



## Ο ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΟΣ

Το άρθρο του μήνα

Μηνιαία ενημερωτική έκδοση

Έτος 3ο, Τεύχος 1 – Ιαν. 2019

Διανέμεται δωρεάν



## Alan Turing:

### Ο άνθρωπος που οραματίστηκε τις σκεπτόμενες μηχανές

Χάρης Β. Γεωργίου, Ερευνητής Πληροφορικής (M.Sc, Ph.D)

Το 2012 ονομάστηκε απόλυτα δικαιολογημένα ως “έτος Alan Turing”. Ακριβώς έναν αιώνα μετά τη γέννησή του, ο Turing αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές προσωπικότητες στην ιστορία των υπολογιστών, της θεωρίας αλγορίθμων και της κρυπτογραφίας. Ήταν ο κύριος υπεύθυνος για το “σπάσιμο” του κώδικα των μηχανών Enigma στην πιο κρίσιμη καμπή του Β’ Παγκοσμίου Πολέμου, σχεδίασε ίσως τον πρώτο πλήρως προγραμματιζόμενο ηλεκτρονικό υπολογιστή και έθεσε τις βάσεις σε αυτό που σήμερα αποκαλείται Τεχνητή Νοημοσύνη. Και όλα αυτά μέσα στα μόλις 41 χρόνια της ζωής του.

► Εικόνα 1: Άγαλμα του Turing στο Bletchley Park, κατασκευασμένο από μισό εκατομμύριο κομμάτια σχιστόλιθου. (Πηγή: Wikipedia.org).

Συχνά ο όρος υπολογιστής θεωρείται ταυτόσημος με την έννοια του ηλεκτρονικού υπολογιστή που υπάρχει σε κάθε σπίτι και γραφείο σήμερα. Από απλές συσκευές υπολογισμού, οι σημερινοί υπολογιστές παρέχουν δυνατότητες αποθήκευσης, επεξεργασίας και μετάδοσης δεδομένων, που πρακτικά καλύπτουν κάθε ανάγκη η οποία μέχρι πριν μερικές δεκαετίες ήταν αντικείμενο μιας πλειάδας άλλων τεχνολογιών και μέσων, όπως η τηλεόραση, το ραδιόφωνο, ο ασύρματος. Είναι δύσκολο για το σύγχρονο άνθρωπο να συνειδητοποιήσει ότι πριν μόλις 100 χρόνια όλες οι ηλεκτρονικές υπολογιστικές μηχανές που σήμερα θεωρούνται μέρος της καθημερινότητας απλά δεν υπήρχαν. Πριν έναν αιώνα ακριβώς, ο όρος “υπολογιστής” σήμαινε πρακτικά κάποιον άνδρα ή γυναίκα (συχνότερα) που με χαρτί και μολύβι έκανε αριθμητικές πράξεις, ίσως με την πολυτέλεια μιας στοιχειώδους μηχανικής (όχι ηλεκτρονικής) συσκευής όπως ο άβακας. Εκείνη ακριβώς η εποχή είναι ο κόσμος στον οποίο έρχεται ο Alan Turing, ο άν-

θρωπος που έμελλε να αλλάξει εντελώς τη σχέση ανθρώπου και (υπολογιστικής) μηχανής.

#### ❶ Τα πρώτα χρόνια

Ο Alan Mathison Turing γεννήθηκε στις 23 Ιουνίου του 1912 στο Λονδίνο. Ο πατέρας Julius, ο οποίος ήταν μέλος αριστοκρατικής οικογένειας από τη Σκωτία, εργαζόταν στην Ινδική Δημόσια Υπηρεσία (Indian Civil Service - ICS). Η μητέρα του Ethel Sara ήταν κόρη αρχιμηχανικού σε μεγάλη σιδηροδρομική εταιρία. Λόγω της εργασίας του στην ICS, ο Julius αναγκάστηκε να εγκατασταθεί με την οικογένεια στη Βρετανική Ινδία, όπου ο παππούς του υπηρέτησε ως στρατηγός στο στρατό της Βεγγάζης. Παρόλα αυτά, λόγω του ότι δεν ήθελαν να μεγαλώσουν τα παιδιά τους εκεί, η οικογένεια μετακόμισε στην Αγγλία όπου εκεί γεννήθηκε ο γιος τους Alan το 1912. Ο πατέρας του ήταν ακόμη σε ενεργό υπηρεσία, έτσι το ζευγάρι ήταν αναγκασμένο να ταξιδεύει συχνά στην Ινδία, αφήνοντας τον Alan και το μεγαλύτερό του αδελφό John σε

μια φιλική οικογένεια αποστράτων αξιωματικών του στρατού. Πολύ νωρίς, ήδη από τα παιδικά του χρόνια, ο μικρός Alan άρχισε να δείχνει σημάδια εξαιρετικής ευφυΐας και κλίσης προς τις επιστήμες, κάτι που επιβεβαιώθηκε μερικά χρόνια αργότερα.

Το 1926, σε ηλικία μόλις 13 ετών, οι δάσκαλοί του στο σχολείο St Michael’s διέκριναν τις ικανότητές του και το ταλέντο του στα Μαθηματικά. Στο Sherborne School όπου συνέχισε τις σπουδές του η κλίση του αυτή δεν αξιολογήθηκε αμέσως, καθώς το πρόγραμμα μαθημάτων εκεί έδινε έμφαση περισσότερο στις κλασικές σπουδές. Ο διευθυντής του σχολείου σε μια επιστολή προς τους γονείς του είχε επισημάνει τον κίνδυνο ο Turing να απορροφηθεί στις καθαρά τεχνικές-επιστημονικές εξειδικευμένες γνώσεις και να μην λάβει την απαραίτητη γενική Παιδεία. Παρόλα αυτά, ως μαθητής συνέχισε να δείχνει ενδιαφέρον στα θέματα που τον ενδιέφεραν περισσότερο και να ασχολείται με προβλήματα ανώτερων Μαθηματικών πριν ακόμη λάβει την αντίστοιχη “επίσημη”

εκπαίδευση στο σχολείο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, η ενασχόλησή του σε ηλικία μόλις 16 ετών με τις εργασίες του Albert Einstein σχετικά με την επέκταση των νόμων του Νεύτωνα.

Ο θάνατος του στενού του φίλου Christopher Morcom το Φεβρουάριο του 1930 ήταν η αφορμή που έκανε τον Turing να αμφισβητήσει τη θρησκευτική του πίστη, να γίνει άθεος και να υιοθετήσει την αντίληψη πως όλα τα φαινόμενα, ακόμα και η λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου, είναι αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών σε πραγματικό-υλικό επίπεδο, παρότι συνέχισε να πιστεύει στην επιβίωση του ανθρώπινου πνεύματος μετά το θάνατο. Η μεταστροφή του αυτή λέγεται πως αποτέλεσε ένα σημαντικό παράγοντα στις επόμενες προσπάθειές του στα επόμενα χρόνια, σχετικά με την ενασχόλησή του με δυσεπίλυτα επιστημονικά προβλήματα και θέματα όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη ή η Θεωρία Πολυπλοκότητας.

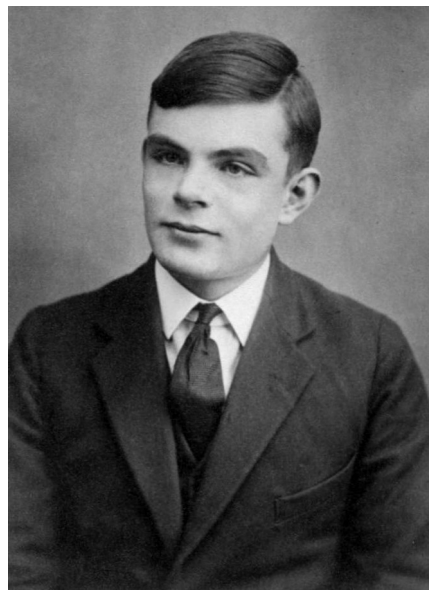
### Ακαδημαϊκή καριέρα και διεθνής αναγνώριση

Μεταξύ του 1931 και του 1934 ο Turing βρέθηκε να σπουδάζει ως προπτυχιακός φοιτητής στο King's College, ενός από τα πιο παλιά και πιο φημισμένα ακαδημαϊκά ιδρύματα της Αγγλίας, όπου απέκτησε το πτυχίο του στα Μαθηματικά. Το 1935, σε ηλικία 22 ετών, εξελέγη ως fellow στο ίδιο ίδρυμα βάσει της πολύ αξιόλογης εργασίας του σχετικά με τη μαθηματική απόδειξη του κεντρικού οριακού θεωρήματος (central limit theorem), ενός από τα σημαντικότερα θέματα στη στατιστική και στη θεωρία πιθανοτήτων, παρόλο που δεν ανακάλυψε πως είχε ήδη αποδειχθεί αρκετά χρόνια νωρίτερα (1922) από τον Jarl Waldermar Lindeberg.

Τα επόμενα χρόνια ο Turing άρχισε να ασχολείται με διάφορα θέματα σχετικά με τη Λογική, την Πολυπλοκότητα και την απόδειξη μερικών από τα πιο θεμελιώδη θεωρήματα των Μαθηματικών και, αργότερα, της Θεωρία Υπολογισμού. Το 1936 ο Turing δημοσίευσε την περίφημη εργασία του σχετικά με το Decision Problem, όπου αναδιατύπωσε τα αποτελέσματα του Kurt Godel για τα όρια της δυνατότητας μαθηματικής απόδειξης και υπολογισιμότητας, αντικαθιστώντας ουσιαστικά τις τυπικές "αριθμητικές" γλώσσες του Godel με αφηρημένες υπολογιστικές συσκευές οι οποίες αργότερα καθιερώθηκαν ως "Μηχανές Turing" (Turing Machine - TM). Μέσω της υποθετικής αυτής κατασκευής της μηχανής Turing, κατάφερε να μετασχηματίσει το περίφημο Decision Problem σε ισοδύναμο πρόβλημα απόφασης ως προς το αν το αντίστοιχο TM μπορεί να αποδειχθεί αν τερματίζει ή όχι.

Το διάστημα από το Σεπτέμβριο του 1936 μέχρι τον Ιούλιο του 1938 ο Turing

βρέθηκε να εργάζεται στο Πανεπιστήμιο του Princeton υπό την επίβλεψη του Alonzo Church. Πέρα από τη βασική έρευνα στα Μαθηματικά, άρχισε να ασχολείται με την Κρυπτογραφία και με τη σχεδίαση βασικών ψηφιακών ηλεκτρο-μηχανικών κυκλωμάτων για την υλοποίηση αριθμητικών πράξεων. Το 1938 του απονεμήθηκε το Διδακτορικό του (PhD) από το ίδιο Πανεπιστήμιο, ενώ στη διατριβή του εισήγαγε για πρώτη φορά την έννοια του υπερ-υπολογισμού (hyper-computation), όπου επαυξημένες μηχανές Turing (augmented TM), εφοδιασμένες με ειδικές υποθετικές κατασκευές πρόγνωσης (oracles) μπορούν πλέον να επεξεργαστούν προβλήματα που δεν είναι δυνατό να αναλυθούν από τις κλασικές μηχανές Turing. Η θεωρητική του εργασία συνεχίστηκε τα επόμενα χρόνια και στο Cambridge, όπου εκεί παρακολούθησε διαλέξεις του Ludwig Wittgenstein και διαφώνησε ανοικτά μαζί του στη θέση ότι τα Μαθηματικά δεν διατυπώνουν κάποιες απόλυτες κοσμικές αλήθειες αλλά απλά τις εφευρίσκουν μέσω της κατάλληλης διατύπωσης και λογικής επεξεργασίας τους, ενώ ο ίδιος ο Turing ήταν ένθερμος υποστηρικτής της φορμαλιστικής, "απόλυτης" φύσης των Μαθηματικών.



► Εικόνα 2: Πορτραίτο του Alan Turing σε ηλικία 16 ετών. (Πηγή: Wikipedia.org)

Την ίδια περίπου περίοδο, από τα τέλη του 1938, ο Turing είχε αρχίσει να συνεργάζεται περιστασιακά με το Κυβερνητικό Σχολείο Κωδίκων και Κρυπτογράφησης (Government Code and Cypher School - GCCS), τον κύριο βρετανικό οργανισμό που ήταν υπεύθυνος την παραβίαση κρυπτογραφημάτων. Στις απαρχές του Β' Παγκοσμίου Πολέμου η συνεργασία αυτή έγινε μόνιμη και ο Turing εντάχθηκε ουσιαστικά στο επίλεκτο δυναμικό του GCCS. Τον Ιούλιο του 1939, στην περίφημη μυστική συνάντηση στη Βαρσοβία, το Πολωνικό γραφείο κρυπτογράφησης (Polish Cipher Bureau) πα-

ρέδωσε σε Άγγλους και Γάλλους ειδικούς τις λεπτομέρειες κατασκευής των πρώτων εκδόσεων της μηχανής Enigma των Γερμανών. Σχεδόν αμέσως, ο Turing μαζί με τον Dilly Knox, στενό συνεργάτη και ειδικό κρυπταναλυτή του GCCS, άρχισαν να επεξεργάζονται πιο εύρωστες και αξιόπιστες μεθόδους παραβίασης της συσκευής, ειδικά στις παραλλαγές διαμόρφωσης της συσκευής που οι Γερμανοί πιθανότατα θα άλλαζαν σύντομα, όπως και έκαναν το Μάιο του 1940. Χάρη στη δουλειά του Turing και του Knox, η αποκάλυψη του νέου τρόπου λειτουργίας της αρχικής, αλλά και των επόμενων εκδόσεων της μηχανής Enigma, έγινε ευκολότερη και ανεκτίμητη όπως φάνηκε αργότερα κατά τη διάρκεια του πολέμου.

### Το Bletchley Park, η μηχανή Enigma και η "βόμβα" του Turing

Στις 4 Σεπτεμβρίου του 1939, μία ημέρα μετά την επίσημη κήρυξη του πολέμου της Αγγλίας εναντίον της Γερμανίας, ο Turing παρουσιάστηκε στο Bletchley Park, τον κύριο σταθμό του GCCS κατά τη διάρκεια του πολέμου. Αν και για πολλά χρόνια οι λεπτομέρειες σχετικά με τις δραστηριότητες και την εργασία των κρυπταναλυτών εκεί διατηρήθηκε μυστική, σήμερα γνωρίζουμε πως ο Turing ήταν ο βασικός υπεύθυνος για τουλάχιστον πέντε πρωτοποριακές ανακαλύψεις της υπηρεσίας, οι οποίες συνέβαλαν καθοριστικά στην έκβαση του πολέμου. Μεταξύ άλλων, η πλήρης ανάλυση του σχεδίου και του τρόπου λειτουργίας μιας συσκευής αποκρυπτογράφησης με το όνομα "bombe" ή "Victory" όπως την είχε ονομάσει ο ίδιος, η οποία κατασκευάστηκε αποκλειστικά για το σπάσιμο κρυπτογραφημένων μηνυμάτων από μηχανές Enigma.

Βασισμένη στην αντίστοιχη πρώιμη έκδοση της Πολωνικής "bomba kryptologiczna" και μετά από κάποιες βελτιώσεις από τον μαθηματικό Gordon Welchman, η συσκευή έγινε γνωστή ως "Turing-Welchman bombe". Οι μηχανές Enigma περιελάμβαναν τρία κύρια μέρη διαμόρφωσης ή "κλειδιά" κρυπτογράφησης: τη διάταξη των στροφών, τη διαμόρφωση των στροφών και τη διαμόρφωση συνδέσεων στον κεντρικό πίνακα. Συνολικά οι πιθανοί συνδυασμοί είναι της τάξης του 10<sup>19</sup> για τις απλές μηχανές έως 10<sup>22</sup> για τις μηχανές Enigma των γερμανικών υποβρυχίων U-boat. Η συσκευή bombe χρησιμοποιούσε τμήματα υποκλαπέντων κρυπτογραφημένων μηνυμάτων και δοκίμαζε με αυτόματο τρόπο πιθανούς συνδυασμούς, αξιοποιώντας παράλληλα συγκεκριμένες στατιστικές παρατηρήσεις σχετικά με το μήνυμα ώστε η αναζήτηση να γίνεται στοχευμένα και όχι εντελώς τυχαία. Η πρώτη συσκευή bombe μπήκε σε λειτουργία στο Bletchley Park στις 18 Μαρτίου του 1940 και μέχρι το τέλος

του πολέμου βρίσκονταν σε λειτουργία πάνω από 200. Ήδη από τις αρχές του 1943, χάρη στις σχεδόν πλήρως αυτοματοποιημένες συσκευές bombe, το Bletchley Park είχε μετατραπεί σε "εργοστάσιο" παραγωγής αποκρυπτογραφημένων μηνυμάτων των Γερμανών, τροφοδοτώντας με 84.000 τέτοια μηνύματα κάθε μήνα τις συμμαχικές δυνάμεις.

Ειδικά για τις μηχανές Enigma που χρησιμοποιούνταν από τα γερμανικά υποβρύχια U-boat στον Ατλαντικό, τα οποία ο Winston Churchill είχε χαρακτηρίσει ως την πιο σοβαρή απειλή μέχρι τα μέσα του πολέμου, ο Turing ως επικεφαλής του Hut 8 (τομέας κρυπτανάλυτων) στο Bletchley Park ήταν αυτός που ουσιαστικά κατάφερε να αποκωδικοποιήσει τη σχεδίαση της μηχανής και να ανακαλύψει τρόπος αποκρυπτογράφησης των μηνυμάτων, σε μια εποχή όπου δεν υπήρχαν ακόμη ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Το Δεκέμβριο του 1939 κατάφερε να αποκωδικοποιήσει ένα εξαιρετικά σημαντικό συστατικό του γερμανικού ναυτικού συστήματος (naval indicator), το οποίο ήταν σημαντικά πιο πολύπλοκο από τα αντίστοιχα που χρησιμοποιούσαν οι Γερμανοί μέχρι τότε σε άλλες στρατιωτικές υπηρεσίες. Για να το καταφέρει αυτό, ο Turing εφάρμοσε μια πρωτοποριακή τεχνική κρυπτανάλυσης που ονόμασε "Banburismus", μια τεχνική διαδοχικής στατιστικής ανάλυσης που αργότερα ο Abraham Wald ονόμασε σειριακή ανάλυση (sequential analysis). Ο ίδιος ο Turing δήλωσε ότι δεν ήταν βέβαιος για την αποτελεσματικότητά της μεθόδου, για το λόγο αυτό διατύπωσε ένα μέτρο εμπιστοσύνης με το όνομα "Ban" για

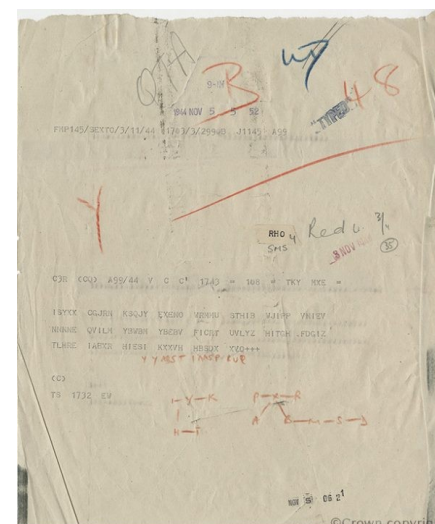
κάθε υπόθεση, δηλαδή για κάθε πιθανή διαμόρφωση (κλειδί). Έτσι, ελέγχοντας τη βαρύτητα του Ban, πολλές διαμορφώσεις της μηχανής Enigma μπορούσαν να απορριφθούν αρκετά νωρίς, εστιάζοντας την ανάλυση σε πιο στοχευμένες αναζητήσεις και μειώνοντας δραστικά τον απαραίτητο χρόνο για την πλήρη αποκρυπτογράφηση ενός μηνύματος. Η αλγοριθμική αυτή μέθοδος θεωρείται από κάποιους ως η απαρχή της τεχνικής σχεδίασης που από τη δεκαετία του '60 και μετά έγινε γνωστή ως "branch and bound", κατάλληλη για την προσεγγιστική επίλυση μιας σειράς εξαιρετικά πολύπλοκων προβλημάτων (NP-hard). Με τις θέσεις των γερμανικών υποβρυχίων γνωστές και τις συμμαχικές νηοπομπές σε ασφαλείς διαδρομές, η εξέλιξη αυτή ήταν ίσως από τις πιο σημαντικές στην αδρανοποίηση του γερμανικού πολεμικού ναυτικού, την ασφαλή τροφοδοσία των συμμάχων στην Ευρώπη από τις ΗΠΑ και ουσιαστικά την επιτυχή έκβαση του πολέμου.

Ένα ακόμη δείγμα της σημαντικότητας της δουλειάς του Turing στο Bletchley Park κατά τη διάρκεια του Β' ΠΠ είναι και το γεγονός ότι πολλές από τις θεωρητικές εργασίες του αποτέλεσαν πραγματική επανάσταση στην τομέα της στατιστικής κρυπτανάλυσης. Δύο από αυτές τις εργασίες μάλιστα θεωρήθηκαν τόσο σημαντικές για το GCCS και αργότερα το GCHQ (όπως μετονομάστηκε), ώστε να αποχαρακτηριστούν και να δημοσιευτούν από το βρετανικό εθνικό αρχείο (UK National Archive) μόλις τον Απρίλιο του 2012. Αναλυτής μαθηματικός του GCHQ δήλωσε πως και μόνο το γεγονός ότι πα-

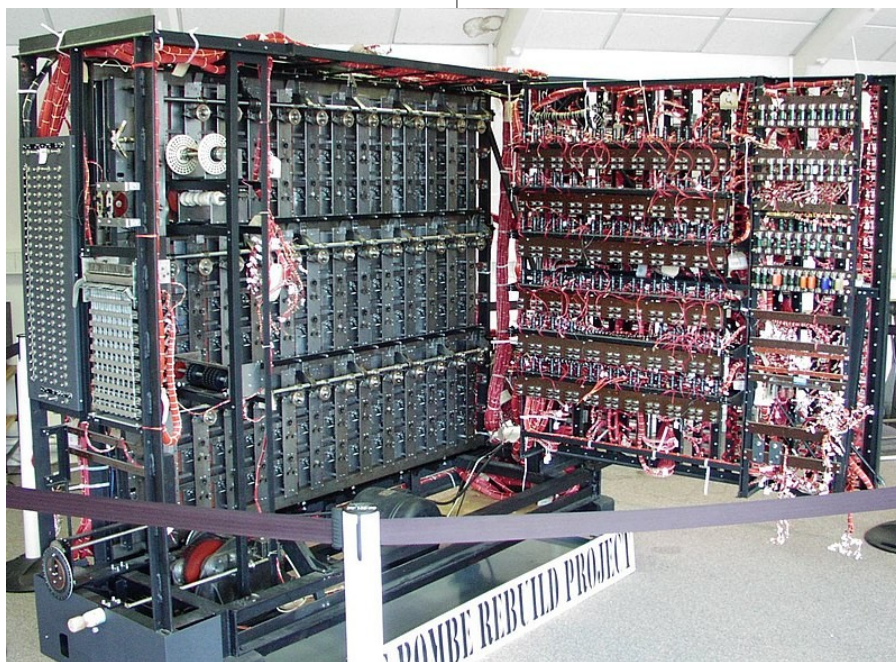
ρέμειναν απόρρητες για 70 χρόνια αποτελεί ένδειξη της πρωτοπορίας και ποιότητάς τους.



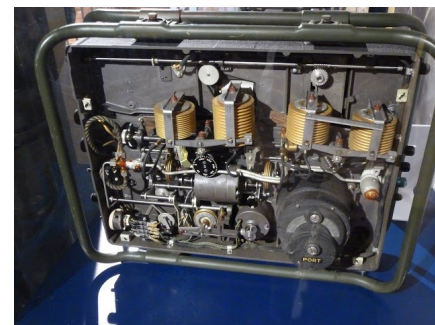
► Εικόνα 4: Πρωτότυπο ενός από τις πρώτες εκδόσεις της μηχανής Enigma, που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου από τους Γερμανούς για την κρυπτογράφηση τηλεγραφικών μηνυμάτων. (Πηγή: Wikipedia.org)



► Εικόνα 5: Τυπικό δείγμα κρυπτογραφημένου μηνύματος που υποκλάπηκε από τις βρετανικές μυστικές υπηρεσίες και στάλθηκε στο Bletchley Park για κρυπτανάλυση. (Πηγή: bletchleypark.org.uk)



► Εικόνα 3: Πλήρες λειτουργικό αντίγραφο της συσκευής Turing-Welchman bombe στο Εθνικό Κέντρο Κωδίκων (NCC) στο Bletchley Park. Μέχρι το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, πάνω από 200 παρόμοιες μηχανές λειτουργούσαν ολόκληρο το 24ωρο, τροφοδοτώντας με ως και 84.000 αποκρυπτογραφημένα μηνύματα Enigma κάθε μήνα τις συμμαχικές δυνάμεις. (Πηγή: Wikipedia.org)



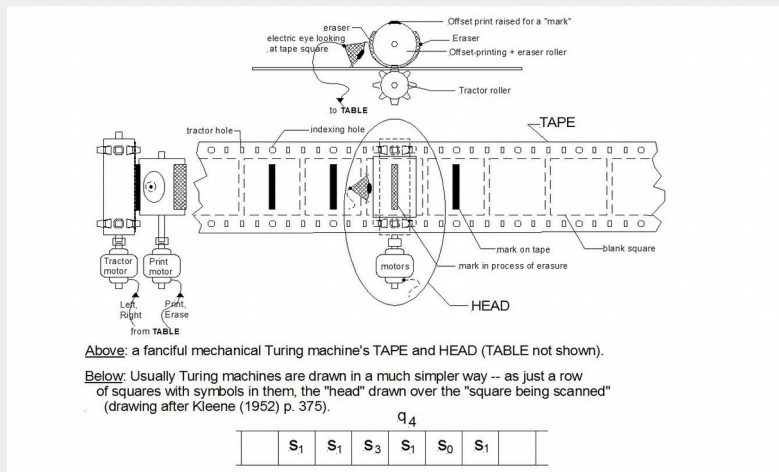
► Εικόνα 6: Πρωτότυπο της ηλεκτρομηχανικής συσκευής στόχευσης του Turing για τα συμμαχικά βομβαρδιστικά αεροπλάνα στη διάρκεια του Β'ΠΠ. (Πηγή: Wikipedia.org)

**Μηχανές Turing**

Μεταξύ πολλών ακόμα ανακαλύψεων και πρωτοποριακών μεθόδων, ο Turing είναι ο "πατέρας" της μηχανής Turing, μιας ιδεατής υπολογιστικής κατασκευής που εκτελεί τα βήματα μιας συγκεκριμένης αλληλουχίας διαδικασιών. Η σημαντικότητα αυτής της ανακάλυψης είναι το γεγονός ότι απέδειξε με Μαθηματικό τρόπο τη δυνατότητα υλοποίησης οποιασδήποτε υπολογιστικής διαδικασίας μπορεί να διατυπωθεί ως αλγόριθμος, δηλαδή ως μια καλώς καθορισμένη αλληλουχία βημάτων. Μια τέτοια συσκευή δεν απαιτεί ως συστατικά τίποτα παραπάνω από ένα απλό "σειριακό" μέσο αποθήκευσης δεδομένων, όπως για παράδειγμα μια ταινία κασετοφώνου, μια κεφαλή ανάγνωσης-εγγραφής για πρόσβαση στο μέσο αυτό και μια κεντρική μονάδα που επεξεργάζεται τα δεδομένα αυτά, ένα "σύμβολο" κάθε φορά, βάσει ενός συγκεκριμένου συνόλου εντολών. Με άλλα λόγια, δεν είναι τίποτα παραπάνω από έναν εξαιρετικά απλό υπολογιστή (όχι απαραίτητα ηλεκτρονικό) εφοδιασμένο με μια εξίσου στοιχειώδη συσκευή αποθήκευσης "συμβόλων". Οι έννοιες που εισήγαγε ο Turing σχετικά με τον αλγόριθμο, την υποθετική συσκευή υπολογισμού TM, καθώς και την πολυπλοκότητα που αναδεικνύεται μέσα σε μια παρόμοια διαδικασία ανάλυσης με μαθηματικούς όρους, αποτελούν τη βάση της Θεωρίας Υπολογισμού, ενός από τους βασικούς άξονες της Επιστήμης των Υπολογιστών και της Πληροφορικής σήμερα.

Η ιδιοφυΐα του Turing στον τομέα αυτό είναι αξιοσημείωτη και για ένα ακόμα γεγονός. Παρότι αντίστοιχη απόδειξη για το ίδιο πρόβλημα είχε ήδη διατυπωθεί από τον Alonzo Church μέσω του λεγόμενου Λογισμού Λάμδα (lambda Calculus), ο Turing κατάφερε όχι μόνο να διατυπώσει μια απλούστερη και πιο κατανοητή απόδειξη, αλλά να δημιουργήσει και τη "γενίκευση" του αρχικού Turing machine: την Παγκόσμια Μηχανή Turing (Universal Turing Machine - UTM). Πρακτικά, μια τέτοια υποθετική συσκευή αποτελείται από τα ίδια συστατικά με μια απλή μηχανή Turing. Η διαφορά έγκειται στο ότι η UTM μπορεί να προσομοιώνει, δηλαδή να παράγει εικονικά, οποιαδήποτε άλλη απλή μηχανή Turing. Και εφόσον οποιαδήποτε υπολογίσιμη διαδικασία μπορεί εν γένει να απεικονιστεί αλγοριθμικά σε κάποια απλή TM, ουσιαστικά η παγκόσμια μηχανή Turing είναι θεωρητικά δυνατό να απεικονιστεί ως λειτουργία οποιοδήποτε αλγόριθμου.

Την αξία της ανακάλυψης αυτής αναγνώρισε και ο Von Neumann, ο "πατέρας" των σημερινών ηλεκτρονικών υπολογιστών, καθώς τα συστατικά τους μέρη και η βασική αρχιτεκτονική τους (μονάδα επεξεργασίας, κεντρική μνήμη, μονάδες αποθήκευσης, δίαυλος επικοινωνίας-διασύνδεσης), αν και σημαντικά πολυπλοκότερα, μοιάζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό λειτουργικά με την ιδέα μια μηχανής Turing. Δεν είναι τυχαίο το ότι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές είναι ουσιαστικά προγραμματιζόμενες συσκευές γενικής προσομοίωσης αλγορίθμων, δηλαδή υπολογιστικής απεικόνισης οποιασδήποτε διαδικασίας μπορεί να κωδικοποιηθεί σε ένα οργανωμένο σύνολο δεδομένων και εντολών για την επεξεργασία τους - όπως ακριβώς είχε προβλέψει ο Turing για τη UTM. Το βασικό πρόβλημα φυσικά, το οποίο παραμένει και σήμερα, δεν είναι η υλοποίηση του εκάστοτε αλγορίθμου σε μια υποθετική (UTM) ή σε μια πραγματική (H/Y) συσκευή υπολογισμού, αλλά εν γένει η δυνατότητα σωστής σχεδίασης και διατύπωσής του, δηλαδή τα όρια της ανθρώπινης σκέψης στο να αναπτύξουν και να διατυπώσουν οποιοδήποτε πρόβλημα με ανάλογο τρόπο.



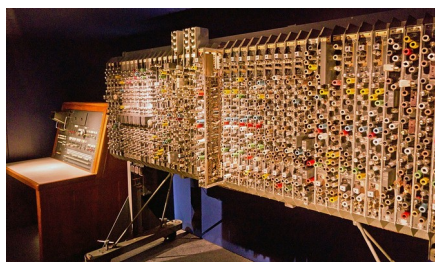
► Εικόνα 7: Σχηματική αναπαράσταση της μηχανής Turing. Η κύρια μονάδα αποτελείται από μια συσκευή εκτέλεσης εντολών ("Instructions"), μια πολύ απλή συσκευής σειριακής αποθήκευσης συμβόλων ("Tape") και μια κεφαλή ανάγνωσης-εγγραφής ("Read/Write head"). (Πηγή: Wikipedia.org) ◀

**Οι πρώτοι υπολογιστές και το τεστ Turing**

Τον Ιούλιο του 1942 ο Turing επινόησε μια τεχνική που αποκάλεσε "Turingery" ή (αστειευόμενος) "Turingismus", η οποία σχεδιάστηκε για την αποκρυπτογράφηση μηνυμάτων τύπου Lorenz που παράγαγε η νέα γερμανική μηχανή "Geheimschreiber" (μετάφραση: "ο μυστικός συγγραφέας"). Η νέα αυτή συσκευή των Γερμανών είχε το κωδικό όνομα "Tunny" στο Bletchley Park και περιελάμβανε κρυπτογράφηση στροφέα για τηλετύπο. Η ομάδα που ασχολήθηκε με το Tunny συνεργάστηκε με τον Tommy Flowers και τον Max Newman, οι οποίοι κατασκεύασαν τον "Colossus", πρώτο πλήρως προγραμματιζόμενο ψηφιακό υπολογιστή. Ο ίδιος ο Turing δεν αποτέλεσε βασικό παράγοντα στη σχεδίαση του Colossus όπως συχνά αναφέρεται λανθασμένα, όμως η εργασία του σχετικά με το Turingery και η στατιστική μεθοδολογία Banburismus που πρώτος εισήγαγε αποτέλεσαν αναμφίβολα πηγή έμπνευσης στη σχεδίαση του Colossus, ο οποίος επίσης χρησιμοποιήθηκε για την ταχύτερη στατιστική κρυπτανάλυση διαφόρων γερμανικών συστημάτων κατά τη διάρκεια του πολέμου. Επίσης ο Turing ήρθε σε επαφή με τις αντίστοιχες ομάδες κρυπτανάλυτών στις ΗΠΑ και συνεργάστηκε με εταιρίες όπως η Bell Labs για την κατασκευή ηλεκτρονικών συσκευών κρυπτογράφησης φωνής για τις ραδιοφωνικές επικοινωνίες των συμμάχων. Οι πιο γνωστές ήταν οι συσκευές "Delilah" και "SIGSALY", εκ των οποίων η πρώτη ουδέποτε χρησιμοποιήθηκε επιχειρησιακά και η δεύτερη μόλις στα τελευταία χρόνια του πολέμου.

Η κύρια συνεισφορά του Turing στη σχεδίαση και την πραγματοποίηση των ηλεκτρονικών υπολογιστών όπως τους γνωρίζουμε σήμερα ξεκινά ουσιαστικά το 1945 με 1947, όταν μετακόμισε στο Richmond του Λονδίνου μετά τον Β' ΠΠ. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου εργάστηκε στη σχεδίαση της αυτόματης υπολογιστικής μηχανής ACE (Automatic Computing Engine) στο National Physical Laboratory (NPL). Το Φεβρουάριο του 1946 παρουσίασε την πρώτη εργασία με ολοκληρωμένη σχεδίαση ενός προγραμματιζόμενου υπολογιστή, παρότι η αντίστοιχη εργασία του Von Neumann είχε προηγηθεί περιγράφοντας μια πολύ πιο γενική σχεδίαση και κάποιες αντίστοιχες βασικές αρχές. Το σχέδιο του ACE θεωρήθηκε απόλυτα υλοποιήσιμο, παρόλα αυτά λόγω της προηγούμενης σχέσης του όμως στο Bletchley Park και της μυστικότητας της εργασία του εκεί, η κατασκευή καθυστέρησε πάρα πολύ να ξεκινήσει και τελικά εγκαταλείφθηκε. Ο Turing επέστρεψε στο Cambridge όπου συνέχισε να εξελίσσει τα σχέδια και τις ιδέες του και τελικά το Μάιο του 1950 η πρώτη δοκιμαστική μηχανή με το όνο-

μα "Pilot ACE" κατασκευάστηκε με επιτυχία. Αν και το αρχικό πλήρες σχέδιο του ACE δεν κατασκευάστηκε ποτέ, εντούτοις πολλές αντίστοιχες υπολογιστικές συσκευές βασίστηκαν σε αυτό, όπως για παράδειγμα η αγγλική "Electric DEUCE" και η αμερικανική "Bendix G-15".



► Εικόνα 8: Πρωτότυπο της υπολογιστικής συσκευής Pilot ACE, η οποία κατασκευάστηκε το 1950 βάσει του αρχικού σχεδίου του Turing για το πλήρες λειτουργικό μοντέλο του υπολογιστή ACE ("Automatic Computing Engine"). (Πηγή: Wikipedia.org)

Το 1948 ο Turing βρέθηκε στο τμήμα Μαθηματικών του Πανεπιστημίου του Manchester και ένα χρόνο αργότερα διορίστηκε υποδιευθυντής του Computing Laboratory εκεί, όπου είχε την ευκαιρία να δουλέψει με τις πρώτες μορφές λογισμικού, με κώδικα αποθηκευμένο στην κεντρική μνήμη του υπολογιστή (stored-program H/Y), σε μηχανήματα όπως ο ιστορικός υπολογιστής Manchester Mark 1. Παράλληλα, συνέχισε τις θεωρητικές του εργασίες στα Μαθηματικά και στη Θεωρία Υπολογισμού και το 1950 δημοσίευσε μία από τις πρώτες διατριβές σχετικά με το θέμα της Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence - AI), προτείνοντας για πρώτη φορά το περίφημο "τεστ Turing" (Turing Test - TT), ένα υποθετικό πείραμα βάσει του οποίου θα ήταν δυνατό να αποφασιστεί αν μια μηχανή είναι "ευφυής" ή όχι.

Επίσης, στην ίδια εργασία πρότεινε για πρώτη φορά την ιδέα πως, αντί να προσπαθήσουμε να προσομοιώσουμε σε έναν υπολογιστή τη λειτουργία ενός ενήλικου εγκεφάλου, θα ήταν απλούστερο και αποδοτικότερο να προσομοιώσουμε τη λειτουργία του εγκεφάλου ενός μικρού παιδιού και να τον θέσουμε σε μια διαδικασία σταδιακής εκπαίδευσης. Η ιδέα αυτή αποτελεί σήμερα τη βάση ενός ειδικού κλάδου της Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) και συγκεκριμένα της Στατιστικής Μάθησης (Statistical Learning) και της Αναγνώρισης Προτύπων (Pattern Recognition), όπου ένα πρόγραμμα δεν μοντελοποιεί τον ανθρώπινο τρόπο σκέψης ενός ειδικού, για παράδειγμα ενός γιατρού, αλλά μαθαίνει από παραδείγματα και διορθώνει αυτόματα τα σφάλματα που κάνει, μέχρι να καταλήξει σε μια ισοδύναμη, εξίσου αποδοτική αλλά όχι ταυτόσημη (ως προς τη συλλο-

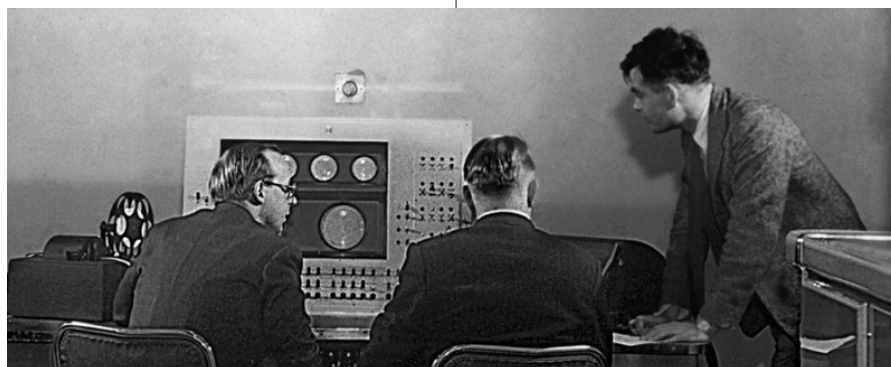
γιστική διαδικασία) συμπεριφορά με τον άνθρωπο-ειδικό.

Το 1948 μαζί με έναν πρώην συμφοιτητή του, τον D. G. Champenowne, ο Turing ξεκίνησε να αναπτύσσει ένα πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή για σκάκι, πριν ακόμη υπάρξει ένας τέτοιος αντίστοιχος υπολογιστής. Έτσι, το 1952 ο ίδιος προσομοίωσε τη λειτουργία ενός τέτοιου υπολογιστή και εκτέλεσε το πρόγραμμά του σε μια παρτίδα σκάκι, όπου κάθε κίνηση απαιτούσε σχεδόν μισή ώρα πράξεων και υπολογισμών. Η παρτίδα καταγράφηκε, όμως το ίδιο το πρόγραμμα του Turing χάθηκε, αν και λέγεται πως κέρδισε την αντίπαλο που δεν ήταν άλλη από τη γυναίκα του Champenowne.

Τα τελευταία χρόνια της ζωής του ο Turing εργάστηκε σε θέματα Μαθηματικής Βιολογίας (Mathematical Biology), ειδικότερα στη διαδικασία της μορφογέννησης (morphogenesis). Ο κλάδος αυτός της Βιολογίας ασχολείται με τις μαθηματικές δομές και την εσωτερική οργάνωση των βιολογικών δομών, όπως για παράδειγμα η εμφάνιση γεωμετρικών "αριθμών" (δομικών στοιχείων) της σειράς Fibonacci στην ανάπτυξη των φύλλων σε φυτά. Η προσφορά του στο συγκεκριμένο τομέα αναγνωρίστηκε μόλις το 1992, όταν δημοσιεύθηκαν

σχέση με την ανθρώπινη (φυσική) ευφυΐα. Σκοπός του ιδεατού αυτού κατασκευάσματος δεν είναι τόσο η σχεδίαση ενός πραγματικού συστήματος ελέγχου και "βαθμολόγησης" της ευφυΐας, αλλά περισσότερο ο καθορισμός των επιθυμητών κριτηρίων βάσει των οποίων η συμπεριφορά μιας μηχανής μπορεί να θεωρηθεί συγκρίσιμη ως προς το επίπεδο της παρατηρούμενης νοημοσύνης στη συμπεριφορά ενός μέσου ανθρώπου.

Με την πάροδο των ετών έχουν διατυπωθεί πολλές παραλλαγές του αρχικού "πειράματος" του Turing, όμως τα βασικά χαρακτηριστικά είναι πάντα παρόμοια. Η ιδεατή πειραματική διάταξη αποτελείται από έναν άνθρωπο-αντικείμενο μελέτης, μια μηχανή-αντικείμενο μελέτης και έναν ακόμα άνθρωπο-κριτή, ο οποίος συνομιλεί και με τα δύο, χωρίς όμως να γνωρίζει με κανένα τρόπο με ποιο ακριβώς συνομιλεί κάθε φορά. Η συνομιλία θεωρείται ότι πραγματοποιείται σε φυσική γλώσσα και στις δύο περιπτώσεις και ο στόχος δεν είναι ο έλεγχος της ορθότητας των απαντήσεων αλλά της "φυσικότητας" του διαλόγου. Αν μετά από επαρκή χρόνο ο άνθρωπος-κριτής δεν μπορεί να διακρίνει πότε συνομιλεί με τον άνθρωπο και πότε με τη μηχανή, τότε η



► Εικόνα 9: Ο Turing μαζί με δύο συνεργάτες του εργάζονται σε έναν υπολογιστή Ferranti Mark 1 τον Ιανουάριο του 1951. Ο υπολογιστής Mark 1, γνωστός και ως Manchester Mark 1, κατασκευάστηκε ως εξέλιξη του παλαιότερου Colossus του Β'ΠΠ και αποτέλεσε τον πρώτο ηλεκτρονικό υπολογιστή με λογισμικό "αποθηκευμένου προγράμματος" (stored-program computer). (Πηγή: Wikipedia.org)

άγνωστες μέχρι τότε εργασίες του σχετικά με τη χημική διεργασία της μορφογέννησης, καθώς επίσης και της αντίστοιχης μαθηματικής ανάλυσης που παρουσιάζει αρκετά κοινά πρώιμα σημεία με αυτό που πολύ αργότερα έγινε ευρέως γνωστό ως μορφοκλασματική ανάλυση (fractal analysis) και χαοτικά συστήματα (chaotic systems).

#### ❶ Το "κινέζικο δωμάτιο", το τεστ Turing και η τεχνητή "ευφυΐα"

Μία από τις πιο ευφάνταστες ιδέες του Turing στον τομέα της Υπολογιστικής Νοημοσύνης (Computational Intelligence) είναι το "πείραμα Turing" ή αλλιώς "τεστ Turing". Πρόκειται για ένα υποθετικό πείραμα για τον έλεγχο του βαθμού "ευφυΐας" μιας μηχανής, σε

μηχανή αυτή θεωρείται "ευφυής" και μάλιστα σε επίπεδο συγκρίσιμο με αυτό του ανθρώπου-αντικειμένου. Για την αποφυγή οποιασδήποτε άλλης επαφής ή πληροφορίας που ίσως φανερώσει στον άνθρωπο-κριτή το συνομιλητή, η επικοινωνία τυπικά περιορίζεται σε απλά γραπτά μηνύματα που ανταλλάσσονται μέσω τερματικών σε εντελώς ξεχωριστά δωμάτια.

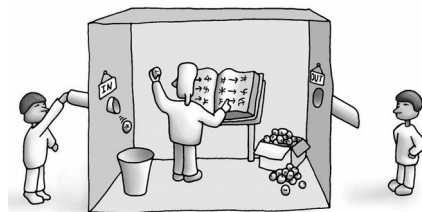
Το παραπάνω τεστ διατυπώθηκε από τον Turing το 1950 στην εξαιρετικά σημαντική εργασία του "Υπολογιστικές μηχανές και νοημοσύνη" ("Computing machinery and intelligence", Mind, 1950), η οποία αναφέρει χαρακτηριστικά ότι, εφόσον η έννοια της "σκέψης" είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί επακριβώς, προτιμά να την αντικαταστήσει με

την έννοια της παρατηρούμενης συμπεριφοράς σε ένα "παιχνίδι μίμησης" της ανθρώπινης συλλογιστικής. Ο Turing πίστευε ότι αυτή η δεύτερη διατύπωση του προβλήματος μπορούσε να μελετηθεί και να επιλυθεί ως προς τον καθορισμό των απαραίτητων παραμέτρων χαρακτηρισμού της παρατηρούμενης συμπεριφοράς ως "ευφυή" ή όχι.

Οι δύο σημαντικότερες παράμετροι περιορισμοί στο πείραμα είναι: (α) η πλήρης απομόνωση των συνομιλητών μεταξύ τους και η επικοινωνία μόνο μέσω γραπτών μηνυμάτων, και (β) το γεγονός ότι δεν ελέγχεται η ορθότητα των απαντήσεων παρά μόνο η "φυσικότητα" τους ως πραγματικά ανθρώπινες. Μια από τις συνηθέστερες κριτικές προς τη συγκεκριμένη διαμόρφωση του τεστ είναι ότι, υπό αυτές τις συνθήκες, μια μηχανή με αρκούντως καλή ικανότητα μίμησης και παροχής έτοιμων απαντήσεων, χωρίς απαραίτητα να καταλαβαίνει το περιεχόμενό τους, μπορεί εύκολα να περάσει με επιτυχία τη δοκιμασία. Πρακτικά, αυτό ισοδυναμεί με μια συσκευή που δεν γνωρίζει για παράδειγμα την κινεζική γλώσσα, αλλά έχει στη διάθεσή της πλήθος έτοιμες απαντήσεις γραμμένες στα Κινέζικα και τις οποίες αποστέλλει τυχαία ως απαντήσεις σε κάθε ερώτηση που λαμβάνει. Αν οι απαντήσεις είναι αρκούντως "φυσικές", δηλαδή διατυπωμένες από άνθρωπο, τότε εφόσον δεν ελέγχεται η ορθότητά τους από τον άνθρωπο-κριτή σίγουρα επαρκούν για την επιτυχία της μηχανής στο συγκεκριμένο τεστ. Από αυτό ακριβώς το παράδειγμα προέρχεται η έκφραση "κινέζικο δωμάτιο" ("Chinese Room"), ως παράδειγμα απόδειξης της μη εγκυρότητας του τεστ Turing.

Ένα ακόμη παράδειγμα της πιθανής μη εγκυρότητας του τεστ Turing για τον έλεγχο του κατά πόσο μια συμπεριφορά μπορεί να χαρακτηριστεί ως "ευφυής" ή όχι αποτελεί το ζήτημα του περιεχομένου της επικοινωνίας που λαμβάνει χώρα. Γενικά, όσο πιο περιορισμένα και εξειδικευμένα είναι τα επιτρεπτά θέματα συζήτησης, τόσο πιο "τεχνικές" και τυποποιημένες μπορούν να είναι οι αντίστοιχες ερωτήσεις και απαντήσεις, διευκολύνοντας έτσι την πρόκληση για τη μηχανή. Για παράδειγμα, ένα Έμπειρο Σύστημα (Expert System) εφοδιασμένο με την πλήρη νομοθεσία και νομολογία για ένα θέμα, μπορεί να απαντήσει με αποτελεσματικό τρόπο σε οποιαδήποτε σχετική ερώτηση, με σαφήνεια και ακρίβεια διατύπωσης, όπως ακριβώς αναμένεται από έναν άνθρωπο-ειδικό. Περισσότερο ενδιαφέρουσα είναι η διαπίστωση πως ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή αν ένας άνθρωπος μη ειδικός στον ίδιο τομέα κληθεί να απαντήσει στις ίδιες ακριβώς ερωτήσεις, είναι πιθανό οι απαντήσεις του να φανερώσουν χαμηλή "νοημοσύνη" σε ότι

αφορά το αντικείμενο και συνεπώς να θεωρηθεί εσφαλμένα "μηχανή". Γενικά, το παραπάνω πρόβλημα σχετίζεται με την εγγενή αδυναμία καθορισμού της έννοιας "ευφυΐα" ακόμα και για τον ίδιο τον άνθρωπο, με συνέπεια την αδυναμία να προσδιοριστεί κατάλληλα το αντίστοιχο κριτήριο απόφασης στο πείραμα Turing.



► Εικόνα 10: Παράδειγμα του προβλήματος του "κινέζικου δωματίου" στο τεστ Turing: (α) Ένα μήνυμα αποστέλλεται σε κάποιο απομονωμένο συνομιλητή που δεν γνωρίζει Κινέζικα, (β) χρησιμοποιώντας ένα εγχειρίδιο οδηγιών με λίστα πιθανών ερωτήσεων-απαντήσεων, εντοπίζει το απόσπασμα ελέγχοντας τα σύμβολα και επιλέγει την απάντηση που το συνοδεύει, (γ) αποστέλλει την απάντηση και ο εξωτερικός συνομιλητής πιστεύει ότι μέσα στο δωμάτιο βρίσκεται κάποιος που πράγματι "συνομιλεί" μαζί του.

Παρά τις κριτικές και τις αμφισβητήσεις, η σημαντικότητα του έργου του Turing στο συγκεκριμένο ζήτημα δεν έγκειται τόσο στο ίδιο το πείραμα αλλά κυρίως στο ότι, αντί να προσπαθήσει να δώσει σαφή ορισμό στα πολύ δύσκολα θεμελιώδη ερωτήματα όπως "τι είναι νοημοσύνη;" ή "μπορούν οι μηχανές να σκεφθούν;", προτιμά να διατυπώσει για πρώτη φορά το αντίστοιχο ερώτημα της παρατηρησιμότητας, δηλαδή "μπορούν οι μηχανές να συμπεριφερθούν με τρόπο ισοδύναμο με τον δικό μας (ευφυή);" Όπως αναφέρει χαρακτηριστικά ο Turing, η νέα αυτή διατύπωση χαράσσει ένα σαφέστατο και πολύ ξεκάθαρο όριο μεταξύ των φυσικών (πρακτικών) και των νοητικών (εσωτερικών) εκφάνσεων της ανθρώπινης νοημοσύνης. Με βάση αυτό το κριτήριο, μια μηχανή δεν απαιτείται να "σκέφτεται" έξυπνα αλλά απλά να συμπεριφέρεται ως τέτοια, θέση η οποία έχει αποτελέσει το κέντρο ατελείωτων αντιπαράθεσεων ως προς την πραγματική διάσταση του όρου "Τεχνητή Νοημοσύνη" (εφόσον είναι "τεχνητή", το παραπάνω ίσως πρέπει να θεωρείται εξ' ορισμού αποδεκτό, αλλά όχι κατ' αποκλειστικότητα).

Σήμερα το τεστ Turing εξακολουθεί να αποτελεί ένα σημαντικότατο εργαλείο διερεύνησης και προβληματισμού στη μελέτη της νοημοσύνης γενικότερα, όχι μόνο στην Πληροφορική αλλά και σε άλλες επιστήμες. Αν και δεν προ-

σφέρει συγκεκριμένες και αδιαμφισβήτητες λύσεις, εντούτοις θέτει τον προβληματισμό στη σωστή του βάση, δηλαδή στην ανάγκη κατ' αρχήν να προσδιοριστεί, με επιστημονικά αποδεκτό τρόπο και με μετρήσιμες μεθοδολογίες, το τι σημαίνει "ευφυΐα" και ποια είναι τα χαρακτηριστικά (ενδογενή και εξωγενή) που την καθορίζουν, όχι μόνο στον άνθρωπο αλλά σε κάθε ζωντανό οργανισμό.

### ❖ Η καταδίκη για "προσβολή της δημόσιας αιδούς" και ο θάνατος του Turing

Τον Ιανουάριο του 1952 ο Turing συνάντησε τον 19χρονο τότε άνεργο Arnold Murray στο Manchester και η γνωριμία κατέληξε στο να τον προσκαλέσει να μείνει το Σαββατοκύριακο στο σπίτι του. Ο Murray δεν εμφανίστηκε ποτέ στο σπίτι, όμως οι δύο άνδρες συναντήθηκαν και πάλι αρκετές φορές τις επόμενες εβδομάδες. Μετά από μια επιτυχημένη προσπάθεια διάρρηξης στο σπίτι του Turing, στην οποία ο Murray φέρεται να ήταν συνένοχος, η καταγγελία στην αστυνομία και η ανάκριση που ακολούθησε οδήγησε στην παραδοχή από τον Turing ότι είχε συνάψει ερωτική σχέση με τον Murray. Εκείνη την εποχή στην Αγγλία οι ομοφυλοφιλικές σχέσεις ήταν παράνομες, έτσι και οι δύο κατηγορήθηκαν για παραβίαση του νόμου περί "δημόσιας αιδούς". Στον Turing δόθηκε η επιλογή μεταξύ της φυλάκισης ή της αναστολής της ποινής και της υποχρεωτικής ορμονοθεραπείας. Αποδέχτηκε τη δεύτερη επιλογή και την ιατρική παρακολούθηση για ένα έτος, όμως οι παρενέργειες οδήγησαν τον οργανισμό του σε κατάρρευση.

Μετά την καταδίκη, αφαιρέθηκε από τον Turing η άδεια πρόσβασης και ενασχόλησης με άκρως απόρρητο υλικό του Κυβερνητικού Αρχηγείου Επικοινωνιών (Government Communications Headquarters - GCHQ, μετεξέλιξη του GCCS), εξοβελίζοντας τον από την κλειστή κοινότητα των κρυπταναλυτών της υπηρεσίας. Την ίδια περίοδο υπήρχε ιδιαίτερη ένταση και ανησυχία σχετικά με την παγίδευση ανώτερων κυβερνητικών αξιωματούχων σε ομοφυλοφιλικές σχέσεις από πράκτορες της Σοβιετικής Ένωσης, καθώς πρόσφατα είχε αποκλυφθεί η ταυτότητα δύο διπλών πρακτόρων που δρούσαν για την KGB. Ο Turing δεν κατηγορήθηκε ποτέ για κατασκοπεία, όμως του απαγορεύτηκε να δημοσιοποιήσει οτιδήποτε είχε σχέση με την εργασία του ως κρυπταναλυτής στο Bletchley Park τα προηγούμενα χρόνια.

Στις 8 Ιουνίου του 1954 ο Turing βρέθηκε νεκρός στο σπίτι του, λίγες μέρες πριν συμπληρώσει τα 42 του χρόνια. Ο ιατροδικαστής αποφάνθηκε πως πρόκειται για δηλητηρίαση από κυάνιο, ενώ δίπλα του βρέθηκε ένα μι-

σοφαγωμένο μήλο, το οποίο δεν ελέγχθηκε ποτέ για ίχνη του δηλητηρίου. Επισήμως ο θάνατός του αποδόθηκε σε αυτοκτονία, γεγονός που στηρίχθηκε κυρίως στο χαρακτήρα του και τις δυσκολίες που περνούσε τα τελευταία χρόνια λόγω των αποκαλύψεων για τις ομοφυλοφιλικές του σχέσεις, παρότι από τα ευρήματα φαίνεται πως δεν έπαυσε από κατάθλιψη και δεν έδειχνε δείγματα απογοήτευσης ή παραίτησης από την επιστημονική εργασία του - το αντίθετο μάλιστα. Η μητέρα του απέδωσε το θάνατό του σε ατύχημα, καθώς ήξερε πως συχνά ήταν απρόσεκτος με εργαστηριακά χημικά που χρησιμοποιούσε σε πειράματά του, όμως ο βιογράφος Andrew Hodges θεωρεί ότι ίσως αυτό το "ατύχημα" να ήταν προσχεδιασμένο από τον ίδιο τον Turing, έτσι ώστε να προσφέρει ένα πιστευτό άλλοθι στη μητέρα του για την απόρριψη της αυτοκτονίας.

### ◉ Επίλογος

Η προσφορά του Turing στην επιστήμη είναι τόσο σημαντική όσο ελάχιστες άλλες προσωπικότητες. Από πολλούς αποκαλείται ο Albert Einstein της Επιστήμης των Υπολογιστών και της Πληροφορικής, καθώς στις ιδέες του βασίστηκαν πλήθος θεωριών, μεθόδων και ανακαλύψεων που ακόμα και σήμερα αποτελούν θεμέλιο λίθο σε πολλούς επιστημονικούς τομείς και σε αμέτρητες εφαρμογές. Από το 1966 η αμερικανική ένωση Association for Computing Machinery (ACM), ένας από τους πιο σημαντικούς και ιστορικούς επιστημονικούς οργανισμούς παγκοσμίως, απονέμει κάθε χρόνο το Alan Turing Award σε επιστήμονες της Πληροφορικής για την προσφορά τους. Το Turing Award θεωρείται η ανώτερη διάκριση που μπορεί να λάβει κάποιος στον τομέα αυτό και αποτελεί το ισοδύναμο του βραβείου Νόμπελ στην Πληροφορική. Το 2007 ένας Έλληνας, ο Ιωσήφ Σηφάκης που εργάζεται στο Εθνικό Κέντρο Επιστημονικών Ερευνών της Γαλλίας (CNRS), μαζί με τους Edmond M. Clark και E. Allen Emerson, έλαβε το βραβείο Turing για την ερευνητική προσφορά του στη διατύπωση θεωρητικών μοντέλων επικύρωσης πληροφοριακών συστημάτων (model checking). Στους βραβευμένους με βραβείο Turing επιστήμονες περιλαμβάνονται όλοι σχεδόν οι θεμελιωτές της σημερινής Επιστήμης Υπολογιστών και της Πληροφορικής, όπως οι Richard Hamming (επεξεργασία σήματος), ο Edsger W. Dijkstra (αλγόριθμοι, θεωρία γράφων), ο Donald E. Knuth (αλγόριθμοι, προγραμματισμός), οι Ronald L. Rivest, Adi Shamir και Leonard M. Adleman (κρυπτογραφία), οι Vinton G.

Cerf και Robert E. Kahn (διαδίκτυο, πρωτόκολλα, παγκόσμιος ιστός) και πολλοί άλλοι.

Μετά από δημόσιες εκκλήσεις και προσπάθειες, τον Αύγουστο του 2009 ξεκίνησε η προσπάθεια πλήρους αποκατάστασης της φήμης του Turing από το βρετανικό κράτος, ιδιαίτερα σε ότι αφορά το αίτημα για δήλωση δημόσιας συγγνώμης σχετικά με την καταδίκη του για ομοφυλοφιλικές σχέσεις και προσβολή της "δημόσιας αιδούς". Η έκκληση οργανώθηκε από τον John-Graham Cumming και συγκέντρωσε χιλιάδες υπογραφές. Στις 10 Σεπτεμβρίου, μόλις ένα μήνα αργότερα, ο τότε πρωθυπουργός της Αγγλίας Gordon Brown δήλωσε σε δημόσια ανακοίνωσή του πως η αντιμείωσή του Turing, αν και σύννομη εκείνη την εποχή, ήταν άδικη και σκληρή, ζητώντας επίσημα συγγνώμη εκ μέρους του κράτους και ευχαριστώντας τον για την ανεκτίμητη προσφορά του. Το Δεκέμβριο του 2011 μια νέα ηλεκτρονική έκκληση (e-petition) οργανώθηκε για την τυπική απαλλαγή του Turing από την καταδίκη του, συγκεντρώνοντας πάνω από 34.000 υπογραφές, όμως το αίτημα απορρίφθηκε για τυπικούς λόγους. Στις 26 Ιουλίου του 2012 κατατέθηκε προς συζήτηση στη Βουλή των Λόρδων (House of Lords) το αίτημα για οριστική απαλλαγή του από την καταδικαστική απόφαση, ενώ παράλληλα διενεργήθηκαν ηλεκτρονικές εκκλήσεις υποστήριξης του αιτήματος, οι οποίες συγκέντρωσαν πάνω από 37.000 υπογραφές και ολοκληρώθηκαν στο τέλος Νοεμβρίου 2012. Ως αποτέλεσμα, το 2013 η βασίλισσα της Ελισάβετ του απένειμε επίσημα χάρη.

### ◉ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- (1) Tom Siegfried, A MIND FROM MATH, Science News, 30 Jun 2012, <http://www.sciencenews.com/view/feature/id/341450>.
- (2) Wikipedia, ALAN TURING (article), 19 Sept 2012, [http://en.wikipedia.org/wiki/Alan\\_Turing](http://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing)
- (3) Wikipedia, TURING TEST (article), 20 Sept 2012, [http://en.wikipedia.org/wiki/Turing\\_test](http://en.wikipedia.org/wiki/Turing_test)
- (4) RMCybernetics, THE TURING TEST, 20 Sept 2012, [http://www.rmcybernetics.com/science/cybernetics/ai\\_turing\\_test.htm](http://www.rmcybernetics.com/science/cybernetics/ai_turing_test.htm)
- (5) Quentin Cooper, ALAN TURING: SEPARATING THE MAN AND THE MYTH, BBC - Future - Science & Environment, 21 Jun 2012, <http://www.bbc.com/future/story/20120620-the-turing-test-of-time>
- (6) John Pavlus, WILL WE EVER... PAS THE TURING TEST FOR COMPUTERS?, BBC - Future - Technology, 16 May 2012, [-can-computers-ever-think-like-us](http://www.bbc.com/future/story/20120516</a></li></ol></div><div data-bbox=)

(7) BBC News, CAN COMPUTERS HAVE TRUE ARTIFICIAL INTELLIGENCE?, BBC News - Technology, 2 Apr 2012, <http://www.bbc.com/news/technology-17547694>

(8) Vint Cerf, ALAN TURING: WHY THE TECH WORLD'S HERO SHOULD BE A HOUSEHOLD NAME, BBC News - Technology, 18 Jun 2012, <http://www.bbc.com/news/technology-17662585>

(9) Science Museum (UK), CODEBREAKER - ALAN TURING'S LIFE AND LEGACY, exhibition brief, 20 Sept 2012, <http://www.sciencemuseum.org.uk/visitmuseum/galleries/turing.aspx>

(10) Jack Copeland (Prof.), ALAN TURING: THE CODEBREAKER WHO SAVED 'MILLIONS OF LIVES', BBC News - Technology, 19 Jun 2012, <http://www.bbc.com/news/technology-18419691>

(11) Βικιπαίδεια, ΆΛΑΝ ΤΟΥΠΙΝΓΚ (άρθρο), 20 Αυγ 2012, <http://el.wikipedia.org>

(12) BBC History, ALAN TURING - HISTORY, BBC History (pictures, video, facts & news), 20 Sept 2012, [http://www.bbc.com/history/people/alan\\_turing](http://www.bbc.com/history/people/alan_turing)

(13) John Searle, BRAINS, MINDS AND PROGRAMS, Behavioral and Brain Sciences, 3 (3): 417-457, 1980, doi: 10.1017/S0140525X00005756.

(14) Blay Whitby, THE TURING TEST: AI'S BIGGEST BLIND ALLEY?, in Millican, Peter & Clark, Andy, Machines and Thought: The Legacy of Alan Turing, 1, Oxford University Press, pp 53-62, ISBN 0-19-823876-2.

(15) Martin Campbell-Kelly, William Aspray, COMPUTER: A HISTORY OF THE INFORMATION MACHINE, Basic Books, New York (1996), ISBN 0-456-02989-2.

(16) Jack B Copeland, COLOSSUS: THE SECRETS OF BLETCHLEY PARK'S CODE-BREAKING COMPUTERS, Oxford University Press, 2006, ISBN 978-0-19-284055-4.

(17) Paul Gannon, COLOSSUS: BLETCHLEY PARK'S GREATEST SECRET, Atlantic Books, London, 2007, ISBN 978-1-84354-331-2.

(18) Jon Agar, TURING AND THE UNIVERSAL MACHINE, Icon, 2001.

(19) David Leavitt, THE MAN WHO KNEW TOO MUCH: ALAN TURING AND THE INVENTION OF THE COMPUTER, W. W. Norton, 2006.

(20) Stephen Pincock, ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΙΑ - ΚΩΔΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ, εκδ. Τραυλός, 2006.

(21) Hodges Andrew, ΆΛΑΝ ΤΙΟΥΠΙΝΓΚ: ΤΟ ΑΙΝΙΓΜΑ, εκδ. "Τραυλός", 2004.

► Η αρχική έκδοση του άρθρου δημοσιεύτηκε τον Ιανουάριο του 2013 στο τεύχος 370 του περιοδικού "Περσικόπιο της Επιστήμης" - <https://www.gnomonpublications.gr/Product.asp?ID=1223>

Μηνιαία ενημερωτική έκδοση της  
Ένωσης Πληροφορικών Ελλάδας.

Το "άρθρο του μήνα" φιλοξενεί κάθε  
μήνα ένα θέμα από την ευρύτερη  
επιστήμη & τεχνολογία και  
επιστήμονες που καθόρισαν την  
εξέλιξη της ανθρωπότητας.

Δείτε όλα τα τεύχη:

<https://www.epe.org.gr/index.php?id=10>



[pliroforikos@epe.org.gr](mailto:pliroforikos@epe.org.gr)

## Ο ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΟΣ

Το περιοδικό της Ένωσης Πληροφορικών Ελλάδας

[www.epe.org.gr](http://www.epe.org.gr)  
[info@epe.org.gr](mailto:info@epe.org.gr)



Επισκεφθείτε μας στο web  
[www.epe.org.gr](http://www.epe.org.gr)

### Γίνετε μέλος της ΕΠΕ

Για την ανάδειξη της  
Πληροφορικής στη χώρα

Η Ένωση Πληροφορικών Ελλάδος υπάρχει για να δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την προαγωγή της Πληροφορικής, αξιοποιώντας τις δυνάμεις των Πληροφορικών και ικανοποιώντας τις εργασιακές και επιστημονικές τους ανάγκες όπου και αν εργάζονται ή διαμένουν. Είναι η κατάλληλη της αναζήτησης όλων των Πληροφορικών για ένα ισχυρό φορέα του κλάδου που να αναδεικνύει αξιόπιστα τον κοινωνικό τους ρόλο και να τους εκπροσωπεί αυθεντικά σε όλα τα πεδία των ενδιαφερόντων τους.

Είναι η αφετηρία μιας μεγάλου προσπάθειας που επιδιώκει να κινητοποιήσει όλες τις ζωντανές δυνάμεις της κοινωνίας και να πορευτεί, μαζί μ' αυτές, προς έναν καλύτερο κόσμο για όλους.

Σταθμός σε αυτή την πορεία και στρατηγικός στόχος της ΕΠΕ είναι η δημιουργία του Επιμελητηρίου Πληροφορικής.

Η δράση και οι παρεμβάσεις της είναι ο καταλύτης για την ωρίμανση των αναγκαίων κοινωνικών και πολιτικών συνθηκών.

Οι αξίες που καλλιεργεί θα αποτελέσουν την κληρονομιά και το όραμα του θεσμικού αυτού φορέα. Για να μπορέσουν όλοι οι πληροφορικοί να βρουν τη θέση που τους αξίζει στον κόσμο που όλοι μας οραματιζόμαστε.



<https://www.facebook.com/EnosiPliroforikonElladas>



<https://www.linkedin.com/groups?gid=66328>



[https://twitter.com/epe\\_gr](https://twitter.com/epe_gr)



<https://www.youtube.com/user/hiuaccount>



<http://www.epe.org.gr/index.php?id=7&type=100>