

# Ψηφιακές τεχνολογίες και ψηφιακές εφαρμογές

*Μόρφωση δεν είναι η εκμάθηση διαφόρων πραγμάτων,  
αλλά η εκπαίδευση του νου ώστε να μπορεί να σκέπτεται.*

*Άλμπερτ Αϊνστάιν*

## Εισαγωγή

Στο άκουσμα των ψηφιακών τεχνολογιών, πολλοί εμφανίζονται σκεπτικοί και ορισμένοι εκφράζουν απορία περί τίνος ακριβώς πρόκειται, ενώ ταυτόχρονα δημιουργούνται συνειρμοί για κάτι το φανταστικό και εν πολλοίς απροσδιόριστο! Ωστόσο, αρκεί η απλή επίδειξη ενός έξυπνου κινητού και αμέσως τα... νέφη διαλύονται, ενώ ανοίγονται οι δίαυλοι της επικοινωνίας. Για να είμαστε πιο ακριβείς, οι ψηφιακές τεχνολογίες αποτελούν ολόκληρο φάσμα τεχνολογικών ανακαλύψεων και εφαρμογών, που έχουν ως βάση (μήτρα) τις επιστήμες της μικροηλεκτρονικής, της πληροφορικής, της βιοτεχνολογίας, της βιοϊατρικής, της νανοτεχνολογίας, κ.ά. Σε αυτές θα προσθέσουμε μία ακόμα πολύ σημαντική, που βρίσκεται υπό ανάπτυξη. Πρόκειται για τις κβαντικές τεχνολογίες, οι οποίες προοιωνίζονται νέο άλμα στην τεχνολογική εξέλιξη. Θεωρούμε σκόπιμο και αναγκαίο να δώσουμε εξ αρχής μια επιγραμματική και όσο γίνεται πιο εκλαϊκευτική περιγραφή των κυριότερων χαρακτηριστικών των πιο πάνω επιστημών, πριν περάσουμε αναλυτικά, σε διάφορα πεδία εφαρμογών των ψηφιακών τεχνολογιών, και στις πολύπλευρες οικονομικές, κοινωνικές, πολιτικές και διεθνείς προεκτάσεις τις οποίες σηματοδοτούν η ανάπτυξη και η χρήση τους.

### 1.1. Η μήτρα των ψηφιακών τεχνολογιών

α) *Μικροηλεκτρονική*: Είναι ο κλάδος της ηλεκτρονικής τεχνολογίας που εφαρμόζει τις θεωρίες, τις τεχνικές και πρακτικές μεθόδους των φυσικών επιστημών, για τη δημιουργία μικροηλεκτρονικών διατάξεων, μικροεπεξεργαστών, ενισχυτών, αναλογικών κυκλωμάτων, αισθητήρων, κ.ά., με στόχο την κατασκευή μικρότερων σε κλίμακα, ταχύτερων και πιο ευέλικτων και οικονομικά φθηνότερων ηλεκτρονικών συσκευών. Με λίγα λόγια, η Μικροηλεκτρονική σμικρύνει περισσότερο τις μικροηλεκτρονικές ψιφίδες (chips), δίδοντας στις υπολογιστικές διατάξεις νέες δυνατότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας πληροφοριών. Μέσω εφαρμογών της Μικροηλεκτρονικής, έχουμε την επίτευξη Τεχνητής Νοημοσύνης, Βιοϊατρικής Τεχνολογίας, Νευρωνικών Δικτύων στις Τηλεπικοινωνίες, νέο επίπεδο Αυτοματοποίησης στη Βιομηχανία, στα Αμυντικά Συστήματα, κ.ά.

β) *Πληροφορική*: Είναι η επιστήμη και η τεχνολογία της μελέτης και αξιοποίησης της πληροφορίας. Δηλαδή πώς η πληροφορία δημιουργείται, κωδικοποιείται, μεταφέρεται, μετριέται, χρησιμοποιείται και αποτιμάται. Η πληροφορική συνδέεται ειδικότερα με την επιστήμη των υπολογιστών, διότι η αυτοματοποιημένη υλοποίηση των μεθόδων της, αρχικά βασίστηκε στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και εξακολουθεί να στηρίζεται σε αυτήν. Ωστόσο, επιστημονικά έχει ευρύτερο πεδίο, που δεν περιορίζεται σε συγκεκριμένες τεχνολογικές επιλογές. Σήμερα η Πληροφορική ασχολείται με ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, όπως η ανάπτυξη αλγορίθμων για την αποτελεσματική επίλυση προβλημάτων, η κατασκευή και βελτίωση συστημάτων λογισμικού (software) και υλικού υψηλής απόδοσης (hardware), η ταχεία και ασφαλής διακίνηση πληροφοριών μέσω νέων τηλεπικοινωνιακών δικτύων, η δημιουργία συστημάτων διαχείρισης δεδομένων, κ.ά. Στην ουσία η Πληροφορική, συνδέεται με όλες τις θετικές επιστήμες και ασκεί σημαντικές επιδράσεις στις κοινωνικές επιστήμες, π.χ. φιλοσοφία, ψυχολογία, γλωσσολογία, νομική, πολιτική οικονομία, ΜΜΕ, κ.ά., δεδομένου ότι οι εφαρμογές της καλύπτουν όλους σχεδόν τους τομείς της κοινωνικής ζωής.

γ) *Τηλεματική*: Ο συνδυασμός Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, οδήγησε στη δημιουργία του διεπιστημονικού κλάδου της Τηλεματικής, δια μέσου της οποίας μπορούμε να στείλουμε, να λάβουμε και να αποθηκεύσουμε κάθε είδους πληροφορίες (ακουστικές, οπτικές, εικόνας ή κειμένου), οι οποίες μεταδίδονται μέσω υπολογιστή, τηλεόρασης ή ειδικών συσκευών. Οι τηλεματικές υπηρεσίες καλύπτουν μεγάλο εύρος εφαρμογών. Στο πεδίο π.χ. των επικοινωνιών, έχουμε την τηλε-ομοιοτυπία (fax), την τηλε-κειμενογραφία (teletext), την τηλε-ηχοπληροφορξηση (audiotext), την τηλε-εικονογραφία (videotext), την εικονο-τηλεφωνία (videophone), την τηλε-διάσκεψη (video conference), το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail) κ.ά. Στον κοινωνικό τομέα, έχουμε την τηλεργασία, την τηλεκπαίδευση και την τηλεϊατρική (τηλε-καρδιολογία, τηλε-παθολογία, τηλε-ακτινολο-

γία, κ.λπ.), ως και τις τηλε-χειρουργικές επεμβάσεις, χωρίς ο χειρουργός να βρίσκεται στο χειρουργείο. Στην τηλε-χειρουργική συνδυάζονται στοιχεία της ρομποτικής, της τηλεματικής τεχνολογίας και των πληροφοριακών συστημάτων και αποτελεί τον πλέον εξειδικευμένο κλάδο της τηλεϊατρικής.<sup>1</sup>

Η τηλεματική έχει επίσης μεγάλη εφαρμογή στον *εμπορικό τομέα* και ιδιαίτερα στη διαχείριση στόλων αυτοκινήτων (επιβατηγών, μεταφορικών, ενοικίασης οχημάτων, άμεσης βοήθειας, κ.λπ.)· στον κλάδο αλυσίδων προμηθειών (logistics), ασφαλιστικών εταιρειών (παρακολούθηση κανόνων οδικής ασφάλειας, κλοπής οχημάτων, κατάσταση ευπαθών φορτίων, ενημέρωσης οδηγών για κίνηση στους δρόμους), καθώς και εντοπισμού της θέσης προσώπων και ζώων σε ορισμένη περιοχή, κ.ά.<sup>2</sup> Τέλος, σημαντικός κλάδος εφαρμογών της τηλεματικής είναι η *τηλεμετρία* που επιτρέπει συλλογή και μετάδοση επιστημονικών δεδομένων εξ αποστάσεως, μέσω δορυφόρων ή Ίντερνετ και τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Η τηλεμετρία χρησιμοποιείται για έλεγχο όλων των δικτύων κοινής ωφέλειας, μετάδοση μετεωρολογικών και σεισμολογικών δεδομένων, ενώ στην ιατρική για συλλογή και καταγραφή της φυσικής κατάστασης αθλητών, την παρακολούθηση ζωτικών λειτουργιών ασθενών, κ.ά.<sup>3</sup>

δ) *Νανοτεχνολογία*: Αποτελεί μια νέα προσέγγιση στην κατανόηση και γνώση των ιδιοτήτων της ύλης σε μικροκλίμακα. Ένα νανόμετρο έχει μήκος ενός πολύ μικρού μορίου (ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου). *Τα σωματίδια όσο το μέγεθός τους πλησιάζει το νανόμετρο, αποκτούν τελείως νέες ιδιότητες* (τα μέταλλα γίνονται ημιαγωγοί ή μονωτές). Στο επίπεδο της νανοκλίμακας, αποκαλύπτονται οι διαφορετικές και συχνά καταπληκτικές ιδιότητες της ύλης και γίνονται δυσδιάκριτα τα όρια μεταξύ καθιερωμένων επιστημών και τεχνικών κλάδων. Γι' αυτό και ο χαρακτήρας της νανοτεχνολογίας είναι άκρως διεπιστημονικός.

Το επαναστατικό στοιχείο της νανοτεχνολογίας βρίσκεται στις δυνατότητες και στα πλεονεκτήματα που έχουν οι εφαρμογές της, στις διάφορες μεθόδους βιομηχανικής παραγωγής. *Τα μικρότερα, ελαφρύτερα, ταχύτερα και αποδοτικότερα υλικά, κατασκευαστικά στοιχεία και συστήματα που προσφέρει, είναι δυνατόν να δώσουν λύσεις σε πολλά τρέχοντα προβλήματα, ακόμα και στο πεδίο της ιατρικής. Σε αντίθεση με την ως τώρα ιστορία της τεχνολογίας, η νανοτεχνολογία μπορεί να συνδυάσει την οικονομική ανάπτυξη με τον περιορισμό της ποσότητας υλικών. Στην ουσία οι οικονομίες a la nano έχουν μεγαλύτερη άνεση με μικρότερη δαπάνη υλικών.*<sup>4</sup>

1. Αναλυτικότερα βλ. <https://el.wikipedia.org>, *IST's Media Collection*, Interface Surgical Technologies website. Ανάκτηση: 21/8/2011.

2. Βλ. Θεοδωρίδου Ε. (2009), *Η χρήση της Τηλεματικής στη διαχείριση του στόλου οχημάτων. Έρευνα για την ελληνική αγορά Τηλεματικής*, πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιά.

3. Αναλυτικότερα, βλ. Carden F. (2020), *Telemetry systems engineering*, <https://el.wikipedia.org>

4. *Νανοτεχνολογία: Καινοτομία για τον αυριανό κόσμο*, (2007). Ειδικό Ενημερωτικό Δελτίο της ΕΕ (<http://cordis.europa.eu/nanotechnology/>).

ε) Βιοτεχνολογία και Βιοϊατρική τεχνολογία: Η πρώτη έχει σχέση με την τεχνολογία των βιολογικών διεργασιών και τη χρήση κυρίως μικροοργανισμών (π.χ. ένζυμα) στην παραγωγή χρήσιμων προϊόντων, ενώ η δεύτερη με τεχνολογίες διάγνωσης και θεραπείας ασθενειών. Η πρώτη εφαρμόζεται στις επιστήμες της υγείας, στη διατροφή του ανθρώπου, στην προστασία του περιβάλλοντος (π.χ. διαχείριση αποβλήτων), στη γεωργία, στην κτηνοτροφία, στη βιομηχανία, κ.ά.<sup>5</sup> Στο πεδίο της υγείας (ως κόκκινη βιοτεχνολογία), εστιάζει στην έρευνα για την ανακάλυψη και παραγωγή νέων τρόπων διάγνωσης ασθενειών και εξατομικευμένων θεραπειών. Στο πεδίο της γεωπονίας (πράσινη βιοτεχνολογία), εστιάζει στη διαχείριση του γενετικού υλικού για δημιουργία διαγονιδιακών οργανισμών (π.χ. ΓΤΟ). Στο πεδίο της κτηνοτροφίας (βιοτεχνολογία αναπαραγωγής) στον ελεγχόμενο πολλαπλασιασμό παραγωγικών ζώων, ενώ στο πεδίο της βιομηχανίας (λευκή βιοτεχνολογία) στον σχεδιασμό εγκαταστάσεων παραγωγής προϊόντων, συνδυάζοντας γνώσεις μικροβιολογίας, βιοχημικής μηχανικής και ενζυμομηχανικής για την παραγωγή πολλών ειδών διατροφής. Η βιοτεχνολογία και η βιοϊατρική τεχνολογία συχνά αποκαλούνται και γενετική μηχανική.<sup>6</sup> Ειδικότερα η βιοϊατρική τεχνολογία έχει, όπως προαναφέρθηκε, ως κύριο πεδίο την ανάπτυξη τεχνολογιών διάγνωσης, πρόληψης και θεραπείας ασθενειών, την ανάπτυξη νέων υλικών, κ.ά., ενώ η γενετική μηχανική έχει στενή σχέση με τη μοριακή βιολογία που μελετά τη λειτουργία των κυττάρων (DNA, κ.ά.), καθώς και τη μοριακή ιατρική, που επιδιώκει τη δημιουργία νέων φαρμάκων και θεραπειών και ειδικότερα γονιδιακών θεραπειών, κ.ά.<sup>7</sup>

στ) Τέλος, οι κβαντικές τεχνολογίες παρότι δεν συγκαταλέγονται στη μήτρα των ψηφιακών τεχνολογιών, ωστόσο αποτελούν τη μήτρα μελλοντικών τεχνολογιών που ενδεχομένως να υπερβούν ή να συνδυαστούν με τις ψηφιακές τεχνολογίες. Μια τέτοια εξέλιξη, όσο παράδοξη κι αν φαίνεται, δεν κινείται στη σφαίρα της φαντασίας. Επιγραμματικά σημειώνουμε ότι τα κβαντικά φαινόμενα είναι από καιρό γνωστά στην επιστήμη (ανακαλύψεις του Μαξ Πλανκ στις αρχές του 20ού αιώνα). Ωστόσο, αυτό που γίνεται σήμερα με τις κβαντικές τεχνολογίες είναι κάτι διαφορετικό. Όπως σημειώνουν ειδικοί,<sup>8</sup> αν νωρίτερα είχαμε ολόκληρα σύνολα κβαντικών σωματιδίων, τώρα οι άνθρωποι έχουν μάθει να χειρίζονται μεμονωμένα άτομα, φωτόνια και ιόντα... Χάρη σε αυτό το τεχνολογικό άλμα προσεγγίσαμε τη δεύτερη κβαντική επανάσταση.

5. Βλ. Γιόβας Δ. (1988), Προβλήματα και προοπτικές της Βιοτεχνολογίας, *Επιστημονική Σκέψη*, τεύχος 41, Αθήνα, σελ. 64-68.

6. Βλ. Αργυροκαστρίτης Α., Γενετική Μηχανική. Ένα ελπιδοφόρο και προβληματικό μέλος στην οικογένεια της βιοτεχνολογίας, *Επιστημονική Σκέψη*, τεύχ. 39, Αθήνα 1988, σελ. 84-88.

7. Βλ. Αλεξόπουλος Λ., *Η επιστήμη της Βιοϊατρικής Τεχνολογίας σήμερα*, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, (<https://ocw.aoc.ntua.gr/modules>).

8. Σεργκέι Κούλικ (καθηγητής ηλεκτρονικής κβαντικής στο Κρατικό Πανεπιστήμιο της Μόσχας), Η κβαντική τεχνολογική επανάσταση ξεκίνησε!, *Russia Today*, 7 Ιουλίου 2019 (<https://tvxs.gr/news/sci-tech/i-kbantiki-technologiki-epanastasi>).

Ο κβαντικός υπολογιστής που βρίσκεται καθ' οδόν δεν θα έχει καμία σχέση με τους σημερινούς υπολογιστές, ανεξαρτήτως μορφής (laptop, tablet ή σταθερούς). Ένας κβαντικός υπολογιστής είναι συνεπεξεργαστής στον υπολογιστικό πυρήνα ενός κλασικού υπολογιστή. Θα πρόκειται για συνδυαστική επεξεργασία. Μέχρι τώρα δεν υπάρχει οπτικοποιημένη εκδοχή ενός κβαντικού υπολογιστή. Για να κατανοηθεί η διαφορά ενός ψηφιακού και ενός κβαντικού υπολογιστή, αρκεί να αναφέρουμε ότι ο τελευταίος μπορεί να επεξεργάζεται με απίστευτη ταχύτητα έναν τεράστιο όγκο δεδομένων, που σύμφωνα με εκτιμήσεις ο ψηφιακός υπολογιστής θα χρειαζόταν 10 χιλιάδες χρόνια (!), ενώ ο κβαντικός υπολογιστής θα χρειάζεται 3-4 λεπτά της ώρας!<sup>9</sup>

Οι κβαντικές τεχνολογίες υπόσχονται μια τεράστια αλλαγή στην ψηφιακή ζωή. Η κβαντική φυσική μπορεί να αλλάξει την ασφάλεια των υπολογιστών για πάντα. Το επόμενο βήμα θα είναι το κβαντικό ίντερνετ, όπου τα μηνύματα θα στέλνονται μέσω μερικών φωτονίων. Οποιαδήποτε προσπάθεια αποκλοπής των επικοινωνιών θα ανιχνεύεται αμέσως. «Τα δεδομένα θα προστατεύονται, όσον αφορά στις οικονομικές συναλλαγές, αλλά και τα δεδομένα στη σφαίρα της υγείας. Επίσης θα υπάρχουν σημαντικά οφέλη στον τομέα της άμυνας και της ασφάλειας, στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, στα δίκτυα μεταφοράς κ.ά.»<sup>10</sup> Η εξαιρετική ασφάλεια είναι μία από τις καινοτομίες που προκύπτουν από τις κβαντικές τεχνολογίες, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στην ανάπτυξη των αποκαλούμενων γεννητριών τυχαίων αριθμών, οι οποίες παράγουν απόλυτα τυχαίους αριθμούς που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ασφαλή κλειδιά κρυπτογράφησης που κανένας χάκερ δεν θα μπορεί να σπάσει.

Τα πλεονεκτήματα της κβαντικής τεχνολογίας εκδηλώνονται επίσης στην ασφάλεια τηλεπικοινωνιών. Ένα κβαντικό τηλεφώνημα δεν μπορεί να παγιδευτεί. Οι κβαντικές επικοινωνίες μπορούν να διασφαλίσουν την απόλυτη εμπιστευτικότητα. Επίσης η κβαντική τεχνολογία θα καταστήσει τον κωδικό PIN μιας τραπεζικής κάρτας ουσιαστικά απρόσβλητο, ενώ θα επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό τις υπηρεσίες και τα συστήματα ασφαλείας στο τραπεζικό σύστημα. Τα κβαντικά κρυπτογραφικά συστήματα δεν θα μπορούν να «σπάσουν» ακόμα και με κβαντική τεχνολογία. Η πληροφορία θα είναι απολύτως προστατευμένη. Η κβαντική τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει και στην εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης, παρότι το ζήτημα είναι από τα πλέον αμφιλεγόμενα. Οι κβαντικές τεχνολογίες βρίσκονται «εν τη γενέσει τους» και υπόσχονται πολλές εκπλήξεις, υπενθυμίζοντας τη γνωστή ρήση του Ηράκλειτου... «τα πάντα ρει!»

9. Τούτο, διότι οι ψηφιακοί υπολογιστές αναπαριστούν, αποθηκεύουν και επεξεργάζονται πληροφορίες με μορφή bit (δύο δυαδικά στοιχεία 0 και 1 που αντιστοιχούν σε χαμηλή και υψηλή στάθμη ηλεκτρικής τάσης), ενώ σε ένα κβαντικό υπολογιστή οι πληροφορίες είναι σε μορφή qubit. Αναλυτικότερα, βλ. Μανουσέλης Σ., Το μυστήριο του κβαντικού υπολογιστή, *Η Εφημερίδα των Συντακτών*, Επιστήμη, 5-6/10/2019.

10. <http://physics4u.gr/blog/3/8/2019>.

Πριν κλείσουμε αυτό το εισαγωγικό μέρος, κρίνουμε αναγκαίο να σημειώσουμε ότι οι επιστημονικοί κλάδοι που συνδέονται με τις ψηφιακές τεχνολογίες, δεν εξαπλώνονται στους πιο πάνω επιστημονικούς τομείς, αλλά αφορούν και άλλα πεδία, όπως τις φωτονικές τεχνολογίες, την επιστήμη των υλικών, κ.ά., που συνδέονται στενά με την ανάπτυξη των ψηφιακών τεχνολογιών. Γι' αυτό θεωρούμε χρήσιμο να κάνουμε μια σύντομη αναφορά και σε αυτές, όπως επίσης και στην τεχνολογία blockchain και στους αλγόριθμους, των οποίων η εξ αρχής διασαφήνιση θα διευκολύνει την κατανόηση των ψηφιακών εφαρμογών στην πορεία της ανάλυσης.

ζ) Ειδικότερα, *Φωτονική* ονομάζεται ο κλάδος των επιστημών και της τεχνολογίας που ασχολείται με την δημιουργία, τον έλεγχο και ανίχνευση των φωτονίων, ιδιαίτερα στην περιοχή του ορατού φωτός και στο κοντινό υπέρυθρο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.<sup>11</sup> Δηλαδή, θα λέγαμε ότι η Φωτονική είναι η επιστήμη του φωτός. Τα χαρακτηριστικά των κυμάτων και τα φωτόνια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξερευνήσουμε το σύμπαν, να θεραπεύσουμε ασθένειες, κ.ά. Οι επιστήμονες μελετούν το φως εδώ και εκατοντάδες χρόνια. Τα χρώματα του ουράνιου τόξου είναι μόνο ένα μικρό μέρος του συνολικού φάσματος του φωτός, που ονομάζεται ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Η Φωτονική διερευνά ένα ευρύ φάσμα μικρών κύματος, από τις ακτίνες-γάμμα στο ραδιόφωνο, ως τις ακτινογραφίες και το υπέρυθρο φως.

Ακόμα κι αν δεν μπορούμε να δούμε ολόκληρο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, ορατά και αόρατα κύματα φωτός είναι μέρος της καθημερινής ζωής μας. Η Φωτονική είναι παντού και υποστηρίζει τεχνολογίες της καθημερινής ζωής. Από τα smartphones και τους φορητούς υπολογιστές, το Internet, ως και την τεχνολογία φωτισμού. Επίσης, συνδέεται με καταναλωτικά ηλεκτρονικά προϊόντα (σαρωτές bar-code, συσκευές αναπαραγωγής DVD, τηλεχειριστήρια τηλεοράσεων), την υγεία (οφθαλμικές επεμβάσεις, ιατρικά εργαλεία), τη μεταποιητική βιομηχανία (κοπή με λέιζερ και μεταλλοτεχνία), την άμυνα και την ασφάλεια (υπέρυθρες κάμερες, τηλεπισκόπηση), την ψυχαγωγία (ολογραφία, παραστάσεις με λέιζερ), κ.λπ. Εκτιμάται ότι οι εξελίξεις στον 21ο αιώνα θα επηρεαστούν σε μεγάλο βαθμό από τη φωτονική, όσο και ο 20ός αιώνας επηρεάστηκε από την ηλεκτρονική.

η) Όσο για τα λεγόμενα *Νέα Υλικά* θεωρούνται ότι αποτελούν μια απ' τις βασικότερες τεχνολογίες αιχμής της σύγχρονης εποχής. Θα μπορούσαμε να θέσουμε ως απαρχή της επιστήμης των υλικών τους Έωνες ατομικούς φιλοσόφους, οι οποίοι φαίνεται πως έφθασαν στην ατομική θεωρία με την κατανόηση ότι η ταυτότητα και η ποσότητα του υλικού παραμένει αναλλοίωτη μετά από μια σειρά διαδοχικών μετασχηματισμών, όπως π.χ. η τήξη, η πήξη, η εξάτμιση, η συμπύκνωση.<sup>12</sup> Στη σύγχρονη εποχή η επιστήμη και τεχνολογία των υλικών διερευνά

11. Αναλυτικότερα βλ. <https://el.wikipedia.org>

12. Βλ. Λιαροκάπης Θ. - Κουρούκλης Γ. , Τεχνολογικά υλικά. Επιστήμη και εφαρμογές, *Επιστημονική Σκέψη*, τεύχ. 39, Αθήνα 1988, σελ. 89-95.



τις σχέσεις μεταξύ της δομής και ιδιοτήτων των υλικών (θερμικές, ηλεκτρικές, χημικές, μαγνητικές, οπτικές, μηχανικές, κ.ά. ιδιότητες), προκειμένου να σχεδιαστούν νέα υλικά που παρέχουν την ευχέρεια παραγωγής νέων προϊόντων.

Τα υλικά με τη σειρά τους χωρίζονται γενικά σε δύο κατηγορίες, τα κρυσταλλικά και τα άμορφα. Τυπικά παραδείγματα υλικών είναι τα μέταλλα, οι ημιαγωγοί, τα κεραμικά και τα πολυμερή. Τα σύγχρονα προηγμένα υλικά συμπεριλαμβάνουν τα νανοϋλικά, τα βιοϋλικά κ.ά. Για παράδειγμα οι ημιαγωγοί, τα μέταλλα, τα κεραμικά, χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σύνθετων συστημάτων, όπως τα ολοκληρωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα, οι οπτο-ηλεκτρονικές συσκευές, τα μαγνητικά και οπτικά μέσα μαζικής αποθήκευσης κ.λπ. και αποτελούν τη βάση της σύγχρονης τεχνολογίας και επομένως η έρευνα σε αυτά τα υλικά είναι ζωτικής σημασίας. Η έρευνα στην επιστήμη και τεχνολογία των υλικών είναι ραγδαία και διεξάγεται σε πολλά και διαφορετικά πεδία.<sup>13</sup>

θ) Σε ό,τι αφορά στην τεχνολογία *Blockchain* δυστυχώς δεν υπάρχει μια ελληνική λέξη που να αποδίδει το εννοιολογικό της περιεχόμενο. Περιφραστικά θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως τεχνολογική αλυσίδα στοιχείων ή διανεμημένη βάση δεδομένων ή ιεραρχική αλυσίδα ομαδοποιημένων συναλλαγών. Με άλλα λόγια, το *Blockchain* θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένα δημόσιο ψηφιακό λογιστικό βιβλίο, στο οποίο καταγράφονται όλες οι συναλλαγές που έχουν εκτελεστεί από όλους τους χρήστες, σε μια συγκεκριμένη σειρά συναλλαγών. Στη γλώσσα των υπολογιστών, το *blockchain* ανήκει στην κατηγορία των δικτύων με τον τίτλο δίκτυο ομότιμων κόμβων.<sup>14</sup> Όλα ξεκινούν από την πρώτη συναλλαγή, το λεγόμενο *genesis block*. Πάνω σε αυτό το πρώτο μπλοκ προστίθενται από τους *miners* (συμμετέχοντες) σε γραμμική χρονολογική σειρά, όλες οι επόμενες σειρές με λογική παζλ. Δηλαδή κάθε μπλοκ συνδέεται άρρηκτα με το προηγούμενο, ώστε να μη μπορεί να παρεμβληθεί ένα ενδιάμεσο και να μη μπορεί να μεταβληθεί η αλυσίδα. Η αλυσίδα αυτή αποτελεί κοινή και καθολικά αποδεκτή βάση δεδομένων, που εξυπηρετείται από χιλιάδες ηλεκτρονικούς υπολογιστές ταυτόχρονα, ώστε να είναι άμεσα προσβάσιμη σε όλους στο Διαδίκτυο, την ίδια χρονική στιγμή. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας, δηλαδή το ότι δεν υπάρχει αποθήκευση σε μια μόνο κεντρική τοποθεσία, καθιστά τις κοινοποιήσεις δημόσιες, επαληθεύσιμες και μέχρι σήμερα αναλλοίωτες από κυβερνο-επιθέσεις.

13. Αναλυτικότερα βλ. <https://el.wikipedia.org>

14. Αναλυτικότερα, βλ. *Είναι το blockchain τόσο επαναστατικό; Ειδική έρευνα ΑΠΕ-ΜΠΕ*. <https://www.euractiv.gr>, 15/7/2019. Για τις ανάγκες της έρευνας μίλησαν στη δημοσιογράφο Αλεξάνδρα Γούτα οι: Φωτεινή Μπαλδιδιτσά, κρυπτογράφος, επίκουρος καθηγήτρια στο Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών του Πανεπιστημίου George Mason (ΗΠΑ), Άγγελος Κιαγιάς, κρυπτογράφος, καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου (Ηνωμένο Βασίλειο), Κωνσταντίνος Βότης, ερευνητής, εμπειρογνώμονας του Blockchain Observatory and Forum της ΕΕ, Σωτήρης Θεοφάνης, πρόεδρος του Οργανισμού Λιμένος Θεσσαλονίκης (ΟΛΘ) και Τάσος Τζήκας, πρόεδρος της Τεχνόπολης Θεσσαλονίκης και επίτιμος πρόεδρος του Συνδέσμου Επιχειρήσεων Πληροφορικής Ελλάδος (ΣΕΠΕ).

Η τεχνολογία blockchain προσφέρει μεγάλες δυνατότητες στην ασφαλή οργάνωση δεδομένων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων, χωρίς να χρειάζεται κάποιος να εμπιστευθεί κάποιον ενδιάμεσο. Κάθε είδους συναλλαγή θεωρείται πλήρως επαληθεύσιμη ως προς την αξιοπιστία της και την ταυτότητα του χρήστη. Με απλά λόγια, το blockchain διασφαλίζει υψηλή αξιοπιστία και διαφάνεια και μεγαλύτερη ευκολία στις συναλλαγές, αφού μειώνεται αισθητά ο χρόνος και ο αριθμός των εγγράφων που απαιτούνται για μια συναλλαγή και προφανώς η χρήση του μπορεί να συμβάλει αποφασιστικά στον ψηφιακό μετασχηματισμό τους. Δεν είναι τυχαίο που η πρώτη ιστορικά εφαρμογή του blockchain πραγματοποιήθηκε στον χώρο των ψηφιακών νομισμάτων.

Οι τομείς με τη μεγαλύτερη προοπτική ανάπτυξης εφαρμογών της blockchain τεχνολογίας είναι: 1) η εφοδιαστική αλυσίδα, 2) η ενέργεια, 3) η υγεία και η φαρμακοβιομηχανία, 4) το Ίντερνετ Πραγμάτων, 5) τα αυτόνομα αυτοκίνητα και γενικά τα αυτοκίνητα, 6) οι χρηματοοικονομικές συναλλαγές και ιδιαίτερα τα κρυπτονομίσματα, 7) η ηλεκτρονική διακυβέρνηση κ.ά. Ένα πρόβλημα, ωστόσο, που πρέπει να επισημανθεί και βάζει ως ένα βαθμό φρένο στην ανάπτυξή του, είναι ότι η πολύ ισχυρή υπολογιστική του ισχύς, απαιτεί μεγάλες ποσότητες ενέργειας με ανάλογο κόστος και ανάλογες προεκτάσεις στο περιβάλλον και στην κλιματική αλλαγή. Χρειάζεται κατά συνέπεια να βρεθούν ολοκληρωμένες λύσεις. Γενικά, ωστόσο, θεωρείται μια ανερχόμενη τεχνολογία και ορισμένοι της δίνουν προοπτική ισάξια του Internet.

1) Τέλος, σχετικά με τους *αλγόριθμους*, οι οποίοι θα βρίσκονται συνεχώς μπροστά μας. Η έννοια του αλγόριθμου σηματοδοτεί μια συγκεκριμένη σειρά ενεργειών, αυστηρά καθορισμένων και εκτελέσιμων σε συγκεκριμένο χρόνο, που στοχεύουν στην επίλυση ενός προβλήματος. Πιο απλά, *αλγόριθμο ονομάζουμε μία σειρά από εντολές που έχουν αρχή, μέση και τέλος, είναι σαφείς και έχουν σκοπό την επίλυση κάποιου προβλήματος*. Η θεωρία των αλγορίθμων έχει μεγάλη παράδοση και η ηλικία μερικών από αυτούς, αριθμεί χιλιάδες χρόνια, όπως για παράδειγμα ο αλγόριθμος του Ευκλείδη για την εύρεση του μέγιστου κοινού διαιρέτη δύο αριθμών. Η λέξη αλγόριθμος προέρχεται από τη μελέτη του Πέρση μαθηματικού Μοχάμεντ Ιμπν Μουσά αλ-Χουαρίζμι,<sup>15</sup> η οποία περιείχε

---

15. Η λέξη αλγόριθμος (algorithm) προέρχεται από μελέτη του Πέρση μαθηματικού Abu Jafar Mohammed ibn Musa al Khwarizmi, που έζησε περί το 825 μ.Χ. Πέντε αιώνες αργότερα η μελέτη αυτή μεταφράστηκε στα λατινικά και άρχισε με την ελληνογενή φράση *Algoritmi dixit...* (ο αλγόριθμος λέει). Η μελέτη του αλ-Χουαρίζμι υπήρξε η πρώτη πλήρης πραγματεία της άλγεβρας (ο όρος προέρχεται από το αραβικό al-jabr=αποκατάσταση), γιατί ένας από τους σκοπούς της άλγεβρας είναι και η αποκατάσταση της ισότητας μέσα σε μια εξίσωση. Ο όρος αλγόριθμος επέζησε επί χίλια χρόνια ως σπάνιος όρος, που σήμαινε κάτι σαν συστηματική διαδικασία αριθμητικών χειρισμών. Τη σημερινή του αξία απόκτησε από τις αρχές του 20ού αιώνα, με την ανάπτυξη της ομώνυμης θεωρίας των αλγορίθμων και φυσικά με την επικαιρότητα των ηλεκτρονικών υπολογιστών (<http://ebooks.edu.gr/>).



συστηματικές τυποποιημένες λύσεις αλγεβρικών προβλημάτων και ήταν ίσως η πρώτη πλήρης πραγματεία της Άλγεβρας. Σήμερα οι περισσότεροι από τους αλγορίθμους που συνήθως εξετάζονται στα σχετικά βιβλία, έχουν προταθεί τα τελευταία 25 χρόνια, όση δηλαδή είναι περίπου και η ηλικία της Πληροφορικής.

Η δημιουργία ενός αλγορίθμου έχει πέντε βήματα. Η διατύπωση του προβλήματος, η κατανόησή του, η λύση του, η διατύπωσή της και ο έλεγχός της. Όσο για την αναπαράσταση του αλγορίθμου, μπορεί να γίνει με τέσσερις τρόπους. Με μορφή ελευθέρου κειμένου, με διάγραμμα ροής (γραφική παρουσίαση), με φυσική γλώσσα που εκτελείται κατά βήματα και με κωδικοποίηση σε γλώσσα προγραμματισμού H/Y. Η τελευταία σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο που οι υπολογιστές επεξεργάζονται τα δεδομένα και παράγουν πληροφορίες. Ένα πρόγραμμα υπολογιστών είναι ουσιαστικά ένας αλγόριθμος, που λέει στον υπολογιστή ποια συγκεκριμένα βήματα πρέπει να εκτελέσει. Κατά συνέπεια, «*ένας αλγόριθμος μπορεί να θεωρηθεί οποιαδήποτε ακολουθία εντολών που μπορεί να εκτελεσθεί από μια υπολογιστική μηχανή*». Αυτός ο ορισμός δόθηκε από τον Άλαν Τούρινγκ.<sup>16</sup> Η ανάλυση και η μελέτη των αλγορίθμων είναι ένας τομέας της επιστήμης της Πληροφορικής και ασκείται συνήθως αφαιρετικά (χωρίς τη χρήση μιας συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού ή άλλης εφαρμογής).<sup>17</sup>

Υπάρχει ποικιλία αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση και καθένας έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ο αλγοριθμικός τομέας αποτελείται από δύο θεμελιώδεις συνιστώσες. Την εργασία διατύπωσης του καθαρού μαθηματικού πυρήνα του προβλήματος και κατόπιν την εργασία προσδιορισμού της κατάλληλης τεχνικής σχεδιασμού των αλγορίθμων με βάση τη δομή του προβλήματος. Αυτές οι δύο συνιστώσες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Έτσι, στην πιο αποδοτική μορφή τους, οι αλγοριθμικές ιδέες δεν παρέχουν απλώς λύσεις σε ξεκάθαρα διατυπωμένα προβλήματα, αλλά σχηματίζουν την ανάλογη γλώσσα που μας επιτρέπει να εκφράσουμε τις υποκείμενες ερωτήσεις.<sup>18</sup> Άλλωστε, και για τον συγγραφέα, η συγγραφή του παρόντος βιβλίου ήταν κατά κάποιο τρόπο εφαρμογή ενός ιδιότυπου συγγραφικού αλγορίθμου!

16. Άλαν Τούρινγκ (Alan Turing, 1912-1954), Άγγλος μαθηματικός, κρυπτογράφος και θεωρητικός βιολόγος. Θεωρείται πατέρας της επιστήμης των υπολογιστών, χάρη στη μεγάλη συνεισφορά του στο πεδίο της θεωρίας του υπολογισμού, αλλά και της τεχνητής νοημοσύνης. Η Μηχανή Τούρινγκ είναι μια υποθετική συσκευή, η οποία χειρίζεται σύμβολα σύμφωνα με ένα σύνολο κανόνων. Παρά την απλότητά της, η Μηχανή Τούρινγκ μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να προσομοιώνει τη λογική οποιαδήποτε αλγορίθμου και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στο να εξηγή τις λειτουργίες μιας κεντρικής μονάδας επεξεργασίας στο εσωτερικό του υπολογιστή. Η Μηχανή Τούρινγκ που εφευρέθηκε από τον Άλαν Τούρινγκ το 1936, βοηθά τους επιστήμονες να καταλάβουν τα όρια του μηχανικού υπολογισμού. Αναλυτικότερα βλ. <https://el.wikipedia.org>, καθώς και Caffentzis G. (2012), *Η Εργασία, η Ενέργεια, η Κρίση και το τέλος του Κόσμου*, εκδ. Αρχείο-71, σελ. 297-315.

17. <https://el.wikipedia.org>

18. Γκαβογιάννης Λ. – Νικολάου Γ. (2017), *Αλγόριθμοι Εύρεσης Διαδρομής*, ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΤ, Πειραιάς.

Η εφαρμογή των αλγορίθμων γίνεται σε διάφορες εφαρμογές, όπως στα δίκτυα, την τεχνητή νοημοσύνη, τα ρομποτικά συστήματα, στις blockchain τεχνολογίες και σε άλλες ψηφιακές εφαρμογές. Ειδικότερα στο πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης η δυνατότητα των υπολογιστών να «βλέπουν» αποτελεί οπωσδήποτε σημαντικό επίτευγμα.<sup>19</sup> Οι αλγόριθμοι ανάλυσης εικόνας μπορούν να αναγνωρίσουν τις οντότητες που απεικονίζονται σε μία εικόνα ή ένα βίντεο, με μεγάλη ακρίβεια και ταχύτητα. Ο αλγόριθμος μπορεί επίσης να αναγνωρίσει την κατάσταση που απεικονίζεται ή υπονοείται σε ένα χώρο, όπως π.χ. ένα αθλητικό γεγονός, μία επαγγελματική συνάντηση ή μια συγκέντρωση σε πλατεία κ.λπ.

Επίσης στη λειτουργία των ρομπότ έχουμε αλγόριθμους υψηλού επιπέδου, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για το «πάντρεμα» όλων των λειτουργιών του ρομπότ. Σε αυτό το επίπεδο το λογισμικό λαμβάνει πληροφορίες, όπως π.χ. τη θέση και την ταχύτητα του ρομπότ ή πληροφορίες μέσω εικόνας και ήχου και κατόπιν αποφασίζει, βάσει κάποιων κανόνων ελέγχου και αλγορίθμων, πώς το ρομπότ θα κινηθεί. Σε αυτό το επίπεδο περιλαμβάνεται επίσης το λογισμικό για τη χαρτογράφηση του περιβάλλοντος χώρου, την εύρεση των εμποδίων, τη σύνθεση όλων των πληροφοριών των αισθητήρων και τον σχεδιασμό της τροχιάς που θα ακολουθήσει το ρομπότ. Στη συνέχεια, θα έχουμε την ευκαιρία να δούμε πολλές και ποικίλες εφαρμογές των αλγορίθμων, στα ρομπότ, την τεχνητή νοημοσύνη και σε πολλά θαυμαστά πράγματα του κόσμου των ψηφιακών τεχνολογιών!

## 1.2. Ψηφιακές Τεχνολογίες ως «προάγγελος» κοινωνικών αλλαγών

*Ω, αναρωπιέμαι! Πόσα θεϊκά πλάσματα υπάρχουν εδώ!  
Πόσο όμορφη είναι η ανθρωπότητα!  
Δεν είναι θαυμαστός ο νέος κόσμος που έχει τέτοιους ανθρώπους;  
Aldous Huxley, Θαυμαστός καινούριος κόσμος*

Οι ψηφιακές τεχνολογίες με τις θεαματικές εφαρμογές και τις μεγάλες υποσχέσεις, επηρεάζουν σε αυξανόμενη κλίμακα όλες τις σφαίρες της οικονομικής, κοινωνικής και πολιτικής ζωής και ασκούν σοβαρές επιδράσεις στο πεδίο της απασχόλησης, των εργασιακών σχέσεων, των κοινωνικών και πολιτικών δικαιωμάτων, στις διεθνείς σχέσεις και την καθημερινότητα των ανθρώπων. Δεν είναι τυχαίο που πολλοί προσδίδουν στις ψηφιακές τεχνολογίες όπως ήδη αναφέραμε, τον χαρακτηρισμό της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης,<sup>20</sup> ή Νέας

19. <http://www.athinodromio.gr>

20. Βλ. Schwab K. (2016), The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond, World Economic Forum Davos, <https://www.weforum.org/agenda>, 14/1/2016.

Βιομηχανικής Επανάστασης,<sup>21</sup> ή Τεχνολογικής Επανάστασης,<sup>22</sup> με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Σε κάθε περίπτωση, πρόκειται, όπως θα δούμε στη συνέχεια, για σημαντικό γεγονός στην ανάπτυξη των παραγωγικών δυνάμεων, που επηρεάζουν άμεσα το σύνολο των κοινωνικών σχέσεων.

Όπως σημειώνουν αναλυτές του κυρίαρχου (νεοφιλελεύθερου) ρεύματος οικονομικής σκέψης, «βρισκόμαστε στην αυγή μιας εποχής δικτυακής ευφυΐας, μιας εποχής που δίνει γέννηση σε μια νέα οικονομία, σε μια νέα πολιτική και μια νέα κοινωνία. Οι επιχειρήσεις θα μεταμορφωθούν, οι κυβερνήσεις θα ανανεωθούν και τα άτομα θα έχουν τη δυνατότητα να ανακαλύψουν τους εαυτούς τους για άλλη μια φορά – όλα αυτά με τη βοήθεια της νέας τεχνολογίας της πληροφορικής. Υπάρχει μια μεγάλη υπόσχεση αλλά και νέοι κίνδυνοι. Η σκοτεινή πλευρά κρατά για τον εαυτό της τη δυνατότητα μιας αυστηρής κοινωνικής στρωματοποίησης, μιας χωρίς προηγούμενο καταπάτησης της ιδιωτικής ζωής και συναφών δικαιωμάτων, με διαρθρωτική ανεργία, μαζικό κοινωνικό αποκλεισμό και σύγκρουση»!<sup>23</sup>

Η ανάπτυξη των ψηφιακών τεχνολογιών, δεν εκπέμπει μόνο... «υποσχέσεις» για ένα καλύτερο μέλλον, αλλά και... «δυστοπίες»,<sup>24</sup> που μοιραία φέρνουν στο προσκήνιο, το γνωστό βιβλίο του Άλντους Χάξλεϋ που γράφτηκε το 1932 και χλευάζει με ένα ιδιόμορφο τρόπο, τις απαισιόδοξες προοπτικές της κοινωνίας του '30, με βάση τις εμπειρίες της «δεύτερης βιομηχανικής επανάστασης» και τις εφαρμογές του «φορντικού-τεϋλορικού» μοντέλου οργάνωσης της εργασίας. Θα εξετάσουμε συνοπτικά τις σημαντικότερες εν εξελίξει ψηφιακές τεχνολογίες και στο τέλος θα προβληματιστούμε στα διαφαινόμενα «εναλλακτικά μέλλοντα», με τις «δυστοπίες» και τις «ουτοπίες» που τροφοδοτούν, αλλά και τις «εν δυνάμει» ελπιδοφόρες προοπτικές που σηματοδοτούν!

21. Βλ. Bodrunov S. – Galbraith J.K. (2017), *New Industrial Revolution and Inequality Issues*, Μόσχα.

22. Βλ. Παυλόπουλος Π. (2019), *Από τη Βιομηχανική Επανάσταση στην Τεχνολογική. Στον αστερισμό ενός αβέβαιου μέλλοντος*, εκδ. Gutenberg, Αθήνα.

23. Βλ. Tapscott D. (2000), *Η Ψηφιακή Οικονομία, Υποσχέσεις και κίνδυνοι στην εποχή της Δικτυακής Ευφυΐας*, εκδ. Leader Books, Αθήνα, σελ. 18.

24. «Δυστοπία» (από το ελληνικό *δυσ* και *τόπος*) ονομάζεται μια κοινωνική κατάσταση που είναι ανεπιθύμητη ή τρομακτική. Πρόκειται για το αντίθετο της «ουτοπίας», η οποία είναι το υπόδειγμα μιας ιδανικής κοινωνίας, χωρίς φτώχεια, κοινωνική αδικία, εγκληματικότητα, κ.ά. Οι δυστοπικές κοινωνίες εμφανίζονται σε πολλά καλλιτεχνικά και λογοτεχνικά έργα και σε ιστορίες για τη μελλοντική εξέλιξη της ανθρωπότητας, οι οποίες χαρακτηρίζονται από απανθρωπισμό, περιβαλλοντική καταστροφή ή άλλα παρακμιακά χαρακτηριστικά, που σηματοδοτούν μια απαισιόδοξη προοπτική για το μέλλον!

### 1.2.1. Ρομποτική (Robotics)

Η Ρομποτική είναι κλάδος της Μηχανοηλεκτρονικής που έχει ως αντικείμενο τη μελέτη, τον σχεδιασμό και τη λειτουργία των ρομπότ (robots), καθώς και τις έρευνες για την περαιτέρω ανάπτυξή τους. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Ρομπότ των ΗΠΑ, «τα ρομπότ είναι μια επανα-προγραμματιζόμενη πολυ-λειτουργική χειριστική διάταξη, σχεδιασμένη για τη μετακίνηση υλικών εξαρτημάτων, εργαλείων, εξειδικευμένων διατάξεων, μέσω μεταβλητών προγραμματισμένων κινήσεων, για την εκτέλεση μιας σειράς εργασιών».<sup>25</sup> Ένα ρομπότ συγκροτείται από δύο συστήματα. Το *μηχανικό μέρος* (σύστημα κίνησης) και το *ηλεκτρονικό μέρος* (όπου υπάγεται η επανα-προγραμματιζόμενη μνήμη του).

Τα ρομπότ, ανάλογα με την εξέλιξή τους, διακρίνονται σε τρεις γενιές.<sup>26</sup> Στην *πρώτη γενιά* κατατάσσονται τα ρομπότ με *περιορισμένη ευελιξία που διευθύνονται από τον άνθρωπο*, όπως για παράδειγμα οι απλοί χειριστές για μετακίνηση επικίνδυνων αντικειμένων (π.χ. ραδιενεργών υλικών). Στη *δεύτερη γενιά* κατατάσσονται αυτά που συνήθως εκτελούν απλές και δομικά επαναλαμβανόμενες εργασίες, με πολύ γρηγορότερο ρυθμό από ό,τι θα ήταν εφικτό για έναν άνθρωπο. Στην *τρίτη γενιά*, κατατάσσονται τα μετακινούμενα ρομπότ που είναι εφοδιασμένα με αισθητήρες και πληροφορίες για το περιβάλλον, με διάταξη επεξεργασίας πληροφοριών και με κινητήριο σύστημα εκτέλεσης εργασιών. Ευρύτατη χρήση ρομπότ γίνεται σε πολλούς παραγωγικούς τομείς και κυρίως στη βιομηχανία (βιομηχανική ρομποτική), στην ιατρική, την αεροναυπηγική, σε στρατιωτικές εφαρμογές, κ.ά. Τέλος έχουμε τα *οικιακά ρομπότ*, που καθαρίζουν το σπίτι, σερβίρουν ποτά, στηρίζουν ηλικιωμένους,<sup>27</sup> ή ακόμα παίζουν με τα παιδιά! Οι πρωτοπόρες χώρες στην παραγωγή ρομπότ, είναι η Ιαπωνία, οι ΗΠΑ, η Κίνα, η Ν. Κορέα και η Γερμανία (70% των συνολικών πωλήσεων).

25. <http://users.sch.gr/jenyk/index.php/robotics>

26. Στην κατηγορία των ρομπότ που αναλύουμε εδώ, δεν περιλαμβάνονται τα λεγόμενα διαδικτυακά ρομπότ (internet robot ή bot), που είναι ειδικά προγράμματα που εκτελούν αυτοματοποιημένες εργασίες αποκλειστικά μέσω του διαδικτύου. Ονομάζονται επίσης και web bot, ή web robot, ή www robot ή απλά bot και είναι εφοδιασμένα με ένα σταθερό πρόγραμμα δράσης, λαμβάνοντας εντολές από κάποιο σύστημα ελέγχου. Κατά κανόνα τα bots εκτελούν απλές σχετικά λειτουργίες που επαναλαμβάνονται εκατοντάδες ή και χιλιάδες φορές, πάντα μέσα στο διαδικτυακό χώρο.

27. Η Ιαπωνία είναι η χώρα με τη μεγαλύτερη παραγωγή ρομπότ για τη φροντίδα ηλικιωμένων. Το 2013 το Ιαπωνικό δημόσιο, διέθεσε πάνω από 24,5 εκατ. δολ. για επιδότηση εταιρειών παραγωγής ρομπότ (Toyota, Honda, κ.ά.), στην εξυπηρέτηση ηλικιωμένων. Η γήρανση του πληθυσμού, η αύξηση του προσδόκιμου ορίου και οι αυξανόμενες δαπάνες εξυπηρέτησης των ηλικιωμένων, αποτελούν παράγοντες προσφυγής στην παραγωγή και χρήση ρομπότ. Τα ρομπότ, «μεταξύ άλλων καθηκόντων, βοηθούν τους ηλικιωμένους να κινούνται από δωμάτιο σε δωμάτιο, παρακολουθούν όσους είναι πιθανόν να παραπλανηθούν, τους ψυχαγωγούν με παιχνίδια, τραγούδι και χορό, κ.ά.». Πιο αναλυτικά, βλ. Ross A. (2016), *Οι βιομηχανίες του μέλλοντος*, εκδ. Ίκαρος, Αθήνα, σελ. 33-80.

Στα νέας γενιάς ρομπότ, χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους νέα υλικά (έχουν σώματα από σιλικόνη ή συνθετικό μετάξι αράχνης) και εξωτερικά προσεγγίζουν την ανθρώπινη όψη,<sup>28</sup> ενώ ορισμένα είναι είτε πολύ μεγάλα είτε και πολύ μικρά (νανο-ρομπότ). Τα τελευταία βρίσκονται ακόμα σε πειραματικό στάδιο, έχουν μέγεθος μικρότερο ενός κόκκου άμμου και χρησιμοποιούνται κυρίως στην ιατρική (διάγνωση ασθενειών και θεραπεία τους σε κυτταρικό επίπεδο).<sup>29</sup> Από την άλλη η ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης, ανοίγει, όπως θα δούμε στη συνέχεια, νέα πεδία εφαρμογής της ρομποτικής, όπως επίσης και η «έξυπνη ή ευφυής γεωργία», οι εφοδιαστικές αλυσίδες (logistics), ο εκπαιδευτικός τομέας (σε αίθουσες διδασκαλίας), οι μεταφορές (ρομπότ οδηγοί, αυτόματοι πιλότοι, ιπτάμενες συσκευές), κ.ά.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των ρομπότ μπορεί χωρίς αμφιβολία να βοηθήσει στην επίλυση σημαντικών προβλημάτων και στη διεκπεραίωση πολλών εργασιών, ταχύτερα, ασφαλέστερα, φθηνότερα, ιδιαίτερα σε χώρους που είναι δύσκολα προσπελάσιμοι για τον άνθρωπο.<sup>30</sup> Σύμφωνα με στοιχεία της Διεθνούς Ομοσπονδίας Ρομποτικής (International Robotics Federation-IFR), ο αριθμός των βιομηχανικών ρομπότ παγκοσμίως, από 1,47 εκατ. το 2014, ανέβηκαν στα 2,32 εκατ. το 2018 και προβλέπονται 3,05 εκατ. το 2020. Όλο και περισσότερα εργοστάσια σε όλο τον κόσμο γίνονται «έξυπνα», με περισσότερους αυτοματισμούς, περισσότερα ρομπότ και μηχανές ψηφιακά συνδεδεμένες. Η παρουσία των ρομπότ στην ελληνική βιομηχανία είναι περιορισμένη, αλλά προβλέπεται να αυξηθεί στο εγγύς μέλλον.<sup>31</sup>

*Ωστόσο, με τη χρήση των ρομπότ προκύπτουν σοβαρά προβλήματα στη σφαίρα της πολιτικής οικονομίας, σε σχέση με τη θεωρία της αξίας, την υποκατάσταση θέσεων εργασίας από ρομπότ, την οργάνωση της εργασίας και των εργασιακών σχέσεων, κ.ά., τα οποία θα εξετάσουμε αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια, όπως και τον έλεγχο των*

28. Σχετικά με την εξωτερική εμφάνιση, κυρίως των οικιακών ρομπότ, αναπτύσσεται μια συζήτηση κατά πόσο έχει νόημα να έχουν ανθρώπινη μορφή. Από τη μια δημιουργούν φιλική διάθεση αποδοχής τους, ενώ από την άλλη καλλιεργείται «εικονική πραγματικότητα». Ωστόσο, το κρισιμότερο θέμα είναι το κόστος κατασκευής (ακόμα είναι υψηλό) και κυρίως η χρησιμότητά τους. Αναλυτικότερα βλ.: Να έχουν τα ρομπότ ανθρώπινη μορφή; *Η Εφημερίδα των Συντακτών*, 10-11/8/2019.  
29. Το 2013 πουλήθηκαν στις ΗΠΑ 1.300 χειρουργικά ρομπότ με μέσο κόστος 1,5 εκατ. δολ. το καθένα, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 6% των ρομπότ παροχής επαγγελματικών υπηρεσιών και 41% των πωλήσεων βιομηχανικών ρομπότ. Ο ρυθμός των ρομποτικών επεμβάσεων αυξάνεται κατά 30% ετησίως και πάνω από 1 εκατ. Αμερικανοί έχουν υποβληθεί σε ρομποτική χειρουργική επέμβαση. Βλ., Ross A. (2016), ό.π., σελ. 61.

30. Ένα γλαφυρό παράδειγμα χρήσης ρομπότ έχουμε στη Ν. Κορέα για την προστασία των ψαράδων από τις μέδουσες! Ειδικότερα το εργαστήριο ρομποτικής του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Ν. Κορέας (Advanced Institute of Science and Technology) δημιούργησε ένα ρομποτικό σύστημα (μεγάλου μεγέθους αυτόματο μπλέντερ) που εξοντώνει τις μέδουσες με ρυθμό ενός τόνου ανά ώρα... προς ανακούφιση των ψαράδων! Βλ., Ross A. ό.π., σελ. 66.

31. Βλ. *Ερευνα ΑΠΕ-ΜΠΕ για τα βιομηχανικά ρομπότ στην Ελλάδα*, 9 Ιουνίου 2018, <https://www.amna.gr>

ρομποτικών συστημάτων, στον βαθμό που είναι εφοδιασμένα με την ικανότητα ανάπτυξης σχετικής αυτονομίας κατά τη λειτουργία τους. Αυτό αφορά ιδιαίτερα τα ρομπότ αμυντικών (πολεμικών) συστημάτων, όπου προκύπτουν ερωτήματα για τα όρια της δράσης τους,<sup>32</sup> ενώ τίθενται επίσης και σοβαρά ζητήματα βιοηθικής, για τη σχέση ανθρώπων και ρομπότ. Στη λογοτεχνία και στην τέχνη (κινηματογράφος, ζωγραφική, κ.λπ.) αυξάνεται η επίδραση της «ρομποτικής», όπου με έναν ιδιαίτερο τρόπο ανατακλούνται ερωτηματικά και ανησυχίες, για το μέλλον της ανθρωπότητας από την ανάπτυξη των ρομπότ.<sup>33</sup>

Το κρισιμότερο ζήτημα που προκύπτει είναι κατά πόσο η παραγωγή και η χρήση των ρομπότ, σε συνδυασμό με την τεχνητή νοημοσύνη, μπορούν να οδηγήσουν σε καταστάσεις αδυναμίας ελέγχου της συμπεριφοράς τους από τους ανθρώπους. Ο μύθος της επιστροφής του Φρανκεστάιν γίνεται επίκαιρος με «ψηφιακούς» όρους! Αυτό προφανώς είναι θέμα κατά κύριο λόγο του ίδιου του ανθρώπου, για τα όρια της αυτονομίας των ρομπότ. Το συγκεκριμένο ερώτημα έχει τεθεί από παλιά και έχει εμπνεύσει μεταξύ άλλων και λογοτέχνες, όπως τον Ισαάκ Ασίμοφ, ο οποίος στο διήγημα *Runaround* (1942), διατύπωσε 3+1 νόμους για την ασφαλή χρήση των ρομπότ.

Πρώτον, το ρομπότ δεν θα κάνει κακό σε άνθρωπο, ούτε με την αδράνειά του θα επιτρέψει να βλαφτεί ανθρώπινο ον.

Δεύτερον, το ρομπότ πρέπει να υπακούει τις διαταγές που του δίνουν οι άνθρωποι, εκτός αν αυτές οι διαταγές έρχονται σε αντίθεση με τον πρώτο νόμο.

Τρίτον, το ρομπότ οφείλει να προστατεύει την ύπαρξή του, εφόσον αυτό δεν συγκρούεται με τον πρώτο και τον δεύτερο νόμο.

Μεταγενέστερα πρόσθεσε έναν τέταρτο, τον «μηδενικό νόμο» της ρομποτικής, που διαπερνά και τους τρεις προηγούμενους: ότι δηλαδή «το ρομπότ δεν θα κάνει κακό στην ανθρωπότητα, ούτε με την αδράνειά του θα επιτρέψει να βλαφτεί η ανθρωπότητα».<sup>34</sup> Η ουσία των «νόμων» παραμένει και σήμερα επίκαιρη, παρότι η δέσμευση εφαρμογής των τεσσάρων αρχών στην πράξη, δεν είναι διεθνώς εξασφαλισμένη!

32. Τα ρομπότ δολοφόνοι είναι εδώ... ετοιμοπόλεμα, [www.tvxs.gr](http://www.tvxs.gr), 5/5/2019.

33. Από την εποχή που ο Ιούλιος Βερν έγραψε το γνωστό μυθιστόρημα, *Ροβήρος ο κατακτητής*, μέχρι την τηλεοπτική σειρά «Humans», καθώς και τις διάφορες κινηματογραφικές παραγωγές με πρωταγωνιστές ρομπότ (Robocop, κ.ά.), αναδεικνύονται πτυχές των επιδράσεων της ρομποτικής σε όλο το φάσμα των κοινωνικών σχέσεων.

34. Ο Ισαάκ Ασίμοφ (Isaac Asimov) γεννήθηκε στο Πετροβίτσι της Ρωσίας το 1920 και πέθανε στις ΗΠΑ το 1992. Το 1923 μετανάστευσε στις ΗΠΑ και το 1928 πήρε αμερικανική υπηκοότητα. Σπούδασε ιατρική και το 1955 έγινε καθηγητής βιοχημείας στην ιατρική σχολή του Πανεπιστημίου Βοστώνης. Έγραψε πολλά βιβλία επιστημονικής φαντασίας, αρκετές μελέτες και επιστημονικά συγγράμματα. Τα γνωστότερα έργα του είναι σειρά μυθιστορημάτων με Ρομπότ (*Εγώ το Ρομπότ*, *Έρχονται τα Ρομπότ*, *Σπλιές από Ατσάλι*, *Τα Ρομπότ της Αυγής*, κ.ά.). <https://el.wikipedia.org>