

Η «ΑΛΜΑΤΙΚΩΣ ΒΑΙΝΟΥΣΑ ΑΝΑΠΤΥΞΙΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ» ΚΑΙ ΤΟ «ΗΧΟΥΣΙΝ ΟΙ ΘΡΗΝΟΙ»: ΜΙΑ ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ, ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ «ΥΠΑΡΞΙΑΚΕΣ ΑΠΕΙΛΕΣ»

ΙΑΣΩΝ ΣΠΗΛΙΟΣ, ΕΛΛΗ-ΔΑΝΑΗ ΒΑΡΤΖΙΩΤΗ ΚΑΙ ΤΕΛΗΣ ΤΥΜΠΑΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ. Σε αρκετά από τα πιο αναγνωρισμένα πανεπιστήμια και ερευνητικά ιδρύματα του κόσμου έχουν πρόσφατα συσταθεί θεσμοί για τη μελέτη των αποκαλούμενων «υπαρξιακών κινδύνων» (existential risks), οι οποίοι συνιστούν απειλές για την ίδια τη συνέχεια της ζωής στον πλανήτη. «υπαρξιακές απειλές» (existential threats). Μεταξύ άλλων, σε αυτές περιλαμβάνονται η κλιματική αλλαγή και η περιβαλλοντική κρίση γενικότερα, η τεχνητή νοημοσύνη, οι πανδημίες και η παρέμβαση στο γενετικό υλικό. Η έννοια «υπαρξιακές απειλές» έχει προκύψει από προσεγγίσεις στο πλαίσιο της φιλοσοφίας, με κομβικές αυτές από το πεδίο της φιλοσοφίας της τεχνολογίας. Το άρθρο μας εισάγει σε τέτοιες προσεγγίσεις προτείνοντας όμως μια πρωτότυπη σύνδεσή τους με την ιστορία και την κοινωνιολογία της τεχνολογίας, με στόχο τον εμπλουτισμό της έρευνας που αφορά τόσο τα αίτια όσο και τα χαρακτηριστικά των πρωτοφανών αυτών απειλών.

ABSTRACT. Several of the world's most renowned universities and research institutions have recently established institutions to study the so-called "existential risks", which represent threats to the very continuity of life on the planet, "existential threats". Among others, these include climate change and the environmental crisis in general, artificial intelligence, pandemics and the manipulation of the genetic material. The concept "existential threats" has emerged from interventions in the context of philosophy, with key ones coming from the philosophy of technology. After introducing to such interventions, our article moves on to propose an original connection between existential threats and the history and sociology of technology, with the aim of enriching research on their causes and characteristics.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα πλήθος ανθρώπων και θεσμών, από τον κόσμο της επιστήμης μέχρι αυτόν της πολιτικής και των επιχειρήσεων, συμφωνούν ότι η ανθρωπότητα βρίσκεται πλέον αντιμέτωπη με απειλές που μπορεί να υπερβαίνουν τα όρια της διαχείρισης κινδύνου, ανησυχούν ότι η ανθρωπότητα

* Ο ΙΑΣΩΝ ΣΠΗΛΙΟΣ είναι Μεταδιδακτορικός Ερευνητής, η ΕΛΛΗ-ΔΑΝΑΗ ΒΑΡΤΖΙΩΤΗ είναι Υποψήφια Διδάκτωρ και ο ΤΕΛΗΣ ΤΥΜΠΑΣ είναι Καθηγητής στο Τμήμα Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Το κύριο βάρος για την φιλοσοφική, κοινωνιολογική και ιστορική εισαγωγή του άρθρου ανέλαβαν, αντίστοιχα, οι Ιάσων Σπήλιος, Έλλη-Δανάη Βαρτζιώτη και Τέλης Τύμπας. Η έρευνα που οδήγησε στο συγκεκριμένο άρθρο υποστηρίχθηκε από τη συμμετοχή τους στο διεθνές Πρόγραμμα ETHICS4CHALLENGES, το οποίο χρηματοδοτήθηκε από την ΕΕ.

αντιμετωπίζει «υπαρξιακούς κινδύνους» (existential risks) ή «υπαρξιακές απειλές» (existential threats) που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στο τέλος της ευφυούς ζωής στον πλανήτη (Bostrom, 2002). Η έννοια του υπαρξιακού κινδύνου-απειλής συνδέεται με την παγκόσμια διαδίκτυωση όλων των τεχνολογικών υλικοτήτων, στο πλαίσιο της οποίας έχει προκύψει και η συναφής έννοια της «πολυκρίσης» (polycrisis) (Metcalf, 2023). Όπως έχουν προτείνει, μεταξύ άλλων, οι Schuster and Woods (2021), τα περί υπαρξιακών κινδύνων-απειλών πρέπει να αντιμετωπίζεται κριτικά, ώστε να αποφεύγονται μονοδιάστατες ή τεχνοκρατικές αναγνώσεις και να αναδεικνύονται οι πολιτικές, πολιτισμικές και άλλες κοινωνικές τους διαστάσεις.

Οι υπαρξιακές απειλές διακρίνονται από τρία θεμελιώδη χαρακτηριστικά: πρώτον, απειλούν την επιβίωση της ανθρωπότητας, όχι απλώς την ευημερία της· δεύτερον, αφορούν ολόκληρη την ανθρωπότητα, όχι συγκεκριμένες ομάδες ή περιοχές· και τρίτον, απαιτούν άμεση και ριζική αλλαγή σε όλα τα επίπεδα της κοινωνίας (Avin et al., 2018; Torres, 2023). Σύμφωνα με την ταξινόμηση του *Cambridge Centre for the Study of Existential Risks*, η διεθνής έρευνα αναγνωρίζει τρεις κύριες κατηγορίες υπαρξιακών κινδύνων (βλ. και Torres, 2023): (1) Κίνδυνοι από την Τεχνητή Νοημοσύνη (TN), τόσο από τη Γενική Τεχνητή Νοημοσύνη (AGI—Artificial General Intelligence) όσο και από τη μη-ευθυγραμμισμένη TN (Unaligned AI), αλλά και κίνδυνοι από την ενσωμάτωση της TN σε κρίσιμες τεχνολογικές διατάξεις, δίκτυα και διαδίκτυα (Bengio et al., 2024; Müller, 2016), (2) Περιβαλλοντικοί Κίνδυνοι, όπως η κλιματική αλλαγή και η υπερθέρμανση του πλανήτη που προκαλεί ακραία καιρικά φαινόμενα και καταστροφές σε πλανητικό επίπεδο, καθώς και κίνδυνοι από τη διάχυση της πυρηνικής ενέργειας (Van De Poel et al., 2023; Downer, 2024) και (3) Βιολογικοί Κίνδυνοι, από τη βιολογία, τη βιοτεχνολογία και τη βιοϊατρική μηχανική, όπως αυτοί που προκύπτουν από την παρέμβαση στο γενετικό υλικό, από ανθρωπογενείς πανδημίες, από δίκτυα και υποδομές ανίχνευσης, διάγνωσης, επιτήρησης, εμβολιασμού και θεραπείας (Felt, 2017; Downer, 2024).

Η συναφής έννοια της πολυκρίσης μας βοηθά να κατανοήσουμε τις πολυπλοκότητες των υπαρξιακών απειλών, μεταξύ άλλων επειδή αναδεικνύει την ανάγκη κατανόησης τους πέρα από «μονοδιάστατες» παρεμβάσεις που αγνοούν τις αλληλεξαρτήσεις τους (Metcalf, 2023). Περιγράφει μια κατάσταση στην οποία πολλαπλές κρίσεις αλληλοσυνδέονται, με τις αιτίες και τις διαδικασίες τους να είναι άρρηκτα συνδεδεμένες, δημιουργώντας σωρευτικά αποτελέσματα, με την ταυτόχρονη εμφάνιση πολλαπλών αλληλοεπιδρώντων κρίσεων να μπορεί να ενισχύσει καταστροφικά σενάρια, να αυξήσει την πιθανότητα κατάρρευσης του πολιτισμού ή της κακής διαχείρισης τεχνολογιών υψηλού κινδύνου, δυσχεραίνοντας τον προσδιορισμό και υλοποίηση πολιτικών πρόληψης (Liu et al., 2018).

Διακρίνονται πέντε εννοιολογήσεις των υπαρξιακών κινδύνων, από αυτές που αναφέρονται σε εξαφάνιση του ανθρώπου ή του πολιτισμού μέχρι τη μη αναστρέψιμη μακροπρόθεσμη απώλεια του δυναμικού της ανθρωπότητας ή ακόμα και του συνόλου της ζωής στη Γη. Η επιλογή εννοιολόγησης συνδέεται και με το πλαίσιο χρήσης της, από την ακαδημαϊκή μελέτη των υπαρξιακών απειλών μέχρι την επικοινωνία τους με το ευρύ κοινό (Torres, 2023). Για την αξιολόγηση, την ταξινόμηση και την ιεράρχηση των υπαρξιακών κινδύνων έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις, με βάση παραμέτρους όπως η σοβαρότητα και πιθανότητα των κινδύνων, με βάση μια λογαριθμική μέτρηση απωλειών. Στην αξιολόγηση λαμβάνονται επίσης, συνήθως, παράμετροι όπως διάρκεια και αναστρεψιμότητα. Μια κατηγοριοποίηση των κινδύνων αξιοποιεί μια χρωματική κλίμακα, εμπνευσμένη από την κλίμακα Τορίνο, για την επικοινωνία και αξιολόγηση παγκόσμιων καταστροφικών και υπαρξιακών κινδύνων, η οποία βασίζεται σε διαστήματα πιθανοτήτων και σοβαρότητας. Η κλίμακα περιλαμβάνει έξι επίπεδα χρωμάτων, ιεραρχώντας κινδύνους από «πράσινους» έως «κόκκινους», με στόχο την τυποποιημένη εκτίμηση και ιεράρχηση δράσεων αντιμετώπισής τους (Turchin and Denkenberger, 2018).

Μια εναλλακτική ταξινόμηση προτείνει ένα τρισδιάστατο πλαίσιο για την εκτίμηση των παγκόσμιων καταστροφικών κινδύνων, στο οποίο οι υπαρξιακοί κίνδυνοι περιλαμβάνονται ως υποκατηγορία. Οι τρεις διαστάσεις του πλαισίου αναφέρονται στα κρίσιμα συστήματα που επηρεάζονται, τους μηχανισμούς παγκόσμιας εξάπλωσης και τις αποτυχίες πρόληψης και μετρίωσης. Τα κρίσιμα συστήματα περιλαμβάνουν φυσικά, κυτταρικά, οικολογικά και κοινωνικοτεχνολογικά επίπεδα, ενώ οι μηχανισμοί εξάπλωσης περιλαμβάνουν φυσικά γεγονότα, ανθρωπογενή δίκτυα και αυτό-αναπαραγόμενους κινδύνους, όπως βιολογικούς ή ψηφιακούς ιούς. Το πλαίσιο αναγνωρίζει επίσης τις αποτυχίες πρόληψης σε ατομικό (γνωστικές προκαταλήψεις), διαπροσωπικό (έλλειψη εμπιστοσύνης) και θεσμικό επίπεδο (ελλιπής επίβλεψη). Ο σκοπός αυτής της ταξινόμησης είναι να βοηθήσει στην ιεράρχηση των προσπαθειών μείωσης των κινδύνων, να αναδείξει τη διεπιστημονική φύση του ζητήματος και να εντοπίσει κενά γνώσης, ώστε η διαχείριση των καταστροφικών και υπαρξιακών κινδύνων να γίνει πιο συστηματική και εστιασμένη (Avin et al., 2018).

Σε ότι ακολουθεί αποδεχόμαστε την ταξινόμηση των υπαρξιακών κινδύνων-απειλών σε τρεις κύριες ομάδες: Υπαρξιακοί Κίνδυνοι από Τεχνητή Νοημοσύνη (AGI, μη ευθυγραμμισμένη AI, ενσωμάτωση σε κρίσιμες υποδομές), Περιβαλλοντικοί Κίνδυνοι (κλιματική αλλαγή, ακραία καιρικά φαινόμενα, ενεργειακά δίκτυα και υποδομές όπως πυρηνικά εργοστάσια και όπλα) και Βιολογικοί Κίνδυνοι (παρεμβάσεις στο γενετικό υλικό, ανθρωπογενείς πανδημίες). Αποδεχόμαστε επίσης ότι έχει σημασία η ανάλυση των αλληλεπιδράσεων τους, ώστε να δημιουργηθεί

ένα συνθετικό και ενιαίο εννοιολογικό και αξιολογικό πλαίσιο για τους υπαρξιακούς κινδύνους.

2. ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

Η ανάγκη μελέτης «υπαρξιακών κινδύνων» υποστηρίχθηκε αρχικά στο βιβλίο του 1996 του John Leslie, *The End of the World: The Science and Ethics of Human Extinction* (Leslie, 1996). Ωστόσο η μελέτη αυτή «παρέμεινε σε ένα προ-παραδειγματικό στάδιο» για αρκετά χρόνια, μέχρι τη δημοσίευση σχετικού άρθρου του Bostrom του 2002, με τίτλο «Existential Risks: Analyzing Human Extinction Scenarios and Related Hazards», το οποίο αντλούσε στοιχεία σε μεγάλο βαθμό από το έργο του Leslie (Torres, 2023). Από τα μέσα της δεκαετίας του 2000 πολλοί οργανισμοί αφιερωμένοι στη μελέτη των υπαρξιακών κινδύνων εμφανίστηκαν σε πανεπιστήμια όπως της Οξφόρδης και του Κέμπριτζ, ενώ προστέθηκαν πολλά βιβλία για το θέμα στη σχετική επιστημονική βιβλιογραφία. Κεντρικής σημασίας φαίνεται να είναι το βιβλίο *Here Be Dragons: Science, Technology, and the Future of Humanity* (2016) του Olle Häggström (Häggström, 2016), καθηγητή Μαθηματικής Στατιστικής στο Chalmers University of Technology, όπως και το βιβλίο του Phil Torres *Morality, Foresight, and Human Flourishing: An Introduction to Existential Risks* (Torres, 2017).

Η εννοιολόγηση του Bostrom θεωρήθηκε καθοριστική. Σύμφωνα με αυτήν, η ραγδαία τεχνολογική πρόοδος έχει οδηγήσει την ανθρωπότητα σε μια κρίσιμη καμπή, με τεράστιες ευκαιρίες αλλά και άνευ προηγουμένου κινδύνους. Εκτός από τις παραδοσιακές απειλές, όπως ο πυρηνικός πόλεμος, νέες ριζοσπαστικές τεχνολογίες, όπως η νανοτεχνολογία και η τεχνητή νοημοσύνη, απαιτούν βαθύτερη μελέτη της μετάβασης προς μια «μετα-ανθρώπινη» κοινωνία και των καταστροφών που την απειλούν. Έτσι εισάγεται η έννοια των υπαρξιακών κινδύνων ως απειλών που θα μπορούσαν να προκαλέσουν τον αφανισμό της ανθρωπότητας ή να καταστρέψουν το μέλλον της «ευφυούς ζωής» στη Γη. Πολλοί από αυτούς τους κινδύνους παραμένουν υποτιμημένοι, ενώ η ιδιαιτερότητά τους καθιστά ανεπαρκή τα συνήθη μοντέλα διαχείρισης κινδύνων (Bostrom, 2002).

Στην εννοιολόγηση του Bostrom, η οποία βασίζεται σε μια ωφελιμιστική προσέγγιση, αυτή του «ολικού ωφελιμισμού» (total utilitarianism), έχει υπάρξει σημαντικός αντίλογος. Οι κύριες κριτικές στην προσέγγισή του για τους υπαρξιακούς κινδύνους περιλαμβάνουν την υπερβολική έμφαση στο μέλλον, καθώς το ηθικό του επιχείρημα εστιάζει στο ότι το μέλλον της ανθρωπότητας έχει πολύ μεγάλη αξία κινδυνεύοντας να υποτιμήσει τα σημερινά επείγοντα κοινωνικά ζητήματα και αγνοώντας άλλες ηθικές θεωρήσεις που δεν δίνουν ίδια βαρύτητα στο μέλλον. Ασκείται επίσης κριτική στην ανάλυσή του για τον τεχνοκεντρικό και ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα της, την τάση της να ιεραρχεί σε εξέχουσα θέση τη

νοημοσύνη, να παραβλέπει εμπειρίες ήδη βιωμένων απειλών, και να προτείνει τεχνοκρατική τελικά «διαφυγή» μέσω τεχνολογικών υπερβάσεων-λύσεων. Ως εναλλακτική λύση προτείνεται μια οικολογική-υπαρξιακή προσέγγιση που δίνει έμφαση στη διασύνδεση οικολογίας και εξαφάνισης, στη συλλογική ευθύνη, τη συναίνεση και την καλλιέργεια μορφών κοινής ζωής, σε αντίθεση με την οπτική του Bostrom που βασίζεται τεχνοκρατικά σε τεχνολογικές λύσεις. Μια συστηματική κριτική σε αυτή την κατεύθυνση έχει ασκηθεί από τους Woods και Schuster, οι οποίοι εστιάζουν στην αποτυχία του να αναγνωρίσει τον τρόπο με τον οποίο ορισμένες κοινότητες και τρόποι ζωής κινδυνεύουν περισσότερο από άλλους και τι αυτό υποδηλώνει για την ανθρώπινη εξαφάνιση (Schuster and Woods, 2021).

Από την κριτική που ασκήθηκε στον Bostrom έχει διευρυνθεί η έννοια του υπαρξιακού κινδύνου πέρα από τα μεμονωμένα, δραματικά «καταστροφικά» γεγονότα, ώστε να περιλαμβάνει και πιο αργές, συστηματικές αποτυχίες. Αυτή η διευρυμένη οπτική εστιάζει στο ότι σύνθετα φαινόμενα, όπως η κλιματική αλλαγή, μπορούν επίσης να θεωρηθούν υπαρξιακοί κίνδυνοι, τονίζοντας την επείγουσα ανάγκη για μια συστηματική κατανόηση τους σε μια εποχή διαθεσιμότητας πρωτοφανούς τεχνολογικής ισχύος. Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται μια συστηματική και διεπιστημονική προσέγγιση και μια συνολική θεώρηση, ώστε να εξετάζονται τόσο τα ξαφνικά καταστροφικά γεγονότα όσο και οι πιο αργές, αλληλένδετες μορφές κατάρρευσης, οι «ανιαρές αποκαλύψεις» (boring apocalypses) (Currie and Ó hÉigeartaigh, 2018). Η έννοια των ανιαρών αποκαλύψεων αναφέρεται σε κινδύνους που είναι αργοί, συστημικοί και λιγότερο θεαματικοί, αλλά εξακολουθούν να θέτουν σε κίνδυνο την επιβίωση της ανθρωπότητας μακροπρόθεσμα. Ταξινομούνται με βάση το αν είναι σκόπιμοι ή μη σκόπιμοι και αν προσέρχονται από την κοινωνία ή τη φύση. Περιλαμβάνει κινδύνους όπως η έλλειψη πολιτικής βούλησης, η υπερεκμετάλλευση φυσικών πόρων και η αποδυνάμωση των οικοσυστημάτων, υποστηρίζοντας ότι αυτοί οι κίνδυνοι, αν και συγκριτικά αργοί, μπορούν να οδηγήσουν σε γενική κατάρρευση (Liu et al., 2018).

Οι υπαρξιακοί κίνδυνοι μπορούν, σε αυτή την κατεύθυνση, να αντιμετωπιστούν ως προϊόντα κοινωνικών, τεχνολογικών και δομικών συνθηκών, τονίζοντας ότι η επιστήμη και η τεχνολογία συμμετέχουν τόσο στη δημιουργία όσο και στη διαχείρισή τους, ενώ η ασφάλεια και η διακυβέρνηση πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις αλληλεπιδράσεις τους (Felt, 2017). Επίσης, ο διαχωρισμός ορισμένων κινδύνων από τους υπόλοιπους πρέπει να γίνεται με προσοχή. Όπως χαρακτηριστικά παρατηρεί ο Manheim, ενώ η πιθανότητα κοινωνικής και τεχνολογικής κατάρρευσης υπήρξε το επίκεντρο θεμάτων επιστημονικής φαντασίας επί δεκαετίες, η προσοχή έχει δοθεί σε συγκεκριμένες πηγές υπαρξιακών και παγκόσμιων καταστροφικών κινδύνων που σχετίζονται με σενάρια που είναι «απλά να κατανοήσει και να φανταστεί κανείς», τα οποία, ως τέτοια, «λαμβάνουν περισσότερη προσοχή από κινδύνους που προκύπτουν από περίπλοκες

αλληλεπιδράσεις αποτυχιών ή κινδύνους που δεν μπορούν να προσδιοριστούν με σαφήνεια» (Manheim, 2020).

Σε αντίθεση τελικά με τον Bostrom, ο οποίος ορίζει τους υπαρξιακούς κινδύνους, κυρίως, ως απειλές εξαφάνισης ή μόνιμης απώλειας του δυναμικού της ανθρωπότητας, έχει αναδειχθεί η σημασία της αντιμετώπισης των κοινωνικά αποσταθεροποιητικών τεχνολογιών ως απειλών, εστιάζοντας στις κοινωνικές, θεσμικές, εννοιολογικές και ηθικές προκλήσεις που προκαλούν οι τεχνολογίες, χωρίς να απαιτείται πλήρης καταστροφή, εξετάζοντας όμως το πώς αλλάζουν βασικές έννοιες, πρακτικές και τη σχέση μας με τη φύση (van de Poel et al., 2023). Απέναντι στη θεώρηση του Bostrom που εστιάζει υπερβολικά στην τεχνολογία ως λύση και την «υπερνοημοσύνη», παραβλέποντας ζητήματα περιβαλλοντικής δικαιοσύνης και ιστορικές εμπειρίες καταπίεσης, έχει προταθεί μια οικολογικά θεμελιωμένη και πλουραλιστική οπτική που δίνει έμφαση στην σύνδεση ανθρώπων και μη ανθρώπινων ειδών, στην κοινωνική δικαιοσύνη, στην αποφυγή μη συναινετικών τεχνολογικών παρεμβάσεων και στη δημιουργία «υπαρξιακών κοινών», καλώντας σε επαναπροσδιορισμό του υπαρξιακού κινδύνου πέρα από τεχνο-ουτοπικές αφηγήσεις, προς ένα μέλλον βασισμένο στη φροντίδα και τη βιωσιμότητα (Schuster and Woods, 2021). Στο πλαίσιο αυτό έχει προταθεί η έννοια της «υπαρξιακής ελπίδας» για να υπογραμμιστεί η σημασία της αναζήτησης θετικών εξελίξεων μεγάλης κλίμακας για το μέλλον της ανθρωπότητας (Cotton-Barratt and Ord, 2015).

Ενώ οι υπαρξιακοί κίνδυνοι λογίζονται γενικά ως παγκόσμιοι, από τον τρόπο με τον οποίο παράγονται μέχρι τον τρόπο με τον οποίο γίνονται αντιληπτοί και βιώνονται, οι κατά τόπους διαφοροποιήσεις, τόσο κοινωνικές και πολιτισμικές όσο και φυσικές και γεωγραφικές, δε θα έπρεπε να παραβλέπονται. Σύμφωνα με ένα πρόσφατο βιβλίο από τον van de Poel και μια διακεκριμένη ομάδα ειδημόνων, από την οπτική της επιστημολογίας αλλά και της ηθικής ανάλυσης της τεχνολογίας αυτό που συνιστά μια «κοινωνική ή εννοιολογική αναστάτωση» εξαρτάται από την κατεστημένη τάξη πραγμάτων, δηλαδή, κάτι προξενεί αναστάτωση σε σχέση με μια συγκεκριμένη κοινωνία, ή συγκεκριμένες πρακτικές, ή ένα συγκεκριμένο εννοιολογικό πλαίσιο. Όταν σκεφτόμαστε τους τεχνολογικούς κινδύνους δεν θα έπρεπε επομένως να παραβλέπουμε το πώς οι κανονιστικές έννοιες που εκπορεύονται από ένα πυρήνα χωρών όπως αυτές του Ευρωπαϊκού Βορρά, οι οποίες έχουν τη δική τους ιστορική εμπειρία ως προς την τεχνολογία, έχουν κυριαρχήσει στον δημόσιο διάλογο που αφορά το τι θα έπρεπε να λαμβάνεται υπόψη σε σχέση με τη γνώση και την ηθική της τεχνολογίας (Van De Poel et al., 2023).

Η μηχανική (engineering) παραμένει συχνά στο περιθώριο της συζήτησης για τους υπαρξιακούς κινδύνους, παρότι βρίσκεται στον πυρήνα τόσο της παραγωγής όσο και της μετριάσής τους. Σύμφωνα με τον Carl Mitcham, εκ των ιδρυτών του πεδίου *Engineering Studies*, ομότιμο καθηγητή φιλοσοφίας της μηχανικής στο Colorado School of Mines, σε μια

πρόσφατη επισκόπησή του με θέμα τις καταγωγικές ιστορίες της έννοιας «υπαρξιακοί κίνδυνοι» και τις παραλλαγές που αφορούν στον ορισμό της, επικρατεί μια «παραμέληση της μηχανικής» (neglect of engineering) (Mitcham, 2021). Η πρότασή του είναι να τοποθετηθεί διεπιστημονικά και η μηχανική στο επίκεντρο των ερευνών των υπαρξιακών κινδύνων. Το ζήτημα της προσέγγισης των υπαρξιακών κινδύνων στο πλαίσιο της μηχανικής θα πρέπει κατά τον Mitcham να αφορά τόσο τον ορισμό και την αξιολόγηση αυτών των κινδύνων όσο και τις έννοιες και μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για τη διαχείρισή τους. Στο πεδίο της μηχανικής, η αξιολόγησή τους θα πρέπει να βασίζεται σε παράγοντες όπως η τεχνολογική πολυπλοκότητα, οι διασυνδέσεις κρίσιμων συστημάτων και οι πιθανότητες πρόκλησης μη αναστρέψιμων καταστάσεων, ενώ προτείνεται η αντιμετώπισή τους μέσω προνοητικού σχεδιασμού, συστηματικής μηχανικής πρόληψης και σχεδιασμού των τεχνολογιών με τρόπο που θα στοχεύει σε μείωση των κινδύνων.

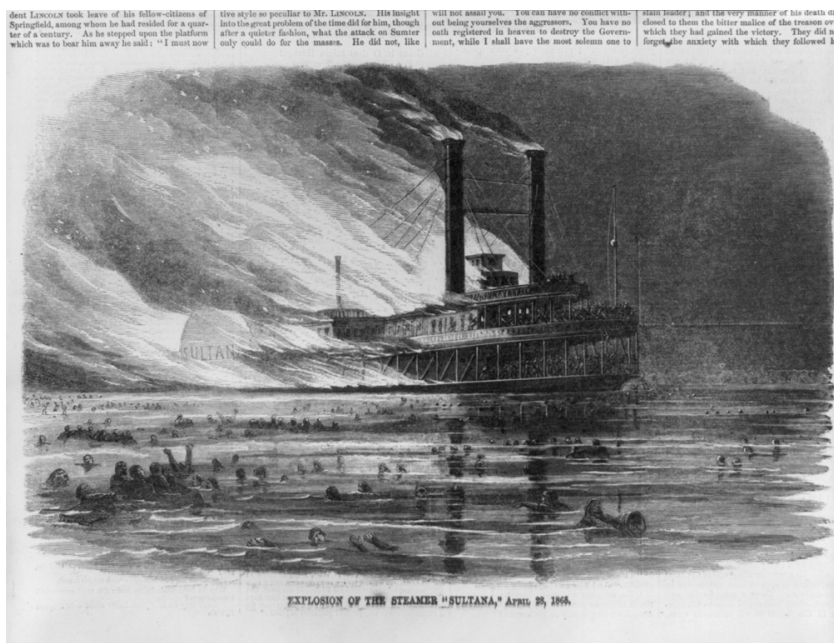
3. ΓΙΑ ΜΙΑ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΥΠΑΡΞΙΑΚΩΝ ΑΠΕΙΛΩΝ

«Ἀπὸ πολλοῦ ἤδη καὶ μάλιστα κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη ἐσημειώθη ἐν τῇ ἡμετέρᾳ πατρίδι φαινόμενον εὐχάριστον καὶ τιμῶν τὴν Ἑλληνικὴν εὐφυΐαν καὶ ἐπιχειρηματικότητα, ἡ ἀλματικῶς βαίνουσα ἀνάπτυξις τῆς βιομηχανίας εἰς πάντας αὐτῆς τοὺς κλάδους», διαβάζουμε σε ἄρθρο του Μαρτίου 1909 του Γεωργίου Ραζέλου στο περιοδικό του Ἑλληνικοῦ Πολυτεχνικοῦ Συλλόγου *Αρχιμήδης* με τίτλο «ΣΚΕΨΕΙΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΟΝ ΝΟΜΟΥ περὶ συστάσεως εἰδικῆς ὑπηρεσίας διὰ τὸν ἔλεγχον τῶν ἀτμολεβήτων καὶ μηχανημάτων». «Ἀλλὰ δυστυχῶς», ἔγραφε ὁ ἀπόφοιτος της Conservatoire des Arts et Métiers καὶ (μεταξὺ ἄλλων) διδάσκων Μηχανουργικῆς Σχεδιάσεως καὶ Μηχανικῆς Τεχνολογίας στο Πολυτεχνεῖο, Διευθυντῆς του Μηχανολογικοῦ καὶ Μηχανουργικοῦ ἐργοστασίου της Σχολῆς Βιομηχανῶν Τεχνῶν, «δὲν ἔβη ἐκ παραλλήλου καὶ ἡ ἄρτία ἐν ταῖς λεπτομερείαις αὐτῆς κατάρτησις, τοῦτο δὲ παρατηρεῖται εἰς πλείστας ὅσας ἀτμομηχανὰς καὶ ἀτμολέβητας, ὧν ἡ πλημελὴς ἐπιτήρησις, ἐνίστε δὲ καὶ ἡ κακὴ κατασκευή, συχνάκις ὑπέπεσεν εἰς τὴν κοινὴν ἀντίληψιν, διὰ τῶν ἀθρόων δυστυχημάτων τῶν κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη λαβόντων παρ' ἡμῖν χώραν». «Ταῦτα» ἀθρόα δυστυχήματα ἀπὸ ἐκρήξεις μηχανῶν, οἱ ὁποῖες λάμβαναν χώρα παντοῦ, ἀπὸ ἐργοστάσια μέχρι σιδηροδρόμους καὶ ατμόπλοια, διευκρίνιζε, «εἰσὶ τοσοῦτω γνωστὰ καὶ οὕτως ὁμόθυμον ἐξήγειρον τὴν δικαίαν τῆς κοινωνίας ἀγανάκτησιν». Ὁ Ραζέλος ολοκλήρωνε τὴν ἀπαρίθμηση τῶν ατυχημάτων με ἀναφορά στο πιο πρόσφατο, ἀναφέροντας ὅτι «ἔναυλοι ἔτι εἰς τὰς ἀκοάς μας ἤχουσιν οἱ θρῆνοι ὀλοκλήρων οἰκογενειῶν ἐκ τῆς γνωστῆς τελευταίας διαρρήξεως τοῦ λέβητος τῆς ὑπ' ἀρ. 17 ἀτμαμάξης τῶν τροχιοδρόμων Φαλήρου, ἐν τῷ σταθμῷ Γαργαρέτας, καθ' ἣν τινὲς μὲν ἐκ τῶν ἐπιβατῶν εὗρον τὸν θάνατον καὶ δεκάς περίπου ἐξ αὐτῶν κατεκάρησαν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον σοβαρῶς» (Ραζέλος, 1909, 133-134).

Το ζήτημα είχε πολλές διαστάσεις. «Ανωτέρω έποιησάμεθα μνείαν ένδεικτικώς μόνον τών είς άνθρωπίλους ύπάρξεις άπωλειών, καθότι, βεβαίως αύται πρό παντός συγκινοῦσι τήν κοινωνίαν», ανέφερε ο μηχανικός, προσθέτοντας ότι «πλήν τούτου δύναται τις νά λάβη ύπ' όψιν καί τò μέγεθος τών έπενεχθεισών ύλικών ζημιών», ενώ, επιπλέον, «Άνυπολόγιστοι δ' είσι καί αί ζημίαι αίτινες προέρχονται έκ τοῦ κλονισμού τής κοινής πεποιθήσεως επί τήν άμεμπτον καί άσφαλή λειτουργίαν τών διαφόρων μηχανών» (Ραζέλος, 1909, 134). Το άρθρο του Ραζέλου κατέληγε προτείνοντας σύσταση νέων θεσμών και συγκεκριμένης νομοθεσίας για τον κρατικό έλεγχο του φαινομένου, δηλώνοντας καταληκτικά ότι θα ήταν «περιττόν» να τονισθεί «ούχί μόνον τò σοβαρόν τοῦ έν λόγω ζητήματος, αλλά καί πρό παντός τò άπείρως έπείγον αύτου» (Ραζέλος, 1909, 134).

Το ζήτημα ήταν σοβαρό στην Ελλάδα (Κοκκινάκης, 1999), όπως ήταν και διεθνώς, καθώς ήταν πολύ μεγάλος ο αριθμός των ατυχημάτων, από ατμομηχανές εργοστασίων μέχρι ατμάμαξες και ατμόπλοια. Τα ατυχήματα αυτά δεν χαρακτηρίζουν ένα μικρό χρονικό διάστημα και μία μόνο γεωγραφία, αλλά, από την Ευρώπη μέχρι τις ΗΠΑ, εμφανίστηκαν από τις αρχές του βιομηχανικού καπιταλισμού (όπως αυτός ορίστηκε από την εισαγωγή και διάχυση ατμομηχανών, των πρώτων μηχανών της ιστορίας) και επέμειναν μέχρι το τέλος του. Ο αριθμός όσων έχαναν τη ζωή τους από εκρήξεις ατμομηχανών έφθανε συχνά τις δεκάδες και σε κάποιες περιπτώσεις και τις εκατοντάδες. Στην περίπτωση των εκρήξεων στο ατμόπλοιο *Sultana*, στις 27 Απριλίου του 1865 (βλ. γκραβούρα από το τεύχος της 20.5.1865 του *Harper's Weekly*), οι νεκροί υπολογίστηκαν σε 1864 (Burke, 1966; Bennett, 1975; Bartrip, 1980; Rolt, 1982; Hewison, 1983; Winship, 1988; Ward, 1989; Bartrip and Fenn, 1990; McEwan, 2009). Στην σχετική βιβλιογραφία περιλαμβάνεται και η βραβευμένη από την διεθνή κοινότητα των ιστορικών της τεχνολογίας σχετική ιστορία του Bruce Sinclair, η οποία εισάγει στην κομβική ιστορία της προσπάθειας ελέγχου των εκρήξεων μέσω της συνδιαμόρφωσης κατάλληλων θεσμών και κοινοτήτων ειδικευμένων τεχνικών και μηχανικών στην περίπτωση των ΗΠΑ (Sinclair, 1966, 1974).

Η διαμόρφωση τέτοιων θεσμών και κοινοτήτων κατέληξε σε έναν έλεγχο της κατάστασης ως προς τις τοπικές εκρήξεις ατμομηχανών. Με βάση, όμως, μια συνθετική αξιοποίηση προηγούμενων εργασιών μας στο πλαίσιο της ιστορίας που μας ενδιαφέρει στο παρόν άρθρο, θα ισχυριστούμε στο υπόλοιπο αυτής της ενότητας ότι η διευρυμένη όμως αναπαραγωγή του βιομηχανικού καπιταλισμού, όπως αυτή αποτυπώθηκε στην σύνδεση των μηχανών με ολοένα και πιο επιμήκεις γραμμές και στην σύνδεση αυτών των γραμμών σε δίκτυα, με πιο χαρακτηριστική την περίπτωση των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, συνοδεύτηκε από τη διευρυμένη αναπαραγωγή της τεχνολογικής διακινδύνευσης, από το τοπικό επίπεδο μιας ατμομηχανής στο επίπεδο ενός δικτύου μιας ευρύτερης περιοχής, με το οποίο η ατμομηχανή είχε διαιρεθεί σε γεννήτρια και κινητήρα, με τα δύο



να απέχουν μεταξύ τους ολοένα και περισσότερο, από κάποια χιλιόμετρα τη δεκαετία του 1880 μέχρι εκατοντάδες και χιλιάδες χιλιόμετρα μέχρι τη δεκαετία του 1940. Με την τεχνολογία της εποχής του ηλεκτρισμού να προκύπτει μέσω της διευρυμένης αναπαραγωγής (και της αντίστοιχης συσσώρευσης) της τεχνικής φιλοσοφίας της εποχής της τεχνολογίας του ατμού, οι ηλεκτρολόγοι μηχανικοί προέκυψαν ως η πρωτοπορία στο επίπεδο της μηχανικής για την αντιμετώπιση ενός ζητήματος που δεν αφορούσε πλέον κάποια τοπική έκρηξη μηχανής αλλά μια αστάθεια δικτύου σε επίπεδο μιας ολοένα και πιο διευρυμένης περιοχής, με την διαρκή επιμήκυνση και την σύνδεση των γραμμών να μην επιτρέπει κάποια οριστική αντιμετώπιση (Tympas, 2017; Τύμπας, 2018; Tsaglioti, 2008).

Όπως είχαμε την ευκαιρία να δείξουμε, αυτό που ο Thomas Hughes είχε αφηγηθεί ως μια γραμμική-εξελικτική ανάπτυξη δικτύων τεχνικής (εν προκειμένω ηλεκτρικής) και κοινωνικής ισχύος, προέκυψε μαζί με μια γενικευμένη τεχνική αστάθεια, η οποία αναπαραγόταν με κάθε διέγερση του δικτύου (Hughes, 1993; Tympas, 2017; Tympas, 2018). Η ιστορία αυτή ήταν ανοιχτή, ο έλεγχος της αστάθειας του δικτύου δεν ήταν εξελικτικά δεδομένος αλλά προϊόν της εργασίας μιας διαρκώς διευρυνόμενης τεχνικής κοινότητας, ηλεκτρολόγων μηχανικών και άλλων, με ειδίκευση στην παραγωγή ευστάθειας μέσω εκτός γραμμής (off-line) και επιγραμμικών (online) υπολογιστικών διατάξεων, με τις εκτός γραμμής υπολογιστικές διατάξεις να λειτουργούν κανονιστικά ως το φανταστικό του ελέγχου που θα έπρεπε να επιτευχθεί με τις επιγραμμικές διατάξεις, οι οποίες λειτουργούσαν ως ρυθμιστές-ελεγκτές, σε μια τεχνική

παράδοση που είχε εγκαινιαστεί με τον κυβερνήτη της ατμομηχανής. Ενδεικτικός της αστάθειας που συνόδευε την μεγέθυνση των τεχνολογικών δικτύων της ηλεκτρικής εποχής είναι ο χαρακτηρισμός των δικτύων αυτών σε σχόλιο του 1944 του εκδότη του περιοδικού *Westinghouse Engineer* ως «Φρανκενστάιν εκτός ελέγχου» (Frankenstein out of control) – η Westinghouse ήταν η μία από τις δύο μεγαλύτερες εταιρείες στον χώρο των κατασκευαστών μηχανών και άλλων διατάξεων ηλεκτρικής ενέργειας (electrical manufacturers) (*Westinghouse Engineer*, 1944; Tympas, 2017).

Η διευρυμένη αναπαραγωγή της ίδιας τεχνικής φιλοσοφίας θα οδηγήσει στην εποχή των διαδικτύων, με τις ηλεκτρονικές τεχνολογικές υλικότητες να προκύπτουν από τη συσσώρευση ηλεκτρικών υλικοτήτων της εποχής των δικτύων μηχανών (με τη σειρά τους προϊόν συσσώρευσης μηχανικών υλικοτήτων των ατομικών μηχανών). Στο κομβικό πεδίο της ενέργειας αυτό θα αποτυπωθεί στην κλιμάκωση από την ατμομηχανή και το σύνολο ηλεκτρογεννήτρια-γραμμή/δίκτυο-ηλεκτροκινητήρα στην τεχνολογία της πυρηνικής ενέργειας (Tympas and Dalouka, 2007). Με την κλιμάκωση αυτή αναδεικνύεται, για πρώτη φορά στην ιστορία, το ενδεχόμενο τέλους της ιστορίας, το ενδεχόμενο τέλους στην ανθρωπινή (και όχι μόνο) ζωή στον πλανήτη. Στην κλιμάκωση αυτή θα εισάγουμε στην επόμενη ενότητα, με την οποία η ιστορία της τεχνολογίας θα δίνει τη σκυτάλη στην κοινωνιολογία της τεχνολογίας.

Ας σημειώσουμε ως κατάληξη στην ενότητα αυτή ότι η τάση για διευρυμένη αναπαραγωγή των τεχνολογικών κινδύνων δεν ήταν περιστασιακή αλλά εγγενής-δομική στην ιστορία μας. Στην περίπτωση της ατμομηχανής, η διαρκής επιδίωξη μεγαλύτερου κέρδους, μέσω της μεγαλύτερης απόδοσης κεφαλαίου, οδηγούσε μια μετάβαση σε ολοένα και υψηλότερη πίεση λειτουργίας της ατμομηχανής, κάτι που αναπαρήγαγε διαρκώς τον κίνδυνο έκρηξης. Αντίστοιχη ήταν στην περίπτωση του ηλεκτρικού δικτύου η μετάβαση από χαμηλότερη σε υψηλότερη τάση, όπως αυτή αποτυπώθηκε στην περίφημη «μάχη των ρευμάτων», γνωστή και ως «πόλεμος των ρευμάτων», μια μάχη-πόλεμο μεταξύ των υποστηρικτών του συνεχούς και του εναλλασσόμενου ρεύματος, μια μάχη που έλαβε χώρα παντού, με το εναλλασσόμενο να προωθείται ως αποδοτικότερο αλλά το συνεχές να αντιπαρατίθεται ως πιο ασφαλές. Όπως επιβεβαιώθηκε και από μελέτες της ελληνικής περίπτωσης, επρόκειτο κυριολεκτικά για μια μάχη, η οποία εξελίχθηκε σε σφοδρή τεχνική και πολιτική αντιπαράθεση, τόσο εντός της κοινότητας των μηχανικών όσο και παντού, από τις εφημερίδες μέχρι τους δρόμους (Λουκόπουλος, 2002; Γαρύφαλλος, 2005).

Ενδεικτικό του ότι η αύξηση της πίεσης στην ατμομηχανή και της τάσης στο ηλεκτρικό δίκτυο ήταν εγγενής στην διαδικασία διευρυμένης αναπαραγωγής του βιομηχανικού καπιταλισμού είναι και η απαξίωση ως τεχνολογικά συντηρητικών όσων κατέληγαν να υπερασπίζονται την χαμηλότερη πίεση και τάση. Εμβληματικά θύματα μιας τέτοιας απαξίωσης

έπεφταν ακόμη και αυτοί που σε μια πρώτη φάση ήταν οι προοδευτικοί πρωταγωνιστές στην εισαγωγή της ατμομηχανής και του ηλεκτρικού δικτύου, όπως ο Τζέιμς Βατ και ο Τόμας Έντισον (Bazerman, 1999; Marsden, 2002). Εδώ θα μπορούσε να αθροιστεί και μια παρατήρηση για την έννοια «τεχνολογία», η οποία εισάγεται με την διάχυση των μηχανών και αποκτά ένα νόημα αντίστοιχο με το σημερινό με την ανάπτυξη των δικτύων μηχανών. Όπως έχει δείξει ο Leo Marx, καθηγητής στο MIT, η εισαγωγή και εδραίωση της έννοιας «τεχνολογία» θα πρέπει να συνδεθεί με μια εγγενή και «επικίνδυνη» εννοιολογική ασάφεια (είναι ένα “hazardous concept”), καθώς επέτρεψε την παραγωγή μιας σύγχυσης ως προς το υποκείμενο της ιστορίας, ως προς το αν είναι πλέον η άνθρωποι με την εργασία τους ή οι μηχανές, η τεχνολογία, συμβάλλοντας έτσι κομβικά στην ηγεμονία της ιδεολογίας του τεχνολογικού ντετερμινισμού (Schatzberg, 2024; Tympas, 2015). Με βάση την ιστορία αυτής της ενότητας, θα μπορούσαμε να προσθέσουμε ότι η εισαγωγή της επικίνδυνα ασαφούς έννοιας «τεχνολογία» συνδυάζεται αρμονικά με την εγγενή τεχνολογική επικινδυνότητα που αποτυπώθηκε στις εκρήξεις των μηχανών και, στη συνέχεια, στην αστάθεια των δικτύων μηχανών.

Ας σημειώσουμε, επιπλέον, ότι σε σχέση με την περιβαλλοντική κρίση ως υπαρξιακή απειλή, η ίδια η έννοια «περιβάλλον» προκύπτει μόνο με την εμφάνιση της πρώτης μηχανής, της ατμομηχανής, με την οποία η φύση διαιρείται σε ένα εσωτερικό στο οποίο ενδιαφέρει να παραχθούν μια επιθυμητή διαδικασία, όπως η ελεγχόμενη από την ατμομηχανή κίνηση που δεν επηρεάζεται από τις μεταβολές φυσικών φαινομένων, και ένα εξωτερικό στο οποίο διοχετεύεται το ανεπιθύμητο παράγωγο της ίδιας διαδικασίας, το απόβλητο (Τύμπας, 2024). Η διαρκής συσσώρευση αποβλήτων στο εξωτερικό-περιβάλλον, προϋπόθεση της συσσώρευσης από την παραγωγή στο εσωτερικό-περιβαλλόμενο, το εργοστάσιο, είναι αυτή που δίνει την περιβαλλοντική κρίση, η οποία διευρύνεται ώστε να αποτελέσει υπαρξιακή απειλή. Από την οπτική της ιστορίας της επιστήμης, η ανησυχία από την διαίρεση σε εσωτερικό που μας ενδιαφέρει και περιβάλλον που υποβαθμίζεται με την ατμομηχανή δεν είναι άλλη από αυτήν για το τέλος της ιστορίας που θα προκύψει από την αύξηση της εντροπίας, ακριβώς λόγω της διεύρυνσης της χρήσης ατμομηχανών και συναφών μηχανών (Smith, 1998).

Ας σημειώσουμε, επιπρόσθετα, ότι η συνδιαμόρφωση υπαρξιακών απειλών, στην περίπτωσή μας της κλιματικής κρίσης και της τεχνητής νοημοσύνης, η οποία επίσης μας ενδιαφέρει στο άρθρο αυτό, εμφανίζεται από την αρχή της ιστορίας μας. Οι εκρήξεις ατμομηχανών, όπως αυτές συνδέθηκαν με την τεχνική φιλοσοφία της κατασκευής-λειτουργίας τους, εμφανίστηκαν μαζί με διατάξεις για τον εκτός γραμμής και επιγραμμικό υπολογισμό αυτών των εκρήξεων που παρουσιάστηκαν ως ευφρείς, σκεπτόμενες, νοήμονες. Αντίστοιχα, η αστάθεια των ηλεκτρικών δικτύων εμφανίστηκε σε συνδυασμό με επιγραμμικούς και εκτός γραμμής υπολογιστές όπως η «τεχνητή γραμμή» (artificial line), η οποία παρουσιάστηκε

ως υπόδειγμα μιας τεχνητής ευφυΐας, σκέψης, νοημοσύνης. Δηλαδή η τρέχουσα παρουσίαση κάποιας τεχνολογίας τεχνητής νοημοσύνης ως λύση στην περιβαλλοντική κρίση έχει ένα ιστορικό προηγούμενο στην παρουσίαση της «τεχνητής γραμμής» ως λύσης για την αστάθεια της πραγματικής γραμμής (Tympas, 2017; Τύμπας, 2018).

4. ΜΙΑ ΚΟΜΒΙΚΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΟΛΟΓΙΑ

Στις 28 Μαρτίου 1979, στις 4:00 το πρωί, ένα καταστροφικό ατύχημα στον πυρηνικό σταθμό Three Mile Island (TMI) στην Πενσυλβάνια άλλαξε ριζικά την αντίληψή μας για τους τεχνολογικούς κινδύνους (Kemeny, 1979). Το συμβάν αυτό αποτέλεσε την αφετηρία για τη θεωρία του «κανονικού» ή «φυσιολογικού» ατυχήματος (normal accident) του Charles Perrow, μια θεωρία που περιγράφει τις «μη προβλεπόμενες αλληλεπιδράσεις πολλαπλών αποτυχιών σε ένα πολύπλοκο σύστημα» (Perrow, 1984; Perrow, 1999). Για τον Perrow, καθηγητή στο Yale, το TMI ήταν παράδειγμα αυτού του τύπου ατυχήματος επειδή ήταν «απροσδόκητο, ακατανόητο, ανεξέλεγκτο και αναπόφευκτο» (Perrow, 1999). Με την προσέγγιση του μεταβαίνουμε, κατά τη γνώμη μας, από την ιστορία στην κοινωνιολογία της τεχνολογίας και από τις εκρήξεις ατμομηχανών και την αστάθεια δικτύων στις υπαρκτικές απειλές. Συνδυάζοντας την ιστορική μελέτη μεγάλων τεχνολογικών ατυχημάτων με ανάλυση της πολυπλοκότητας των εμπλεκόμενων τεχνολογιών, ο Perrow κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αποτυχία στο TMI ήταν συνέπεια της πρωτοφανούς πολυπλοκότητας ενός τεχνολογικού συστήματος όπως το πυρηνικό εργοστάσιο. Τέτοια σύγχρονα τεχνολογικά συστήματα υψηλού κινδύνου, υποστήριξε, ήταν επιρρεπή σε αποτυχίες όσο καλά και αν τα διαχειρίζονταν. Ήταν θέμα χρόνου να προκύψει φυσιολογικά ένα τέτοιο ατύχημα (Perrow, 1999).

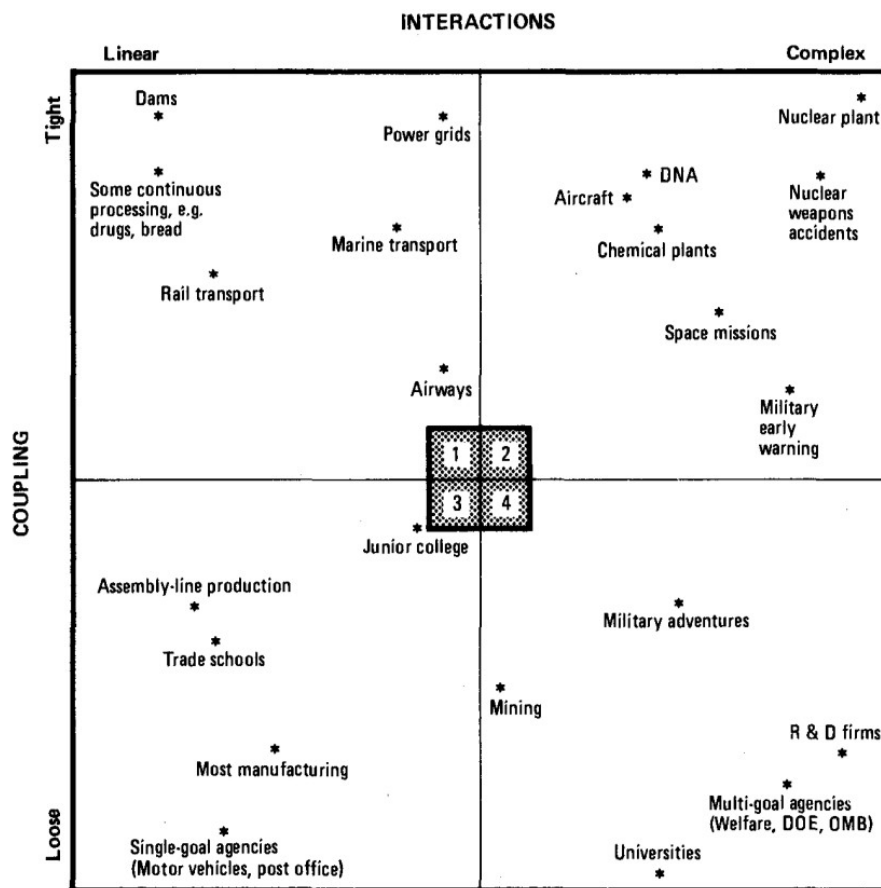
Σύμφωνα με την κοινωνιολογική θεωρία του Perrow, όπως αυτή αξιοποιεί την ιστορία τεχνολογικών ατυχημάτων, τα καταστροφικά ατυχήματα γίνονται «κανονικά-φυσιολογικά» (δηλαδή αναμενόμενα και αναπόφευκτα) λόγω της διευρυμένης αναπαραγωγής της πολυπλοκότητας των τεχνολογικών υποδομών. Αυτή η πολυπλοκότητα χαρακτηρίζεται από δύο κύρια στοιχεία στο διάγραμμα αλληλεπίδρασης-σύζευξης (interaction-coupling) του Perrow (Perrow, 1999). Σφιχτές συζεύξεις (tight coupling): οι διεργασίες είναι αμοιβαία εξαρτημένες χρονικά και λειτουργικά, με αποτέλεσμα μια αστοχία να μεταδίδεται ταχύτατα σε άλλες. Πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις (complex interactions): οι σχέσεις δεν είναι γραμμικές αλλά περιλαμβάνουν ένα διευρυνόμενο πλήθος κυκλωμάτων ανάδρασης-ανατροφοδότησης (feedback), οδηγώντας σε απρόβλεπτους και ανεξέλεγκτους συνδυασμούς αποτυχιών.

Στο διάγραμμα του Perrow (βλ. παρακάτω), οι τεχνολογίες κατηγοριοποιούνται βάσει δύο αξόνων: τον άξονα των αλληλεπιδράσεων (από

γγραμμικές έως πολύπλοκες) και τον άξονα των συζεύξεων (από χαλαρές έως σφιχτές). Τα πυρηνικά εργοστάσια, όπως αυτό του Three Mile Island, βρίσκονται στο πάνω δεξί τεταρτημόριο του διαγράμματος, δηλαδή στην πιο επικίνδυνη περιοχή, αυτή με πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις και σφιχτές συζεύξεις. Η ταξινόμηση των τεχνολογιών του Perrow με βάση την ευαλωτότητά τους σε ολοένα και μεγαλύτερης κλίμακας ατυχήματα, «φυσιολογικά-κανονικά ατυχήματα», προσδιορίζει, κατά τη γνώμη μας, τον γενικότερο χαρακτηρισμό από τον Ulrich Beck της σύγχρονης κοινωνίας ως «κοινωνίας της διακινδύνευσης» (Beck, 1992), κοινωνίας στην οποία η διακινδύνευση έχει αποκτήσει μια παγκόσμια διάσταση.

Τέσσερις δεκαετίες μετά το Three Mile Island και την πρώτη έκδοση του βιβλίου του Perrow (1984), η ανθρωπότητα αντιμετωπίζει πλέον υπαρξιακούς κινδύνους που προέρχονται από την διεύρυνση της τεχνολογικής πολυπλοκότητας. Οι σύγχρονοι υπαρξιακοί κίνδυνοι χαρακτηρίζονται από τη διασύνδεση τεχνητής νοημοσύνης, περιβαλλοντικών και βιολογικών παραγόντων και από τη δημιουργία πολύπλοκων διασυστημικών αλληλεπιδράσεων που συγκλίνουν στο φαινόμενο της πολυκρίσης (polycrisis) (Liu et al., 2018; Metcalfe, 2023). Αν τοποθετούσαμε τους σημερινούς υπαρξιακούς κινδύνους στο διάγραμμα του Perrow, θα παρατηρούσαμε ότι συστήματα όπως τα δίκτυα ΤΝ, τα παγκόσμια δίκτυα κλιματικής παρακολούθησης και τα βιοτεχνολογικά εργαστήρια θα βρίσκονταν στην επικίνδυνη περιοχή πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων και σφιχτών συζεύξεων—ή ακόμη και πέρα από τα αρχικά όρια του διαγράμματος. Αυτό είναι το συμπέρασμα μελετών που επιχειρούν να επικαιροποιήσουν τα διαγράμματα πολυπλοκότητας-κινδύνου του Perrow, ώστε να ληφθεί υπόψη ο τρόπος με τον οποίο η τεχνητή νοημοσύνη και ό,τι σχετίζεται με αυτήν (π.χ. μεγάλα δεδομένα), ως ενσωματωμένα σχεδόν σε όλες τις πρόσφατες και αναδυόμενες τεχνολογίες, ήρθαν να αποτελέσουν έναν βασικό υπαρξιακό κίνδυνο (Nunan and Domenico, 2017; Bianchi et al., 2023).

Ας ολοκληρώσουμε αυτή την ενότητα αναφέροντας ότι το 2024, η Microsoft ανακοίνωσε συμφωνία με την Constellation Energy για την επαναλειτουργία του πυρηνικού σταθμού Three Mile Island με σκοπό την τροφοδοσία των κέντρων δεδομένων ΤΝ της (Luscombe, 2024). Αυτή η απόπειρα επιστροφής του εμβληματικού πυρηνικού σταθμού σε λειτουργία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα του πώς πολιτικές για έναν υπαρξιακό κίνδυνο (ΤΝ) μπορούν να συνδεθούν με άλλους κινδύνους (πυρηνική ενέργεια), δημιουργώντας νέες, πιο περίπλοκες μορφές συστημικής επικινδυνότητας. Το παράδειγμα του Three Mile Island, από καταστροφή του 1979 σε «λύση» για τα data centers τεχνητής νοημοσύνης το 2024, αναδεικνύει, κατά τη γνώμη μας, ένα κρίσιμο παράδοξο: ένας υπαρξιακός κίνδυνος μπορεί να παρουσιάζεται ως απάντηση σε έναν άλλον. Με το παράδοξο αυτό να λαμβάνει χώρα σε μια συγκυρία κατά την οποία, όπως δείχνουμε σε μελέτη μας για τη χρήση ΤΝ σε περιβαλλοντικά ζητήματα, η πλειονότητα της έρευνας επικεντρώνεται στην

Interaction/Coupling Chart

ΣΧΗΜΑ 1. Το διάγραμμα αλληλεπίδρασης-σύζευξης (interaction-coupling) του Perrow (Πηγή: Perrow, 1999, 96)

πρόβλεψη αντί στην ουσιαστική αντιμετώπιση (Vartziotis et al., 2025). Δηλαδή η έρευνα εστιάζει υπερβολικά στην πρόβλεψη και παραμελεί την ουσιαστική αντιμετώπιση, γεγονός που ενισχύει την ανάγκη για μελέτη των περιπτώσεων όπου οι υποτιθέμενες λύσεις δημιουργούν νέες μορφές συστημικής επικινδυνότητας.

Αυτό σημαίνει ότι η πρόκληση για την έρευνα δεν είναι μόνο να χαρτογραφήσει νέους κινδύνους, αλλά να βοηθήσει στο να κατανοηθεί πώς οι λύσεις και οι απειλές συνυφίνονται σε ένα πολύπλοκο πλέγμα. Η επικαιροποίηση της θεωρίας των «φυσιολογικών ατυχημάτων», η μελέτη του παράδοξου «λύση-κίνδυνος», η προσοχή στις τοπικές διαφοροποιήσεις των παγκόσμιων απειλών είναι αναγκαία βήματα για να αποφευχθούν μονοδιάστατες αφηγήσεις και να αναπτυχθεί μια συλλογική, διεπιστημονική και κοινωνικά δίκαιη κατανόηση.

5. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ανακεφαλαιώνοντας, από την οπτική της ιστορίας της τεχνολογίας, όπως αποτυπώνεται στον ακόλουθο πίνακα, οι υπαρξιακές απειλές ερμηνεύθηκαν εδώ ως ένα φαινόμενο που προέκυψε από τη διευρυμένη αναπαραγωγή ενός κινδύνου εγγενούς στη λειτουργία της τεχνολογίας. Το φαινόμενο αυτό έχει αφετηρία στις «τοπικές εκρήξεις» (local explosions) μηχανών κατά τον δέκατο όγδοο και δέκατο ένατο αιώνα, την «εποχή του ατμού». Διευρύνθηκε με την σύνδεση μηχανών με γραμμές και την σύνδεση αυτών των γραμμών σε δίκτυα γραμμών κατά τον δέκατο ένατο και εικοστό αιώνα, την «εποχή του ηλεκτρισμού», λαμβάνοντας τη μορφή της «αστάθειας δικτύων» (network instability) μηχανών σε επίπεδο περιοχών, πριν διευρυνθεί περαιτέρω, τον εικοστό και εικοστό πρώτο αιώνα, την «ηλεκτρονική εποχή», με την σύνδεση των δικτύων σε διαδίκτυα, εκπροσωπώντας πλέον μια απειλή «παγκόσμιας βιωσιμότητας» (global sustainability). Ως προς την οπτική της κοινωνιολογίας της τεχνολογίας, εστιαστήκαμε εδώ σε μια συμβολή που θέτει στο επίκεντρο την παράλληλη διεύρυνση τεχνολογικής διακινδύνευσης και τεχνικής πολυπλοκότητας, με την οποία έχει καταστεί «φυσιολογικό» το ενδεχόμενο ενός τεχνολογικού «ατυχήματος» (normal accident) ολοένα και μεγαλύτερης κλίμακας.

Μηχανές	Εποχή Ατμού	Τοπικές Εκρήξεις
Δίκτυα Μηχανών	Εποχή Ηλεκτρισμού	Αστάθεια Δικτύων
Διαδίκτυα Μηχανών	Ηλεκτρονική Εποχή	Παγκόσμια Βιωσιμότητα (Υπαρξιακές Απειλές)

Με βάση τα παραπάνω, οι υπαρξιακές απειλές αντιστοιχούν στην τεχνολογία της ηλεκτρονικής εποχής, αυτή της μετάβασης από τεχνολογικά δίκτυα περιοχών σε παγκόσμια διαδίκτυα, όπως αυτή αναπαρήγαγε με διευρυμένο τρόπο την τεχνολογία της εποχής του ηλεκτρισμού, αυτή της εισαγωγής και επιμήκυνσης ηλεκτρικών και άλλων γραμμών και της σύνδεσής τους για τη διαμόρφωση δικτύων, η οποία, με τη σειρά της, διέυρυνε αντίστοιχα την τεχνολογία των μη συνδεδεμένων μεταξύ τους μηχανών της εποχής του ατμού, των ατμομηχανών, των πρώτων μηχανών της ιστορίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] S. AVIN, B. C. WINTLE, J. WEITZDÖRFER ET AL.: «Classifying global catastrophic risks». *Futures* 102 (2018). Futures of research in catastrophic and existential risk, 20–26.
- [2] P. W. J. BARTIP: «The State and the Steam-Boiler in Nineteenth-Century Britain». *International Review of Social History* 25 (1) (1980), 77–105.
- [3] P. W. J. BARTIP AND P. T. FENN: «The Measurement of Safety: Factory Accident Statistics in Victorian and Edwardian Britain». *Historical Research* 63 (150) (1990), 58–72.
- [4] C. BAZERMAN: *The Languages of Edison's Light*. The MIT Press, 1999. Available at: <https://direct.mit.edu/books/book/2391/The-Languages-of-Edison-s-Light> (accessed 27 October 2025).

- [5] U. BECK: *Risk Society: Towards a New Modernity. Theory, culture & society*. London and Newbury Park, Calif., Sage Publications, 1992.
- [6] Y. BENGIO, G. HINTON, A. YAO A ET AL.: «Managing extreme AI risks amid rapid progress». *Science* 384 (6698) (2024), 842–845.
- [7] S. BENNETT: «The search for ‘uniform and equable motion’. A study of the early methods of control of the steam engine». *International Journal of Control* 21 (1) (1975), 113–147.
- [8] F. BIANCHI, A. C. CURRY AND D. HOVY: «Viewpoint: Artificial Intelligence Accidents Waiting to Happen?». *Journal of Artificial Intelligence Research* 76 (2023), 193–199.
- [9] N. BOSTROM: «Existential risks: analyzing human extinction scenarios and related hazards». *Journal of Evolution and Technology* 9 (2002). Institute for Ethics and Emerging Technologies.
- [10] J. G. BURKE: «Bursting Boilers and the Federal Power». *Technology and Culture* 7 (1) (1966), 1–23.
- [11] O. COTTON-BARRATT AND T. ORD: «Existential Risk and Existential Hope». *Technical Report*, 2015.
- [12] A. CURRIE AND S. Ó HÉIGEARTAIGH: «Working together to face humanity’s greatest threats: Introduction to the Future of Research on Catastrophic and Existential Risk». *Futures* 102 (2018). Futures of research in catastrophic and existential risk, 1–5.
- [13] J. DOWNER: *Rational Accidents: Reckoning with Catastrophic Technologies*. The MIT Press, 2024.
- [14] U. FELT (επιμ.): *The Handbook of Science and Technology Studies*. Fourth edition. Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 2017.
- [15] O. HÄGGSTRÖM: *Here Be Dragons: Science, Technology and the Future of Humanity*. Oxford University Press, 2016.
- [16] C. H. HEWISON: *Locomotive Boiler Explosions*. Newton Abbot, David & Charles, 1983.
- [17] T. P. HUGHES: *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*. Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1993.
- [18] J. G. KEMENY: *Report of the President’s Commission on the Accident at Three Mile Island*. October. U.S. Government Printing Office, 1979.
- [19] J. LESLIE (επιμ.): *The End of the World: The Science and Ethics of Human Extinction*, Pbk. ed. London New York, Routledge, 1996.
- [20] H.-Y. LIU, K. C. LAUTA AND M. M. MAAS: «Governing Boring Apocalypses: A new typology of existential vulnerabilities and exposures for existential risk research». *Futures* 102 (2018). Futures of research in catastrophic and existential risk, 6–19.
- [21] R. LUSCOMBE: «Three Mile Island nuclear reactor to restart to power Microsoft AI operations». *The Guardian*, 20 September 2024. Available at: <https://www.theguardian.com/environment/2024/sep/20/three-mile-island-nuclear-plant-reopen-microsoft> (accessed 22 September 2025).
- [22] D. MANHEIM: «The Fragile World Hypothesis: Complexity, Fragility, and Systemic Existential Risk». *Futures* 122 (2020). 102570.
- [23] B. MARSDEN: *Watt’s Perfect Engine: Steam and the Age of Invention. Revolutions in science*. New York, Columbia University Press, 2002.
- [24] A. MCEWAN *Historic steam boiler explosions*. Sledgehammer Engineering, 2009.
- [25] S. METCALFE: «Are we in the age of the polycrisis?». Στο: *Institute of Development Studies*, 2023. Available at: <https://www.ids.ac.uk/opinions/are-we-in-the-age-of-the-polycrisis/> (accessed 11 August 2025).
- [26] C. MITCHAM «Engineering Existential Risks». Στο: *2021 ASEE Virtual Annual Conference Content Access Proceedings*, Virtual Conference, July 2021, p. 37060. ASEE Conferences. Available at: <http://peer.asee.org/37060> (accessed 29 July 2025).
- [27] V. C. MÜLLER (επιμ.): *Risks of Artificial Intelligence*. New York, Chapman and Hall/CRC, 2016.

- [28] D. NUNAN AND M. D. DOMENICO: «Big data: a normal accident waiting to happen?» *Journal of Business Ethics* 145 (3) (2017), 481–491.
- [29] C. PERROW *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. New York, NY, Basic Books, 1984.
- [30] C. PERROW: *Normal Accidents: Living with High Risk Technologies - Updated Edition*. Princeton University Press, 1999.
- [31] L. T. ROLT: *Red for Danger: A History of Railway Accidents and Railway Safety*. 4. ed. Newton Abbot, David & Charles, 1982.
- [32] E. SCHATZBERG: *Τεχνολογία: Κριτική Ιστορίας Μιας Έννοιας*, επιμ. Τ. Τύμπας, μτφρ. Θ. Τσακαλάκης. Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2024.
- [33] J. SCHUSTER AND D. WOODS: *Calamity Theory: Three Critiques of Existential Risk*. Forerunners: Ideas First. Minneapolis London, University of Minnesota Press, 2021.
- [34] B. SINCLAIR: *Early Research at the Franklin Institute: The Investigation into the Causes of Steam Boiler Explosions: 1830-1837*. Philadelphia, 1966.
- [35] B. SINCLAIR: *Philadelphia's philosopher mechanics: a history of the Franklin institute 1824-1865*. Baltimore London, Johns Hopkins University Press, 1974.
- [36] C. SMITH: *The Science of Energy: A Cultural History of Energy Physics in Victorian Britain*. Chicago, University of Chicago Press, 1998.
- [37] P. TORRES: *Morality, Foresight, and Human Flourishing: An Introduction to Existential Risks*. Durham, North Carolina, Pitchstone Publishing, 2017.
- [38] P. TORRES: «Existential risks: a philosophical analysis». *Inquiry* 66 (4) (2023), 614–639.
- [39] F. TSAGLIOTI: «Steamy Encounters»: *Bodies & Minds between Explosions & Automation in Early Cybernetics*. Master Thesis, ΕΚΠΑ & ΕΜΠ, 2008.
- [40] A. TURCHIN AND D. DENKENBERGER: «Global catastrophic and existential risks communication scale». *Futures* 102 (2018). Futures of research in catastrophic and existential risk, 27–38.
- [41] A. TYMPAS: «On the Hazardousness of the Concept ‘Technology’: Notes on a Conversation Between the History of Science and the History of Technology». Στο: *Relocating the History of Science: Essays in Honor of Kostas Gavroglu*. 1st edn, Boston Studies in the Philosophy and History of Science, Springer, 2015, 329–342.
- [42] A. TYMPAS: *Calculation and Computation in the Pre-Electronic Era: The Mechanical and Electrical Ages*. History of Computing. London, Springer London, 2017.
- [43] A. TYMPAS AND D. DALOUKA: «Metaphorical Uses of an Electric Power Network: Early Computations of Atomic Particles and Nuclear Reactors». *Metaphorik* 12 (2007), 65–84.
- [44] I. VAN DE POEL, L. E. FRANK, J. HERMANN ET AL. (επιμ.): *Ethics of Socially Disruptive Technologies: An Introduction*. Cambridge, UK, Open Book Publishers, 2023.
- [45] E. VARTZIOTIS, T. VARTZIOTIS, G. DASOULAS ET AL.: «A Systematic Analysis of AI Trends in Environmental Research». In Review. Available at: <https://www.researchsquare.com/article/rs-7138335/v1> (accessed 22 September 2025).
- [46] J. K. WARD: «The Future of an Explosion». *American Heritage of Invention & Technology* 5 (Spring/Summer 1989), 58–63.
- [47] “Network Calculator [:::] Mathematician Par Excellence”, *Westinghouse Engineer* 4 (July 1944), front cover.
- [48] I. R. WINSHIP: «The Decline in Locomotive Boiler Explosions in Britain 1850–1900». *Transactions of the Newcomen Society* 60 (1) (1988), 73–94.
- [49] Ι. ΓΑΡΥΦΑΛΛΟΣ: *Αξιοποιώντας την Ιστοριογραφία των Τεχνολογικών Αντιπαραθέσεων στη Μελέτη της Ιστορίας του Εξηλεκτρισμού: Παρατηρήσεις από την Ελληνική Περίπτωση*. Διπλωματική Εργασία. ΕΚΠΑ, Αθήνα, 2005.
- [50] Γ. ΚΟΚΚΙΝΑΚΗΣ: «Φιλανθρωπία, Τεχνική Εκπαίδευση και Εργατικά Ατυχήματα στον Πειραιά το Τελευταίο Τρίτο του 19ου Αιώνα». *Μνήμων* 21 (1999), 85.

- [51] Κ. Χ. ΛΟΥΚΟΠΟΥΛΟΣ: *Διαμάχη των συστημάτων παραγωγής, διανομής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το διεθνές πλαίσιο. Η Ελληνική περίπτωση*. Διπλωματική Εργασία, ΕΚΠΑ, Αθήνα, 2002.
- [52] Γ. ΡΑΖΕΛΟΣ: «Σκέψεις και Σχέδιον Νόμου περί συστάσεως ειδικής υπηρεσίας δια τον έλεγχον των ατμολεβήτων και μηχανημάτων». *Αρχιμήδης* 11 (1909), 133-135.
- [53] Τ. ΤΥΜΠΑΣ: *Αναλογική Εργασία, Ψηφιακό Κεφάλαιο: Ιστορία των Τεχνολογιών Υπολογισμού και Αυτοματισμού στην Ενέργεια και την Επικοινωνία*. Angelus Novus, 2018.
- [54] Τ. ΤΥΜΠΑΣ: «Τεχνολογία, Καπιταλισμός, Ίστορία: Ό άσιγαστος πόθος μιᾶς τεχνητῆς νοημοσύνης, τὰ συσσωρευόμενα πάθη τῶν πλασμάτων τῆς φύσης». *ΘΕΟΛΟΓΙΑ* 95 (1) (2024), 369–377.