. 1961. Safety and Human Behavior. In: *Behavioral Approaches to Accident Research*. Association for the Aid of Crippled Children. New York. pp. 178. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- MacDonald G. L. 1972. *Volcanoes*. Englewood Cliffs. NJ: Prentice Hall. Cited in: Lees P F. 1996. *Loss prevention in the process industries*, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- MacGill S. M. 1988. Risk Perceprion and the Public. Working Paper 469. School of Geography. University of Leeds. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- MacGregor D. G., Slovic P., Malmfors T. 1994. Perception of Risks from Electromagnetic Fields: A Psychometric Evaluation of a Risk Communication Approach. *Risk Analysis* 14, 815 – 828. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)

- MacGregor D. G., Slovic P., Malmfors T. 1995. How Exposed is Exposed Enough? Lay Interferences about Chemical Exposure. (Report No 94-12) Decision Research Eugene, Oregon. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Mach E. 1905. Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Cited in: 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](http://iac.dtic.mil/hsiac/docs/Colloquia_Hollnagel.ppt)
- Magat W. A., Viscusi W. K., Huber J. 1987. Risk-dollar tradeoffs, Risk Perceptions and Consumer Behavior. In Viscusi W. K., Magat W. A. Learning about Risk. Pp. 83-97. Cambridge MA. Harvard University Press. Cited in: Stone E. R., Yates J. F., Parker A. M. 1994. Risk Communication: Absolute versus Relative Expressions of Low-Probability Risks. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 60. pp. 387-408.
- Manning D. 1974. An Accident Model. Occupational Safety and Health. 4 (1). Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. Journal of Occupational Accidents. 3. pp. 129 – 140.
- Mano H. 1992. Judgements Under Distress: Assessing the Role of Unpleasantness and Arousal in Judgement Formation. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 52. pp. 216-245. Cited in: Mano H. 1994. Risk-Taking, framing Effects and Affect. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 57. pp. 38-58.
- Mano H. 1994. Risk-Taking, framing Effects and Affect. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 57. pp. 38-58.
- Marbe K. 1926. Praktische Psychologie der Unfälle und Betriebschaden. München. Cited in: Cuny X., Lejeune M. 2003. Statistical Modelling and Risk Assessment. Safety Science 41. pp. 29 – 51.
- March, J. G. and H. A. Simon. 1958. Organizations. New York?, McGraw-Hill. Cited in: Campbell D. J. 1988. Task Complexity: A Review and Analysis. Academy of Management Review. Vol. 13. No 1. pp. 40-52.
- March J. G., Shapira Z. 1987. Managerial Perspectives on Risk and Risk Taking. Management Science, 33, pp. 1404-1418.
- Marek J., Iversen E., Hellesoy O. H. 1986. Hvor Viktig er Organisasjon, Sosiale Forhold og Sikkerhetstiltak for Risikokontroll og Generell Sikkerhet? (How Important are Organisation, Social Conditions and Safety Measures to Risk Control and General Safety?). The University of Bergen, Norway. Cited in: Tinmannsvik R. K., Hovden J. 2003. Safety Diagnosis Criteria – Development and Testing. Safety Science. 41. pp. 575 – 590.
- Markowitz H. 1952. The Utility of Wealth. Journal of Political Economy, 60, pp. 151 – 158. Cited in Kuhberger A., Schulte-Mecklenbeck M., Perner J. 1999. The effects of Framing, Reflection, Probability and Payoff on risk Preference in Choice Tasks. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 78, No 3, June, pp. 204-231.
- Marshall V. C. 1987. Major Chemical Hazards. London: John Wiley. Cited in: Khan F. I., Abbasi S. A. 1998. Inherent Safer Design Based on Rapid Risk Analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 11. pp. 361-372
- Mayer J., Gaschke Y., Braverman D., Evans T. 1992. Mood-congruent Judgement is a General Effect. Journal of Personality and Social Psychology. 63. pp. 119-132. Cited in: Nygren T. E., Isen A. M., Taylor P. J., Dulin J. 1996. The Influence of Positive Affect on the Decision Rule in Risk Situations: Focus on Outcome (and Especially Avoidance of Loss) Rather than Probability. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 66. No. 1. April. Pp. 59-72.
- McDaniels T. L., Gregory R. S. 1991. A Framework for Structuring Cross-Cultural Research in Risk and Decision Making. Journal of Cross-Cultural Psychology. 26. pp. 1427-1453. Cited in: Weber E. U., Hsee C. K., Sokolowska J. 1998. What Folklore Tells Us about Risk and Risk Taking: Cross-Cultural Comparisons of American, German and Chinese Proverbs. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 75. No. 2. August. pp. 170-186.
- McKenna F. P. 1982. The Human Factor in Driving Accidents: An Overview of Approaches and Problems.



- Ergonomics. 25. pp. 259-278. Cited in: McKenna F. P. 1987. Behavioural Compensation and Safety. Journal of Occupational Accidents. 9. pp. 107-121.
- McKenna F. P. 1985. Do Safety Measures Really Work? An Examination of Risk Homeostasis Theory. Ergonomics. 28. pp. 489-498. Cited in: McKenna F. P. 1987. Behavioural Compensation and Safety. Journal of Occupational Accidents. 9. pp. 107-121.
- McKenna F. P. 1987. Behavioural Compensation and Safety. Journal of Occupational Accidents. 9. pp. 107-121.
- McKenna F. P. 1993. It won't Happen to Me: Unrealistic Optimism or Illusion of Control? British Journal of Psychology. 84. pp. 39-50. Cited in: Klar Y., Medding A., Sarel D. 1996. Nonunique Invulnerability: Singular versus Distributional Probabilities and Unrealistic Optimism in Comparative Risk Judgements. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 67. No. 2. August. Pp. 229-245.
- McNeil B. J., Paulker A., Scott H. Jr., Tversky A. 1982. On the Elicitation of Preferences for Alternative Therapies. New England Journal of Medicine. April, vol 87, pp. 203 – 209. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Mearns K. Flin R., Gordon R., Fleming M. 1998. Measuring Safety Climate on Offshore Installations. Work & Stress. Vol 12, no. 3, pp. 238 – 255. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Meshkat L., Dugan J. B., Andrews J. D. 2002. Dependability Analysis of Systems with On-Demand and Active Failure Modes Using Dynamic Fault Trees. IEEE Trans Reliab. 51(2). Pp. 240-251. Cited in: Sun H., Andrews J. D. 2004. Identification of Independent Modules in Fault Trees which Contain Dependent Basic Events. Reliability Engineering and System Safety. 86. pp. 285-296.
- Miller P. M., Fagley N. S. 1992. Framing Effects and Arenas of Choice: Your Money or your Life? Paper presented at the annual meeting of the Society for Judgment and Decision Making, St. Louis, Mo. Cited in Zickar M. J., Highhouse S. 1998. Looking Closer at the Effects of Framing on Risky Choice: An Item Response Theory Analysis. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 75, No 1., July, pp. 75-91.
- Mintz A., Blum M. L. 1949. A Re-examination of the Accident Proneness Concept. Journal of Applied Psychology. 33. pp. 195 – 211. Cited in: Smiley R. J., Ayoub M. A. 1976. Accident Causation Theories: A Simulation Approach. Journal of Occupational Accidents. 1. 1976. pp. 47 – 68.
- Mischel W., Grusec J. 1967. Waiting for Rewards and Punishments: Effects of Time and Probability on Choice. Journal of Personality and Social Psychology. 5. pp. 24-31. Cited in: Rachlin H., Siegel E. 1994. Temporal Patterning in Probabilistic Choice. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 59. pp. 161-176.
- Mischel W., Ebbenses E., Zeiss A. 1976. Selective Attention to the Self: Situational and Dispositional Determinants. Journal of Personality and Social Psychology. 27. pp. 129-142. Cited in: Nygren T. E., Isen A. M., Taylor P. J., Dulin J. 1996. The Influence of Positive Affect on the Decision Rule in Risk Situations: Focus on Outcome (and Especially Avoidance of Loss) Rather than Probability. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 66. No. 1. April. Pp. 59-72.
- Mitchell O. S. 1988. The Relationship of Age to Workplace Injuries. Monthly Labor Review. 111: pp. 109 – 216. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. Safety Science. 21. pp. 145 – 161.
- 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. Cited 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. Luxemburg. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. Journal of Occupational Accidents. 3. pp. 129 – 140.
- Moral S., Wilson N. 1994. Markov Chain Monte-Carlo Algorithms for the Calculation of Demster-Shafer Belief. Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-94), pp. 269-274. Cited

- in: Helton J. C., Oberkampf W. L., Johnson J. D. 2005. Competing Failure Analysis Using Evidence Theory. *Risk Analysis*. 25. No. 4. pp. 973-995.
- Morgan M. G., Fischhoff B., Bostrom A., Lave L., Atman C. 1992. Communicating Risk to the Public. *Environmental Science and Technology*, vol. 26, pp 125 – 135. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Moray N. 1990. Dougherty's Dilemma and the One-sidedness of Human Reliability Analysis. *Reliability Engineering and System Safety* 29. pp. 337-344.
- 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.
- Mueller B. A., Mohr D. L., Rice J. C., Clemmer D. I. 1987. Factors Affecting Individual Injury Experience Among Petroleum Drilling Workers. *Journal of Occupational Medicine*. 29 (2): pp. 126 – 131. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Mullen J. 2004. Investigating Factors that influence Individual Safety Behavior at Work. *Journal of Safety Research*. 35. pp. 275-286.
- 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. Cited 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. Cited in: Hayes B. E., Perander J., Smecko T., Trask J. 1998. Measuring Perceptions of Workplace Safety: Development and Validation of the Work Safety Scale. *Journal of Safety Research*. Vol. 29. No. 3. pp. 145-161.
- Myers D. G., Lamm H. 1976. The Group Polarization Phenomenon. *Psychological Bulletin*. 83, pp. 602 – 627. Cited in: Van Knippenberg D., Van Knippenberg B., Van Dijk E. 2000. Who Takes the Lead in Risky Decision Making? Effects of Group Members' Risk Preferences and Prototypicality. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 83, No. 2, November, pp. 213 - 234
- Nachreiner F., Nickel P., Meyer I. 2006. Human Factors in Process Control Systems: The Design of Human-Machine Interfaces. *Safety Science*. 44. pp. 5-26.
- Nelkin D., Brown M. 1984. Workers at Risk. Chicago. University of Chicago Press. Cited in: 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](http://www.hse.gov.uk)
- Nelkin D. 1989. Communicating Technological Risk: the Social Construction of Risk Perception. *Annual Review of Public Health* 1989, 10:95 – 113. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Newbold E. M. 1926. A Contribution to the Study of the Human Factor in the Causation of Accidents. In: Haddon W. Jr., Suchman E. A., Klein D. A. 1964. Accident Research: Methods and Approaches. Harper & Row. New York. Pp. 752. (Reprinted from Report no. 34. Industrial fatigue Research Board. Medical Research Committee. Great Britain). Cited in: Smilley R. J., Ayoub M. A. 1976. Accident Causation Theories: A Simulation Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 1. 1976. pp. 47 – 68.
- Nichols T. 1992. Problems in Monitoring the Safety performance of British Manufacturing at the End of the Twentieth Century. *The Sociological Review*. 42. pp. 104 – 110. Cited in: Saloniemi A., Oksanen H. 1998. Accidents and Fatal Accidents – Some Paradoxes. *Safety Science* 29. 1998. pp. 59 – 66.
- Nilsen T., Aven T. 2003. Models and Model Uncertainty in the Context of Risk Analysis. *Reliability Engineering and System Safety*. 79. pp. 309-317

- Nisbett R. E., Borgida E., Crandall R., Reed H. 1976. Popular Induction: Information is not Necessarily Informative. In J. S. Carrol & J. W. Payne (Eds.). *Cognitive and Social Behavior*. Pp. 113-133. Hollsdale. NJ: Erlbaum. Cited in: Klar Y., Medding A., Sarel D. 1996. Nonunique Invulnerability: Singular versus Distributional Probabilities and Unrealistic Optimism in Comparative Risk Judgements. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 67. No. 2. August. Pp. 229-245.
- Nisbett R. E., Krantz D. H., Jepson C., Kunda Z. 1983. The Use of Statistical Heuristics in Everyday Inductive Reasoning. *Psychological Review*. 90. pp. 339-363. Cited in: Klar Y., Medding A., Sarel D. 1996. Nonunique Invulnerability: Singular versus Distributional Probabilities and Unrealistic Optimism in Comparative Risk Judgements. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 67. No. 2. August. Pp. 229-245.
- Norman D. 1981. Categorization of Action Slips. *Psychological Review*. 88. pp. 1-15. Cited in: Dougherty E. M. 1997. Is Human Failure a Stochastic Process? *Reliability Engineering and System Safety*. 55. pp. 209-215.
- NUREG. 1987. Accident Sequence Evaluation Program Human Reliability Analysis Procedure. NUREG/CR-4772. Cited 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.
- Nygren T. E., Isen A. M., Taylor P. J., Dulin J. 1996. The Influence of Positive Affect on the Decision Rule in Risk Situations: Focus on Outcome (and Especially Avoidance of Loss) Rather than Probability. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 66. No. 1. April. Pp. 59-72.
- OECD 1989. Occupational Accidents in OECD Countries. [url:www.oecd.org/dataoecd/63/54/3888265.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/63/54/3888265.pdf).
- Okrent D. 1998. Risk Perception and Risk Management: On Knowledge, Resource Allocation and Equity. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 17-25.
- Okrent D., Pidgeon N. 1998. Risk Perception versus Risk Analysis. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 1-4.
- Ouchi W. G. 1983. Invited Address. Proceedings of the Annual I/O and OB Graduate Students Convention. 4. Cited in: Guastello D. D., Guastello S. J. 1987. The Relationship Between Work Size and Occupational Accidents. *Journal of Occupational Accidents*. 9. pp. 1 – 9.
- Paradies M., Busch D. 1988. Root Cause Analysis at Savannah River Plant. IEEE Conference on Human Factors and Power Plants. Pp. 479 – 483. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Paradies M., Unger L., Haas P., Terranova M. 1993a. 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. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Paradies M., Unger L., Haas P., Terranova M. 1993b. Development of the NRC's Human Performance Investigation Process (HPIP). Investigator's Manual, Division of Systems Research Office of Nuclear Regulatory Research. NUREG/CR-5455, SI-92-101. Vol. 2. Washington, USA. System Improvements Inc. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Paradies M., Unger L., Haas P., Terranova M. 1993c. Development of the NRC's Human Performance Investigation Process (HPIP). Investigator's Manual, Division of Systems Research Office of Nuclear Regulatory Research. NUREG/CR-5455, SI-92-101. Vol. 3. Washington, USA. System Improvements Inc. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Park K. 1987. Human Reliability. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. Cited in: Hudoklin A., Rozman V. 1992. Human Errors versus Stress. *Reliability Engineering and System Safety*. 37. pp. 231-236.
- Parry G. W., Winter P. W. 1981. Characterization and Evaluation of Uncertainty in Probabilistic Risk Assessment. *Nuclear Safety*. 22. pp. 28-42. Cited in: Apostolakis G. E. 1988. The Interpretation of Probability in Probabilistic Safety Assessments. *Reliability Engineering and System Safety*. Pp. 247-252.
- Parry G. W. 1991. Common Cause Failure Analysis: A Critique and Some Suggestions. *Reliability Engineering and System Safety*. 34. pp. 309-326.



- Parry G. W. 1996. The Characterization of Uncertainty in Probabilistic Risk Assessments of Complex Systems. *Reliability Engineering and System Safety*. 54. pp. 119 – 126.
- Partyka S. C. 1984. Simple Models of Fatality Trends Using Employment and Population Data. *Accident Analysis and Prevention*. 16: 211 – 222. Cited in: Trimpop R. M. 1996. Risk Homeostasis Theory: Problems of the Past and Promises for the Future. *Safety Science* Vol. 22. No. 1-3, pp. 119 – 130.
- Paté-Cornell M. E. 1996. Uncertainties in Risk Analysis: Six Levels of Treatment. *Reliability Engineering and System Safety*. 54. pp. 95-111
- Patwardhan A. S., Kulkarni R. B., Nicod J. – F. 1990. Residual Risk and its Distribution in the Project Life Cycle. *Journal of Occupational Accidents*. 13. 1990. pp. 79 – 92.
- Payne R. L., Fineman S., Wall T. D. 1976. Organizational Climate and Job Satisfaction: A Conceptual Synthesis. *Organizational Behaviour and Human Performance*. 16. pp. 45-62. Cited in: Coyle I. R., Sleeman S. D., Adams N. 1995. Safety Climate. *Journal of Safety Research*. Vol. 26. No. 4. pp. 247-254.
- Peltzman S. 1975. The Effects of Automobile Safety Regulation. *Journal of Political Economy*. 83. pp. 677-725. Cited in: McKenna F. P. 1987. Behavioural Compensation and Safety. *Journal of Occupational Accidents*. 9. pp. 107-121.
- Perrow C. 1984. *Normal Accidents, Living with High-Risk Technologies*. N. Y. Basic Books. Cited in: Bellamy J., Geyer T. A. W. (ed J. C. Williams). *Organisational, Management and Human Factors in Quantified Risk Assessment*. HSE Contract Research Report. No. 33/1992. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Peterson D. 1982. *Human Error Reduction and Safety Management*. New York: Garland STPM Press. Cited in: Chhokar J. S., Wallin J. A. 1984. Improving Safety Through Applied Behavior Analysis. *Journal of Safety Research*. Vol. 15. pp. 141-151.
- Petri C. A. 1963. Fundamentals of a Theory of Asynchronous Information Flow. In *Proceedings of IFIP Congress 62*. pp. 386 – 390. Amsterdam: North Holland. Cited in: 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.
- 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](http://www.hse.gov.uk)
- Pidgeon N. 1998. Risk Assessment, Risk Values and the Social Science Programme: Why We Do Need Perception Research. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 5-15.
- Pidgeon N., Hood C., Jones D., Turner B., Gibson R. 1992. *Risk Perception in Royal Society, Study Group on Risk Assessment, Analysis, Perception and Management*. Royal Society, London. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Pierce J. L., Dunham R. B. 1976. Task design: A literature review. *Academy of Management Review*. 1, pp. 83-97. Cited in: Campbell D. J. 1988. Task Complexity: A Review and Analysis. *Academy of Management Review*. Vol. 13. No 1. pp. 40-52.
- Pullum L., Dugan J. B. 1996. Fault Tree Models for the Analysis of Complex Computer-Based Systems. *Proceedings of the Annual RAM Symposium*. Las Vegas. Pp. 200-207. Cited in: Sun H., Andrews J. D. 2004. Identification of Independent Modules in Fault Trees which Contain Dependent Basic Events. *Reliability Engineering and System Safety*. 86. pp. 285-296.
- Poortinga W., Pidgeon N. F. 2003. Exploring the Dimensionality of Trust in Risk Regulation. *Risk Analysis*. Vol. 23. No. 5. Cited in: Williamson J., Weyman A. 2005. Review of the Public Perception of Risk and Stakeholder Engagement. Health and Safety Laboratory. HSL/2005/16. Available at [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Popper K. R. 1988. *The Open Universe – An Argument for Indeterminism*. London: Routledge. Cited in: Kirchsteiger C. 1999. On the Use of Probabilistic and Deterministic Methods in Risk Analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 12. pp. 399-419.
- Porter M. E. 1991. America's Green Strategy. *Scientific American*. April 1991. p. 168. Cited in : Ashford N. 2005. Compliance Costs: The Neglected Issue. European Agency for Safety and Health at Work. Available at: [http://osha.europa.eu/publications/magazine/1/index\\_14.htm](http://osha.europa.eu/publications/magazine/1/index_14.htm)
- Prigogine I. 1996. *La Fin des Certitudes*. Editions Odile Jacob. Paris. ISBN: 960-7778-71-5
- Pritchard R. D., Karasick B. W. 1973. The Effect of Organizational Climate on Managerial Job Performance



- and Job Satisfaction: A Conceptual Synthesis. *Organizational Behaviour and Human Performance*. 9. pp. 126-146. Cited in: Coyle I. R., Sleeman S. D., Adams N. 1995. Safety Climate. *Journal of Safety Research*. Vol. 26. No. 4. pp. 247-254.
- Prussia G. E., Brown K. A., Willis P. G. 2003. Mental Models of Safety: Do Managers and Employees See Eye to Eye? *Journal of Safety Research*. 34. pp. 143-156.
- Purser D. A., Bensilum M. 2001. Quantification of Behaviour for Engineering Design Standards and Escape Time Calculations. *Safety Science*. 38, pp. 157 – 182.
- Purswell J. L., Rumar K. 1984. Occupational Accident Research: Where Have We Been and Where Are We Going? *Journal of Occupational Accidents*. 6. pp. 219 – 228.
- 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](http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2000/P422.pdf)
- Quinot E. 1979. Analyse Statistique de la Progressivité des Atteintes Pathologiques. In : Lazar P. (Ed.), *Pathologie Industrielle: Approche Épidémiologique*. Flammarion, Paris. Cited in : Cuny X., Lejeune M. 2003. Statistical Modelling and Risk Assessment. *Safety Science* 41. pp. 29 – 51.
- 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.
- Rachlin H., Logue A. W., Gibbon J., Frankel M. 1986. Cognition and Behavior in Studies of Choice. *Psychological Review*. 93. pp. 33-45. Cited in: Rachlin H., Siegel E. 1994. Temporal Patterning in Probabilistic Choice. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 59. pp. 161-176.
- Rachlin H., Siegel E. 1994. Temporal Patterning in Probabilistic Choice. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 59. pp. 161-176.
- Rasmussen J. 1978. Human Reliability. NATO Advanced Study International Symposium on Synthesis and Analysis Methods for Safety and Reliability, Urbino, Italy. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Rasmussen J. 1980. What Can be Learned from Human Error Reports? Cited in Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Rasmussen J. 1982. Human Errors. A Taxonomy for Describing Human Malfunction in Industrial Installations. *Journal of Occupational Accidents*. 4. pp. 311-333.
- 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. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Rasmussen J., Leplat J., Duncan K. (Eds.) 1987. *New Technology and Human Error*. Wiley. London. Cited in: 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.
- Rasmussen J. 1988a. Human Error Mechanisms in Complex Work Environments. *Reliability Engineering and System Safety*. 22. pp. 155-167.
- Rasmussen J. 1988b. International Workshops to Develop a Multi-Disciplinary Research Program Based on a Holistic System Approach to Safety and Management of Risk in Large-Scale Technological Operations. Riso Laboratory, Denmark. Cited in: Bellamy J., Geyer T. A. W. (ed J. C. Williams). 1992. *Organisational, Management and Human Factors in Quantified Risk Assessment*. HSE Contract Research Report. No. 33/1992. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Rasmussen J. 1997. Risk Management in a Dynamic Society: A Modelling Problem. *Safety Science* 27. (2/3). pp. 183 – 213. Cited in: Levenson N. 2004. A New Accident Model for Engineering Safer Systems. *Safety Science* 42. pp. 237 – 270.
- Rasmussen J. 1998. Major Accident Prevention: What is the Basic Research Issue? In: Lydersen, Hamsen, Sandtorv. *Safety and Relianility*. Vol. 2. pp. 739-740. Rotterdam: Balkema. Cited in: 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.
- Rasmussen J., Svedung I. 2000. *Proactive Risk Management an a Dynamic Society*. (1st Ed.). Karlstad: Risk and Environmental Department. Swedish Rescue Services Agency. Cited in: 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.
- Reason J. T. 1976. Absent Minds. *New Society*. November 4. pp. 244-245. Cited in: Williamson A., Feyer A-M. 1990. Behavioural Epidemiology as a Tool for Accident Research. *Journal of Occupational Accidents*. 12. pp. 207-222.
- Reason J. T. 1984. Absent-Mindedness and Cognitive Control. In: Harris J., Morris P. 1984. *Everyday Memory, Actions and Absent-Mindedness*. Academic Press. London. pp. 113-132. Cited in: Dougherty E. 1992. SRK – It Just Keeps on a Rollin'. *Reliability Engineering and System Safety*. 38. pp. 253-255.
- Reason J. T. 1987a. A Framework for Classifying Errors. In: *New Technology and Human Error*. Rasmussen J., Duncan K., Leplat J. Wiley. London. Cited in: Rasmussen J. 1988. Human Error Mechanisms in Complex Work Environments. *Reliability Engineering and System Safety*. 22. pp. 155-167
- Reason J. T. 1987b. The Chernobyl Errors. *Bulletin of the British Psychological Society*. 40. pp. 201 – 206. Cited in: Bellamy J., Geyer T. A. W. (ed J. C. Williams). 1992. *Organisational, Management and Human Factors in Quantified Risk Assessment*. HSE Contract Research Report. No. 33/1992. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Reason J. T. 1990. *Human Error*. Cambridge University Press. Cambridge. Cited in: Stanton N., Baber C. 1996. A Systems Approach to Human Error Identification. *Safety Science*, Vol. 22. No. 1-3, pp. 215-228
- Reason J. T. 1997. *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Aldershot, UK: Ashgate. Cited in: Fujita Y., Hollnagel E. 2004. Failures Without Errors: Quantification of Context in HRA. *Reliability Engineering and System Safety*. 83. pp. 145-151
- Reason J. T. 2000. *Managing the risks of Organizational Accidents*. Aldershot, Ashgate. Cited in: Nachreiner F., Nickel P., Meyer I. 2006. Human Factors in Process Control Systems: The Design of Human-Machine Interfaces. *Safety Science*. 44. pp. 5-26.
- Renn O. 1998. The Role of Risk Perception for Risk Management. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 49-62.
- Renn O. 2005. Rational Choice and Risk Research. Learning about Risk. SCARR Launch Conference. Canterbury. January 27. Cited in: Taylor-Gooby P., Zinn J. O. 2006. Current Directions in Risk Research: New Developments in Psychology and Sociology. *Risk Analysis*. Vol. 26. No. 2
- Rhodes S. R. 1983. Age-related Differences in Work Attitudes and Behavior: A Review and Conceptual Analysis. *Psychological bulletin*. 93.(2). Pp. 328-367. Cited in: Salminen S. 2004. Have Young Workers More Injuries than Older Ones? An International Literature Review. *Journal of Safety Research*. 35. pp. 513-521.
- Richter A., Koch C. 2004. Integration, Differentiation and Ambiguity in Safety Cultures. *Safety Science*. 42. pp. 703-722.
- Ringdahl L. H., Wennersten R. 2001. Alternative Approaches to Risk Evaluation. Available at: [www.irisk.se/engpubl/lossprev.pdf](http://www.irisk.se/engpubl/lossprev.pdf)
- Rizzo A., Ferrante D., Bagnara S. 1995. Handling Human Error. In *Expertise and Technology: Cognition and Human Computer Interaction*. (eds Hoc J. M., Cacciabue P.C., Hollnagel E.) Lawrence Erlbaum Associates. New Jersey. Cited in: Kontogiannis T. 1997. A Framework for the Analysis of Cognitive Reliability in Complex Systems: A Recovery Centred Approach. *Reliability Engineering and System Safety*. 58. pp. 233-248.
- 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. Cited in: DeJoy D. M. 1996. Theoretical Models of Health Behaviour and Workplace Self-protective Behaviour. *Journal of Safety Research*, 27 (2), pp. 61-72.
- Rohrmann B. 1999. Risk Perception Research, Arbeiten zur Risiko-Kommunikation. Heft 69. University of Jülich (English translation). Cited in: Taylor-Gooby P., Zinn J. O. 2006. Current Directions in Risk Research: New Developments in Psychology and Sociology. *Risk Analysis*. Vol. 26. No. 2
- Root N. 1981. Injuries at Work are Fewer Among Older Workers. *Monthly Labor Review*. March. pp. 30 – 34. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.

- 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.
- Roth E. M., Murnaw R. J., Lewis P. M. 1994. An Empirical Investigation of Operator Performance in Cognitively Demanding Simulated Emergencies. NUREG/CR-6208. US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC. Cited in: Kontogiannis T. 1997. A Framework for the Analysis of Cognitive Reliability in Complex Systems: A Recovery Centred Approach. *Reliability Engineering and System Safety*. 58. pp. 233-248.
- Rothman A. J., Klein W. M., Weinstein N. D. 1996. Absolute and Relative Biases in Estimates of Personal Risk. *Journal of Applied Psychology*, 26, pp. 1213 – 1236. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Rotter J. B. 1954. *Social Learning and Clinical Psychology*. Englewood Cliffs. NJ: Prentice Hall. Cited in: Rachlin H., Siegel E. 1994. Temporal Patterning in Probabilistic Choice. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 59. pp. 161-176.
- Rumar K. 1982. The Human Factor in Road Safety. Invited Paper at the 11th Australian Road Research Board Conference. Melbourne. Australia. August 23 – 27. 1982. Cited in: Purswekk J. L., Rumar K. 1984. Occupational Accident Research: Where Have We Been and Where Are We Going? *Journal of Occupational Accidents*. 6. pp. 219 – 228.
- Rundmo T. 1990. Opplevd Risiko og Sikkerhet (Risk Perception and Safety). SINTEF Report STF75 A90035. Trondheim. Cited in: Tinmannsvik R. K., Hovden J. 2003. Safety Diagnosis Criteria – Development and Testing. *Safety Science*. 41. pp. 575 – 590.
- Russel J. A. 1980. A Circumplex Model of Affect. *Journal of Personality and Social Psychology*. 36. pp. 1152-1168. Cited in: Mano H. 1994. Risk-Taking, framing Effects and Affect. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 57. pp. 38-58.
- 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. Cited in: Ryan T. G. 1990. Human Reliability Analysis – Why Not Turn to the Human Factors Community? *Reliability Engineering and System Safety*. 29. pp. 345-358.
- 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.
- Sailly M., Volkoff S. 1990. Vieillesse de la main-d' oeuvre et Adéquation Prévisionnelle des Postes: le Cas des Ouvriers du Montage dans l' Automobile. *Formation et Emploi*. 29. pp. 66 – 81. Cited in : Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Salminen S. 1992. Defensive Attribution Hypothesis and Serious Occupational Accidents. *Psychological Reports*. 70. pp. 1195-1199. Cited in: Gyekye S. A., Salminen S. 2006. The Self-Defensive Attribution Hypothesis in the Work Environment: Co-Workers' Perspectives. *Safety Science* 44. pp. 157-168.
- Salminen S., Saari J., Saarela K., Rasanen T. 1992. Fatal and Non-Fatal Occupational Accidents: Identical Versus Differential Causation. *Safety Science* 15. pp. 109 – 118. Cited in: Saloniemi A., Oksanen H. 1998. Accidents and Fatal Accidents – Some Paradoxes. *Safety Science* 29. 1998. pp. 59 – 66.
- Salminen S. 1996. Work-related Accidents among young Workers in Finland. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2(4). pp. 305-314. Cited in: Salminen S. 2004. Have Young Workers More Injuries than Older Ones? An International Literature Review. *Journal of Safety Research*. 35. pp. 513-521.
- Salminen S. 2004. Have Young Workers More Injuries than Older Ones? An International Literature Review. *Journal of Safety Research*. 35. pp. 513-521.
- Saloniemi A., Oksanen H. 1998. Accidents and Fatal Accidents – Some Paradoxes. *Safety Science* 29. 1998. pp. 59 – 66.



- Salventy G. 1987. Handbook of Human factors. John Wiley and Sons. NY. Cited in: Dougherty E. M. 1997. Is Human Failure a Stochastic Process? Reliability Engineering and System Safety. 55. pp. 209-215.
- Schein E. H. 1992. Organizational Culture and Leadership. 2nd Ed.. Jossey-Bass, San Francisco. Cited in: Guldenmund F. W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. Safety Science. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- Schneider B. 1975. Organizational Climates: An Essay. Personnel Psychology. 28. pp. 447-479. Cited in: Guldenmund F. W. 2000. The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. Safety Science. Vol. 34, No 1-3, pp. 215 – 257.
- Schulzinger M. S. 1954. A Close Look at Accident Proneness. National Safety News. 69 (6). pp. 32 – 33, 194 – 195. Cited in: Smiley R. J., Ayoub M. A. 1976. Accident Causation Theories: A Simulation Approach. Journal of Occupational Accidents. 1. 1976. pp. 47 – 68.
- Seaver D. A., Sitwell W. G. 1983. Procedures for Using Expert Judgement to Estimate Human Error Probabilistics in Nuclear Power Plant Operations. Rep. NUREG/CR-2743. Nuclear Regulatory Committee. Washington DC. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Semple S. E., Proud L. A., Cherrie J. W. 2003. Use of Monte Carlo Simulation to Investigate Uncertainty in Exposure Modeling. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health. 29.5. pp. 347 – 353.
- Senders J., Moray N. 1991. Human Error. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ. Cited in: Dougherty E. M. 1997. Is Human Failure a Stochastic Process? Reliability Engineering and System Safety. 55. pp. 209-215.
- Senders J., Moray N., Smiley A. 1985. Modeling Operator Cognitive Interactions in Nuclear Plant Safety Evaluation. Report Prepared for the Atomic Energy Control Board. Ottawa, Canada. Cited in: Fujita Y. 1992. Human Reliability Analysis: A Human Point of View. Reliability Engineering and System Safety. 38. pp. 71-79.
- Sentz K., Ferson S. 2002. Combination of Evidence in Dempster-Shafer Theory. SAND2002-0835. Albuquerque. NM: Sandia National Laboratories. Cited in: Helton J. C., Oberkampf W. L., Johnson J. D. 2005. Competing Failure Analysis Using Evidence Theory. Risk Analysis. 25. No. 4. pp. 973-995.
- Shafer G. 1976. A Mathematical Theory of Evidence. 1976. Princeton. NJ. Cited in: Bae H. R., Grandhi R. V., Canfield R. A. 2004. An Approximation Approach for Uncertainty Quantification Using Evidence Theory. Reliability Engineering and System Safety. 86. pp. 215-225.
- Shahani C. 1987. Industrial Accidents: Does Age Matter? Proceedings of the Human Factors Society 31st Annual Meeting. New York. October 19 – 23. Vol. 1. The Human Factors Society. Santa Monica California. pp. 553 – 557. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. Safety Science. 21. pp. 145 – 161.
- Sharit J. 2000. A Modeling Framework for Exposing Risks in Complex Systems. Risk Analysis. Vol. 20. No. 4. pp. 469 – 482.
- Shaw L., Sichel H. S. 1971. Accident Proneness: Research in the Occurrence, Causation and Prevention of Road Accidents. Oxford: Pergamon Press. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Shaw J. I., Skolnick P. 1971. Attribution of Responsibility for a Happy Accident. Journal of Personality and Social Psychology. 18. pp. 380-383. Cited in: Gyekye S. A., Salminen S. 2006. The Self-Defensive Attribution Hypothesis in the Work Environment: Co-Workers' Perspectives. Safety Science 44. pp. 157-168.
- Sherif Y. S. 1991. On Risk and Risk Analysis. Reliability Engineering and System Safety. 31. pp. 155-178.
- Shu Y., Furuta K., Kondo S. 2002. Team Performance Modeling for HRA in Dynamic Situations. Reliability Engineering and System Safety. 78. pp. 111-121.
- Siegel A. I., Wolf J. A. 1969. Man-machine Simulation Models. New York: Wiley. Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Sime J. D. 1994. Human Behaviour in Domestic and Hospital Fires. Building Research Establishments Occasional Paper OP59. Building Research Establishment Ltd, Garston, Watford, UK. Cited in: Purser



- D. A., Bensilum M. 2001. Quantification of Behaviour for Engineering Design Standards and Escape Time Calculations. *Safety Science*. 38, pp. 157 – 182.
- Simon H. 1996. *Les Sciences de l' Artificiel*. 3ème Edition. Folio Essai (The Science of the Artificial). Cited in: Le Coze J. – c. 2005. Are Organisations Too Complex to be Integrated in Technical Risk Assessment and Current Safety Auditing? *Safety Science* 43. pp. 613 – 638.
- Simonds R. H., Shafai – Sahrai Y. 1977. Factors Apparently Affecting Injury Frequency in Eleven Matched Pairs of Companies. *Journal of Safety Research*. (9). pp. 120 – 127. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Singh R. B., Moorjani J. D. 1978. Morale as a Function of Communicative Interaction in Industrial Organizations. *Psycho – Lingua*. 8. pp. 109 – 114. Cited in: Guastello D. D., Guastello S. J. 1987. The Relationship Between Work Size and Occupational Accidents. *Journal of Occupational Accidents*. 9. pp. 1 – 9.
- Singleton W. T. 1982. Accidents and the Progress of Technology. *Journal of Occupational Accidents*. 4. pp. 91 – 102.
- Singleton W. T. 1984. Future Trends in Accident Research in European Countries. *Journal of Occupational Accidents*. 6. pp. 3 – 12.
- Siu O. Philips D. R., Leung T. 2003. Age Differences in Safety Attitudes and Safety Performance in Hong Kong Construction Workers. *Journal of Safety Research*. 34. pp. 199-205.
- Sjöberg L., Sjöberg B. M. 1991. Knowledge and Risk Perception among Nuclear Power Plant Employees. *Risk Analysis*. 11. pp. 607-618. Cited in: Pidgeon N. 1998. Risk Assessment, Risk Values and the Social Science Programme: Why We Do Need Perception Research. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 5-15
- Sjöberg L. 1995. Explaining Risk Perception: An Empirical and Quantitative Evaluation of Cultural Theory. Report No. 22. Center for Risk Research. Stockholm School of Economics. Sweden. Cited in: Pidgeon N. 1998. Risk Assessment, Risk Values and the Social Science Programme: Why We Do Need Perception Research. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 5-15
- Sjöberg L. 2000. Factors in Risk Perception. *Risk Analysis*. Vol. 20, No. 1
- Skiba R. 1973. *Die Gefahrenträgertheorie*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung. Forschungsbereich Nr. 106. Dortmund. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Slovic P. 1968. Relative Importance of Probabilities and Payoffs in Risk Taking. *Journal of Experimental Psychology*. 78. pp. 18-27. Cited in: Kuhn K. M., Budescu D. V. 1996. The Relative Importance of Probabilities, Outcomes and Vagueness in Hazard Risk Decisions. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 68. No. 3. December. pp. 310-317.
- Slovic P., Lichtenstein S. 1968. The Relative Importance of Probabilities and Payoffs in Risk Taking. *Journal of Experimental Psychology*, 78, pp. 1-18. Cited in: Cohen M., Jaffray J. Y., Said T. 1987. Experimental Comparison of Individual Behavior under Risk and under Uncertainty for Gains and for Losses. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 39, pp. 1-22.
- Slovic P., Fishhoff B., Lichtenstein S. 1978. Accident Probabilities and Seat Belt Usage: A psychological Perspective. *Accident Analysis and Prevention*. 10. pp. 281-285. Cited in: Stone E. R., Sieck W. R., Bull B. E., Yates J. F., Parks S. C., Rush C. J. 2003. Foreground:Background Salience: Explaining the Effects of Graphical Displays on Risk Avoidance. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 90. pp. 19-36.
- Slovic P., Fischhoff B., Lichtenstein S. 1979. Rating the Risks: The Structure of Expert and Lay Perceptions. *Environment*. 31(3). pp. 14-20. Cited in: Okrent D. 1998. Risk Perception and Risk Management: On Knowledge, Resource Allocation and Equity. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 17-25.
- Slovic P., Fishhoff B., Lichtenstein S. 1980. Facts and Fears: Understanding Perceived Risk. In *Societal Risk Assessment* ed. Schwing R., Albers W. A. Plenum. New York. 1980. pp. 181-124. Cited in: Pidgeon N. 1998. Risk Assessment, Risk Values and the Social Science Programme: Why We Do Need Perception Research. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 5-15

- Slovic P., Fischhoff B. 1982. Targeting Risk: Comment on "Wilde's Theory of Risk Homeostasis". *Risk Analysis*, 2: pp. 227 – 234. Cited in: Trimpop R. M. 1996. Risk Homeostasis Theory: Problems of the Past and Promises for the Future. *Safety Science* Vol. 22. No. 1-3, pp. 119 – 130.
- Slovic P. 1987. Perception of Risk. *Science*, vol. 236, April, pp 280-285. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Slovic P., Kraus N., Covello V. T. 1990. What Should We Know about Making Risk Comparisons? *Risk Analysis*. 10. pp. 389-392. Cited in: Okrent D. 1998. Risk Perception and Risk Management: On Knowledge, Resource Allocation and Equity. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 17-25.
- Slovic P. 1998. The Risk Game. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 73-77.
- Slovic P., Finucane M. L., Peters E., MacGregor D. 2004. Risk as Analysis and Risk as Feelings: Some Thoughts about Affect, Reason, Risk and Rationality. *Risk Analysis*. Vol. 24. No. 2. pp. 311-322.
- 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](http://www.hse.gov.uk)
- Smoczyk C. M., Dedmon R. E. 1985. Health Management Program: Kimberly – Clark Corporation. *American Behavioral Scientist* (special issue). 28(4). pp. 550- 576. Cited in: Holcom M. L., Lehman W. E. K, Simpson D. D. 1993. Employee Accidents: Influences of Personal Characteristics, Job Characteristics, and Substance Use in Jobs Differing in Accident Potential.
- 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.
- Sorensen J. N. 2002. Safety Culture: A Survey of the State-of-the-Art. *Reliability Engineering and System Safety*. 76. pp. 189-204.
- Sorensen J. N. 2002. Safety Culture: A Survey of the State-of-the-Art. *Reliability Engineering and System Safety*. 76. pp. 189-204.
- Spangenberg A., Baarts C., Dyreborg J., Jensen L., Kines P., Mikkelsen K. L. 2003. Factors Contributing to the Differences in Work Related Injury Rates Between Danish and Swedish Construction Workers. *Safety Science*. 41. pp. 517-530. Cited in: Lund J., Aar\_ L. E. 2004. Accident Prevention. Presentation of a Model Placing Emphasis on Human, Structural and Cultural Factors. *Safety Science*. 42. pp. 271-324.
- Spurgin A. 1990. Another View of the State of Human Reliability Analysis. *Reliability Engineering and System Safety*. 29. pp. 365-370.
- Spurr R. T. 1969. Subjective Aspects of Braking. *Automobile Engineering*. 59. pp. 58-61. Cited in: Fuller R. 2005. Towards a General Theory of Driver Behaviour. *Accident Analysis and Prevention*. 37. pp. 461-472.
- St John Holt. A. 1999. Principles of Health and Safety at Work. IOSH services, fifth edition (revised). ISBN 0 9013 5724 3. Cited in: Gadd S., Keeley D., Balmforth H. 2003. Good Practice and Pitfalls in Risk Assessment. HSE Research Report 151. Available at [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Stallen P. J., Tomas A. 1988. Public Concern about Industrial Hazards. *Risk Analysis*. Vol. 8, no. 2. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Stanton N., Baber C. 1996. A Systems Approach to Human Error Identification. *Safety Science*, Vol. 22. No. 1-3, pp. 215-228
- Starr C. 1969. Social Benefits versus Technological Risk. *Science*, 165, 1252 – 1238. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Stassen H. G., Johannsen G., Moray N. 1990. Internal Representation, Internal Model, Human Performance Model and Mental Workload. *Automatica* 26 (4), pp. 811-820. Cited in: 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.
- Staw B. M., Sandelands L., Dutton J. E. 1981. Threat-rigidity Cysles in Organizational Behavior. *Academy of Management Review*, 17, pp. 9-38. Cited in: Highhouse S., Payam Yuce. 1996. Perspectives, Perceptions

- and Risk-Taking Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 65, No. 2, February, pp. 159-167
- Steffy B. D., Jones J. W., Murphy L. R., Kunz L. 1986. A Demonstration of the Impact of Stress Abatement Programs on Reducing Employees' Accidents and their Costs. *American Journal of Health Promotion*. 1(2). pp. 25-32. Cited in: Holcom M. L., Lehman W. E. K, Simpson D. D. 1993. Employee Accidents: Influences of Personal Characteristics, Job Characteristics, and Substance Use in Jobs Differing in Accident Potential.
- Stewart I. 1989. *Does God play dice?* Basil Blackwell.
- Stirling A. 1999. On Science and Precaution in the Management of Technological Risk. A Report Prepared for the European Commission Forward Studies Unit (Brighton, UK: University of Sussex, Science Policy Research Unit. May 1999). url: <http://www.sussex.ac.uk/Units/gec/geckorefs.htm>. Cited in: Andrews C. J., Hassenzahl D. M., Johnson B. B. 2004. Accommodating Uncertainty in Comparative Risk. *Risk Analysis*. Vol. 24. No. 5.
- Stirling A. 2003. Risk, Uncertainty and Precautio: Some Instrumental Implications from the Social Sciences. In F. Berkhout, M. Laech, & I. Scoones (Eds), *Negotiating Change*. Aldershot: Edward Elgar. Cited in: Andrews C. J., Hassenzahl D. M., Johnson B. B. 2004. Accommodating Uncertainty in Comparative Risk. *Risk Analysis*. Vol. 24. No. 5.
- Stone E. R., Yates J. F., Parker A. M. 1994. Risk Communication: Absolute versus Relative Expressions of Low-Probability Risks. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 60. pp. 387-408.
- Stone E. R., Yates J. F., Parker A. M. 1997. Effects of Numerical and graphical Displays on Professed Risk-Taking Behavior. *Journal of Experimental Psychology: Applied*. 3. pp. 243-256. Cited in: Stone E. R., Sieck W. R., Bull B. E., Yates J. F., Parks S. C., Rush C. J. 2003. Foreground:Background Salience: Explaining the Effects of Graphical Displays on Risk Avoidance. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 90. pp. 19-36.
- Stone E. R., Sieck W. R., Bull B. E., Yates J. F., Parks S. C., Rush C. J. 2003. Foreground:Background Salience: Explaining the Effects of Graphical Displays on Risk Avoidance. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 90. pp. 19-36.
- 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. Cited 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](http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2000/P422.pdf)
- Sträter O. 2000. Evaluation of Human Reliability on the Basis of Operational Experience. GRS-170. Köln. Germany: GRS. Cited in: 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
- Sträter O., Dang V., Kaufer B., Daniels A. 2004. On the Way to Assess Errors of Commission. *Reliability Engineering and System Safety*. 83. pp. 129-138.
- Suchman E. 1961. A Conceptual Analysis of the Accident Phenomenon. In: *Behavioral Approaches to Accident Research*. New York: Association for the Aid of Crippled Children. Cited in: Vilardo F. J. 1988. The Role of the Epidemiological Model in Injury Control. *Journal of Safety Research*. Vol. 19. pp. 1-4
- Sulzer-Azaroff B. 1987. The Modification of Occupational Safety Behavior. *Journal of Occupational Accidents*. 9. 1987. pp. 177-197.
- Sun H., Andrews J. D. 2004. Identification of Independent Modules in Fault Trees which Contain Dependent Basic Events. *Reliability Engineering and System Safety*. 86. pp. 285-296.
- Sundström-Frisk C. 1984. Behavioural Control Through Piece-Rate Wages. *Journal of Occupational Accidents*. 6. pp. 49-59.
- Surry J. 1969. *Industrial Accident Research. A Human Engineering Approach*. University of Toronto. Canada. Cited 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. 1981. Are We All Less Risky and More Skilful Than Our Fellow Drivers? *Acta Psychologica*. 47. pp. 143-148. Cited in: McKenna F. P. 1987. Behavioural Compensation and Safety. *Journal of Occupational Accidents*. 9. pp. 107-121.
- 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. Cited in: Hollnagel E. 2005. Accident Models and Accident Analysis. Available at: [www.hmi.kth.se/Courses/HMI605.html](http://www.hmi.kth.se/Courses/HMI605.html)
- Svenson O. 1996. On Expert Judgements an Safety Analyses in the Process Industry. *Reliability Engineering and System Safety*. 1996. 25. pp. 219-256. Cited in: Renn O. 1998. The Role of Risk Perception for Risk Management. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 49-62.
- Swain A. 1972. Design Techniques for Improving Human Performance in Production. London: Ind & Commercial Techniques Ltd. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Swain A. D. 1976. Sandia Human Factors Program for Weapon Development. SAND 76-0326 Sandia Laboratories. Cited in: Rasmussen J. 1982. Human Errors. A Taxonomy for Describing Human Malfunction in Industrial Installations. *Journal of Occupational Accidents*. 4. pp. 311-333.
- Swain A. D. 1980. Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on NPP Applications. Draft Report NUREG/CR-1278. Cited in: Rasmussen J. 1982. Human Errors. A Taxonomy for Describing Human Malfunction in Industrial Installations. *Journal of Occupational Accidents*. 4. pp. 311-333.
- 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. Cited in: 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.
- Swain A. D. 1987. Accident Sequence Evaluation Program Human Reliability Analysis Procedure. NUREH/CR-4772. 104 p. + app. 1 p. Cited 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](http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2000/P422.pdf)
- Swain A. D. 1990. Human Reliability Analysis: Need, Status, Trends and Limitations. *Reliability Engineering and System Safety*. 29. pp. 301-313.
- Tanaka I., Kimura T., Utsunomiya S., Uno K., Endo T., Tani M., Fujita Y., Kurimoto A., Mikami A., Kishimoto N., Narikuni K., Kawamura M., Kubo S., Maeyama K., Ishigaki N., Tsukumoto T., Nishimura Y., Morita A., Shono M., Morita M. 1989. Studies of Operator Human Reliability Using Training Simulator (1)-(5). In Proceedings of 1989 Fall Meeting on the Atomic Energy Society of Japan. Tokai, Japan. Atomic Energy Society of Japan. A18-A22. Vol. 1. pp. 18-22. Cited in: Fujita Y. 1992. Human Reliability Analysis: A Human Point of View. *Reliability Engineering and System Safety*. 38. pp. 71-79.
- Targoutzidis A., Antonopoulou L. 2004. From Risk Assessment to Occupational Health and Safety Investment Cash Flow and Profit and Loss Accounts Projections. Proceedings of Loss Prevention (LP 2004) Conference, Prague May 2004.
- Targoutzidis A., Antonopoulou L. 2006. Interference Phenomena in Temporal Evolution of Accident Probability in Workplaces. *Risk Analysis*. Vol. 26. No. 3. pp. 671-682
- Tarrants. W. E. 1970. A Definition of the Safety Measurement Problem. *Journal of Safety Research*. 2. pp. 106-108. Cited in: Chhokar J. S., Wallin J. A. 1984. Improving Safety Through Applied Behavior Analysis. *Journal of Safety Research*. Vol. 15. pp. 141-151.
- Taylor-Gooby P., Zinn J. O. 2006. Current Directions in Risk Research: New Developments in Psychology and Sociology. *Risk Analysis*. Vol. 26. No. 2
- Technica 1989. Evaluation of the Human Contribution to Pipework and In-Line Equipment Failure Frequencies. Report Prepared for the UK Health and Safety Executive. Technica Report No. C1359. Technica Ltd. Lynton House. 7/12. Tavistock Square. London. WC1H 9LT. Cited in: Bellamy J., Geyer T. A. W. (ed J. C. Williams). 1992. Organisational, Management and Human Factors in Quantified Risk Assessment. HSE Contract Research Report. No. 33/1992. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Teigen K. H., Brun W., Slovic P. 1988. Societal Risks as seen by a Norwegian Public. *Journal of Behavioural*



- Decision Making. Vol. 1, pp. 111 – 130. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Teiger C., Villatte R. 1987. Conditions de Travail et Vieillesse Differentiel. Travail et Emploi. 16. pp. 37 – 46. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. Safety Science. 21. pp. 145 – 161.
- Terborg J. R., Miller, H. E. 1978. Motivation, behavior, and performance: A closer examination of goal setting and monetary incentives. Journal of Applied Psychology. 63. pp. 29-39. Cited in: Campbell D. J. 1988. Task Complexity: A Review and Analysis. Academy of Management Review. Vol. 13. No 1. pp. 40-52.
- Ternov S., Akselsson R. 2004. A Method, DEB Analysis, for Proactive Risk Analysis Applied to Air Traffic Control. Safety Science 42. pp. 657 – 673.
- Thompson C. P., Mingay D. 1991. Estimating the Frequency of Everyday Events. Applied Cognitive Psychology. 5, pp. 497 – 510. Cited in: Sjöberg L. 2000. Factors in Risk Perception. Risk Analysis. Vol. 20, No. 1
- Tilley K. W. 1967. Fault Diagnosis for Maintenance Personnel. Ergonomics 10, 206. Cited in: Lees P F. 1996. Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 1, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Tillman W. A., Hobbs G. E. 1949. The Accident – prone Automobile Driver. American Journal of Psychiatry. 106(5). p. 321. Cited in: Lees P F. 1996. Loss prevention in the process industries, 2nd Edition, Reed Educational and Professional Publishing.
- Tinmannsvik R. K., Hovden J. 2003. Safety Diagnosis Criteria – Development and Testing. Safety Science. 41. pp. 575 – 590.
- Todinov M. T. 2006. Reliability Analysis Based on the Losses from Failures. Risk Analysis. Vol. 26. No. 2. 00. 311-335
- 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. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Torell U., Bremberg S. 1995. Unintentional Injuries: Attribution, Perceived Preventability and Social Norms. Journal of Safety Research. Vol. 26. No. 2. pp. 63-73.
- Trimpop R. M. 1996. Risk Homeostasis Theory: Problems of the Past and Promises for the Future. Safety Science Vol. 22. No. 1-3, pp. 119 – 130.
- Turner B. A. 1978. Manmade Disasters. Wykeham. Cited in: Franks A., Hughes G., Hanif S. 2000. A Comparison of Accident Experience with Quantitative Risk Assessment (QRA) Methodology. HSE Contract Research Report 293/2000. Available at [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Turner B. A., Wynne B. 1992. Risk Communication. In Durrant (ed) Biotechnology in Public: a Review of Recent Research. London, Science Museum. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Tversky A., Kahneman D. 1973. Availability: A Heuristic for Judging Frequency and Probability. Cognitive Psychology. 5. pp. 207-232. Cited in: Slovic P., Finucane M. L., Peters E., MacGregor D. 2004. Risk as Analysis and Risk as Feelings: Some Thoughts about Affect, Reason, Risk and Rationality. Risk Analysis. Vol. 24. No. 2. pp. 311-322.
- Tversky A., Kahneman D. 1974. Judgement under Uncertainty: Heuristics and Biases. Science, vol. 185, pp. 1127 – 1131. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Tversky A., Kahneman D. 1981. The framing of decisions and the Psychology of Choice. Science, vol. 211, pp. 453 – 458. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Tversky A., Kahneman D. 1992. Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty. Journal of Risk and Uncertainty, 5, pp. 297-323. Cited in Kuhberger A., Schulte-Mecklenbeck M., Perner J. 1999. The effects of Framing, Reflection, Probability and Payoff on risk Preference in Choice Tasks.

- Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 78, No 3, June, pp. 204-231.
- 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. Cited in: 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.
- Tyron R. C. 1973. Basic Unpredictability of Individual Responses to Discrete Situations. Multivariate Behavioral Research, 8, pp. 275 – 295. Cited in: Zickar M. J., Highhouse S. 1998. Looking Closer at the Effects of Framing on Risky Choice: An Item Response Theory Analysis. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 75, No 1., July, pp. 75-91. Available at: [http://www.cep.ca/health\\_safety/files/accicaus\\_e.html](http://www.cep.ca/health_safety/files/accicaus_e.html)
- 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. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- USNRC. 1985. Loss of Main and Auxiliary Feedwater Event at the Davis Besse Plant. NUREG-1154. US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC. Cited in: Ryan T. G. 1990. Human Reliability Analysis – Why Not Turn to the Human Factors Community? Reliability Engineering and System Safety. 29. pp. 345-358.
- USNRC. 1986a. Loss of Power and Water Hammer Event at San Onofre Unit-1. NUREG-1190. US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC. Cited in: Ryan T. G. 1990. Human Reliability Analysis – Why Not Turn to the Human Factors Community? Reliability Engineering and System Safety. 29. pp. 345-358.
- USNRC. 1986b. Loss of Integrated Control System Power and Over-Cooling Transit at Ranch Seco. NUREG-1195. US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC. Cited in: Ryan T. G. 1990. Human Reliability Analysis – Why Not Turn to the Human Factors Community? Reliability Engineering and System Safety. 29. pp. 345-358.
- Van der Pligt J. 1998. Perceived Risk and Vulnerability as Predictors of Precautionary Behaviour. British Journal of Health Psychology. 3, pp. 1 – 14. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Van der Schaaf T. W. 1995. Human Recovery of Errors in Man-Machine Systems. Sixth IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Man-Machine Systems. MIT: Cambridge MA. June 27-29. Cited in: Kontogiannis T. 1997. A Framework for the Analysis of Cognitive Reliability in Complex Systems: A Recovery Centred Approach. Reliability Engineering and System Safety. 58. pp. 233-248.
- Van Knippenberg D., Van Knippenberg B., Van Dijk E. 2000. Who Takes the Lead in Risky Decision Making? Effects of Group Members' Risk Preferences and Prototypicality. Organizational Behavior and Human Decision Processes. Vol. 83, No. 2, November, pp. 213 – 234.
- Van Schie E. C. M., Van der Pligt J. 1995. Influencing Risk Preference in Decision Making: The Effects of Framing and Salience. Organizational Behavior and Human Decision Processes, Vol. 63, No. 3, September, pp. 264-275.
- Vaughan E. 1995. The Significance of Socio-Economic and Ethnic Diversity for the Risk Communication Process. Risk Analysis. 1995. 15. pp. 169-180. Cited in: Pidgeon N. 1998. Risk Assessment, Risk Values and the Social Science Programme: Why We Do Need Perception Research. Reliability Engineering and System Safety. 59. pp. 5-15.
- Verhaegen P., Strubbe J., Vonck R., van den Abeele J. 1985. Absentism, Accidents and Risk-Taking. Journal of Occupational Accidents. 7. pp. 177-186.
- Verhaegen P., Van Halst B., Derijcke H., Van Hoecke M. 1974. The Value of Some Psychological Theories on Industrial Accident. In: Symposium on Working Place Safety. Bad Grund. Federal Republic of Germany. Cited in: Smilley R. J., Ayoub M. A. 1976. Accident Causation Theories: A Simulation Approach. Journal of Occupational Accidents. 1. 1976. pp. 47 – 68.

- Vernez D., Buchs D., Pierrehumbert G. 2003. Perspectives in the Use of Coloured Petri Nets for Risk Analysis and Accident Modeling. *Safety Science*. 41. pp. 445 – 463.
- 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.
- Vibert P. 1957. La Représentation des Causes d' Accidents du Travail. *Bull du CERP*. VI (4): pp. 423 – 428. Cited in: Leplat J. 1984. Occupational Accident Research and Systems Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 6. pp. 77 – 89.
- Vilardo F. J. 1988. The Role of the Epidemiological Model in Injury Control. *Journal of Safety Research*. Vol. 19. pp. 1-4
- Viscusi K. W. 1983. *Risk by Choice*. Harvard University Press. Cambridge. MA. Cited in: Brody B., Létourneau Y., Poirier A. 1990. An Indirect Cost Theory of Work Accident Prevention. *Journal of Occupational Accidents*. 13. pp. 255 – 270.
- Viscusi K. W. 1997. The Value of Life: Editor's Introduction. *Journal of Risk and Uncertainty*. 15: 103-105. Kluwer Academic Publishers. Available at: <http://www.law.harvard.edu/faculty/viscusi/pubs.php>
- Viscusi K. W., Hakes J. K., Carlin A. 1997. Measures of Mortality Risks. *Journal of Risk and Uncertainty*. 14:213 – 233. Available at: <http://www.law.harvard.edu/faculty/viscusi/pubs.php>
- Viscusi K. W., Chesson H. 1999. Hopes and Fears : The Conflicting Effects of Risk Ambiguity. *Theory and Decision*. 47: 153 – 178. Kluwer Academic Publishers. Available at: <http://www.law.harvard.edu/faculty/viscusi/pubs.php>
- Viscusi K. W. 2000. The Value of Life in Legal Contexts: Survey and Critique. *American Law and Economics Association*. Available at: <http://www.law.harvard.edu/faculty/viscusi/pubs.php>
- Viscusi K. W., Hersch J. 2001. Cigarette Smokers as Job Risk Takers. *The Review of Economics and Statistics*. May 2001. 83(2): 269 – 280. Available at: <http://www.law.harvard.edu/faculty/viscusi/pubs.php>
- Vlek C. A. 1996. A Multi-Level, Multi-Stage and Multi-Attribute Perspective on Risk Assessment, Decision Making and Risk Control. *Risk, Decision and Policy*. 1996. 1(1), pp. 9-31. Cited in: Renn O. 1998. The Role of Risk Perception for Risk Management. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 49-62.
- Vlek C. J. H, Stallen P. J. M. 1981. Judging Risks and Benefits in the Small and in the Large. *Organizational Behavior and Human Performance*. 1981. 28. pp. 235-271. Cited in: Pidgeon N. 1998. Risk Assessment, Risk Values and the Social Science Programme: Why We Do Need Perception Research. *Reliability Engineering and System Safety*. 59. pp. 5-15
- Wagenaar W. A., Keren G. B., Lichtenstein S. 1988. Islanders and Hostages: Deep and Surface Structures of Decision Problems. *Acta Psychologica*, 67, pp. 175 – 189. Cited in : Zickar M. J., Highhouse S. 1998. Looking Closer at the Effects of Framing on Risky Choice: An Item Response Theory Analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 75, No 1., July, pp. 75-91.
- Waldram I. 1988. What Really Causes Accidents? *The Safety Practitioner*. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Walker G. Simmons P., Wynne B., Irwin A. 1998. Public Perception of Risks Associated with Major Accident Hazards. HSE Contract Research Report No. 194/1998. HSE Books, Sudbury. Available at: [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Wallston B. S., Wallston K. A. 1984. Social Psychological Models of Health Behavior: An Examination and Integration. In Baum A., Taylor S. E., Singer J. E. *Handbook of Psychology and Health*. Vol. 4. pp. 23-54. Hillsdale, NJ: Erlbaum. Cited in: DeJoy D. M. 1996. Theoretical Models of Health Behaviour and Workplace Self-protective Behaviour. *Journal of Safety Research*, 27 (2), pp. 61-72.
- Walster E. 1966. Assignment of Responsibility for an Accident. *Journal of Personality and Social Psychology*. 3. pp. 73-79. Cited in: Gyekye S. A., Salminen S. 2006. The Self-Defensive Attribution Hypothesis in the Work Environment: Co-Workers' Perspectives. *Safety Science* 44. pp. 157-168.
- Wang X. T. 1996a. Framing Effects. Dynamics and Task Domains. *Organizational Behavior and Human Decision Process*, 68, pp 145 – 157.
- Wang X. T. 1996b. Domain-specific Rationality in Human Choices: Violations of Utility Axioms and Social Context. *Cognition*, 60, pp. 31-63. Cited in Kuhberger A., Schulte-Mecklenbeck M., Perner J. 1999. The effects of Framing, Reflection, Probability and Payoff on Risk Preference in Choice Tasks. *Organizational*



- Behavior and Human Decision Processes. Vol. 78, No 3, June, pp. 204-231.
- Warr P. 1993. In what Circumstances does Job Performance Vary with Age? *European Work and Organizational Psychologist*. 3 (3). pp. 237 – 249. Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Warr P. 1994. Age and Employment. In: H. C. Triandis, M. D. Dunette, L. M. Hough (Eds.), *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*, (2nd ed.). Vol. 4. pp. 485 – 550 (Consulting Psychologists Press, Palo Alto). Cited in: Laflamme L., Menckel E. 1995. Aging and Occupational Accidents. A Review of the Literature of the Last Three Decades. *Safety Science*. 21. pp. 145 – 161.
- Watson D., Tellegen A. 1985. Toward a Consensual Structure of Mood. *Psychological Bulletin*. 98. pp. 219-235. Cited in: Mano H. 1994. Risk-Taking, framing Effects and Affect. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 57. pp. 38-58.
- Watson S. R. 1994. The Meaning of Probability in Probabilistic Safety Analysis. *Reliability Engineering and System Safety*. 45. pp. 261-269
- 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. Cited in: Haines III V. Y., Merrheim G., Roy M. 2001. Understanding Reactions to Safety Incentives. *Journal of Safety Research*. 32. pp. 17-30.
- Weaver D.A. 1973. TOR Analysis: A Diagnostic Training Tool. *ASSE Journal*. June. Pp. 24-29. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Weber B. J., Chapman G. B.. 2005. The Combined Effects of Risk and Time on Choice: Does Uncertainty Eliminate the Immediacy Effect? Does Delay Eliminate the Certainty Effect? *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 96. pp. 104-118.
- Weber E. U., Hsee C. K., Sokolowska J. 1998. What Folklore Tells Us about Risk and Risk Taking: Cross-Cultural Comparisons of American, German and Chinese Proverbs. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 75. No. 2. August. pp. 170-186.
- Weick K. E., Roberts K. H. 1993. Collective Mind in Organizations: Heedful Interrelating in Flight Decks. *Administrative Science Quarterly*. 38. pp. 357-381. Cited in: Prussia G. E., Brown K. A., Willis P. G. 2003. Mental Models of Safety: Do Managers and Employees See Eye to Eye? *Journal of Safety Research*. 34. pp. 143-156.
- Weinstein N. D. 1980. Unrealistic Optimism about Future Life Events. *Journal of Personality and Social Psychology*. Vol. 39, pp. 906 – 820. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- Weinstein N. D. 1982. Unrealistic Optmism about Susceptibility to Health Problems. *Journal Of Behavioral Madicine*. 5. pp. 441-460. Cited in: Klar Y., Medding A., Sarel D. 1996. Nonunique Invulnerability: Singular versus Distributional Probabilities and Unrealistic Optimism in Comparative Risk Judgements. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 67. No. 2. August. Pp. 229-245.
- Weinstein N. D. 1984. Why it won't Happen to Me: Perceptions of Risk Factors and Susceptibility. *Health Psychology*. 3. pp. 431-457. Cited in: Klar Y., Medding A., Sarel D. 1996. Nonunique Invulnerability: Singular versus Distributional Probabilities and Unrealistic Optimism in Comparative Risk Judgements. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 67. No. 2. August. Pp. 229-245.
- Weinstein N. D. 1989. Optimistic Biases about Personal Risks. *Science*. 264. pp. 1232-1233. Cited in: Klar Y., Medding A., Sarel D. 1996. Nonunique Invulnerability: Singular versus Distributional Probabilities and Unrealistic Optimism in Comparative Risk Judgements. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 67. No. 2. August. Pp. 229-245.
- Weinstein N. D. 1993. Testing Four Competing Theories of Health-Protective Behavior. *Health Psychology*. 12(4). Pp. 324-333. Cited in: DeJoy D. M. 1996. Theoretical Models of Health Behaviour and Workplace Self-protective Behaviour. *Journal of Safety Research*, 27 (2), pp. 61-72.
- Weinstein N. D., Nicholich M. 1993. Correct and Incorrect Interpretations of Correlations between Risk Perceptions and Risk Behaviours. *Health Psychology*. 12. pp. 235 – 245. Cited in: 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](http://www.hse.gov.uk)
- Weyman A. K., Wheale V. P., Goddard H. 1996. Assessing the Attitudes and Behaviour of Non-agricultural Pesticide Users with Specific Reference to Personal Protective Equipment. HSE Report No IR/L/EWP/95/9, Jan.
- Weyman A. K., Anderson M. 1998. Assessment of the Application of Risk Assessment in the UK Mining Industry. HSE Report No: IR/L/EWP/98/14, Sept 1998. Cited 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](http://www.hse.gov.uk)
- 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](http://www.hse.gov.uk)
- Whitlock G. H., Clouse R. J., Spencer W. F. 1963. Predicting Accident Proneness. *Personnel Psychology*. 16. pp. 35 – 44. Cited in: Kjellén U., Larsson T. J. 1981. Investigating Accidents and Reducing Risks – A Dynamic Approach. *Journal of Occupational Accidents*. 3. pp. 129 – 140.
- Wickens C. D., Hollands J. G. 2000. *Engineering Psychology and Human Performance*. 3rd Ed. Prentice Hall. New Jersey. Cited in: Fuller R. 2005. Towards a General Theory of Driver Behaviour. *Accident Analysis and Prevention*. 37. pp. 461-472.
- Wiener E. L., Nagel D. C. (Eds.) 1988. *Human Factors in Aviation*. Academic Press, San Diego. CA. Cited in: 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.
- Wilde G. J. S. 1982. The Theory of Risk Homeostasis: Implications for Safety and Health. *Risk Analysis*, 2: 209-225. Cited in: Hoyes T. W. Stanton N. A., Taylor R. G. 1996. Risk Homeostasis Theory: A Study of Intrinsic Compensation. *Safety Science*, Vol. 22, No 1-3, pp. 77-86.
- Wilde G. J. S. 1985. The Use of Incentives for the Promotion of Accident Free Driving. *Journal of Studies on Alcohol*. 10: pp. 161 – 171. Cited in: Trimpop R. M. 1996. Risk Homeostasis Theory: Problems of the Past and Promises for the Future. *Safety Science* Vol. 22. No. 1-3, pp. 119 – 130.
- Wilde G. J. S. 1986. Beyond the Concept of Risk Homeostasis: Suggestions for Research and Application towards the Prevention of Accidents and Lifestyle – Related Disease. *Accident Analysis and Prevention*. 18: pp. 377 – 401. Cited in: Trimpop R. M. 1996. Risk Homeostasis Theory: Problems of the Past and Promises for the Future. *Safety Science* Vol. 22. No. 1-3, pp. 119 – 130.
- Wilde G. J. S. 1988. Risk Homeostasis Theory and Traffic Accidents: Propositions, Deductions and Discussion of Dissension in Recent Reactions. *Ergonomics*, 31: 441 – 468. Cited in: Hoyes T. W. Stanton N. A., Taylor R. G. 1996. Risk Homeostasis Theory: A Study of Intrinsic Compensation. *Safety Science*, Vol. 22, No 1-3, pp. 77-86.
- Wilde G. J. S. 1989. Accident Countermeasures and Behavioural Compensation: The Position of Risk Homeostasis Theory. *Journal of Occupational Accidents*. 10: pp. 267 – 292.
- Wilde G. J. S. 1991. Economics and Accidents: A Commentary. *Journal of Applied Behaviour Analysis*. 24: pp. 81-84. Cited in: Trimpop R. M. 1996. Risk Homeostasis Theory: Problems of the Past and Promises for the Future. *Safety Science* Vol. 22. No. 1-3, pp. 119 – 130.
- Wilde G. J. S. 1994. Risk Homeostasis Theory and its Promise for Improved Safety (eds. R. Trimpop and G. J. S. Wilde), *Challenges to Accident Prevention: The Issue of Risk Compensation Behaviour*. Styx. Groningen, Netherlands, pp. 9 – 24. Cited in: Trimpop R. M. 1996. Risk Homeostasis Theory: Problems of the Past and Promises for the Future. *Safety Science* Vol. 22. No. 1-3, pp. 119 – 130.
- Williams J. C. 1986. HEART-A Proposed Method for Assessing and Reducing Human Error. 9th *Advances in Reliability Technology Symposium*. Cited 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.
- Williamson A., Feyer A-M. 1990. Behavioural Epidemiology as a Tool for Accident Research. *Journal of Occupational Accidents*. 12. pp. 207-222.
- Williamson J., Weyman A. 2005. Review of the Public Perception of Risk and Stakeholder Engagement. Health and Safety Laboratory. HSL/2005/16. Available at [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)
- Winkler R. L. 1996. Uncertainty in Probabilistic Risk Assessment. *Reliability Engineering and System Safety*. 54. 1996. pp. 127-132.

- Wiseman D. B., Levin I. P. 1996. Comparing Risky Decision Making Under Conditions of Real and Hypothetical Consequences. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 66, No. 3, June, pp. 241 – 250.
- Woods D. D., Roth E. M. 1988. Modeling Human Intention Formulation for Human Reliability Assessment. *Reliability Engineering and System Safety*. 22. pp. 169-200. Cited in: Hwang C.-T., Hwang S.-L. 1990. A Stochastic Model of Human Errors on System Reliability. *Reliability Engineering and System Safety*. 27. pp. 139-153.
- Woods D. D., Johannesen L. J., Cook R. I., Sarter N. B. 1994. Behind Human Error: Cognitive Systems, Computers and Hindsight. Columbus, OH: CSERIAC. Cited in: Fujita Y., Hollnagel E. 2004. Failures Without Errors: Quantification of Context in HRA. *Reliability Engineering and System Safety*. 83. pp. 145-151
- Woodson W. E. 1987. *Human Factors Design Handbook*. John Wiley and Sons. NY. Cited in: Dougherty E. M. 1997. Is Human Failure a Stochastic Process? *Reliability Engineering and System Safety*. 55. pp. 209-215.
- Wright W. F., Bower G. H. 1992. Mood Effects on Subjective Probability Assessments. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 52. pp. 276-291. Cited in: Nygren T. E., Isen A. M., Taylor P. J., Dulin J. 1996. The Influence of Positive Affect on the Decision Rule in Risk Situations: Focus on Outcome (and Especially Avoidance of Loss) Rather than Probability. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 66. No. 1. April. Pp. 59-72.
- Wynne B. 1992. Misunderstood Misunderstanding: Social Identities and Public Uptake of Science. *Public Understanding Science. Understanding of Science*. Vol. 1. pp 281 – 304. IOP Publishing Ltd and the Science Museum.
- Zeitz G. 1983. Structural and Individual Determinants of Organizational Morale and Satisfaction. *Social Forces*. 6. pp. 1088 – 1108. Cited in : Guastello D. D., Guastello S. J. 1987. The Relationship Between Work Size and Occupational Accidents. *Journal of Occupational Accidents*. 9. pp. 1 – 9.
- Zickar M. J., Highhouse S. 1998. Looking Closer at the Effects of Framing on Risky Choice: An Item Response Theory Analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. Vol. 75, No 1., July, pp. 75-91.



ΤΟ ΒΙΒΛΙΟ

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΕΡΓΑΤΙΚΟΥ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ:  
ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ, ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΛΑΘΟΣ, ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΚΑΙ ΤΥΠΩΘΗΚΕ

ΑΠΟ ΤΟΝ

ΕΚΔΟΤΙΚΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΛΙΒΑΝΗ ΑΒΕ

Σόλωνος 96-98 – 106 80 Αθήνα

Τηλ.: 210 3600398, Φαξ: 210 3617791

<http://www.livanis.gr>

ΓΙΑ ΤΟ

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΙΝΑΙ Η Α΄ ΕΚΔΟΣΗ ΚΑΙ ΤΥΠΩΘΗΚΕ ΣΕ 1.000 ΑΝΤΙΤΥΠΑ



