

## Συνείδηση - Εγκέφαλος και Υπολογιστές: αναλογίες, ομοιότητες και διαφορές

### 0. Εισαγωγή

Στο σκεπτικιστή αναγνώστη ο παραπάνω τίτλος του θέματός μας θα φανεί ίσως υπερβολικά υποσχητικός. Εύλογα θα παρατηρήσει ότι κάποιες ομοιότητες εγκέφαλου - ηλ. υπολογιστή (Η.Υ.) έχουν ιδιαίτερα τονιστεί, κάνοντας την παρομοίωση δημοφιλή. Όμως, όταν μιλάμε για ομοιότητες και διαφορές δύο πραγμάτων, προϋποτίθεται ότι γνωρίζουμε *αμφότερα* αρκετά καλά, ενώ εδώ φοβάμαι ότι για το ένα από τα δύο –τον εγκέφαλο ειδικά και τη συνείδηση γενικότερα– πολύ λίγα ξέρουμε! Νομίζω, δηλαδή, ότι δεν διαθέτουμε, σήμερα τουλάχιστον, κάποια αξιόπιστη θεωρία της συνείδησης.

Η όποια σύγκριση πρέπει, έτσι, να γίνει –προς το παρόν– μόνο σε επίπεδο *αρχών*. Αν δεχθούμε, λοιπόν, ότι το βιολογικό επίπεδο συνιστά *εξέλιξη του φυσικού επιπέδου* –ενδεχομένως αυτονομούμενο στη συνέχεια–, μας επιτρέπεται να επιλέξουμε τέτοιες αρχές από το φυσικό επίπεδο και, δεοντολογικά, να τις αναζητήσουμε στις πιο σύγχρονες και έγκυρες φυσικές θεωρίες μας.

Στρατηγική μας στην απόρριψη της παρομοίωσης δεν θα είναι η ενίσχυση μερικών γνωστών διαφορών όπως, π.χ., ότι (I), εγκέφαλος και Η.Υ. διαφέρουν δομικά και λειτουργικά – αφού ο Η.Υ. εμφανίζεται έτοιμος στην αγορά, ενώ ο εγκέφαλος αναπτύσσεται από την εμβρυακή στη νηπιακή κ.λπ. καταστάσεις, ή ότι, (II), στον εγκέφαλο δεν διαχωρίζεται η λειτουργία (σκέψη) από το υπόβαθρό της (εγκεφαλική μάζα), αντίθετα από ό.τι στους Η.Υ. (hardware - software).

Αντίθετα, θα επιχειρήσουμε –σε τρεις ενότητες– να υποσκάψουμε την παρομοίωση στη βάση της: θα υποστηρίξουμε, δηλαδή, ότι ο *εγκέφαλος δεν υπολογίζει αλγοριθμικά*.

### I. «Φυσικός Υπολογισμός»: ένα νευροβιολογικό λειτουργικό σχήμα αντί του Αλγοριθμικού Υπολογισμού

Άραγε, όταν διασχίζουμε έναν πολυσύχναστο δρόμο –εκτός διάβασης πεζών!– μήπως επιλύουμε κάποιο σύστημα αλγεβρικο-διαφορικών εξισώσεων (!) – σύστημα, όπου υπει-

σέρχονται ως μεταβλητές το πλήθος των αυτοκινήτων, οι ταχύτητές τους, οι επιταχύνσεις τους κ.λπ.; Κάνουμε, δηλαδή, ότι θα μπορούσε να κάνει και κάποιο ευφύνης αυτόματο εφοδιασμένο με αισθητηριο-κινητικούς μηχανισμούς; – από το οποίο πάντως θα είχαν σίγουρα διαφύγει κάποιες εκτιμήσεις που εμείς εύκολα κάνουμε, π.χ. για την οδήγηση ενός θυμωμένου οδηγού ή τις απελπισμένες κινήσεις του τροχονόμου!

- Αν πράγματι ο εγκέφαλός μας επεξεργάζεται και επιλύει τέτοια μαθηματικά συστήματα, τότε ο Σωκράτης θα είχε δίκιο όταν –όπως αφηγείται στον «Μένωνα»<sup>1</sup>– προσπαθούσε να εκμαιεύσει από το δούλο τη λύση ενός γεωμετρικού προβλήματος. (Και ας θυμηθούμε πόσο κουράστηκε στο διάλογο για να οδηγήσει το δούλο στη λύση!)

- Αν όμως τα πράγματα δεν είναι έτσι, αν δηλαδή δεν είναι εγκατεστημένος στον εγκέφαλό μας κάποιος μαθηματικός-γεωμέτρης –ή, σε σημερινή διατύπωση, αν ο εγκέφαλός μας δεν ισοδυναμεί με ψηφιακό Η.Υ.–, τότε πώς διασχιζουμε ασφαλώς το δρόμο;

Σκοπός μου εδώ είναι να σκιαγραφήσω κάποια απάντηση σε αυτό το πλαίσιο, δηλαδή θα υποστηρίξω τη μάλλον αιρετική άποψη ότι η παρομοίωση του εγκεφάλου με Η.Υ. είναι θεμελιακά εσφαλμένη. Με άλλα λόγια, θα υπερασπιστώ μια αυτόνομη βιολογία του εγκεφάλου, ανεξάρτητη από τη λεγόμενη «γνωσιακή επιστήμη», όπως τουλάχιστον η τελευταία είναι σήμερα.

Αξιωματική παραδοχή μας είναι ότι σώμα και συνείδηση είναι προϊόν βιολογικής εξέλιξης – παραδοχή που, παρά τις αδυναμίες της, αποτελεί, στις γενικές της γραμμές, την καλύτερη θεωρία που διαθέτουμε σήμερα.

Ας ανατρέξουμε, λοιπόν, σε εκείνη την αρχαϊκή στιγμή που η φυσική αντίδραση σε κάποια εξωτερική πίεση οδηγεί μακροπρόθεσμα στη δημιουργία της πρώτης κυτταρικής μεμβράνης, δηλαδή σε οριοθέτηση και διαχωρισμό του πρώτου εκείνου μικροσκοπικού έμβριου από τον εξωτερικό κόσμο, στην πρώτη κατοχύρωση ενός «εαυτού».

Ας δούμε όμως έναν άλλο τρόπο περιγραφής του ίδιου φαινομένου. Ας δούμε τον κόσμο αφαιρετικά. Έχουμε, λοιπόν, μια γενική φυσική αιτία, την πίεση, που μέσω ενός πλήθους φυσικών διαδικασιών –ιξώδες, τριχοειδή φαινόμενα κ.λπ.– συνεπάγεται ένα φυσικό αποτέλεσμα, την κυτταρική μεμβράνη. Από εννοιολογική σκοπιά, μπορούμε να πούμε ότι ένα φυσικό φαινόμενο, η πίεση, μετασχηματίζεται σε ένα άλλο, την κυτταρική μεμβράνη ή –σε πιο μαθηματική γλώσσα– ότι η πίεση αναπαρίσταται με την κυτταρική μεμβράνη.

Η περιγραφή αυτή είναι, βέβαια, από φυσικής πλευράς, πολύ απλουστευτική, αφού ως φυσική αιτία της κυτταρικής μεμβράνης θα πρέπει να προστεθούν, π.χ., η υπέρυθρος και η υπεριώδης ακτινοβολία. Όμως δεν παύει να υφίσταται το λογικό σχήμα που θα χρησιμεύσει στο σκεπτικό μας: ο κόσμος είναι μια ροή συμβάντων, μια διαδικασία μετασχηματισμών, μια σκηνη όπου κάθε συμβάν αναπαριστά κάποιο άλλο που πέρασε πριν από τη σκηνη. Έτσι, η κυτταρική μεμβράνη έχει υποκαταστήσει, αναπαριστά την πίεση και τις ακτινοβολίες. Και, με τον ίδιο τρόπο, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ορατή ακτινοβολία, το «φως», που ανακλάται από τα διάφορα αντικείμενα, αναπαρίσταται στα σχήματα και χρώματα που ο εξελιγμένος οργανισμός αντιστοιχεί στα εξωτερικά αντικείμενα.

• Ας μεταφράσουμε αυτά σε τυπική Λογική. Σε ένα εξελιγμένο έμβιο, μια εξωτερική επιθετική πίεση θα αναπαρασταθεί με κάποια αμυντική μετατόπιση του οργανισμού. Από λογική σκοπιά, η αναταράσσωση αυτή είναι μια *συνεπαγωγή*: αν το έμβιο δέχεται μια πίεση στο περιγράμματό του, τότε μετατοπίζεται.

Το ίδιο λογικό σχήμα μπορεί να εφαρμοστεί και σε πιο σύνθετα, «ανώτερα», ερεθίσματα. Π.χ., η απόσταση ενός αντικειμένου αναπαρίσταται με ένα νευρικό «έγγραμμα»<sup>2</sup> και, παρομοίως –πιο σύνθετα– η μεταβολή της απόστασης του αντικειμένου (π.χ., κάποιου εχθρού). Από λογική σκοπιά, έχουμε και πάλι μια *συνεπαγωγή*: αν το έμβιο αντιλαμβάνεται μεταβολή της απόστασης του εξωτερικού αντικειμένου, τότε μετατοπίζεται ανάλογα.

• Ας ανακεφαλαιώσουμε.

(I) Το γενικό φυσικό-βιολογικό σχήμα που προέκυψε είναι: ένα εξωτερικό φαινόμενο (πίεση, μεταβολή απόστασης κ.λπ.) *μετασχηματίζεται, αναπαρίσταται*, σε ένα άλλο (μετατόπιση του περιγράμματος του οργανισμού, μετατόπιση ολόκληρου του οργανισμού κ.λπ.).

(II) Το φυσικό-βιολογικό αυτό σχήμα αντιστοιχεί σε μια *λογική συνεπαγωγή*: «εάν..., τότε...»

(III) Έχουμε δεχθεί ότι ο μετασχηματισμός αυτός διαμορφώνεται μέσω της *ανάπτυξης* του εμβρίου και της *εξέλιξης* του είδους του εμβρίου.

Ας θέσουμε τώρα το κρίσιμο ερώτημα (!): Υποκρίνεται, άραγε, το προηγούμενο φυσικό-βιολογικό-λογικό σχήμα κάποιον ψηφιακό υπολογισμό; Υποστηρίζω πως όχι (!):

Δεν υπάρχει πουθενά στο σχήμα μας η ανάγκη να μεσολαβήσει κάποιος ψηφιακός υπολογισμός! Αυτό που ίσως πράγματι συμβαίνει είναι ότι μια αναταράσσωση εγγεγραμμένη στο νευρικό σύστημα –το «έγγραμμα» (E1) της μεταβολής της απόστασης του εχθρού– μετασχηματίζεται σε μια άλλη αναταράσσωση – στο έγγραμμα (E2) της απόφασης μετατόπισης του οργανισμού. Ο μετασχηματισμός αυτός –που υλοποιεί μια συνεπαγωγή «αν..., τότε...»– δεν είναι παρά μια φυσική μεταβολή της πρώτης αναταράσσωσης στη δεύτερη: μια αλλαγή της δυναμικής ισορροπίας του νευρικού συστήματος από το πρώτο έγγραμμα (E1) στο δεύτερο (E2) μέσω ενός συνόλου φυσικών και βιολογικών προδιαγραφών. Και ως «προδιαγραφές» εννοώ τις διάφορες φυσικές αλληλεπιδράσεις, που εκδηλώνονται ως χημικές και ηλεκτρικές «δυνάμεις», ως ιξώδες, ως επιφανειακές τάσεις, ως βαρύτητα και ό,τι άλλο (!) όλες αυτές τις «ενέργειες» που –όπως θα μας έλεγε και ο d'Arcy Thomson<sup>3</sup>– «βασανίζουν» την «ύλη», με τον ίδιο τρόπο που ο αργειοπλάστης βασανίζει τον πηλό για να φτιάξει το αγγείο.

• Σε ισοδύναμη μαθηματική διατύπωση, η αέναος διαδοχή στιγμιαίων δυναμικών ισορροπιών που πραγματώνει ολόκληρος ο οργανισμός –και το νευρικό σύστημα ειδικότερα– ισοδυναμεί, συνήθως, με τη βελτιστοποίηση διάφορων βιολογικών μεταβλητών, από τις οποίες γενικότερη και σημαντικότερη είναι αυτή καθαυτή η επιβίωση του οργανισμού.

• Αν αναζητούσα μια παρομοίωση για να εικονογραφήσω το επιχειρήμά μου, θα έλεγα ότι ο οργανισμός δεν υπολογίζει ψηφιακά περισσότερο από ό,τι ένα ποτάμι που, ακολουθώντας ή μετασχηματίζοντας την κοίτη του, παρασύρει πέτρες και ξύλα, ρέει γαλήνια ή στροβιλίζεται – χωρίς καθόλου να νοιάζεται για εξισώσεις Navier και Stokes, με τις οποίες εμείς οι μηχανικοί προσπαθούμε να αναπαραστήσουμε τη ροή του! Αν επιμέναμε να κρα-

τούσαμε τον όρο «υπολογισμός» για το σχήμα που προτείνω, μια ονομασία του –συμβολική αλλά και παραπλανητική (!)– θα ήταν «Φυσικός Υπολογισμός» (Φ.Υ.).

• Ανακεφαλαιώνω τις έννοιες που υπεισέρχονται σε αυτή την κάπως δυσπρόσιτη έννοια που ονόμασα Φ.Υ. και την οποία προσπαθώ να οροθετήσω:

Δύο συνιστώσες της έννοιας έχω ήδη κατονομάσει –*αναπαράσταση και μετασχηματισμός*–, τις οποίες (χάρην συντομίας!) θα θεωρήσω ως οικείες (αν και όχι ακίνδυνες!). Υπάρχει όμως και μια τρίτη, που μέχρι στιγμής αποσιώπησα: η έννοια του *αναλλοίωτου*, του αμετάβλητου, δηλαδή η αναφορά σε ποσότητες ή ποιότητες που παραμένουν *σταθερές*, έννοια που παραπέμπει στη θεμελιακή έννοια της *συμμετρίας* – όπου και θα αναφερθώ πάλι σε λίγο. Το σχήμα που έδωσα –*αναπαράστασεις και μετασχηματισμοί*– λειτουργεί *μόνο* επειδή κάποιες ποσότητες ή ποιότητες παραμένουν *σταθερές*. Π.χ., η αναπαράσταση της απόστασης του οργανισμού από το διώκτη του μετασχηματίζεται στη διάρκεια της κατάδιωξης, όμως κάθε φορά συγκρίνεται με μια *σταθερή*, αυτήν της απόστασης ασφάλειας από το διώκτη. Στο κοσμοειδωλο που προτείνουμε, ο κόσμος είναι μια ροή συμβάντων, μια διαδικασία μετασχηματισμών, όμως είναι *κατανοήσιμος* – και *γίνεται κατανοητός μέσω των αναλλοίωτων ποσοτήτων και ποιότητων*.

Στο σημείο αυτό, ακόμη και αν η προσέγγισή μου είναι κάπως διαισθητικά ελκυστική, εντούτοις παραμένει μετέωρη στη φαινομενική απλότητά της. Και, όπως συμβαίνει συχνά και στα μαθηματικά, όσο απλούστερη μια ιδέα, τόσο δυσκολότερη η ανάπτυξη και υπεράσπισή της σε *τεχνικό* επίπεδο. Στη συνέχεια θα προσπαθήσω να υπαινιχθώ δύο ενδεχόμενους τέτοιους δρόμους – ο πρώτος από τη *σύγχρονη κβαντική θεωρία* και ο δεύτερος από μια *υποθετική προέκταση της υπολογιστικής επιστήμης*.

## II. Ο «Φυσικός Υπολογισμός» στην Κβαντική Θεωρία Πεδίου

Πρότεινα για τη μελέτη των βιολογικών φαινομένων γενικά –και των φαινομένων συνείδησης ειδικότερα– μια θεώρηση *ροής*, μια εικόνα *πεδίου* και αντιστοίχισα σε αυτή την εικόνα μια *λογική δομή*: *αναπαράστασεις - μετασχηματισμοί - αναλλοίωτοι*.

Η πρότασή μου δεν προέρχεται πάντως εκ του μηδενός: τη λογική αυτή δομή μπορεί κανείς να εντοπίσει και στη μεθοδολογία της επιτυχέστερης φυσικής θεωρίας που διαθέτουμε προς το παρόν, της *Κβαντικής Θεωρίας Πεδίου* (ΚΘΠ), αυτής που στεγάζει και τη βασική μας γνώση για την ύλη σήμερα, το λεγόμενο *standard model* των στοιχειωδών σωματιών.

Επιγραμματικά, η ουσία της ΚΘΠ θα μπορούσε κάπως να συνοψιστεί ως εξής:

1) Τα φυσικά συμβάντα *αναπαρίστανται* μέσα σε «*χώρους δυνατοτήτων*», ενώ ταυτοποιούνται και *μετασχηματίζονται* μέσα σε ένα χωροχρονικό πλαίσιο, το οποίο είναι αντικειμενικό αλλά χωρίς οντολογική υπόσταση.

2) Η εικόνα του κόσμου είναι *πεδιακή* και *ολιστική*: δεν έχουμε να κάνουμε με έναν κόσμο πραγμάτων, αλλά με *πεδία ύλης* και *πεδία αλληλεπίδρασης* *αδιαχώριστα μεταξύ τους*.

3) Η θεωρία διαθέτει *τοπικές συμμετρίες*, δηλαδή αναλλοίωτες ποσότητες και ποιότητες των συμβάντων της.

• Αντίστοιχα, σε μια πεδιακή προσέγγιση των βιολογικών συστημάτων θα μπορούσε κανείς να θεωρήσει ως *αδιαχώριστο* το «*πεδίο*» ζωής ύλης (κύτταρα, ιστοί, όργανα, ...) από το «*πεδίο*» βιολογικής αλληλεπίδρασης (άπτομαι, γεύομαι, ...).

Παρομοίως, στο νευροβιολογικό επίπεδο θα μπορούσε κανείς να θεωρήσει ως *αδιαχώριστο* το «*πεδίο*» των νευρονίων από το «*πεδίο*» των νευρομεταβιβαστών.

Ένα φορμαλιστικό κίνητρο για μια τέτοια ενιαία κοσμοθεώρηση είναι η αναμφισβήτητη *μη γραμμικότητα* –ευαισθησία σε αρχικές συνθήκες, χαοτική συμπεριφορά κ.λπ.– τόσο των φυσικών όσο και των βιολογικών και συνειδησιακών φαινομένων.

Η πεδιακή προσέγγιση των τελευταίων, η εικόνα της ροής, προσφέρεται ίσως για αμεσότερες εξηγήσεις από ό,τι η *ασυνεχής* διαδικασία των ψηφιακών Η.Υ. Θα μπορούσε κανείς, π.χ., να εξηγήσει απλούστερα αυτό το τόσο κοινό αίσθημά μας για το βούισμα μιας «*εσωτερικής ζωής*», αυτό το ακαθόριστο και *συνεχές* ρεύμα εμπειρίας που ονομάζουμε «*συνείδηση*». Αν μάλιστα φανταστούμε αυτό το ρεύμα εμπειρίας ως ένα *σύνολο συχνοτήτων*, θα μπορούσαμε να εξηγήσουμε τα φαινόμενα της *προσοχής* ή της *λήψης απόφασης* ως μια αναγωγή της κυματοδέσμης σε μια μόνο συχνότητα, ή ακόμη να εμψνεύαμε την κατάσταση *διαλογισμού* ως μία εξομάλυνση του φάσματος συχνοτήτων κ.λπ.

### III. Πέραν του Αλγοριθμικού Υπολογισμού: Υπερ-Υπολογισμός

Υπέδειξα σύντομα ότι το λογικό σχήμα «*αναπαραστάσεις - μετασχηματισμοί - αναλλοίωτοι*», που πρότεινα για τη μελέτη των βιολογικών και νευροβιολογικών φαινομένων, είναι επίσης στη βάση κάθε σύγχρονης θεωρίας πεδίου με τοπικές συμμετρίες. Νομίζω, επίσης, ότι η βάση αυτή θα παραμείνει και σε κάθε μελλοντικό κοσμοείδωλο, ανεξάρτητα από μικρές ή σημαντικές αλλαγές που ασφαλώς θα έρθουν.

• Έχω υποσχεθεί πάντως και μια δεύτερη –υπαινικτική, έστω!– υποστήριξη των απόψεών μου για τη θεμελιακή διαφορά εγκεφάλου - ηλ. υπολογιστών, από μια άλλη πλευρά, *την ίδια την υπολογιστική επιστήμη*.

Θα είμαι τώρα ακόμη πιο σύντομος, όχι μόνο λόγω χώρου, αλλά διότι θα αναφερθώ σε μια *υποθετική* προέκταση αυτής της επιστήμης! Πρόκειται για την πολύ πρόσφατη ανακίνηση έρευνας για τη δυνατότητα ενός λεγόμενου *υπερ-υπολογισμού* (*hypercomputation*), ενός υποθετικού ακόμη *μη ψηφιακού* «υπολογισμού». Ουσιαστικά, έχουν ανακινηθεί μερικές ιδέες που είχε διατυπώσει πριν 50 περίπου χρόνια ο μεγαλύτερος λογικός του αιώνα μας, ο Allan Turing, και είχαν ξεχαστεί ως παραδοξότητες.

Λέγεται, λοιπόν, συχνά ότι τα θεωρήματα Gödel έχουν θέσει όρια στη μαθηματική γνώση, αφού απεδείχθη ότι ακόμη και σε ένα σχετικά απλό μαθηματικό αξιωματικό σύστημα, όπως η αριθμητική, υπάρχουν πάντα *μη αποφαντές* προτάσεις, δηλαδή προτάσεις που δεν μπορεί να αποδειχθούν αληθείς αλλά και ούτε εσφαλμένες. Τα θεωρήματα Gödel επαναδιατυπώθηκαν από τον Turing, αλλά στη γλώσσα μιας λογικής κατασκευής, της λεγόμενης «*καθολικής υπολογιστικής μηχανής*», η οποία θεωρητικά, αν της δοθεί απεριόριστος χρόνος, μπορεί να μιμηθεί οποιαδήποτε πραγματική υπολογιστική μηχανή. Αυτό όμως που ο Turing<sup>4</sup> τόνισε (διατρι-

βή του στο Princeton, 1939), αλλά λίγο αξιολογήθηκε, ήταν ότι το *κατά Gödel φράγμα της γνώσης ισχύει για την αλγοριθμική μέθοδο*, δηλαδή, απλά, για ένα μαθηματικό που δουλεύει με χαρτί και μολύβι – ή, σήμερα, με έναν κλασικό (ψηφιακό) υπολογιστή.

Αυτό, λοιπόν, που εδώ μας ενδιαφέρει είναι ότι στον όγκο των, ανέκδοτων και μη, χειρογράφων του Turing –του ανθρώπου για τον οποίο λέγεται ότι συντόμευσε το Β΄ Παγκ. Πόλεμο κατά 2 χρόνια (!), εκπορθώντας το φοβερό κώδικα του Γερμανικού Ναυαρχείου– υπάρχουν οι αρχές μιας προσπάθειας να ξεπεραστούν τα όρια του αλγοριθμικού υπολογισμού. Δεν εννοούμε, βέβαια, τον κλάδο των νευρονικών δικτύων, για τα οποία συχνά λησμονείται ότι εφευρέτης τους ήταν επίσης ο Turing (1948), δέκα χρόνια προ του Rosenblatt (1957). Αναφέρομαι τώρα σε κάτι άλλο, που η ιδιοφυΐα του Turing είχε αρχίσει να ψηλαφεί, ένα «μαύρο κουτί» - προσθήκη στον κλασικό υπολογιστή, και το οποίο είχε ονομάσει «μαντείο» (*oracle-machine*).

Δεν θα αναφερθώ περισσότερο στην έρευνα που μόλις άρχισε στο συναρπαστικό αυτό τομέα, αλλά παραθέτω μόνο μια πρόταση από ένα σχετικό άρθρο (J. Doyle, MIT) που ίσως δείχνει ότι αυτό που ονόμασα *Φυσικό Υπολογισμό* συγγενεύει –εννοιολογικά, τουλάχιστον!– με τον *Υπερ-υπολογισμό*: «[...] υπάρχουν ενδεχομένως φυσικά συστήματα τα οποία στη διαδικασία ισορροπιών τους παρουσιάζουν ένα διακριτό φάσμα το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ότι, θεμελιακά, επιλύει ένα μη-επιλύσιμο [αλγοριθμικά] πρόβλημα»<sup>5</sup>.

## Επίλογος

Προσπάθησα σύντομα να υποστηρίξω την άποψή μου ότι η παρομοίωση του ανθρώπινου εγκεφάλου με Η.Υ. είναι *θεμελιακά* εσφαλμένη. Αν μάλιστα εγκαλούμουν να δηλώσω την αφορομή της πλάνης, θα έλεγα ότι αυτή είναι η μία από τις δύο κυριότερες αιτίες των ανθρωπίνων λαθών: ο *ανθρωπομορφισμός*. Δηλαδή, «αφού εμείς στην καθημερινή μας ζωή και στην Επιστήμη υπολογίζουμε ψηφιακά-αλγοριθμικά, τότε και ο εγκέφαλός μας υπολογίζει ψηφιακά!» Το λάθος μας μάλιστα είναι, ίσως, η συνέχεια μιας αρχαίας πλάνης: αποδίδουμε σε ένα βιολογικό δημιούργημα, τον εγκέφαλό μας, αλγοριθμικές ικανότητες ενός μαθηματικού, με τον ίδιο τρόπο που κάποτε οι Πυθαγόρειοι τις απένειμαν στο φυσικό κόσμο.

Προτείνω ότι η παρομοίωση αυτή είναι τόσο λάθος, όσο όταν λέμε ότι «η Φύση ανταμείβει ή τιμωρεί». Νομίζω ότι στη Φύση δεν υπάρχουν ανταμοιβές ή τιμωρίες: υπάρχουν μόνο *συνέπειες*.

## Σημειώσεις

1. Πλάτωνος ΜΕΝΩΝ, 82a-85b.
2. Ν. Ταμπάκης, *Από την Ποίηση στη Λογική*, εκδ. Γκοβόστη, 1998, σ. 68.
3. Στο κλασικό D'Arcy Thomson, *On Growth and Form* (και σε ελληνική μετάφραση).
4. *Collected Works of A. Turing: Mechanical Intelligence*, D.C. Ince (ed.), Elsevier, 1992. H. Siegelmann, "Computation Beyond the Turing Limit", *Science*, April 28, 1995, pp. 545-8.
5. J. Doyle, σε *Sci. Am.*, April 1999, p. 80.