



# ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΜΙΚΟΣ

Περιοδική έκδοση της Ένωσης Πληροφορικών Ελλάδας

Τεύχος 27ο

Ιανουάριος 2025

Διανέμεται ελεύθερα





Περιοδική έκδοση της  
Ένωσης Πληροφορικών Ελλάδας  
[www.epe.org.gr](http://www.epe.org.gr)

### Τεύχος 27<sup>ο</sup> – Ιανουάριος 2025

Διανέμεται ελεύθερα

Επικοινωνία:

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

#### Συντακτική ομάδα:

- Φώτης Αλεξάκος
- Νίκος Αναστόπουλος
- Χάρης Γεωργίου
- Νεκτάριος Μουμουτζής
- Γιάννης Φαρσάρης

Οι απόψεις των συντακτών είναι  
προσωπικές και δεν εκφράζουν  
απαραίτητα την ΕΠΕ



Το περιεχόμενο του Πληροφορικού  
διανέμεται υπό άδεια [Creative Commons  
BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) (Αναφορά πηγής - Μη εμπορική  
χρήση - Παρόμοια διανομή)

Το λογότυπο του Πληροφορικού είναι μια  
ευγενική προσφορά του γραφίστα  
[Λευτέρη Παναγουλόπουλου](#)

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

✓ **Ανοιχτή Επιστολή προς τον Υπουργό  
της Παιδείας, κ. Κυριάκο Πιερρακάκη**  
// Από την Ένωση Πληροφορικών  
Ελλάδας [ **σελ. 3** ]

✓ **Peopleware // Ο Αλγόριθμος  
Καρατσούμπα: Μια Ιστορία Καινοτομίας**  
// Γράφει ο Νεκτάριος Μουμουτζής  
[ **σελ. 6** ]

✓ **6000 χρόνια Επιστήμης των  
Υπολογιστών**  
// Άρθρο του Hank Harrison [ **σελ. 8** ]

✓ **Παράλληλη αριθμητική πρόβλεψη καιρού**  
// Γράφει ο Χάρης Γεωργίου [ **σελ. 14** ]

✓ **ELIZA: Το πρώτο chatbot που άνοιξε τον  
δρόμο για την τεχνητή νοημοσύνη**  
// Γράφει ο Γιάννης Φαρσάρης [ **σελ. 24** ]

✓ **Ολοκληρώθηκε ο Δ' κύκλος ανοικτών  
διαδίκτυακών μαθημάτων**  
// Από την Ένωση Πληροφορικών  
Ελλάδας [ **σελ. 26** ]

✓ **Brain – train / Γρίφοι & προβλήματα από  
την Επιστήμη των Υπολογιστών για  
μαθητές**  
// Επιμέλεια: Φώτης Αλεξάκος [ **σελ. 28** ]

Η εικόνα εξωφύλλου δημιουργήθηκε  
μέσω της εφαρμογής τεχνητής  
νοημοσύνης Dall-E

## ✓ Ανοιχτή Επιστολή

Προς τον Υπουργό της Παιδείας, κ. Κυριάκο Πιερρακάκη

Ένωση Πληροφορικών Ελλάδας



**Αθήνα, 19-12-2024**

Η Ένωση Πληροφορικών Ελλάδας (ΕΠΕ), βάσει του Καταστατικού της είναι αρμόδια για θέματα Πληροφορικής Παιδείας, καθώς εκπροσωπεί τους πτυχιούχους Πληροφορικής ΑΕΙ και ισότιμων, σε επιστημονικό και επαγγελματικό επίπεδο. Το ΔΣ της ΕΠΕ έχει ζητήσει συνάντηση με τον κ. Πιερρακάκη, σημερινό υπουργό Παιδείας, με σκοπό να τεθούν υπόψη του οι προτάσεις της ΕΠΕ για την Πληροφορική Παιδεία σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Το αίτημα αυτό συνδέεται άμεσα και με την αλλαγή των προγραμμάτων σπουδών και των σχολικών βιβλίων στη Β-βάθμια Εκπαίδευση, για τα οποία η ΕΠΕ έχει συγκεκριμένες παρατηρήσεις και προτάσεις.

Από τις αρχές Οκτωβρίου 2024 γίνεται προσπάθεια για καθορισμό συνάντησης με την πολιτική ηγεσία του Υπουργείου Παιδείας. Δεδομένου ότι ακόμη δεν υπάρχει απάντηση στα αιτήματά της για συνάντηση, η ΕΠΕ καταθέτει δημόσια τις κυριότερες από τις θέσεις της για την Πληροφορική Παιδεία στην Ελλάδα, σε αναμονή συνάντησης. Αξίζει να σημειωθεί, σε κάθε περίπτωση, ότι, με βάση προφορικές επικοινωνίες, ενημερωθήκαμε πως τα αιτήματα για συναντήσεις με τον υπουργό, δεν πρωτοκολλούνται, με ο,τιδήποτε σημαίνει αυτό!

Ακολουθούν επιγραμματικά οι θέσεις-διαπιστώσεις της ΕΠΕ για κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης:

### **1. Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση (Δημοτικό)**

Παρότι το μάθημα της Πληροφορικής θεωρείται, από τους δασκάλους, τους μαθητές, και τους γονείς, αναγκαίο για την ανάπτυξη των απαραίτητων δομικών

γνώσεων και ικανοτήτων στα παιδιά, δεν παρέχονται τα αναγκαία μέσα, πέραν ενός γενικόλογου προγράμματος σπουδών, για την ουσιαστική διδασκαλία του συγκεκριμένου μαθημάτων. Η απουσία κατάλληλου σχολικού βιβλίου, είναι μείζονος σημασίας. Είναι πρωτοφανές σε μια χώρα της Ε.Ε. τον 21ο αιώνα η Πληροφορική να αποτελεί βασικό πυλώνα σε κάθε πτυχή της κοινωνίας και της Οικονομίας, όμως ταυτόχρονα να μη διδάσκεται όπως απαιτείται στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Περαιτέρω, ο εργαστηριακός χαρακτήρας του μαθήματος της Πληροφορικής υπονομεύεται από το γεγονός ότι είναι μάθημα μονόωρο με τμήματα που υπερβαίνουν κατά κανόνα τους 20 μαθητές. Η θέσπιση 2ωρου μαθήματος με χωρισμό των μεγάλων τμημάτων στις ώρες εργαστηρίου είναι απαραίτητη. Όπως και η θέσπιση υπευθύνου εργαστηρίου με ρυθμίσεις κατ' αναλογία με τα ισχύοντα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

### **2. Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (Γυμνάσιο, Λύκειο, ΕΠΑΣ, ΕΠΑΛ)**

Σε ό,τι αφορά στο Γενικό Λύκειο: Είναι αδιανόητο να διδάσκεται ο προγραμματισμός Η/Υ μέσω ανύπαρκτης και κυρίως εξαιρετικά παρωχημένης γλώσσας ("ΓΛΩΣΣΑ"). Πραγματικά, είναι απορίας άξιο πώς υπάρχει η απαίτηση οι μαθητές να εξετάζονται σε έννοιες όπως ο Αντικειμενοστραφής Προγραμματισμός ή Δομές Δεδομένων, τη στιγμή που δεν μπορούν να δοκιμάσουν ούτε καν ανάλογα παραδείγματα στην επιλεγμένη αυτή μορφή προγραμματισμού. Την ώρα δηλαδή που στην Κύπρο, στην αντίστοιχη βαθμίδα διδάσκεται C++, στην Ελλάδα οι μαθητές διδάσκονται κάτι πρακτικά



ανύπαρκτο προγραμματιστικά και μάλιστα στο χαρτί και στον πίνακα, αντί συστηματικά, αποκλειστικά και καθολικά σε σύγχρονα σχολικά εργαστήρια Η/Υ.

Παράλληλα, εδώ και χρόνια, η ΕΠΕ διαμαρτύρεται για το ότι οι εισακτέοι σε ΑΕΙ σε Τμήματα Μηχανικών Η/Υ δεν έχουν εξεταστεί καθόλου στην Πληροφορική, αλλά έχουν λύσει για παράδειγμα άφθονες ασκήσεις Χημείας. Ή αντίστοιχα, εισακτέοι σε τμήματα Πληροφορικής ή Ηλεκτρονικής, δεν έχουν εξεταστεί στη Φυσική αλλά στην Οικονομία. Θεωρούμε εν γένει πως οι εισακτέοι σε τμήματα ΤΠΕ πρέπει να εξετάζονται τουλάχιστον στην Πληροφορική.

Σε ό,τι αφορά στο Γυμνάσιο: Τα [πρόσθετα ψηφιακά εγχειρίδια Πληροφορικής Γυμνασίου](#) που ανακοινώθηκαν φέτος είναι ένα θετικό πρώτο βήμα, πλην όμως αδύνατο να διδαχθεί η σχετική ύλη με μια μόνο ώρα την εβδομάδα στη Β' και Γ' τάξη. Ίσως, αν το μοναδικό εβδομαδιαίο ώρο των μαθητών της Β' & Γ' Γυμνασίου γίνει 7ωρο να βρεθεί ο απαραίτητος επιπλέον χρόνος διδασκαλίας, χωρίς να ελαττωθούν οι ώρες άλλου μαθήματος. Απομένει επίσης να έρθει το υλικό στα σχολεία και σε **έντυπη** μορφή και επισημαίνεται και εδώ η ανάγκη διδασκαλίας του μαθήματος συστηματικά, αποκλειστικά και καθολικά σε σύγχρονα σχολικά εργαστήρια Η/Υ.

Θυμίζουμε τέλος την εξαγγελία του υπουργείου για ["προχωρημένο" \(advanced\) κρατικό πιστοποιητικό Πληροφορικής](#). Πλην όμως είναι αδύνατο να προετοιμάζεται ο μαθητής για αυτό με τις υπάρχουσες διδακτικές ώρες του μαθήματος στα ωρολόγια σχολικά προγράμματα.

### 3. Μεταλυκειακή Εκπαίδευση (ΚΕΚ, ΣΑΕΚ/ΙΕΚ, ΚΔΒΜ)

Σε αυτό το επίπεδο αρμόδιος φορέας είναι κατά τεκμήριο ο ΕΟΠΠΕΠ. Η ΕΠΕ έχει επισημάνει εδώ και χρόνια την αδιανόητη στρέβλωση που εξακολουθεί να διατηρείται ακόμη και σήμερα: Σύμφωνα με το επαγγελματικό περίγραμμα που υπάρχει μέχρι και αυτή τη στιγμή αναρτημένο στον ΕΟΠΠΕΠ σχετικά με τον κλάδο της Πληροφορικής, για την άσκηση επαγγελματιών του κλάδου "δεν απαιτείται η κτήση τίτλου σπουδών":

<https://hiu.gr/s/z>

Είναι γνωστό ότι η ΕΠΕ, από την ίδρυσή της, έχει ως στρατηγικό στόχο την ίδρυση ενός Εθνικού Επιμελητηρίου Πληροφορικής, αντίστοιχα με κάθε άλλο επιστημονικό-επαγγελματικό κλάδο, αίτημα το οποίο η Πολιτεία εξακολουθεί να μην ικανοποιεί, χωρίς συγκεκριμένη αιτιολογία. Όμως στην περίπτωση της

Μεταλυκειακής Εκπαίδευσης η Πολιτεία διατυπώνει ξεκάθαρα, επίσημα και διαχρονικά τη θεσμική θέση ότι η απόκτηση αντίστοιχου τίτλου σπουδών είναι καθαρά προαιρετική για την άσκηση του επαγγέλματος. Αυτό από μόνο του δηλώνει τη σημασία που δίνεται σε κεντρικό επίπεδο στον κλάδο μας.

### 4. Τριτοβάθμια Εκπαίδευση (ΑΕΙ)

Τα Πανεπιστήμια και Πολυτεχνεία της χώρας, συνειπώς και τα αντίστοιχα Τμήματα Πληροφορικής και Μηχανικών Η/Υ, εδώ και δεκαετίες υποχρεώνονται από την Πολιτεία να δέχονται φοιτητές πολλαπλάσιους σε σχέση π.χ. πριν το 2010, ενώ την ίδια στιγμή διατηρείται η τεράστια υποστελέχωση σε μέλη ΔΕΠ, προσωπικό και συνολική χρηματοδότηση των υποδομών. Είναι χαρακτηριστικό ότι από την εποχή των μνημονίων και τη δραστηκή μείωση της δημόσιας χρηματοδότησης προς τα ΑΕΙ σε επίπεδα ως και -70% κατά περίπτωση, μέχρι και σήμερα η χρηματοδότηση αυτή δεν έχει αναπληρωθεί και τα ΑΕΙ εξακολουθούν να λειτουργούν σε συνθήκες βαθιάς ύφεσης και λιτότητας όπως πριν 10 και 15 χρόνια. Η **υποστελέχωση** και **υποχρηματοδότηση** πλήττει ιδιαίτερα τα τμήματα Πληροφορικής και γενικότερα τα τμήματα που σχετίζονται με ΤΠΕ, σε σύγκριση με άλλες επιστήμες. Από τη μια στα τμήματα Πληροφορικής πρέπει να χρησιμοποιείται εξοπλισμός τελευταίας τεχνολογίας που αλλάζει γρήγορα - άρα απαιτούνται συνεχείς επενδύσεις, από την άλλη η φύση του αντικείμενου περιλαμβάνει υλοποίηση ασκήσεων, εργαστηρίων, εργασιών που απαιτούν αυξημένο προσωπικό για την υποστήριξη της μαθησιακής διαδικασίας.

Το φαινόμενο του **"brain drain"**, της φυγής δηλαδή νέων αποφοίτων, επαγγελματιών αλλά και στελεχών του ακαδημαϊκού χώρου στο εξωτερικό, όχι μόνο δεν έχει ανασχεθεί αλλά δεν υπάρχει καμία απολύτως ένδειξη ότι πρόκειται να αντιμετωπιστεί. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις, δεκάδες χιλιάδες επιστήμονες και επαγγελματίες Πληροφορικής με αυξημένα προσόντα εργάζονται αυτή τη στιγμή σε χώρες εντός και εκτός Ε.Ε., χωρίς πρόθεση να επιστρέψουν στην Ελλάδα, καθότι οι εργασιακές συνθήκες σε επίπεδο εξέλιξης και απολαβών βρίσκονται στο 50% ή ακόμα κατώτερα ως προς τις αντίστοιχες συνθήκες εκεί.

Αυτή τη στιγμή ο κλάδος της Πληροφορικής, αντί για πολλαπλασιαστικός παράγοντας ανάπτυξης κάθε άλλου κλάδου της εγχώριας Οικονομίας όπως θα έπρεπε να είναι μέσω στοχευμένης ενίσχυσης σε κάθε επίπεδο, σήμερα υφίσταται πραγματική "άλωση" από κάθε είδους διαφημίσεις και πρακτικές ημι-επιστημονικής και fast-track επαγγελματικής "μεταμόρφωσης", επαγγελματιών άλλων κλάδων σε υποτιθέμενους πλήρως καταρτισμένους επιστήμονες Πληροφορικής

χωρίς πτυχίο, ως δια μαγείας, μέσω σεμιναρίων προγραμματισμού ή κάθε είδους “εξειδικεύσεις”. Είναι χαρακτηριστικό ότι στην αγορά εργασίας δεν υπάρχει σχεδόν καθόλου ο όρος “πτυχιούχος Πληροφορικής” αντίστοιχα με κάθε άλλο κλάδο και αντί για αυτό ο κλάδος περιγράφεται αποκλειστικά με φράσεις όπως “ταλέντα Πληροφορικής”, “δεξιότητες Τεχνητής Νοημοσύνης” και παρόμοιες αντι-επιστημονικές, ως και επικίνδυνες κατά περίπτωση πρακτικές. Ως αποτέλεσμα, στην Ελλάδα δεν υπάρχει κανένα απολύτως θεσμικό πλαίσιο για παράδειγμα στον έλεγχο ποιότητας σε έργα Τεχνολογιών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (ΤΠΕ) ιδιαίτερα στο λογισμικό, καθότι κανένας ανάδοχος φορέας (πλην συγκεκριμένων διορισμών στο Δημόσιο) δεν υποχρεούται να απασχολεί αποκλειστικά πτυχιούχους Πληροφορικής, όπως δηλαδή συμβαίνει σε κάθε άλλο επιστημονικό-επαγγελματικό κλάδο.

Καθώς είναι αποδεδειγμένο πως υπάρχουν ανάγκες στον κλάδο ΤΠΕ, είναι απαραίτητο να αναδιοργανωθεί η τριτοβάθμια βαθμίδα εκπαίδευσης. Η αγορά απαιτεί όχι μόνο πλήρως καταρτισμένους επιστήμονες Πληροφορικής, αλλά και εξειδικευμένους, ειδικά σε τεχνολογίες αιχμής. Στις δεκαετίες του '60 και '70 η πληροφορική ήταν ένας κλάδος κυρίως στα τμήματα Μαθηματικών. Στη συνέχεια, από τη δεκαετία του '80 και μετά, η πληροφορική αποκτά υπόσταση ως επιστήμη και ιδρύονται τμήματα Πληροφορικής. Το επόμενο βήμα είναι η ίδρυση Σχολών Πληροφορικής ή ΤΠΕ για την κάλυψη των επιστημονικών κλάδων που έχουν πλέον δημιουργηθεί εντός της Επιστήμης των Υπολογιστών. Ήδη σε μεγάλα Πανεπιστήμια του εξωτερικού υπάρχουν Σχολές Επιστήμης Υπολογιστών με Προγράμματα Σπουδών όπως: “Τεχνητή Νοημοσύνη”, “Επιστήμη ΗΥ”, “Επικοινωνία Ανθρώπου Μηχανής”, “Ρομποτική”, “Υπολογιστική Βιολογία” κτλ. Είναι σημαντικό για την Ελλάδα να μη μείνει στο μοντέλο που δημιουργήθηκε τριάντα χρόνια πριν, όπου η Πληροφορική εντασσόταν είτε στις Σχολές Θετικών Επιστημών είτε στα Προγράμματα Σπουδών των Ηλεκτρολόγων /Ηλεκτρονικών Μηχανικών. Η Πληροφορική, όχι μόνο έχει απογαλακτισθεί από τους μητρικούς επιστημονικούς τομείς (Μαθηματικά, Φυσική, Ηλεκτρολογία/Ηλεκτρονική κτλ), αλλά έχει εξελιχθεί σε επιστημονικό τομέα με πληθώρα σημαντικών θυγατρικών κλάδων, όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη, Ρομποτική, Βιοπληροφορική κτλ.

Καθώς η υλοποίηση πολλαπλών προγραμμάτων Σπουδών από τα υπάρχοντα τμήματα είναι ανέφικτη λόγω έλλειψης προσωπικού, είναι στρατηγικής σημασίας η **ίδρυση Σχολών Πληροφορικής**. Υπό αυτό το πρίσμα, όλα τα υπάρχοντα τμήματα και τομείς/ροές (όπως συμβαίνει σε τμήματα Ηλεκτρολόγων) Πληροφορικής, Μηχανικών Πληροφορικής, Μηχανικών ΗΥ, Επιστήμης ΗΥ, Εφαρμοσμένης Πληροφορικής κ.α., θα μπορούσαν να ενταχθούν σε αυτές τις Σχολές για την πραγματοποίηση νέων, μοντέρνων προγραμμάτων σπουδών. Οι οργανισμοί ACM/IEEE έχουν από το 2020 αναθεωρήσει τα προτεινόμενα Προγράμματα Σπουδών Πληροφορικής (Computing Curricula) να περιέχουν τα: Επιστήμη Υπολογιστών (Computer Science), Μηχανική Υπολογιστών (Computer Engineering), Πληροφοριακά Συστήματα (Information Systems), Πληροφορική (Informatics), Τεχνολογίες Πληροφορικής (Information Technology), Επιστήμη Δεδομένων (Data Science). Τα Πανεπιστήμια της χώρας θα πρέπει να καλύπτουν όλους αυτούς τους επιστημονικούς τομείς μέσα από ενιαίες σχολές Πληροφορικής.

Όλα τα προαναφερθέντα επηρεάζουν ουσιαστικά και καθοριστικά τον τρόπο οργάνωσης, χρηματοδότησης και τελικά απόδοσης των ΑΕΙ της χώρας, όχι μόνο σε ερευνητικό επίπεδο (που ήδη είναι εξαιρετικά υψηλό), αλλά και σε επαγγελματικό για τους αντίστοιχους αποφοίτους.

Το παρόν αποτελεί μια ενδεικτική και μόνο καταγραφή των θέσεων της ΕΠΕ που πιστεύουμε πως πρέπει να έχει υπόψη η διοίκηση του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού. Παραμένουμε στη διάθεσή σας.

#### Το Διοικητικό Συμβούλιο

#### της Ένωσης Πληροφορικών Ελλάδας

URL: <https://www.epe.org.gr>,

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

Σχετικά Αρχεία

- [G24-1219-01V1\\_Minedu.pdf](#)

# ✓ Peopleware

Επιμέλεια στήλης: **Νεκτάριος Μουμουτζής //**

Η στήλη αυτή στόχο έχει να αναδείξει το ανθρώπινο πρόσωπο της Πληροφορικής. Ή, αν το προτιμάτε, τις ψυχοθεραπευτικές της δυνατότητες όταν καλλιεργεί και ενισχύει την δημιουργικότητα. Η στήλη θα προσπαθήσει να αναδείξει αυτή τη διάσταση της Πληροφορικής μέσα από ανθρώπινες ιστορίες που λειτουργούν ως παραβολές αφήνοντας τον αναγνώστη να βγάλει τα δικά του συμπεράσματα. Κάποιες από τις ιστορίες αυτές είναι πραγματικά περιστατικά με τροποποίηση ονομάτων προσώπων και άλλων λεπτομερειών για να μην αποκαλύπτονται ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα. Άλλες ιστορίες θα βασίζονται στη μυθοπλασία...

Αν έχετε κι εσείς κάποια ιστορία που αναδεικνύει το ανθρώπινο πρόσωπο της Πληροφορικής, μπορείτε να επικοινωνήσετε με τον επιμελητή της στήλης στη διεύθυνση [nmoumoutzis@tuc.gr](mailto:nmoumoutzis@tuc.gr) για να τη μοιραστείτε με τους αναγνώστες του Πληροφορικού.

```

*
* @var boolean
*/
define('PSI_INTERNAL_XML', false);

if (version_compare("5.2", PHP_VERSION, ">")) {
    die("PHP 5.2 or greater is required!!!");
}
if (!extension_loaded("pcre")) {
    die("phpSysInfo requires the pcre extension to php in order to work properly.");
}

require_once APP_ROOT.'/includes/autoloader.inc.php';

// Load configuration
require_once APP_ROOT.'/config.php';

if (!defined('PSI_CONFIG_FILE') || !defined('PSI_DEBUG')) {
    $tpl = new Template("/templates/html/error_config.html");
    echo $tpl->fetch();
    die();
}
    
```

Εικόνα: Pixabay

## ☆ Ο Αλγόριθμος Καρατσούμπα:

### Μια Ιστορία Καινοτομίας

Ήταν μια ψυχρή μέρα του χειμώνα στη Μόσχα του 1960, όταν ο νεαρός Ανατόλι Καρατσούμπα βρέθηκε αντιμέτωπος με μια πρόκληση που θα τον οδηγούσε σε μία από τις σημαντικότερες μαθηματικές ανακαλύψεις της εποχής του. Ο Καρατσούμπα, τότε μόλις 23 ετών και φοιτητής του θρυλικού μαθηματικού Αντρέι Κολμογκόροφ, παρακολούθησε μια διάλεξη που έμελλε να αλλάξει την πορεία της καριέρας του.

Ο Κολμογκόροφ, με τη φήμη του να προηγείται, είχε παρουσιάσει ένα πρόβλημα που έμοιαζε ακλόνητο: πώς μπορούμε να πολλαπλασιάσουμε δύο αριθμούς πιο γρήγορα από τον παραδοσιακό τρόπο που μαθαίνουμε στο σχολείο; Μέχρι τότε, ο συμβατικός αλγόριθμος απαιτούσε περίπου  $n^2$  πράξεις για δύο αριθμούς με  $n$  ψηφία. Η πρόκληση ήταν ξεκάθαρη, αλλά η λύση έμοιαζε ανέφικτη.

Ο Καρατσούμπα, γεμάτος ενθουσιασμό και περιέργεια, αποφάσισε να εξετάσει το πρόβλημα. Τις επόμενες μέρες, κλείστηκε στο μικρό του δωμάτιο, έχοντας για παρέα μόνο ένα σημειωματάριο και έναν πίνακα. Μελετούσε, δοκίμαζε, απέτυχε και ξαναπροσπαθούσε.

### Η Ανακάλυψη του Αλγορίθμου

Μια νύχτα, ενώ παρατηρούσε ένα μοτίβο στις πράξεις, ο Καρατσούμπα συνειδητοποίησε κάτι αξιοσημείωτο. Ο παραδοσιακός αλγόριθμος πολλαπλασιασμού βασίζεται στην πλήρη διάσπαση των αριθμών σε κάθε ψηφίο στο δεκαδικό σύστημα (ή σε οποιοδήποτε άλλο θεσιακό σύστημα, όπως το δυαδικό που χρησιμοποιούν οι υπολογιστές). Τι θα γινόταν όμως αν μπορούσαμε να περιορίσουμε τις απαραίτητες πράξεις;

Ο Καρατσούμπα επινόησε την εξής μέθοδο για να υπολογίσει το γινόμενο  $A \cdot B$ :

1. Έσπασε τους αριθμούς A και B σε δύο μικρότερα μέρη, γράφοντας τους ως:

$$A = a_1 \cdot 10^m + a_0 \text{ και } B = b_1 \cdot 10^m + b_0, \text{ όπου } m \text{ είναι περίπου το μισό μήκος των αριθμών.}$$

2. Υπολόγισε τα εξής:

$$P_1 = a_1 \cdot b_1 \text{ ("άνω μέρος"),}$$

$$P_2 = a_0 \cdot b_0 \text{ ("κάτω μέρος"),}$$

$$P_3 = (a_1 + a_0) \cdot (b_1 + b_0) \text{ ("συνδυασμός"),}$$

και στη συνέχεια υπολόγισε το  $P_3 - P_1 - P_2$ , το οποίο έδινε την "ενδιάμεση" πληροφορία.

3. Συνδύασε τα αποτελέσματα για να υπολογίσει το τελικό αποτέλεσμα:

$$A \cdot B = P_1 \cdot 10^{2m} + (P_3 - P_1 - P_2) \cdot 10^m + P_2.$$

Παραδείγματος χάριν, για τους αριθμούς  $A = 1234$  και  $B = 5678$ :

- Χωρίζουμε τους αριθμούς στα δύο:  $a_1 = 12$ ,  $a_0 = 34$  και  $b_1 = 56$ ,  $b_0 = 78$ .

- Υπολογίζουμε:

$$P_1 = 12 \cdot 56 = 672,$$

$$P_2 = 34 \cdot 78 = 2652,$$

$$P_3 = (12 + 34) \cdot (56 + 78) = 46 \cdot 134 = 6164.$$

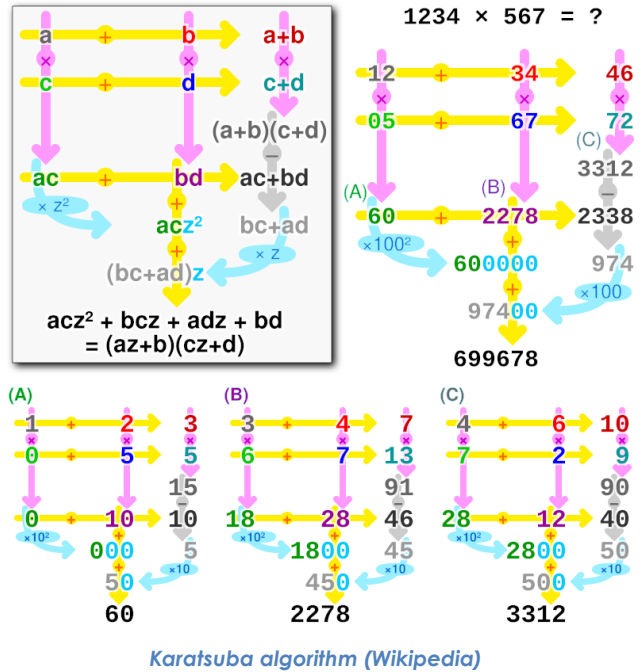
- Βρίσκουμε:  $P_3 - P_1 - P_2 = 6164 - 672 - 2652 = 2840$ .

- Τελικό αποτέλεσμα:

$$A \cdot B = 672 \cdot 10^4 + 2840 \cdot 10^2 + 2652 = 7006652.$$

### Η Παρουσίαση της Ιδέας

Ο Καρατσούμπα παρουσίασε τη δουλειά του στον Κολμογκόροφ, ο οποίος αναγνώρισε αμέσως τη σημασία της ανακάλυψης. Παρότι το όνομα του Καρατσούμπα ήταν αυτό που συνδέθηκε για πάντα με τον αλγόριθμο, ο Κολμογκόροφ έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην αναγνώρισή του. Το 1962, ο αλγόριθμος δημοσιεύτηκε στα Πρακτικά της Ακαδημίας Επιστημών της Σοβιετικής Ένωσης, προκαλώντας διεθνή αίσθηση.



### Ο Αντίκτυπος

Η συμβολή του Καρατσούμπα δεν περιορίστηκε μόνο στη θεωρία. Ο αλγόριθμός του έθεσε τις βάσεις για περαιτέρω εξελίξεις στην επιστήμη των υπολογιστών και τα μαθηματικά, επηρεάζοντας τους τομείς της κρυπτογραφίας, της επεξεργασίας σήματος, και της θεωρίας αλγορίθμων. Επιπλέον, η εργασία του ενέπνευσε άλλους επιστήμονες, όπως τον Στρασέν, να επεκτείνουν τη μεθοδολογία σε πιο σύνθετα προβλήματα, όπως ο πολλαπλασιασμός μητρώων.

### Ένα Μάθημα Ζωής

Η ιστορία του Καρατσούμπα υπενθυμίζει ότι οι μεγάλες ανακαλύψεις συχνά γεννιούνται από την περιέργεια και την επιμονή. Ένας νεαρός φοιτητής, αντιμέτωπος με ένα φαινομενικά άλυτο πρόβλημα, κατάφερε να αλλάξει τον τρόπο που σκέφτονται οι άνθρωποι για τον πολλαπλασιασμό. Και όπως έλεγε συχνά ο ίδιος ο Κολμογκόροφ στους μαθητές του: **"Η επιστήμη δεν προχωρά με μεγάλα άλματα, αλλά με μικρά βήματα επιμονής και φαντασίας."**

### Αναφορές

(\*) Ο όρος **peopleware**, σύμφωνα με το σχετικό λήμμα της αγγλικής Wikipedia, αναφέρεται σε μία από τις τρεις βασικές πτυχές της τεχνολογίας των υπολογιστών, ενώ οι άλλες δύο είναι το υλικό (hardware) και το λογισμικό (software). Ο όρος peopleware μπορεί να αναφέρεται σε οτιδήποτε έχει να κάνει με το ρόλο των ανθρώπων στην ανάπτυξη ή τη χρήση συστημάτων λογισμικού και υλικού υπολογιστών.



# ✓ 6000 χρόνια Επιστήμης των Υπολογιστών

// Του **Hank Harrison**

(Πηγή: *Dr. Dobb's Journal, Number 75, January 1983*) // Μετάφραση: **Φώτης Αλεξάκος**

Τα ανθρώπινα όντα είναι εκ φύσεως χρήστες υπολογιστών. Απ' την πρώτη παρουσία οποιασδήποτε υπόστασης ή ουσίας που θα μπορούσε να αποκληθεί «μυαλό», οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν υπολογιστές.

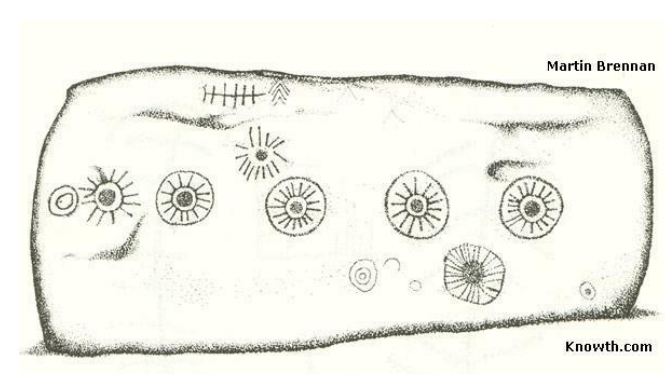
Για αιώνες οι επιστήμονες θεωρούσαν πως οι άνθρωποι υπήρξαν η μόνη μορφή ζωής στη γη που χρησιμοποιούσε εργαλεία, όμως η «Νεοαρχαιολογία», λειτουργώντας μέσα στο ηθικό πλαίσιο που θεσπίστηκε απ' τον ανθρωπολόγο Franz Boas καθώς και το υψηλής υπόληψης πεδίο της Ηθολογίας, με τις εντατικές τεχνικές παρακολούθησης έχουν καταδείξει ότι οι χιμπατζήδες χρησιμοποιούν ξυλάκια για να βγάσουν μυρμήγκια απ' τις φωλιές τους σε κορμούς δένδρων, ενώ συγκεκριμένα είδη πουλιών χρησιμοποιούν εργαλεία στο χτίσιμο της φωλιάς τους. Ούτε είναι οι άνθρωποι το μόνο είδος στον κόσμο που χρησιμοποιεί υπολογιστές. Είναι δύσκολο να φανταστούμε τις χήνες να μεταναστεύουν μέσω αστρικής πλοήγησης χωρίς κάποια αναφορά σ' έναν βαθιά ενσωματωμένο από –γενετικό– ένστικτο υπολογιστή που τις βοηθά να εκτιμούν την ταχύτητα του ανέμου, κατεύθυνση και την ισχύ του.

Οι ετήσιες δραστηριότητες ειδών όπως τα χελιδόνια, οι πεταλούδες, οι φώκιες, οι φάλαινες και των πεταλούδων, των φαλαινών, χελιών, ακόμη και της ταπεινής πατάτας, όλες μοιάζουν να ελέγχονται από κάποιον εσωτερικό βιοϋπολογιστή. Οι Von Uxueil και Tinbergen κέρδισαν το βραβείο Νόμπελ επειδή απέδειξαν ότι οι μέλισσες έχουν εξαιρετικές ικανότητες πλοήγησης και μπορούν να μεταφράζουν τις εμπειρίες τους μέσω μιας ζωηρής χορευτικής δραστηριότητας.

Οι προϊστορικοί λαοί ήταν ζωολόγοι. Αναμφιβόλως οι άνθρωποι της Εποχής των Παγετώνων πραγματοποιούσαν στενές και συστηματικές παρατηρήσεις των ζώων, καθώς το κάθε είδος χρησιμοποιούσε έναν πολύ καλά αναπτυγμένο ένστικτο υπολογιστή. Τελικά οι άνθρωποι αντιλήφθηκαν πως κι αυτοί είχαν υπολογιστικές ικανότητες. Αυτή η εσωτερική αίσθηση, περισσότερο από άλλες, μοιάζει να λειτούργησε ως το «πάτημα», το πλεονέκτημα χάρη στο οποίο οι μεταγενέστεροι αναδείχθηκαν ως κυρίαρχοι του πλανήτη κι από εκείνη τη στιγμή της ιστορίας κι έπειτα, καλώς ή κακώς, το ανθρώπινο ον κι ο υπολογιστής είναι παντρεμένοι.

Το υπολογιστικό εργαλείο υπήρξε πιθανώς ένα από τα πρώτα εργαλεία και η χρήση εξωτερικών εργαλείων υπολογισμού από ανθρώπους είναι μάλλον παλιότερη από δυο (2) εκατομμύρια χρόνια. Αρχικά τα αστέρια κι οι πλανήτες, το φεγγάρι κι ο ήλιος, ο άνεμος, η βροχή κι ο κεραυνός κυριαρχούσαν στο ανθρώπινο μυαλό· αλλά καθώς το είδος μας περνούσε μέσα από τα διάφορα εξελικτικά στάδια, απ' τον επιβιώσαντα Homo Robustus («Άνθρωπο τον Εύρωστο») ως τον περιπλανώμενο

Homo Sapiens («Άνθρωπο τον Σοφό») και τελικά τον κατασκευαστή Homo Faber («Άνθρωπο Ξυλουργό»), αναπτύξαμε μια διαρκώς αυξανόμενη ικανότητα να λύνουμε προβλήματα συγκεντρώνοντας μόνο το μυαλό μας.



Εικόνα 1: Ο λίθος των επτά ήλιων στην κοιλάδα Μπούν

Με την έλευση των δεξιοτήτων υπολογισμού, μάθαμε να χρησιμοποιούμε ξύλο, πέτρα, κρύσταλλο, μαλλί, δέρμα, σχοινί, καλάμια, καρυδότσουφλα, φλούδες φρούτων, ραβδιά, χυμό μούρων, κοχύλια και κόκκαλα από κάθε ζώο που μπορείς να σκεφτείς (συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπινου), ώστε να κατασκευάζουμε μαχαίρια, σφυριά και υπολογιστικά βοηθήματα για να παρατηρούμε τον ουρανό και τις πολύπλοκες δραστηριότητές του. Αυτά τα υπολογιστικά εργαλεία χρησιμοποιούνταν κατόπιν στον υπολογισμό των κύκλων γονιμότητας άγριων και εξημερωμένων κοπαδιών, στην τιθάσευση του περιβάλλοντος και στη χρονομέτρηση του κύκλου ζωής των διαφόρων φυτών.

Στην προϊστορική εποχή κάθε υποομάδα, φυλή ή κύτταρο οικογένειας αποκτούσε γνώσεις από άλλες παρόμοιες μονάδες κατά την περίοδο της κανονικής νομαδικής συμπεριφοράς. Η δομή της Παλαιολιθικής κοινωνικής συνάθροισης βασιζόταν όχι μόνο στον διαμοιρασμό της εμπειρίας απ' τα σημάδια και τους συμβολισμούς της φύσης, αλλά και στην υπάρχουσα, πανίσχυρη λαϊκή μνήμη που έφτανε πίσω ως το αρχέγονο, άχρονο, γενετικό μυαλό. Αυτόν τον όχι και τόσο «άγραφο πίνακα», αλλά μάλλον γεμάτο από μοριακούς θρύλους και φυσικοχημικά είδωλα.

Οι περισσότερες αναπαραστάσεις της εξέλιξης του ανθρώπου περιλαμβάνουν μη-φυλετικές εικόνες σχετιζόμενες με την βασική πραγματικότητα της επιβίωσης στην ιστορία του είδους μας. Ψυχρότερες ουσίες μας έχουν διδάξει τα σχετικά με την επέκταση της συνείδησης σε προσωπικό και υποκειμενικό επίπεδο,



αλλά η «Νεοαρχαιολογία» παρουσιάζει αυτήν την υπόθεση του μοριακού μυαλού με ποσοτικούς όρους. Φαίνεται λοιπόν ότι οι αρχαίοι άνθρωποι ήταν «υπερβατικοί κομπιουτερίστες» (ΣΤΜ: Ειδικοί στους υπολογιστές).

Μια πιθανή κορυφή στην ιστορία του είδους μας, είναι γνωστή ως «Μαγδαληνική εποχή». Πρόκειται για την περίοδο που τα εργαλεία έγιναν αντικείμενα τέχνης, όταν έγινε εκτεταμένη η χρήση του υπολογιστή, όταν δηλ. ανακαλύφθηκε η ηλιακή σπείρα. Μπορεί κάποιος να υποθέσει ότι αυτή η μεγαλειώδης περίοδος έλαβε χώρα μερικές εκατοντάδες χρόνια πριν, όμως μαντέψτε ξανά. Η Μαγδαληνική εποχή έχει ως μέσο το 10.000 π.Χ.! Μ' άλλα λόγια 12.000 χρόνια πριν. Στη Δυτική Ευρώπη κι αλλού στον μικροσκοπικό αυτό πλανήτη που βρισκόταν στα τέλη της εποχής των παγετώνων, πολλές φυλές περιπλανώμενων κυνηγών και συλλεκτών συνδεόταν μεταξύ τους μέσω κοινών συμβόλων, σημάτων καπνού, δεξιοτήτων πλοήγησης, τεχνών, επαγγελμάτων και θρύλων.

Αναμφιβόλως, κάθε φυλή θα είχε περιστασιακές επαφές με περιπλανώμενους ναυτικούς χαμένους στη θάλασσα, με εξόριστους, με εξερευνητικές αποστολές και κάθε λογής εμπορευόμενους. Κάθε επαφή οδηγούσε στη μετάδοση γλωσσικής και συμβολικής τεχνολογίας. Επιπλέον, όλες οι φυλές πάλευαν κάτω απ' τις ίδιες ιδιοτροπίες του καιρού, απ' τις ίδιες παλίρροιας, τον ίδιο ήλιο και φεγγάρι κι έτσι υπάρχει πιθανότητα συγκεκριμένες βασικές εκφράσεις να προέκυψαν από μόνες τους στην τύχη. Αυτές οι πολλαπλές ομάδες φυλών, εμπλουτισμένες με παρακαταθήκες αρχέγονων ιστοριών και θρυλικών δεξιοτήτων, φαίνεται πως –ιδίως κατά τη Μεσολιθική περίοδο– ελεγχόταν με χρήση διαφόρων ειδών από υπολογιστικά όργανα που όλα τους ήταν προσανατολισμένα στον ουρανό.

Έως πριν περίπου δυο εκατομμύρια χρόνια οι ηλιακές, αστρικές και σεληνιακές παρατηρήσεις γινόταν με ηλιακά ρολόγια και κλεψύδρες. Παράξενα ακτινωτά μοτίβα χαρασσόταν στην άμμο και ένα ψηλό ραβδί που ορθωνόταν στο κέντρο λειτουργούσε ως λεπτό σκίαστρο ή γνώμονας. Οι άνθρωποι των θάμνων της Καλαχάρι, των οποίων η προέλευση εξαφανίζεται στα βάθη της ιστορίας, ακόμα χρησιμοποιούν ένα απλό ραβδί για να ξέρουν τη σωστή ώρα της ημέρας για κυνήγι. Το ραβδί με τη σκιά του είναι μαγικά και καλύπτονται από ένα μυστικό πέπλο μύησης. Σήμερα αποκαλούμε αυτά τα ραβδιά ως «ηλιακά ρολόγια», αλλά η πλήρης σημασία και προέλευσή τους δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως.

Η περιοχή της ιστορίας που εκτείνεται αόριστα στα 5000 χρόνια απ' το 10.000 ως το 5.000 π.Χ αποκαλείται Μεσολιθική. Τότε η Παλαιολιθική τέχνη του «υπολογισμού για το κυνήγι» αναδείχθηκε σε ύψιστη θρησκευτική επιστήμη που μεταδόθηκε ως την -πιο τακτοποιημένη- Νεολιθική εποχή. Τη νεολιθική τέχνη μπορεί να τη δει κανείς ως αρχιτεκτονική με τη διαφορά ότι ο Νεολιθικός Αρχιτέκτονας διατήρησε συγκεκριμένα στοιχεία της Μεσολιθικής *σαμανιστικής* τακτικής που σήμερα θα τη λέγαμε *ψυχολογία*. Τότε, στην Αυγή της Επιστήμης, η μαγεία αντικαταστάθηκε απ' τη λογική, τα ανθρώπινα όντα άρχισαν να χρησιμοποιούν ως βάση

αρχαίους μύθους, υλοποιώντας πάνω τους μνημεία ναών για τελετουργικούς σκοπούς.

Περίπου κατά το 5.000 π.Χ., οι πρόγονοι των φυλών των ψαράδων και κυνηγών που είχαν οργανωθεί σε κοινότητες, ξεκίνησαν να μεταγράφουν σε φυσική γλώσσα στις πέτρες τους -πρόσφατα ανακαλυφθέντες- τύπους υπολογιστών για τη διαπαιδαγώγηση των παιδιών τους, αλλά και για να αφήσουν μηνύματα που θα αποκρυπτογραφούσαν οι μέλλουσες γενιές. Αυτοί οι γρίφοι και τα μηνύματα ήταν γραμμένα σε κάποιον κώδικα. Τέτοιοι κώδικες που ακόμη δεν έχουν αποκρυπτογραφηθεί πλήρως, όταν τους εξετάζουμε στο ίδιο πλαίσιο μοιάζουν ολόιδιοι με όρους υπολογιστικών πράξεων και είναι συνδεδεμένοι με την ουράνια μηχανική με κάποιον τρόπο.

Οι χλοερόι λόφοι και κοιλάδες της Βρετανίας, Πορτογαλίας, Ουαλίας, Ιρλανδίας και Σκωτίας που βρίσκονται κοντά σε θάλασσες γεμάτες ψάρια ήταν ιδανικά οικοσυστήματα για την ανάπτυξη σταθερών κοινωνιών, υπολογιστών και την απαραίτητη αύξηση στην εξειδίκευση της παρακολούθησης του ουρανού και της χρονομέτρησης που κατέστησαν εφικτή την οργάνωση σε κοινότητες. Οι γλώσσες υπολογιστών, τα σύμβολα και οι αλφαριθμητικοί κώδικες της Νεολιθικής Εποχής που προέρχονταν απ' τη νοηματική γλώσσα των σπηλαιοζωγράφων Κρο-Μανιόν, έγιναν η γλώσσα των δένδρων του κυνηγού-τροφοσυλλέκτη και τελικά οι ποικίλες γλώσσες του λίθου, του χαλκού και του μπρούντζου, γλώσσες θεών όπως ο Όγκμιος ο –Κελτικός- θεός του λόγου και ο Λιού ή ο Ρα του φωτός. Η αρχαία γλώσσα της σκιάς, του ήλιου και του αστρόφωτος βασιζόταν στη γεωμετρία των κύκλων της φύσης και εορτάζεται στους Μεγάλιθους που στηρίζουν και περιβάλλουν τα αχανή αναχώματα καθώς και στους Αστρικούς Ναούς, τους διάσπαρτους στους χάρτες της Γαλλίας, της Γερμανίας, Ολλανδίας, Αγγλίας, Ιρλανδίας, Σκωτίας και Βορείου Αμερικής.

Οι Ναοί του Λίθου και τα μόνιμα μνημεία υπολογισμού ασκούσαν σταθεροποιητική επιρροή σε συγκεκριμένες κοινωνίες. Αυτές έγιναν πλούσιες και χαρισματικές πριν ακόμη οι πολιτισμοί γύρω απ' τον Ατλαντικό γνωρίσουν το μέταλλο. Οι παραδόσεις των νέων «αγρο-αστικών» κοινωνιών που άρχισαν να ανθούν στον ορίζοντα της 4ης χιλιετίας π.Χ., πολιτισμών που ο Πλάτωνας αποκαλούσε «Ατλαντίδα», αντικατέστησαν αυτές των ζοφερών σπηλαιών· πάντως τα βασικά εικονογραφήματα, τα μνημονικά των αρχαίων υπολογισμών διαδόθηκαν.

Οι ειδητικές μνήμες των μεταναστεύσεων της Εποχής των Παγετώνων και οι Υπολογιστές Νεολιθικών Ναών ξεθώριασαν, λόγω της ιεραρχικής διαστρωμάτωσης της αστικής ζωής· όμως οι λαϊκές μνήμες των ιεροτελεστιών κι αυτές των συνηθειών που σχετιζόνταν με τις εποχιακές συμπεριφορές των ζώων παρέμειναν ανεξίτηλες. Ανεξίτηλες διότι η γλώσσα της επιβίωσης και της πρόβλεψης των εποχών, η γλώσσα που έκανε εφικτό τον πλούτο και την αστική καλοπέραση, η γλώσσα που επέτρεπε ως και το καύχημα, ήταν αδυσώπητα συνδεδεμένη με τα μυστικά των ναών υπολογισμού. Ασχέτως με το πόσο θολή ή απαγορευμένη, η γλώσσα των παλιών θεών επιβίωσε.

Σε κάθε πολιτισμό εμφανίζεται ένα κρίσιμο σημείο της ανάπτυξης της χρήσης υπολογιστών από ανθρώπους κι αυτό συμβαίνει απ' την Εποχή των Παγετώνων ή νωρίτερα. Εκατοντάδες υπολογιστικά πειράματα σε εκατοντάδες τοποθεσίες υπάρχουν ως απόδειξη. Οι πυραμίδες, το Μάτσου-Πίτσου, το Γιουκατάν, το Στόουνχετζ, τα Ζιγκουράτ της Βαβυλώνας, οι Γοτθικοί Καθεδρικοί και Μασονικές κατόψεις του Παρισιού ή της Ουάσιγκτον (DC), είναι όλα προϊόντα υπολογιστικού προσχεδιασμού σε διαφορετικές στιγμές της ιστορίας. Πρόκειται για υπολογιστικές ικανότητες που έλαβαν υπ' όψιν την ουράνια μηχανική.

Οποιοσδήποτε με αρκετή αντίληψη και χρήματα για αεροπορικά ναύλα, μπορεί να επισκεφτεί τρεις (3) από αυτούς τους αρχαίους και «πανέξυπνους» υπολογιστές κατά την επόμενη επίσκεψή του στην Ιρλανδία. Αυτά τα γιγαντιαία πέτρινα αναχώματα κατά μήκος του ποταμού Μπόϋν, τέσσερα μίλια από την Ιρλανδική Θάλασσα, κατατάσσονται αναμφιβόλως μεταξύ των πιο υπέροχων υπολογιστών του κόσμου. Είναι πιο αρχαία απ' τις Πυραμίδες της Αιγύπτου, βρίσκονται χτισμένα σε ωραιότερο μέρος απ' το Μαντείο των Δελφών και είναι πιο δυναμικά, πιο σχετικά και πλουσιότερα σε πολιτισμό απ' ό,τι το Στόουνχετζ.

Τα τρία οχυρά του "Μπριου να Μπόϋν" (Brú na Bóinne) απέχουν μεταξύ τους λιγότερο από ένα μίλι και χτίστηκαν σε διαφορετικά στάδια, σε διαφορετικές στιγμές από (τουλάχιστον) το 4.200 π.Χ. έως το 3.200 π.Χ. με τα Νόουθ και Ντόουθ να είναι τα παλαιότερα και το Νιού Γρέηντζ το πιο πρόσφατο· όλα σύμφωνα με κάποιο προσχεδιασμένο πλάνο, ένα μυστήριο πλάνο χτισίματος που χρειάστηκε χίλια χρόνια για να εκτελεστεί, ένα σχέδιο που χαραχτηκε στις πέτρες μόνο αφού είχε κατασκευαστεί το τελευταίο ανάχωμα: Το τρίτο στο σύμπλεγμα των τριών!

Η συνέχεια που βρίσκουμε στον σχεδιασμό της κατασκευής σε δομές Μεγαλίθων της Ιρλανδίας, Ουαλίας και Γαλλικού Ατλαντικού, καταδεικνύει ότι οι Αστροικοί Ναοί της Νεολιθικής χρησιμοποιούνταν ως αλμανάκ από φυλές με παρόμοιες αξίες και ως εκ τούτου ήταν πολύ αληθινοί υπολογιστές. Πρέπει να τονιστεί ότι αυτοί οι Ναοί-Υπολογιστές δεν σχεδιάστηκαν στην Εποχή του Χαλκού, όπως πιστεύουν κάποιοι άσχημα πληροφορημένοι εξερευνητές, αλλά μάλλον στη χαραυγή των πρώτων καταυλισμών και της γεωργίας. Στην πραγματικότητα σηματοδοτούν το τέλος της Μεσολιθικής Εποχής.

Προκύπτει το ερώτημα: Τι είδους κοινωνία μπορούσε να πραγματώσει τέτοια συνέχεια στη σκέψη και στις απόψεις; Σίγουρα δεν επρόκειτο για αγρίους με την αυστηρή έννοια της λέξης. Τότε ποιοι έχτισαν τους Ναούς-Υπολογιστές της προ-Κελτικής αυγής και ποιοι τους έφεραν στη Βόρειο Αμερική;

Υπάρχει ένα παράδοξο σε όλα αυτά: Όταν κοιτάζουμε τα αναχώματα με τον ήλιο να δύνει πίσω τους, γνωρίζουμε πως κάθε 21<sup>η</sup> του Δεκέμβρη μια ακτίνα φωτός πέφτει πάνω στο Νιού Γκρέηντζ για περίπου δεκαεπτά (17) λεπτά και φωτίζει ένα τριπλό, σπειροειδές χάραγμα στον εσωτερικό τοίχο του θαλάμου, όπως συμβαίνει εδώ και πάνω από 5.000 χρόνια. Τότε

αντιλαμβανόμαστε ότι στεκόμαστε ανάμεσα σε δυο μεγάλες Εποχές της ιστορίας του ανθρώπου. Από τη μια μεριά είναι η παλιά Εποχή των Υπολογιστών, όταν αυτοί λειτουργούσαν χάρη στο Σύμπαν. Κι από την άλλη βρίσκεται η κακόμοιρη μοντέρνα εποχή των ηλεκτρονικών υπερ-υπολογιστών που λειτουργούν βασιζόμενοι σε σφαλερά, αβέβαια, πολλές φορές παράλογα ανθρώπινα όντα που έχουν χάσει την επαφή τους με τα συμπαντικά γρανάζια και βασίζονται στην τυφλή πίστη, στην προσευχή και στο -όχι και τόσο αλάνθαστο- ολοκληρωμένο κύκλωμα. Όλο το φάσμα των ανθρώπινων επιτευγμάτων διαγράφει τόξο μεταξύ των δυο αυτών συστημάτων υπολογισμού, δημιουργώντας το πιο θαυμαστό δίλημμα. Είναι πιθανό να ελισσόμαστε προς ένα σημείο στην εξέλιξη όπου τα ηλεκτρονικά συστήματα θα χρησιμοποιηθούν για να αποκρυπτογραφήσουν τους αρχαίους υπολογιστές της πέτρας. Κι όμως αυτά τα αρχαία αναχώματα-υπολογιστές πιθανότατα κρατούν το κλειδί για τη μυστική κρύπτη της ανθρώπινης υπάρξεως: Τις φυλετικές μνήμες, τις ρίζες μας ως οι ανθρώπινοι ταξιδιώτες του πλανήτη.



Εικόνα 2: Ο λίθος της εισόδου στο Νιού Γκρέηντζ

Κρίση φαίνεται να προκύπτει όταν μια υπαρκτή κουλτούρα συμμορφώνεται μ' ένα αφύσικο, συνθετικό σύστημα μέτρησης του χρόνου, βασισμένο σε μη ανθρώπινα και παράλογα δόγματα, ή όταν ένας κάποιος πολιτισμός εγκαταλείπει (λόγω οικονομικής αποτυχίας, πείνας, υποδούλωσης ή απλής ματαιοδοξίας) τους παλιούς και καλοδοκίμασμένους φυσικούς ρυθμούς. Ξανά και ξανά, κοινωνίες και άτομα επιβιώνουν ή αποτυγχάνουν σε σχέση με την αποδοχή ή την απόρριψη των μαζικών φυσικών υπολογιστικών δεξιοτήτων που βρίσκονται λανθάνοντα μέσα στον ανθρώπινο εγκέφαλο.

Ο υπολογιστής, λίθινος ή ηλεκτρονικός, δεν είναι τίποτε περισσότερο απ' την εξωτερική της ανθρώπινης επίγνωσης (ή θηλαστικής επίγνωσης). Ο λίθινος υπολογιστής πρέπει εξ ορισμού να είναι **φυσιοκρατικός**, καθώς χρειάζεται φως/σκιά, νερό, γη και φωτιά για να λειτουργήσει. Απ' την άλλη μεριά είναι ευκολότερο να κάνεις κακή χρήση του ηλεκτρονικού

υπολογιστή: Μπορείς να τον απομακρύνεις από τη φύση και να τον συγχρονίσεις με ένα συλλογικό μυαλό κι έτσι συμβαίνει -όπως είδαμε στη σύγχρονη Αμερική- ολόκληροι πληθυσμοί να οδηγούνται μακριά απ' το Περιβάλλον. Υπάρχει λοιπόν μια εγκυρότητα στις ανησυχίες πολλών ανθρώπων σήμερα (ΣΤΜ: 1983) που φοβούνται τους Η/Υ.

Είναι σαν η όλη εξέλιξη του είδους μας να είναι αφοσιωμένη στην προετοιμασία καταστάσεων, τέτοιων ώστε να προκαλέσουν μια σειρά από μοναδικούς ορίζοντες γεγονότων, τόσο κολοσσιαίων, τόσο σαρωτικών που να μπορούν ακόμη και να αλλάξουν αμετάκλητα την πορεία της ανθρώπινης ιστορίας. Τέτοια εξέλιξη είναι η ανάπτυξη του υπολογιστή ως εργαλείο.

Όσο καταπληκτικές κι αν είναι οι προβλέψεις για τον μικροϋπολογιστή, ένα πράγμα παραμένει σίγουρο και αποδείξιμο: Οι αρχαίες κοινωνίες ήταν πολύ πιο φωτισμένες και κανονικοποιημένες απ' όσο έχουμε αντιληφθεί ποτέ κι έχουν μεταδώσει οι στατικές αρχαιολογικές θεωρίες μετά το σοκ συγκεκριμένων ανακαλύψεων. Είναι δυνατόν ο ηλεκτρονικός υπολογιστής όπως τον ξέρουμε σήμερα, που να χρησιμοποιεί όμως δέσμες φωτός αντί για ηλεκτρονικά κυκλώματα να είχε ανακαλυφθεί πέντε χιλιάδες χρόνια πριν; Μερικοί ερευνητές το πιστεύουν.

Κανός αριθμός παραδειγμάτων αποδεικνύουν ότι συγκεκριμένοι ναοί της Νεολιθικής εποχής είχαν υπολογιστικές δυνατότητες. Ας πάρουμε για παράδειγμα τον λίθο αρ. 69 στο Νόουθ, ένα ανάχωμα που αντιπροσωπεύει το ένα τρίτο του συμπλέγματος ναών του Μπριούγκ Να Μπόυν, ενός αναχώματος που ήταν υπό ανασκαφή για όλο το τελευταίο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα - ενός Ναού-Υπολογιστή που ρισκάρουν να τον καταστρέψουν μιας και ο υπεύθυνος ανασκαφής θεωρεί ότι πρόκειται για τάφο. Ο λίθος υπ' αριθμ. 69 που αναφέρεται ως «Η πέτρα ημερολόγιο» ζυγίζει πάνω από δώδεκα τόνους. Η κυματοειδής γραμμή κατά πλάτος του κέντρου υπολογίζει το σεληνιακό έτος. Το σπειροειδές αναπαριστά τον ήλιο.

Συγκεκριμένα καμπυλόγραμμα σημάδια εκτίθενται συστηματικά σε όλες τις πέτρες, όχι σε τυχαίες θέσεις όπως κάποιοι σύγχρονοι παρατηρητές έχουν επιστημάνει, αλλά χαραγμένα με μεγάλη προσοχή. Αυτή η σκοπιμότητα είναι από μόνη της εντυπωσιακή, αλλά τα καμπύλα και ημικυκλικά σημάδια είναι κάτι περισσότερο από αγροτικές διακοσμήσεις. Στην πραγματικότητα είναι λέξεις, λέξεις που λειτουργούν ως σηματοδοτήσεις των κύκλων του φεγγαριού και του ήλιου. Τα χαράγματα του λίθου 69 στο Νόουθ συσχετίζονται ακριβώς με τις φάσεις της σελήνης. Αυτός ο λίθος είναι ένας σεληνιακός υπολογιστής. Αλλά και οι άλλοι λίθοι «καθοδηγούνται» από τον ήλιο και τη σελήνη ή/και τα αστέρια και τους πλανήτες.

Καθένα από τα τρία αναχώματα στο σύμπλεγμα του Μπόυν μοιάζει να έχει ελαφρώς διαφορετικό προσανατολισμό. Τα Νόουθ και Ντόουθ, στα Ιρλανδικά Γαελικά αποκαλούνται *Γκνόμπντα* (δηλαδή το φως της γνώσης) και *Ντούμπχαντ* (η φραγή του φωτός) αντίστοιχα. Η χρονολόγηση με ραδιενεργό άνθρακα δείχνει πως τα Νόουθ και Ντόουθ έχουν κατασκευαστεί γύρω στο 4.200

π.Χ., δηλαδή πριν έξι χιλιάδες χρόνια. Το Νιού Γκρέντζ, σαφώς μεταγενέστερη οικοδομή, μοιάζει να έχει ολοκληρωθεί περίπου στα 3.500-3200 π.Χ. Κι όμως και τα τρία φαίνονται να λειτουργούν διαδραστικά.

Το πρωτότυπο όνομα του Νιού Γκρέντζ είναι αμφιλεγόμενο, αλλά κι αυτό είχε επίσης ένα Ιρλανδικό όνομα κάποτε, κάτι που πιθανότατα προερχόταν απ' την προ-Ινδοευρωπαϊκή ρίζα *grainne* ή «ο ήλιος». Έτσι, τα ονόματα των τριών αναχωμάτων αντιπροσωπεύουν το άμεσο ηλιακό φως, το πλάγιο ηλιακό φως και τη σκιά - και είναι και τα τρία τουλάχιστον δεκαπέντε αιώνες παλιότερα του Στόουνχετζ και κάπου δεκαοχτώ αιώνες παλιότερα των Πυραμίδων της Γκίζα. Μόνο η Ρομβοειδής Πυραμίδα ξεπερνά το Στόουνχετζ και μόνο η ξύλινη φάση του Στόουνχετζ ξεπερνά τα τελευταία στάδια του Νιού Γκρέντζ.



Εικόνα 3: Η ρομβοειδής πυραμίδα (Αίγυπτος/Νταχσούρ 2600 π.Χ.)

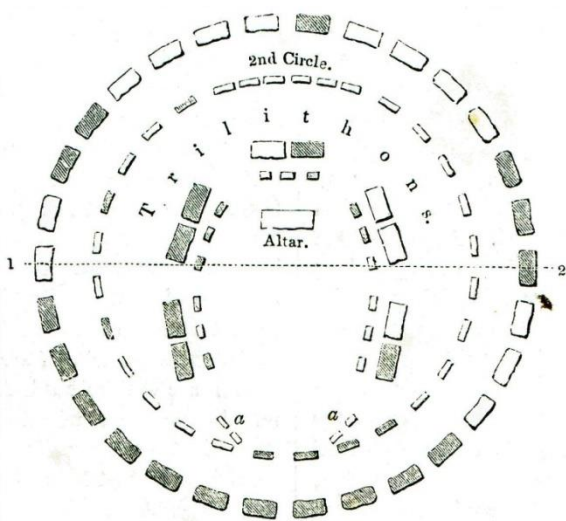
Απ' τους τρεις κύριους Ναούς Υπολογιστές: Νόουθ, Ντόουθ και Νιού Γκρέντζ, μόνο ο νεότερος έχει αποκατασταθεί σε κάποιο βαθμό. Ο Νόουθ έχει κατεδαφιστεί απ' την Ιρλανδική κυβέρνηση και θα ξαναχτιστεί αφού ανασκαφτεί ένας χριστιανικός ναός του 1<sup>ου</sup> ή του 2<sup>ου</sup> αιώνα. Ποιος ξέρει τι μπορεί να συμβεί στην όλη δομή όταν ολοκληρωθεί αυτό. Στην πραγματικότητα το Ντόουθ είναι προς πώληση. Το μόνο που σώζει οποιοδήποτε από τα μεγάλα αναχώματα-υπολογιστές στη σφαίρα του Ατλαντικού, είναι το ογκώδες μέγεθός τους - κάποιοι από τους λίθους που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή τους ζυγίζουν 12 τόνους.

Η ακτίνα του παρατηρούμενου φωτός στο Νιού Γκρέντζ στις 21 Δεκεμβρίου κάθε έτους, διαρκεί για ακριβώς 17.3 λεπτά και φαίνεται να διαπερνά ένα νεφώδες κάλυμμα ακόμα και με βροχερό καιρό, ώστε να φτάσει στο προκαθορισμένο σημείο του, όπως κάνει εδώ και πέντε χιλιάδες ή περισσότερα χρόνια. Γιατί κατασκευάστηκε αυτό το ηλιακό ρολόι; Να ήταν ένας δείκτης; Ένας υπολογιστής που σημαδεύει το ακριβές τέλος και αρχή των χρόνων; Τι είδους πολιτισμός θα χρειαζόταν τέτοιο βαθμό ακρίβειας; Μα μόνον ένας πολιτισμός με βαθιά τη συνείδηση της επιστημονικής περιέργειας.



Η αρχή του ρολογιού δέσμης φωτός συνδεόταν πιθανότατα με κάποιο είδος φαινομένου που είχε πάρει τη μορφή τελετουργίας. Για τους οικοδόμους του Νιου Γκρέηντζ και των λοιπών ναών με περάσματα φωτός, ο υπολογισμός ήταν θρησκευτική. Κι άρα ποιο είναι το καινούργιο; Εδώ διαδραματίζονται περισσότερα. Μετά την περίοδο των δεκαεπτά λεπτών, η ακτίνα φωτός διασχίζει πίσω το πέρασμα, παύει να είναι ακτίνα, εγκαταλείπει το Νιου Γκρέηντζ κι αρχίζει το προφανές ανέβασμά της στον μεσημεριανό ουρανό, διαγράφοντας ένα αγγειόσχημο τόξο ίδιο με το σχήμα της κυπελοειδούς σπηλιάς στο εσωτερικό του Νιου Γκρέηντζ. Κι έτσι ο ήλιος φαίνεται να δύνει αργά το απόγευμα τελειώνοντας την ημέρα του στο Ντόουθ, τον ταμιευτήρα της σκιάς.

Στο Στόουνχετζ ο ήλιος μοιάζει να ανατέλλει πάνω απ' τον λίθο Χηηλστόουν την αυγή της 21<sup>ης</sup> Ιουνίου, στο θερινό ηλιοστάσιο. Κι αυτό επίσης είναι ένας πολύ γνωστός υπολογιστής, έχοντας καθιερωθεί ως τέτοιος απ' το 1965 και τον Δρ Τζεραλντ Χώκινς, ο οποίος χρησιμοποίησε έναν (άλλο) υπολογιστή για να δείξει πως είναι υπολογιστής. Όμως, στη διάρκεια του χειμερινού ηλιοστασίου ο ήλιος στο Νιου Γκρέηντζ μοιάζει να ανατέλλει πάνω από έναν λίθο κι έπειτα να εισέρχεται σ' έναν θάλαμο για να φωτίσει ένα σημάδι, αφού έχει ανακλαστεί σε μια πέτρινη λεκάνη τοποθετημένη στο κέντρο του εσωτερικού θαλάμου.



Εικόνα 4: Κάτοψη του Στόουνχετζ (Wikipedia)

Προφανώς εδώ λαμβάνουν χώρα περισσότερα από απλή παρατήρηση. Πρόκειται περί μετρήματος! Τα αναχώματα-υπολογιστές της Νεολιθικής Εποχής του Ατλαντικού λειτουργούν με τις ολοφάνερές κινήσεις του ήλιου, της σελήνης και των άστρων στις διαφορετικές εποχές του χρόνου. Σίγουρα αυτοί οι υπολογιστές λειτουργούν χωρίς ηλεκτρισμό. Αυτές οι ογκώδεις, πέτρινες κατασκευές λειτουργούνται απ' το φως ή καλύτερα απ' τον δυϊσμό μεταξύ σκότους-φωτός. Το φως, ή η έλλειψή του, μπορεί να ειπωθεί ως δυαδικό σύστημα. Τα πράγματα είναι είτε σκοτεινά ή φωτεινά, αναμμένα ή σβησμένα· όμως και με μια τρίτη

κατάσταση φωτός ενυπάρχουσα: Το λυκόφως. Έτσι έχουμε τριαδικό σύστημα με τις καταστάσεις αυτές να αναγινώσκονται ως +1, 0, -1. Τα περάσματα στους ναούς-υπολογιστές είναι ως εκ τούτου σχεδιασμένα να δημιουργούν μια οξεία, δυαδική αντίθεση ανάμεσα στο φως και στο σκοτάδι. Το φως οδηγεί τον υπολογιστή και τα χαραγμάτα στις πέτρες φωτίζονται σε διαφορετικές ώρες ανάλογα με τη γωνία του άμεσου φωτός που χτυπάει το χάραγμα καθώς κινείται προς την επόμενη πέτρα. Υπάρχουν δεκάδες πέτρες με εκατοντάδες χαραγμάτα και είναι όλες τοποθετημένες σε πολύ ακριβή μονοπάτια. Αυτοί οι σωροί από βράχια είναι υπολογιστές.

Συγκεκριμένες πέτρες συνδέονται με το σεληνιακό ημερολόγιο, άλλες με τις τροχιές των πλανητών, άλλες με τους κύκλους του ήλιου. Χρόνια, μήνες, ως και αιώνες ή χιλιετηρίδες, μπορούν να υπολογιστούν μ' αυτόν τον τρόπο. Υπάρχουν πέτρες που είναι ηλιακά ρολόγια ή ακόμη και σεληνιακά ρολόγια. Υπάρχουν οριζόντια ηλιακά ρολόγια και κατακόρυφα ηλιακά ρολόγια· υπάρχουν ρολόγια σταγόνας νερού χτισμένα μέσα σε πέτρες, επίπεδες επιφάνειες με σχέδια καμένα από κρυσταλλικούς μεγεθυντικούς φακούς, θάλαμοι γεννήσεων, θάλαμοι θανάτων, σημεία παρατήρησης και πολλά ακόμη.

Οι -όμοιοι με μηχανής- κώδικες που έχουν ως τώρα ανακαλυφθεί, είναι δυαδικοί, τριαδικοί και οκταδικοί, αλλά μπορούν να βρεθούν κι άλλα αριθμητικά συστήματα στην έκταση της Ατλαντικής σφαίρας της Νεολιθικής. Το καταλληλότερο για επίδειξη απ' αυτά τα συστήματα («μέτρησης με πέτρες») είναι το οκταδικό διότι υπήρχαν οκτώ σημαντικές ημερομηνίες στα καλεντάρια του Ατλαντικού. Αυτές οι τακτικές ακολουθούσαν από Κέλτες που τηρούσαν οκτώ γιορτές: Ήταν οι: Imbolc (1 Φεβρουαρίου), Beltane (1 Μαΐου), Lughnasadh (1 Αυγούστου), Samhain (1 Νοεμβρίου), Εαρινή ισημερία (21 Μαρτίου), Φθινοπωρινή ισημερία (23 Σεπτεμβρίου) και Χειμερινό ηλιοστάσιο (21 Δεκέμβριου). Οι μεταπτώσεις των εποχών σημειώνονται με διπλές και τριπλές σπείρες χαραγμένες στις πέτρες.

Στο Νόουθ ο ήλιος κατά την εαρινή ισημερία εισέρχεται στον ανατολικό θάλαμο και δύνει στον δυτικό, ενώ ενδιάμεσα φαίνεται να ισορροπεί σ' ένα οβελίσκο εννέα ποδιών (ΣΤΜ: ~3m). Αυτό το εφέ μοιάζει να αυξάνεται κάθε δεκαοχτώ χρόνια όταν ο ήλιος φαίνεται να δύνει καθώς η πανσέληνος ανατέλλει στον ίδιο οβελίσκο. Προφανώς αυτή η διάταξη λειτουργεί επίσης ως προγνώστης εκλείψεων.

Σε όλη την εκεί Ατλαντική σφαίρα φαίνεται να υπάρχει συμμόρφωση με μια συμβολική γλώσσα χαραγμένη στις πέτρες. Οι συντηρητικοί Ιρλανδοί θεωρούσαν επί μακρόν ότι αυτά τα αρχαία χαραγμάτα στις πέτρες αποτελούσαν μια μορφή γλώσσας, αλλά τέτοια ζητήματα ψιθυριζόταν μόνο μέσα στις πιο κλειστές παμπ. Για κάποιους λόγους και σε κάθε περίπτωση, οι λίθινοι ναοί επιβίωσαν ως τα 1960 όταν μετά τις ανακαλύψεις στο Στόουνχετζ άρχισαν να γίνονται κατανοητοί αλλά και συλήθηκαν τόσο από ερασιπύχους όσο και παραπλανημένους επαγγελματίες αρχαιο-λόγους. Δυο σύγχρονοι λόγιοι επενέβησαν για να σώσουν τους λίθινους ναούς, ο καθένας εργαζόμενος ανεξάρτητα

απ' τον άλλον, δυο ερευνητές που σ' αυτούς θα έπρεπε να απονεμηθεί κάποιο βραβείο για την απλή κατανόησή τους του αρχαίου Υπολογιστή. Η Δρ. Elizabeth Shee-Twoig απ' το Κορκ της Ιρλανδίας έχει περάσει πάνω από είκοσι χρόνια συντάσσοντας μια πλήρη έρευνα για κάθε σημαντικό μνημείο της Ατλαντικής σφαίρας απ' τα χρόνια της Μεσολιθικής Εποχής. Ο επικός της τόμος *Μεγαλιθική Τέχνη της Δυτικής Ευρώπης* που εκδόθηκε το 1982 απ' τις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις της Οξφόρδης κοστίζοντας 150 δολάρια, είναι πάνω από 7.5cm χοντρός και πολύ πλούσια εικονογραφημένος. Αυτό το βιβλίο είναι το λιγότερο ένα χρυσαφειό για οποιονδήποτε ενδιαφέρεται για την αρχαιολογία των υπολογιστών.

Ο Martin Brennan απ' την άλλη, είναι ένας δάσκαλος του Aikido και γραφίστας απ' το Μπρούκλιν της Νέας Υόρκης. Αυτός είχε σταλεί στην Ιρλανδία απ' τον Ιάπωνα δάσκαλό του (sensei) στο Aikido, μέλος μιας αρχαίας ομάδας γνωστής ως Ομάδα Δημιουργίας της Ιαπωνίας για να διδάξει Aikido και να μελετήσει τους λίθινους ναούς της Ιρλανδίας. Ο Μπρέναν ήξερε από πριν ότι ήταν ιερές δομές, αλλά δεν είχε ιδέα ότι ήταν υπολογιστές μέχρι που έφτασε στην κοιλάδα Μπόουν.

Ο Μπρέναν είχε μια εσώτερη αίσθηση για τους κώδικες των Μεγαλίθων όσο εξερευνούσε το Ντόουθ. Του προέκυψε η ιδέα ότι εκείνες οι πέτρες και τα χαράγματά τους ήταν διασυνδεδεμένα σκαλισμένα μηνύματα, σεν εντολών για σεληνιακούς και ηλιακούς υπολογισμούς. Ξεκίνησε να σχεδιάζει όλο το σύμπλεγμα του Μπόουν και κατέληξε να εργάζεται δέκα χρόνια σε μια διαφημιστική εταιρεία στο Δουβλίνο για να χρηματοδοτήσει τις ακριβές αποστολές του σε Μεξικάνικες, Ιρλανδικές, Γαλλικές και Βρετανικές τοποθεσίες. Και οι δυο αυτοί ερευνητές ήταν εξαιρετικά προσοντούχοι. Οι πιστοποιήσεις της Twoig δεν είναι για αμφισβήτηση και αν και ο Μπρέναν δεν είχε κάποιον μεταπτυχιακό τίτλο, σίγουρα κατέχει πτυχίο στην Τέχνη απ' το Ινστιτούτο Πρατ της Νέας Υόρκης και εξακολουθεί (ΣΤΜ: Στα 1983) να είναι σχολαστικός στις τεχνικές του συλλογής δεδομένων.

Σε κάθε περίπτωση το ζήτημα είναι ότι ανεξάρτητα της μεθόδου συλλογής, τα δεδομένα της Twoig συμπίπτουν μ' αυτά του Μπρέναν με μερικές ασήμαντες εξαιρέσεις. Και οι δυο ερευνητές ισχυρίζονται ότι τα σύμβολα στην πέτρα σημαίνουν κάτι. Και οι δυο λένε ότι τα σύμβολα είναι τόσο προϊόντα τέχνης όσο και κωδικοποιημένα μηνύματα. Και οι δυο συμφωνούν ότι τα χαράγματα βρίσκονται σε στατικούς, τυπικούς πίνακες όπως οι καταχωρητές διευθύνσεων κι επίσης συμφωνούν ότι (τα χαράγματα) παρέχουν πληροφορία όταν περνάει επάνω τους ηλιακό φως ή σκιά. Οι κώδικες είναι βαθιά χαραγμένοι σε ογκώδεις λίθους. Αυτές οι πέτρες έχουν τοποθετηθεί επίτηδες στο συγκεκριμένο μέρος ώστε να εκφράζουν κάτι μεγαλύτερο απ' τα ίδια τα χαράγματα. Ο Μπρέναν ισχυρίζεται ότι οι Μεγάλιθοι της Ατλαντικής σφαίρας συσχετίζονται. Η Twoig αντιμετωπίζει τους περισσότερους απ' τους υπολογιστές του Ατλαντικού ως ξεχωριστές οντότητες. Καμιά θέση δεν έχει αποδειχθεί ως τώρα (ΣΤΜ: 1983), αλλά υπάρχουν όντως συγκεκριμένες ομοιότητες.

Απ' το υλικό που έχουν συγκεντρώσει οι παραπάνω καθώς και άλλοι ερευνητές, είναι εύκολο να εκτιμήσει κανείς ότι ο ήλιος κι η σελήνη συλλαμβανόταν εικοσιτέσσερις ώρες κάθε μέρα και το όλο σύμπλεγμα πρέπει να θεωρείται ως παρατηρητήριο. Τα χαράγματα στους Μεγάλιθους κατατάσσονται στατιστικά σε ομάδες με αυτά στις ηπιέριους να είναι κάπως πιο αλλόκοτα και ίσως πιο αρχαία. Οι Ιρλανδικές ομαδοποιήσεις είναι κάπως πιο γεωμετρικές αν και ξεκάθαρα και τα δυο υποσύνολα προέρχονται από μια παλιότερη, ίσως Θυρική, πατρική ρίζα. Μια κεντρική Ατλαντική γλώσσα που ελκρινιά δεν έχουμε ποτέ δει από πρώτο χέρι παρά μόνο μέσω αυτών των υποομάδων.

Οι αρχιτέκτονες της Νεολιθικής Εποχής αντιλαμβάνονταν τη φύση μ' έναν φυσικό πλην όμως και επιστημονικό τρόπο και ξεκίνησαν να εκφράζουν την αντίληψή τους στην πέτρα. Εύκολα εικάζουμε ότι αυτοί οι υπολογιστές αφέθηκαν πίσω, σαν χρονοκάψουλες, για να τις ανακαλύψουμε εμείς. Αυτό όμως είναι ματαιοδοξία. Πιθανότερο είναι οι λίθοι να έμειναν για τα εγγόνια της φυλής, για να εξασφαλίσουν μια αίσθηση πολιτισμικής συνέχειας εκτός αν κανείς υποθέσει πως «εμείς» είμαστε τα εγγόνια.

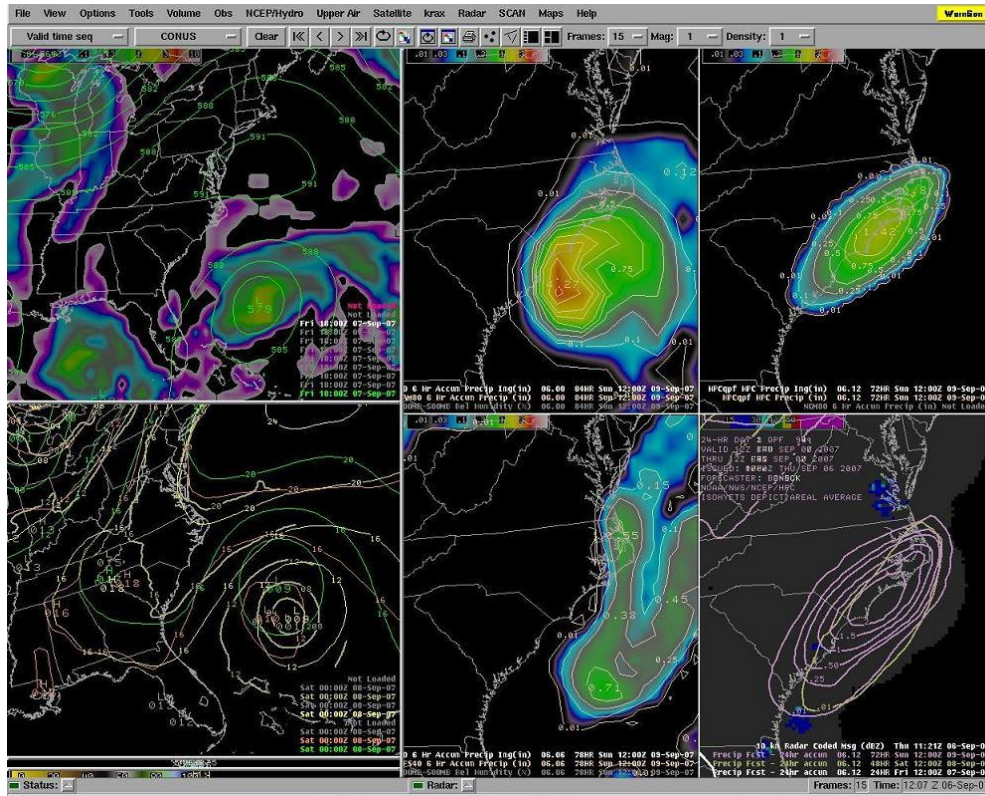
Για πολλούς λόγους μοιάζει συνετό να δούμε ολόκληρο τον πλούτο της ανθρώπινης ιστορίας, τόσο τον γνωστό, όσο και τον άγνωστο, πραγματικό και υποθετικό και όλη την ανθρώπινη γνώση, συμπεριλαμβανομένης της χαμένης γνώσης που τώρα ανακτάται, ως δεδομένα στην ιστορία της συνείδησης. Η διεργασία της συνείδησης του Ατλαντικού της Νεολιθικής μπορεί να ανιχνευθεί στους Γοθικούς Καθεδρικούς, τις Πυραμίδες, τη Μεσαιωνική Αλχημεία, το Μάτσου Πίτσου και σε πολλά άλλα πεδία, συμπεριλαμβανομένης της μοντέρνας τεχνολογίας. Η ακτίνια φωτός στο Νιου Γκρέντζλ μπορεί να εκφραστεί σε σύγχρονους όρους ως η ακμή ενός μεγάλου λείζερ και οι γλωσσικοί κώδικες στους λίθινους ναούς που επίσης είναι μάλλον μουσικά συσχετισμένοι με την οκτάβα, μπορούν να ειπωθούν ως δυναμικά στοιχεία στον προγραμματισμό τεχνητής ευφυΐας. Μ' άλλα λόγια, είμαστε όλοι στο κατώφλι μιας ανακάλυψης τόσο μεγάλης που το διάστημα θα είναι παρωχημένου ενδιαφέροντος. Είμαστε έτοιμοι να ανακαλύψουμε το Ανθρώπινο Ον.

#### Βιβλιογραφία

1. Ardry, Robert. *African Genesis*. Morrow, New York, 1964.
2. Brennan, Martin. *The Boyne Valley Vision*. Dolmen Books, Dublin, 1980.
3. Brennan, Martin. *The Stars and the Stones*. Thames and Hudson, London, (in press) 1983.
4. Campbell, Joseph. *The Flight of the Wild Gander*. Pantheon, New York, 1963.
5. Fell, Barry. *Bronze Age America*. Little Brown, Boston, 1982.
6. Hawkins, Gerald. *Stonehenge Decoded*. Various editions, 1965 F.
7. Herity, M. and Eogan, G. *Ireland in Pre-History*. Routledge & Kegan Paul, London, 1977.
8. Marshak, Alexander. *National Geographic*, May, 1975.
9. Michell, John. *A Little History of Astro-Archaeology*. Thames and Hudson, London, 1978.
10. OTCelly, Clare. *Newgrange*. Irish Government Publication, 1969.
11. Shee-Twoig, Elizabeth. *Megalithic Art in Western Europe*. Oxford, 1981.

# ✓ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΙΡΟΥ

Γράφει ο Χάρης Γεωργίου (MSc, PhD) //



Εικόνα: [Weather.org](http://Weather.org)

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ζήτημα της πρόβλεψης καιρού αποτελεί αντικείμενο έρευνας σε πολλούς διαφορετικούς τομείς της επιστήμης. Εκτός από το πρόβλημα της μοντελοποίησης των καιρικών φαινομένων, σημαντική προσπάθεια έχει αφιερωθεί στην ανάπτυξη επιστημονικών τεχνικών για την εφαρμογή των θεωρητικών μοντέλων στην πράξη για την προσομοίωση και την έγκαιρη πρόβλεψη της συμπεριφοράς των μοντέλων αυτών. Η δυνατότητα πρόβλεψης των καιρικών φαινομένων αποτελεί μείζον ζήτημα, όχι μόνο σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις έγκαιρης πρόβλεψης ακραίων καταστροφικών φαινομένων (πλημμύρες, τυφώνες), αλλά παράλληλα στη μελέτη κλιματολογικών φαινομένων γενικότερα (μοντέλα κλίματος), καθώς και για την ανάπτυξη αποτελεσματικών μοντέλων ελέγχου της ρύπανσης του περιβάλλοντος (οικολογικές καταστροφές).

Η πολυπλοκότητα των μοντέλων, καθώς και ο μεγάλος όγκος δεδομένων προς επεξεργασία, οδηγεί αναπόφευκτα στη χρησιμοποίηση σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων για την προσομοίωση και μελέτη τους. Πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις στο πρόβλημα

έχουν προσφέρει ένα πλήθος εφαρμογών, άλλες με μικρότερη και άλλες με περισσότερη επιτυχία.

Μια πρώτη προσέγγιση είναι η αναλυτική διατύπωση του μοντέλου, η εφαρμογή φυσικών νόμων της θερμοδυναμικής και της μηχανικής ρευστών και η επίλυση των αντίστοιχων εξισώσεων. Για την αναπαράσταση και την επίλυση μέσω υπολογιστή το μοντέλο θα πρέπει να "κβαντιστεί", να αναπαρασταθεί δηλαδή συναρτήσει στοιχειωδών μονάδων-περιοχών, και στη συνέχεια να γίνει προσομοίωση του συστήματος με διακριτό τρόπο. Οι αριθμητικές αυτές τεχνικές μοντελοποίησης έχουν το πλεονέκτημα του ορθού θεωρητικού υπόβαθρου, όμως λόγω της εξαιρετικά μεγάλης πολυπλοκότητας σε χρόνο επεξεργασίας και όγκου δεδομένων, η αποτελεσματική υλοποίησή τους σε υπολογιστικά συστήματα έγινε δυνατή σχετικά πρόσφατα. Έχουν διατυπωθεί διάφορα αριθμητικά μοντέλα πρόβλεψης καιρού, τα οποία διαφέρουν όχι τόσο στον τρόπο διατύπωσης του μοντέλου όσο στον τρόπο επίλυσής του. Δύο από τα σημαντικότερα μοντέλα είναι το HIRLAM και το ETA.

Το μοντέλο HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) αφορά στην κατάτμηση μιας περιορισμένης



γεωγραφικά περιοχής και εφαρμογή ενός συστήματος διακριτών διαφορικών εξισώσεων ρευστών και θερμοδυναμικής (εξισώσεις διαφορών), το οποίο προσομοιώνει με αποδεκτή ακρίβεια το πραγματικό φυσικό μοντέλο. Το σύστημα μπορεί να επιλυθεί με εξισώσεις διαφορών διακριτού χρόνου, με φασματική ανάλυση ή άλλες τεχνικές, ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις ακρίβειας και ταχύτητας.

Το μοντέλο ETA αφορά κυρίως γεωγραφικές περιοχές με απότομες υψομετρικές διαφορές (ορεινοί όγκοι) και χρησιμοποιεί διαφορετικό τρόπο κατάτμησης της περιοχής από ότι το HIRLAM, όμως σε γενικές γραμμές έχει την ίδια μορφή και οι μέθοδοι επίλυσης είναι παρόμοιες. Το μοντέλο ETA αποτελεί τη βάση του συστήματος SKIRON, το σύστημα πρόβλεψης καιρού που αναπτύχθηκε από το Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Αθηνών για την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και βρίσκεται ήδη σε επιχειρησιακή χρήση.

Εκτός από τις αριθμητικές μεθόδους, αξίζει να αναφερθούν προσπάθειες που κατά καιρούς έχουν γίνει σε άλλους τομείς, όπως η εφαρμογή Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων για τη μοντελοποίηση καιρικών φαινομένων με βάση ιστορικά "πρότυπα" συμπεριφοράς, η εφαρμογή δυναμικής χαλαρών συστημάτων όσο αφορά στη διατύπωση κανόνων για την πρόβλεψη χρονοσειρών, καθώς και προσπάθειες ανάπτυξης ευφυών Έμπειρων Συστημάτων με στόχο την προσπάθεια ανακάλυψης κανόνων συμπεριφοράς παρόμοιων συστημάτων, ειδικότερα όσο αφορά ακραία καιρικά φαινόμενα.

Σήμερα η προσοχή έχει εστιαστεί στα αριθμητικά μοντέλα πρόβλεψης καιρού, κυρίως λόγω της αξιοπιστίας και των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα. Παραλλαγές των μοντέλων HIRLAM και ETA χρησιμοποιούνται από την πλειοψηφία των Κρατικών Μετεωρολογικών Υπηρεσιών στις χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής. Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις σε ακρίβεια και απόδοση, καθώς και η ανάγκη κλιμάκωσης παρόμοιων μοντέλων σε ευρύτερες περιοχές, οδηγούν στην προσπάθεια υλοποίησής τους σε παράλληλες μηχανές. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι ερευνητικές προσπάθειες που έχουν γίνει για την παραλληλοποίηση εφαρμογών του μοντέλου HIRLAM, όπως αναπτύχθηκε αρχικά για σειριακές και ανυσματικές αρχιτεκτονικές.

## 2. ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Όπως αναφέρθηκε ήδη, τα αριθμητικά μοντέλα αποτελούν αναλυτική αναπαράσταση που προσεγγίζει με συγκεκριμένη ακρίβεια τις πραγματικές φυσικές διαδικασίες. Οι περιορισμοί κάθε υπολογιστικού περιβάλλοντος όσο αφορά την διακριτή αναπαράσταση, καθώς και η εν γένει πολυπλοκότητα του μοντέλου καθορίζει την μέγιστη δυνατή ακρίβεια που μπορεί να επιτευχθεί. Από την άλλη πλευρά, η χρησιμότητα της εφαρμογής εξαρτάται άμεσα από την ακρίβεια και την αξιοπιστία στα αποτελέσματα. Η δυνατότητα εκμετάλλευσης τέτοιων εφαρμογών σε ευρεία κλίμακα προϋποθέτει -θεωρητικά- άπειρη υπολογιστική ισχύ, κάτι φυσικά μη πραγματοποιήσιμο. Η

υλοποίηση παρόμοιων μοντέλων σε παράλληλες αρχιτεκτονικές είναι η καλύτερη λύση από θεωρητική και πρακτική άποψη.

Αν και τα παράλληλα συστήματα προσφέρουν ισχύ ανάλογη με την αθροιστική ισχύ των επιμέρους μονάδων τους, η πρακτική -κυρίως- εμπειρία στην ανάπτυξη βέλτιστων εφαρμογών για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων τους είναι σχετικά μικρή. Η δομή και η συμπεριφορά τέτοιων συστημάτων, αν και έχει μελετηθεί διεξοδικά τα τελευταία χρόνια, παρουσιάζει εν γένει έναν επιπλέον βαθμό δυσκολίας στην ανάπτυξη αποδοτικών εφαρμογών.

Σε σχέση με τα αριθμητικά μοντέλα πρόβλεψης καιρού, η ανάγκη για όλο και μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ μπορεί να επικεντρωθεί σε τρία κύρια σημεία, τα οποία οφείλουν να εξεταστούν σε κάθε παράλληλη υλοποίησή τους:

**Ακρίβεια πρόβλεψης:** η ακρίβεια της πρόβλεψης εξαρτάται άμεσα από την ακρίβεια (ανάλυση) του μοντέλου και κατά συνέπεια από τον όγκο των προς επεξεργασία δεδομένων.

**Ταχύτητα επεξεργασίας:** κάθε μοντέλο πρέπει να λειτουργεί αποδοτικά και να παράγει αποτελέσματα σε καθορισμένο χρονικό πλαίσιο, ώστε να είναι έγκυρα και αξιοποιήσιμα.

**Κλιμάκωση:** κάθε επέκταση του πεδίου εφαρμογής του μοντέλου οδηγεί αναπόφευκτα σε μη γραμμική αύξηση της πολυπλοκότητας στο χρόνο υπολογισμού των αποτελεσμάτων.

Εκτός από τα παραπάνω κριτήρια αξιολόγησης της εφαρμογής, μια παράλληλη υλοποίηση θα πρέπει να παρουσιάζει μια σειρά από χαρακτηριστικά που θα την καθιστούν "καλύτερη" από τον αντίστοιχο ακολουθιακό αλγόριθμο, ειδικότερα όσο αφορά στην κλιμάκωση, την απόδοση και το κόστος. Τα κριτήρια που χαρακτηρίζουν ένα παράλληλο μοντέλο είναι:

\* "Ποια η απαιτούμενη προσπάθεια για μια υλοποίηση χρήσιμη και αποδοτική;"

\* "Ποια η αποτελεσματικότητα της λύσης ως προς το κόστος/προσπάθεια υλοποίησης;"

\* "Ποια η δυνατότητα κλιμάκωσης του μοντέλου;"

Πριν μελετηθούν οι διαθέσιμες παράλληλες υλοποιήσεις, θα πρέπει να εξεταστεί ο τρόπος διατύπωσης και επίλυσης των ίδιων των φυσικών συστημάτων μέσω των μοντέλων κίνησης ρευστών.

## 3. ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΡΕΥΣΤΩΝ

Θεωρητικό υπόβαθρο για την κατασκευή αριθμητικών μοντέλων αποτελεί η δυναμική γεωφυσικών ρευστών (geophysical fluid dynamics) και ειδικότερα οι εξισώσεις Navier-Stokes, οι οποίες συχνά προσεγγίζονται με διάφορες μεθόδους. Το σύστημα των εξισώσεων για ένα καθολικό μοντέλο ωκεανών έχει ως εξής:

$$\frac{du}{dt} - \frac{uv \tan \phi}{\alpha} - fv = -\frac{1}{\rho \alpha \cos \phi} \frac{\partial p}{\partial \lambda} + F_\lambda \quad (1)$$

(momentum equation)

$$\frac{dv}{dt} - \frac{u^2 \tan \phi}{\alpha} - fu = -\frac{1}{\rho \alpha} \frac{\partial p}{\partial \phi} + F_\phi \quad (2)$$

(momentum equation)

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \quad (3)$$

(hydrostatic equation)

$$\frac{1}{\alpha \cos \phi} \left[ \frac{\partial u}{\partial \lambda} + \frac{\partial(v \cos \phi)}{\partial \phi} \right] + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

(continuity equation)

$$\rho = \rho(T, p, \dots) \quad (5)$$

(equation of state)

$$\frac{dT}{dt} = f(T, \dots) \quad (6)$$

(thermodynamic equation)

$$\frac{d}{dt} \equiv \frac{\partial}{\partial t} + \frac{u}{\alpha \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \lambda} + \frac{v}{\alpha} \frac{\partial}{\partial \phi} + w \frac{\partial}{\partial z} \quad (D)$$

Στις παραπάνω εξισώσεις αναπαριστάται η φυσική συμπεριφορά του μοντέλου. (Ω) είναι η γωνιακή ταχύτητα, (λ) και (φ) είναι το γεωγραφικό μήκος και πλάτος,  $f=2\Omega \sin \phi$  είναι η παράμετρος Coriolis και  $F_\lambda$ ,  $F_\phi$  είναι οι δυνάμεις τριβής. Η τελευταία εξίσωση παρουσιάζει τον κανόνα διαφόρισης για όλες τις εξισώσεις. Οι άγνωστες παράμετροι είναι οι συνιστώσες της ταχύτητας  $u$ ,  $v$ ,  $w$ , η πίεση  $p$ , η πυκνότητα  $\rho$  και η θερμοκρασία  $T$ . Για μοντέλα ατμόσφαιρας συνήθως προστίθεται άλλη μια εξίσωση υγρασίας ( $\mu$ ), ενώ για μοντέλα ωκεανού χρησιμοποιείται μια εξίσωση περιεκτικότητας σε αλάτι. Πάντως σε γενικές γραμμές το σύστημα εξισώσεων που χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση έχει αυτή τη μορφή, μια και η δυναμική και στα δύο μοντέλα είναι σχεδόν η ίδια.

Αξίζει να σημειωθεί πως, αν και η θεωρητική διατύπωση των μοντέλων ατμόσφαιρας και ωκεανών είναι το ίδιο, παρόλα αυτά η πρακτική εφαρμογή τους διαφέρει αρκετά. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι

τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα εξελίσσονται με πολύ γρηγορότερους ρυθμούς και περιλαμβάνουν πιο πολύπλοκες φυσικές διαδικασίες, όπως για παράδειγμα οι νεφώσεις. Σαν αποτέλεσμα, οι κλίμακες χώρου και χρόνου στις δύο περιπτώσεις διαφέρουν σημαντικά. Για τα ατμοσφαιρικά μοντέλα η έκταση του πεδίου εφαρμογής του μοντέλου είναι της τάξης των μερικών δεκάδων μέχρι χιλιάδων χιλιομέτρων, ενώ στα μοντέλα ωκεανού ξεκινούν από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικές χιλιάδες χιλιόμετρα. Αντίστοιχα, η χρονική περίοδος εξέλιξης των ατμοσφαιρικών μοντέλων κυμαίνεται μεταξύ ημερών και ετών, ενώ στα μοντέλα ωκεανού από εβδομάδες ως και αιώνες. Η συνδυασμένη εφαρμογή ατμοσφαιρικών μοντέλων με μοντέλα ωκεανού και η μελέτη της συμπεριφοράς τους σε σχετικά μεγάλες χρονικές κλίμακες δίνουν τα λεγόμενα μοντέλα κλίματος για μια ευρεία γεωγραφική περιοχή ή για ολόκληρο τον πλανήτη.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η υλοποίηση παρόμοιων μοντέλων σε υπολογιστή απαιτεί την τροποποίησή τους κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η διακριτή αναπαράσταση των δεδομένων ως προς το χώρο και ως προς τον χρόνο. Έτσι, τα γενικευμένα μοντέλα μετατρέπονται σε διακριτά μοντέλα και οι διαφορικές εξισώσεις σε εξισώσεις διαφορών, για τις οποίες η ακρίβεια και ο χρόνος υπολογισμού της λύσης εξαρτάται άμεσα από την ανάλυση του διακριτού μοντέλου.

Για την επίλυση του συνόλου των εξισώσεων σε αυτά τα μοντέλα χρησιμοποιούνται τρεις κυρίως τεχνικές:

\* **Μέθοδος πεπερασμένων διαφορών** (finite difference methods - **FDM**), όπου οι εξισώσεις επιλύονται με κάποια παραλλαγή των μεθόδων Euler.

\* **Μέθοδος φασματικής ανάλυσης** (spectral methods - **SM**), όπου οι διακριτές τιμές των δεδομένων μετασχηματίζονται στο πεδίο των συχνοτήτων και στη συνέχεια επιλύονται οι εξισώσεις.

\* **Μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων** (finite element methods - **FEM**), όπου χρησιμοποιείται η προσέγγιση της τροχιάς στοιχειωδών (διακριτών) σωματιδίων.

Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου επίλυσης των εξισώσεων του μοντέλου αποτελεί ερευνητικό ζήτημα, όχι μόνο ως προς την ακρίβεια και την απλότητα της μεθόδου, αλλά και ως προς τη δυνατότητα αποδοτικής υλοποίησής της σε παράλληλες αρχιτεκτονικές.

### 3.1 Το μοντέλο HIRLAM

Το μοντέλο HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) είναι αποτέλεσμα ερευνητικού προγράμματος για την κατασκευή ενός συστήματος πρόβλεψης καιρού για περιορισμένο γεωγραφικό πεδίο, με δυνατότητα πρόβλεψης ως και 48 ώρες. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε για χρήση από πολλές μετεωρολογικές υπηρεσίες Ευρωπαϊκών χωρών, όπως Δανία, Φιλανδία, Ισλανδία, Ιρλανδία, Ολλανδία, Νορβηγία και Σουηδία. Η

εφαρμογή αναπτύχθηκε κυρίως σε γλώσσα Fortran-77 (εκτός από τμήματα κώδικα I/O σε C) και σήμερα βρίσκεται σε χρήση σε διάφορες αρχιτεκτονικές, κυρίως ακολουθιακών και ανυσματικών υπολογιστικών συστημάτων.

Σαν αριθμητικό μοντέλο, βασίζεται σε ένα σύστημα διαφορικών εξισώσεων που μοντελοποιούν τη συμπεριφορά των φυσικών καιρικών φαινομένων, σύμφωνα με τα γενικευμένα μοντέλα ρευστών που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Το σύστημα έχει τροποποιηθεί έτσι ώστε να αναπαριστά καλύτερα το ατμοσφαιρικό μοντέλο:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = (f + \xi)v - \eta \frac{\partial u}{\partial \eta} - \frac{R_d T_v}{\alpha \cos \theta} \frac{\partial \ln p}{\partial \lambda} - \frac{1}{\alpha \cos \theta} \frac{\partial}{\partial \lambda} (\phi + E) + P_u + K_u$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -(f + \xi)u - \eta \frac{\partial v}{\partial \eta} - \frac{R_d T_v}{\alpha} \frac{\partial \ln p}{\partial \theta} - \frac{1}{\alpha} \frac{\partial}{\partial \theta} (\phi + E) + P_v + K_v$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial \eta} = -\frac{R_d T_v}{p} \frac{\partial p}{\partial \eta} \quad (3)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{u}{\alpha \cos \theta} \frac{\partial T}{\partial \lambda} - \frac{v}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial \theta} - \eta \frac{\partial T}{\partial \eta} + \frac{\kappa T_v \omega}{(1 + (\delta - 1)q)p} + P_T + K_T$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} = -\frac{u}{\alpha \cos \theta} \frac{\partial q}{\partial \lambda} - \frac{v}{\alpha} \frac{\partial q}{\partial \theta} - \eta \frac{\partial q}{\partial \eta} + P_q + K_q \quad (5)$$

(moisture eq.)

$$\frac{\partial}{\partial \eta} \frac{\partial p}{\partial t} + \nabla \left( \bar{v}_h \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \eta \frac{\partial p}{\partial \eta} \right) = 0 \quad (6)$$

$$\xi = \frac{1}{\alpha \cos \theta} \left( \frac{\partial v}{\partial \lambda} - \frac{\partial}{\partial \theta} [\cos \theta u] \right), \quad E = \frac{1}{2}(u^2 + v^2) \quad (D)$$

Οι παραπάνω εξισώσεις αποτελούν παραλλαγή των βασικών εξισώσεων Navier-Stokes, με την προσθήκη μιας εξίσωσης υγρασίας (5). Για την καλύτερη κατανόηση της δομής και της συμπεριφοράς του μοντέλου, συχνά χρησιμοποιείται μια απλουστευμένη μορφή του που αναφέρεται ως "Shallow Water Model".

#### Shallow Water Model

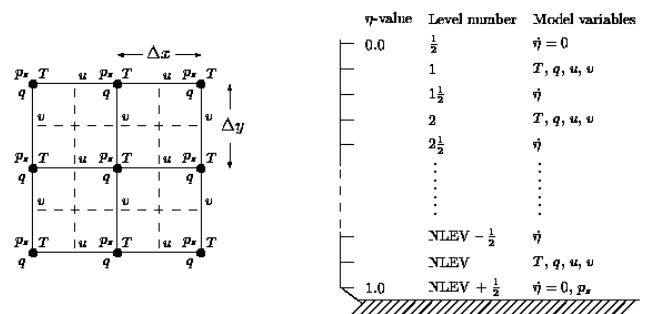
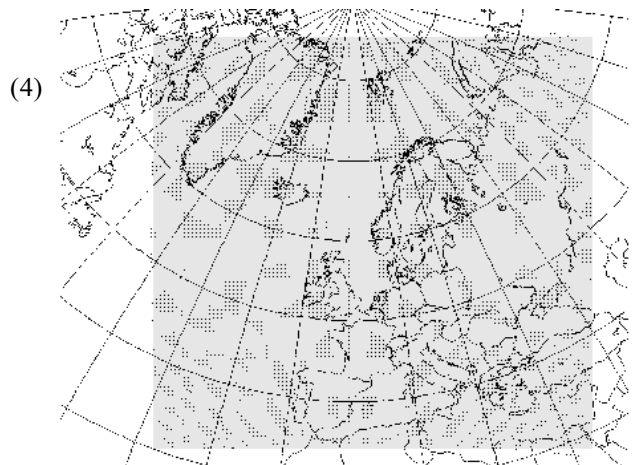
Το μοντέλο αυτό θέτει μια σειρά περιορισμούς στο αρχικό σύστημα με στόχο την απλούστευση, τόσο της κατάτμησης της γεωγραφικής περιοχής, όσο και των υπολογισμών για την επίλυσή του.

Η υπό μελέτη γεωγραφική περιοχή θεωρείται επίπεδη (όχι σφαιρική) και η ατμόσφαιρα θεωρείται ως ρευστό ενός επιπέδου (1-layer), με σταθερή και ομοιόμορφη πυκνότητα. Με αυτό τον τρόπο το αρχικό σύστημα

εξισώσεων απλοποιείται σε τρεις εξισώσεις 1<sup>ου</sup> βαθμού, οι οποίες λύνονται σχετικά εύκολα.

Σκοπός του μοντέλου είναι κυρίως η μελέτη της συμπεριφοράς και της απόδοσης σε μια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική, όπως για παράδειγμα η αρχική αξιολόγηση μιας παράλληλης υλοποίησης αριθμητικού μοντέλου πρόβλεψης καιρού σε κάποια SIMD αρχιτεκτονική.

Στο διακριτό μοντέλο HIRLAM, η γεωγραφική περιοχή χωρίζεται σε στοιχειώδη τμήματα για τα οποία θεωρείται ότι οι παράμετροι κατάστασης στο εσωτερικό τους είναι σταθερές με ομοιόμορφη κατανομή. Η περιοχή μελέτης (είναι τώρα σφαιρική και εμπεριέχει όλες τις ιδιότητες της γήινης επιφάνειας (περιστροφή, δυνάμεις τριβής), ενώ η ατμόσφαιρα διαχωρίζεται στο κατακόρυφο επίπεδο σε 16 στρώματα (layers). Το οριζόντιο επίπεδο χωρίζεται σε (2) ένα διπλό πλέγμα στοιχειωδών περιοχών (Arakawa C-grid) το οποίο αποτελεί το βάση για τις εξισώσεις διαφορών.



Η οριζόντια κατάτμηση της περιοχής είναι της τάξης των 60 με 120 gridpoints ανά διάσταση, ενώ ο χρόνος ολοκλήρωσης του κάθε time step εξαρτάται από τη μέθοδο επίλυσης που χρησιμοποιείται, καθώς και τις δυνατότητες του υπολογιστικού συστήματος. Πάντως η κατάτμηση της γεωγραφικής περιοχής, δηλαδή η χρησιμοποίηση διακριτού μοντέλου έχει ως αποτέλεσμα



την αναπόφευκτη απόκλιση από την πραγματική συμπεριφορά του φυσικού συστήματος, που οφείλεται στις λεγόμενες "subgrid processes".

### Subgrid Processes

Η απόκλιση του διακριτού μοντέλου από το πραγματικό σύστημα οφείλεται σε φυσικές διαδικασίες οι οποίες δεν καλύπτονται επαρκώς από την ανάλυση της κατάτμησης. Αυτό σημαίνει πως είτε εξελίσσονται σε χρονικά διαστήματα μικρότερα του time step, είτε σε περιοχές μικρότερες του gridpoint. Παράδειγμα τέτοιων διαδικασιών αποτελεί η ακτινοβολία που διαπερνά τα στρώματα της ατμόσφαιρας.

Για τη σωστή συμπεριφορά του μοντέλου απαιτείται η εφαρμογή τεχνικών "διόρθωσης" του συστήματος με προσεγγιστικό υπολογισμό των διαδικασιών αυτών. Η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη τεχνική αναφέρεται ως "parameterization assumption", όπου οι subgrid processes προσεγγίζονται σε μεγαλύτερη κλίμακα, της τάξης δηλαδή του gridpoint, μέσω της εφαρμογής ενός συνόλου παραμέτρων που ενσωματώνονται στο αρχικό μοντέλο. Η εκτίμηση των subgrid processes και η ενσωμάτωσή τους στο αριθμητικό μοντέλο είναι εξίσου σημαντική με το βασικό σύστημα εξισώσεων και συνήθως είναι περισσότερο χρονοβόρα διαδικασία.

Με την ενσωμάτωση των subgrid processes ολοκληρώνεται η διατύπωση του διακριτού HIRLAM μοντέλου. Η επεξεργασία διαχωρίζεται σε δύο φάσεις, αυτή της επίλυσης του βασικού συστήματος εξισώσεων ή αλλιώς "δυναμικό" τμήμα (DYN) και αυτή του υπολογισμού των subgrid processes ή αλλιώς "φυσικό" τμήμα (PHYS). Αξίζει να σημειωθεί πως το τμήμα DYN αποτελεί το 30% του συνολικού χρόνου επεξεργασίας, σε αντίθεση με το τμήμα PHYS που είναι αρκετά χρονοβόρο (57.7%).

```

Program HIRLAM ;
Read data ;
Initialization ;
For each time step
    DYN ; {dynamical part}
    PHYS ; {physics part}
    6 hourly input of new boundary data
End For ;
Output results.
    
```

Η κυριότερη δυσκολία στην προσπάθεια διατύπωσης μιας παράλληλης υλοποίησης του HIRLAM είναι το γεγονός ότι, ενώ στο τμήμα DYN η εξάρτηση των δεδομένων (gridpoints) είναι κυρίως οριζόντια, στο τμήμα PHYS η εξάρτηση είναι κατά κύριο λόγο κάθετη. Αυτό σημαίνει αναγκαστικά πως η κατάτμηση των δεδομένων σε μια (data-parallel) παράλληλη υλοποίηση

θα ευνοεί μια από τις δύο φάσεις της επεξεργασίας, όσο αφορά στην ελαχιστοποίηση των επικοινωνιών. Εφ' όσον η φάση PHYS είναι το πιο πολύπλοκο τμήμα επεξεργασίας, αναγκαστικά η κατάτμηση των δεδομένων θα πρέπει να γίνει με κάθετη ομαδοποίηση και οριζόντιο διαχωρισμό του πλέγματος. Το ενδιαφέρον, έτσι, σε μια παράλληλη υλοποίηση επικεντρώνεται στη διαδικασία DYN και τη διατύπωση αποδοτικών τρόπων παράλληλης εκτέλεσής της. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως η φάση ανάλυσης των αποτελεσμάτων του μοντέλου πρόβλεψης καιρού χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα τουλάχιστον ίδιας τάξης με αυτή του ίδιου του μοντέλου.

### 3.2 Μέθοδοι Επίλυσης

Το σημαντικότερο στοιχείο που καθορίζει την αποδοτικότητα μιας παράλληλης υλοποίησης του μοντέλου HIRLAM είναι οι απαιτούμενες επικοινωνίες μεταξύ των επεξεργαστικών μονάδων. Πέρα από τον τρόπο κατάτμησης των δεδομένων, οι επικοινωνίες εξαρτώνται άμεσα από τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο επίλυσης που χρησιμοποιεί η διαδικασία DYN. Όπως αναφέρθηκε, τρεις είναι οι γενικές μέθοδοι επίλυσης (FDM, SM, FEM) από τις οποίες προκύπτουν παραλλαγές του βασικού μοντέλου που χρησιμοποιούν Eulerian (explicit, semi-implicit), spectral και semi-Lagrangian συστήματα εξισώσεων.

#### Explicit Eulerian

Η explicit Eulerian μέθοδος επίλυσης χρησιμοποιεί την απλή (άμεση) Euler μέθοδο για εξισώσεις διαφορών με σταθερό time step. Είναι η πιο απλή μέθοδος επίλυσης και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται συχνά, όχι μόνο στο μοντέλο HIRLAM αλλά και σε άλλα παρόμοια αριθμητικά μοντέλα (ETA).

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η απλότητα υλοποίησης ακόμη και για πολύπλοκα συστήματα εξισώσεων διαφορών. Παρόλα αυτά, το μέγιστο χρησιμοποιούμενο time step είναι σχετικά μικρό, αφού περιορίζεται από τις μέγιστες (απόλυτες) τιμές των παραμέτρων του μοντέλου και ιδιαίτερα των συνιστωσών της ταχύτητας.

#### Semi-implicit Eulerian

Αποτελεί παραλλαγή της απλής μεθόδου Euler. Εδώ χρησιμοποιείται ημι-έμμεσο σχήμα για την επίλυση των εξισώσεων διαφορών, κάνοντας την μέθοδο πιο ακριβής αλλά ταυτόχρονα πιο πολύπλοκη.

Στα έμμεσα (implicit) σχήματα χρησιμοποιούνται επαναληπτικές μέθοδοι για την επίλυση των διαφορικών εξισώσεων, κάτι που κάνει τη μέθοδο περισσότερο αποδοτική αλλά και ασταθής. Οι semi-implicit τεχνικές συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των άμεσων (explicit) τεχνικών σε επαναληπτικές μεθόδους επίλυσης.

Ως μέθοδος Euler παραμένει απλή στην υλοποίηση, ενώ το έμμεσο σχήμα επίλυσης δίνει τη δυνατότητα για

μεγαλύτερο time step, ακόμα και πέντε φορές το αντίστοιχο time step για την explicit μέθοδο. Η κυριότερη δυσκολία υλοποίησης, σε σχέση πάντα με την πολυπλοκότητα της μεθόδου, είναι η ανάγκη χρησιμοποίησης επαναληπτικών (έμμεσων) μεθόδων για την αριθμητική επίλυση της εξίσωσης του Helmholtz.

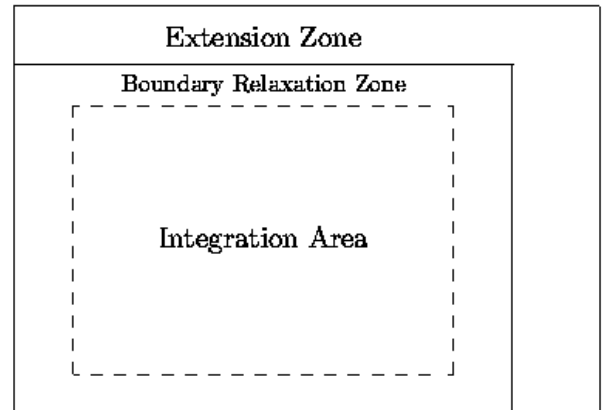
### Spectral

Οι μέθοδοι Euler, αν και χαρακτηρίζονται από την σχετική απλότητα στην υλοποίηση, προσφέρουν περιορισμένη σχετικά απόδοση εν γένει λόγω του τρόπου επίλυσης των διαφορικών εξισώσεων. Ένας εναλλακτικός τρόπος επίλυσης του συστήματος που διαφέρει αρκετά από τις κλασικές μεθόδους για εξισώσεις διαφορών, είναι μέσω φασματικής ανάλυσης.

Τα δεδομένα του πλέγματος που σχετίζονται με τις παραμέτρους του μοντέλου σε κάθε σημείο αρχικά μετασχηματίζονται μέσω Fast Fourier Transformations από το πεδίο του χρόνου στο πεδίο των συχνοτήτων. Το σύστημα επιλύεται στο πεδίο των συχνοτήτων και τελικά με αντίστροφους FFT μετασχηματισμούς λαμβάνονται οι αντίστοιχες τιμές του πλέγματος.

Ο μετασχηματισμός του συνόλου των δεδομένων στο πεδίο των συχνοτήτων προσφέρει τη δυνατότητα επίλυσης των διαφορικών εξισώσεων με μεγαλύτερη ακρίβεια, αφού δεν υπόκειται στους ίδιους περιορισμούς με τις κλασικές μεθόδους διαφορών. Επιπλέον, ο έλεγχος του φάσματος μέσω εφαρμογής κατάλληλων φίλτρων δίνει τη δυνατότητα απόρριψης φαινομένων θορύβου. Η πειραματική απόδοση των spectral μεθόδων είναι ανάλογη με αυτή των semi-implicit Eulerian μεθόδων.

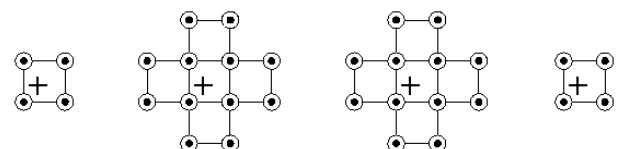
Ένα σημαντικό μειονέκτημα των φασματικών μεθόδων είναι το γεγονός ότι για την εφαρμογή αποδοτικών (παράλληλων) μετασχηματισμών FFT στα δεδομένα απαιτείται η επέκταση του βασικού πλέγματος (integration area + boundary relaxation zone) κατά ένα ποσοστό περίπου 25% (10% ανά διάσταση) που αποτελεί τη ζώνη επέκτασης (extension zone). Αυτό έχει συχνά αποτέλεσμα τη συνολική αύξηση των εξεταζόμενων gridpoints περίπου δύο φορές  $((4/3)^2)$  σε σχέση με τις τυπικές μεθόδους διαφορών, για να επιτευχθεί η ίδια ακρίβεια. Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί ότι, αν και η πειραματική συμπεριφορά των παράλληλων διαδικασιών FFT παρουσίασαν πολλές φορές super-linear αύξηση στην απόδοση με την αύξηση των επεξεργαστικών μονάδων, όμως σε γενικές γραμμές οι φασματικές μέθοδοι δεν παρουσιάζουν καλή κλιμάκωση. Η απόδοση των φασματικών μεθόδων εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από την απόδοση των παράλληλων διαδικασιών FFT, μια και οι επικοινωνιακές απαιτήσεις σε αυτές είναι πολύ μεγάλες σε σχέση με τις απλές διακριτές μεθόδους.

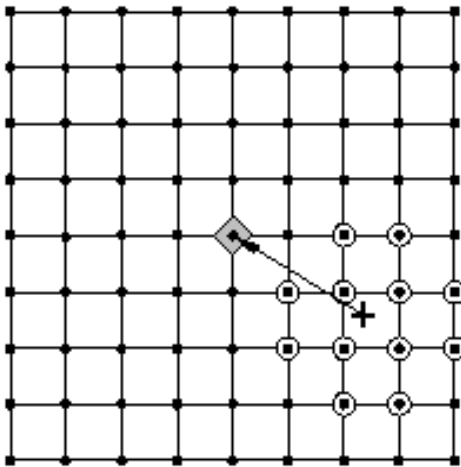


### Semi-Lagrangian

Τόσο στις απλές διακριτές, όσο και στις φασματικές μεθόδους, το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στην τροποποίηση των τιμών των παραμέτρων του μοντέλου σε κάθε gridpoint στατικά, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο εξισώσεων. Στις μεθόδους διακριτών στοιχείων (finite element methods) το ενδιαφέρον μεταφέρεται στην παρακολούθηση της εξέλιξης του μοντέλου ως ένα σύνολο στοιχειωδών σωματιδίων. Η semi-Lagrangian μέθοδος αποτελεί υλοποίηση της τεχνικής αυτής.

Παρόλο που το στοιχείο επεξεργασίας εδώ δεν είναι άμεσα το gridpoint αλλά το σωματίδιο, η μορφή του μοντέλου θα πρέπει, όπως και πριν, να βασίζεται στην κατάτμηση του πεδίου επεξεργασίας σε gridpoints. Ο κυριότερος λόγος για την απαίτηση αυτή είναι η ανάγκη ομοιομορφίας της κατανομής των τιμών των παραμέτρων του μοντέλου, κάτι που χωρίς την προσαρμογή των καταστάσεων των σωματιδίων στο ομοιόμορφο πλέγμα θα ήταν αδύνατη. Κατά συνέπεια, η τεχνική που χρησιμοποιείται για την ενημέρωση του συστήματος μοιάζει με αυτή των φασματικών μοντέλων. Αφού καθοριστεί η τρέχουσα κατάσταση ενός σωματιδίου, το οποίο γενικά δεν συμπίπτει με κάποιο διακριτό σημείο του πλέγματος, στη συνέχεια υπολογίζεται μια προσέγγιση της τροχιάς του μέσα στο καθορισμένο time step. Η ενημέρωση των παραμέτρων στην τελική κατάσταση γίνεται σε συνδυασμό με την προσαρμογή στο διακριτό πλέγμα του πεδίου επεξεργασίας.





Η χρησιμοποίηση semi-Lagrangian μεθόδων σε αριθμητικά μοντέλα πρόβλεψης καιρού είναι σχετικά περιορισμένη. Ο κυριότερος λόγος είναι η πολυπλοκότητα της υλοποίησης, ιδιαίτερα σε παράλληλα υπολογιστικά περιβάλλοντα. Η ανομοιομορφη ενημέρωση των τιμών των παραμέτρων του πλέγματος δημιουργεί γενικά μη προβλέψιμες επικοινωνίες μεταξύ των επεξεργαστικών μονάδων, κάτι που δημιουργεί πολλά προβλήματα στη σχεδίαση και ανάπτυξη αποδοτικών παράλληλων υλοποιήσεων. Πάντως, αξίζει να σημειωθεί πως η ακρίβεια και η απόδοση της λύσης εξαρτάται μόνο εν μέρει από την κατάτμηση της περιοχής έρευνας, ενώ το χρησιμοποιούμενο time step είναι ως και τρεις φορές μεγαλύτερο από τις Eulerian μεθόδους γενικά (μεγαλύτερο ακόμα και από τις implicit παραλλαγές). Αν και οι πειραματικές μελέτες έχουν αναδείξει μονάχα ελάχιστες αποδοτικές υλοποιήσεις, είναι φανερό πως παρόμοιες μέθοδοι μπορούν να επιτύχουν παράλληλη απόδοση συγκρίσιμη με τις καλύτερες semi-implicit και spectral εφαρμογές.

#### 4. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ & ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Αν και η μέθοδος επίλυσης του μοντέλου αποτελεί το κύριο αντικείμενο έρευνας στο μοντέλο HIRLAM, οι ίδιες οι υλοποιήσεις του μοντέλου σε διαφορετικά παράλληλα περιβάλλοντα οδηγούν στη μελέτη αποδοτικής κατανομής της εργασίας ή/και των δεδομένων. Ανάλογα με τις δυνατότητες της κάθε παράλληλης αρχιτεκτονικής, εξετάζονται διαφορετικοί τρόποι παραλληλοποίησης του μοντέλου.

##### 4.1 Αναπαράσταση & Αποθήκευση των Δεδομένων

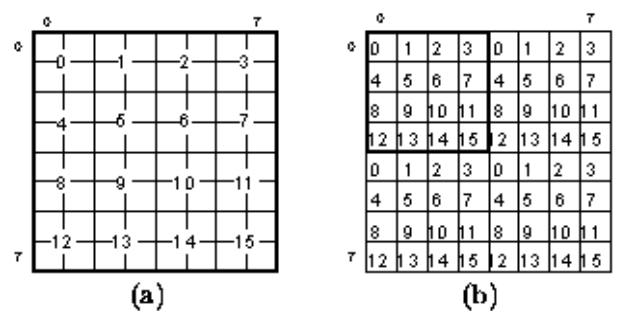
Η αρχική υλοποίηση του μοντέλου HIRLAM έγινε με βάση συμβατικούς (ακολουθιακούς) ή ανυσματικούς επεξεργαστές σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran-77. Από τη μια πλευρά οι περιορισμοί του περιβάλλοντος επεξεργασίας και από την άλλη οι ελλείψεις μηχανισμού ανάπτυξης δομημένων εφαρμογών στη συγκεκριμένη γλώσσα, οδήγησε αναπόφευκτα σε μια υλοποίηση δύσκολα μεταφέρσιμη σε διαφορετικές αρχιτεκτονικές.

Ένα σημαντικό ζήτημα στην παραλληλοποίηση του κώδικα της αρχικής υλοποίησης ήταν η μελέτη της επίπτωσης που έχει ο τρόπος αναπαράστασης του πλέγματος του μοντέλου. Ενώ η φυσική αναπαράσταση είναι σε πίνακες δύο διαστάσεων, η αρχική υλοποίηση χρησιμοποιούσε διανύσματα με γραμμική απεικόνιση. Αν και η διαφοροποίηση αυτή δεν έχει ιδιαίτερη επίπτωση στο ίδιο το μοντέλο, πειραματικές μελέτες έχουν δείξει ότι ο βαθμός επίπτωσης στην τελική απόδοση εξαρτάται από την εκάστοτε αρχιτεκτονική. Πάντως από άποψη σωστής δόμησης του λογισμικού της εφαρμογής και απλοποίησης του παράλληλου κώδικα, οι νεότερες υλοποιήσεις εφαρμόζουν την αναπαράσταση με πίνακες (δύο διαστάσεων).

##### 4.2 Κατανομή Δεδομένων στους Επεξεργαστές

Σε μαζικά παράλληλες μηχανές με πίνακες επεξεργαστικών στοιχείων, η κατανομή των στοιχείων του 2-D πλέγματος στους επεξεργαστές μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Για ομοιόμορφη κατανομή, οι δύο σημαντικότερες παραλλαγές είναι η κατανομή κατά τμήματα (blocked) και η διάσπαρτη κατανομή (scattered).

Στην blocked κατανομή σε κάθε επεξεργαστή ανατίθεται ίσο ποσοστό του συνολικού πεδίου πλέγματος με συνεχόμενο τρόπο. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα gridpoints που αναλαμβάνει ο κάθε επεξεργαστής είναι διαδοχικά (γειτονικά). Αντίθετα, στην scattered κατανομή, κάθε επεξεργαστής λαμβάνει ένα gridpoint σύμφωνα με τη θέση που έχει στον πίνακα των μονάδων επεξεργασίας. Δηλαδή, σε αυτή την περίπτωση διαδοχικά gridpoints ανατίθενται σε γειτονικούς επεξεργαστές.



Κατανομή δεδομένων στους επεξεργαστές: (a) blocked, (b) scattered.

Η διαφορά στους δύο τρόπους κατανομής έγκειται στον τρόπο επικοινωνίας γειτονικών gridpoints σε σχέση με γειτονικούς επεξεργαστές. Πειραματικές μελέτες έχουν δείξει ότι, αν και η μέση απόδοση των παράλληλων υλοποιήσεων είναι στα ίδια πλαίσια, η scattered κατανομή εμφανίζει σταθερή κλιμάκωση σε σχέση με το πλήθος των επεξεργαστών από ότι η blocked κατανομή, αλλά μικρότερη απόδοση, ιδιαίτερα σε μαζικά παράλληλα συστήματα, λόγω του πρόσθετου επικοινωνιακού φόρτου. Η επιλογή του βέλτιστου τρόπου



κατανομής εξαρτάται από τις δυνατότητες του εκάστοτε παράλληλου συστήματος.

### 4.3 Υλοποίηση Παράλληλου Κώδικα

Η δυνατότητα υλοποίησης του μοντέλου αρχικά σε μηχανές SIMD (MasPar MP-x) και στη συνέχεια και σε μηχανές MIMD (Cray T3D), οδήγησε στη διατύπωση διαφορετικών τρόπων προσέγγισης του προβλήματος της παραλληλοποίησης του κώδικα. Η πιο λογική προσέγγιση για παραλληλοποίηση σε περιβάλλον SIMD ήταν φυσικά η data-parallel προσέγγιση, ενώ για MIMD περιβάλλον η ισοκατανομή της εργασίας (work sharing) είναι πιο φυσική.

Οι αρχικές προσπάθειες υλοποίησης παράλληλου κώδικα για SIMD μηχανές έγιναν για συστήματα MP-1 και MP-2, τα οποία είναι μαζικά παράλληλα συστήματα με πίνακες επεξεργαστικών στοιχείων. Έτσι η φυσική προσέγγιση ήταν η κατανομή των δεδομένων σε επίπεδο gridpoints. Αντίθετα, η μετέπειτα υλοποίηση παράλληλου κώδικα για MIMD μηχανές έγιναν με βάση το σύστημα Cray T3D, ένα πολύ-υπολογιστικό σύστημα. Η προσέγγιση σε αυτή την περίπτωση είναι η κατανομή της εργασίας, δηλαδή του κώδικα επεξεργασίας, ανάμεσα στις μηχανές.

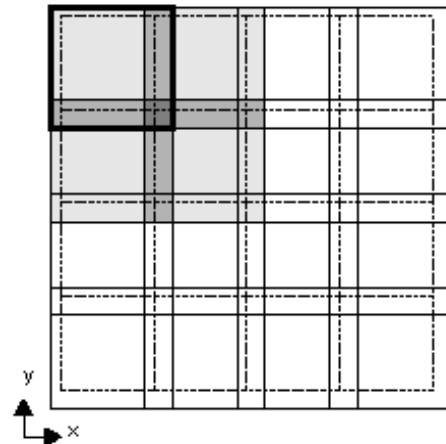
Και στις δύο περιπτώσεις η υλοποίηση φαίνεται να δεσμεύεται στη συγκεκριμένη αρχιτεκτονική, με σκοπό τη βέλτιστη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του συστήματος μέσω ειδικών οδηγιών για τη μεταγλώττιση της εφαρμογής (compiler directives) και εξειδικευμένων εργαλείων παραλληλοποίησης του αρχικού κώδικα. Μια άμεση σύγκριση της απόδοσης των δύο διαφορετικών προσεγγίσεων δεν είναι εφικτή, μια και πρόκειται για εντελώς διαφορετικές παράλληλες αρχιτεκτονικές. Από τεχνολογικής άποψης, η υλοποίηση σε σύστημα Cray T3D εμφανίζει σίγουρα μεγαλύτερη απόδοση (τουλάχιστον μια τάξη μεγέθους), αλλά η χρησιμοποίηση μαζικών συστημάτων εμφανίζει καλύτερο λόγο κόστους προς απόδοση.

### 4.4 Διαχωρισμός Πεδίου (Sub-Domain Splitting)

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η βέλτιστη αξιοποίηση MIMD παράλληλων συστημάτων απαιτεί διαφορετική προσέγγιση στο πρόβλημα παραλληλοποίησης του κώδικα του μοντέλου. Μια προφανής επιλογή για τον τρόπο κατανομής της εργασίας σε ένα τέτοιο σύστημα είναι η μέθοδος του sub-domain splitting.

Η μέθοδος αυτή, όπως φανερώνει και το όνομα, βασίζεται στην υποδιαίρεση ολόκληρου του πεδίου του πλέγματος σε αυτόνομα τμήματα και την ανάθεση της επεξεργασίας κάθε ενός από μια μηχανή του συστήματος. Η ίδια η μέθοδος δεν απαιτεί καμιά ριζική αλλαγή στον κώδικα της εφαρμογής (εύκολη συντήρηση) παρά μόνο στα δεδομένα εισόδου και την περιοχή εξόδου για κάθε αυτόνομη μηχανή. Δεν απαιτείται απόλυτος συγχρονισμός ανάμεσα στις μηχανές, αλλά για τη σωστή λειτουργία και την ελάττωση του επικοινωνιακού κόστους εφαρμόζονται

τεχνικές buffering στα άκρα των υποπεριοχών με επέκτασή τους, όπως στην περίπτωση του extension zone στις SM μεθόδους.



Αν και το σχήμα αυτό δημιουργεί αρκετά πλεονάζοντα στάδια επεξεργασίας, η πειραματική μελέτη του μοντέλου έχει δείξει πως είναι πολύ αποδοτικό σε αρχιτεκτονικές MIMD. Εκτός από την ελαχιστοποίηση των επικοινωνιών, σημαντικό πλεονέκτημα εδώ αποτελεί η δυνατότητα ανεξάρτητης σχετικά επεξεργασίας από τις μηχανές του συστήματος.

### 4.5 Explicit Message Passing

Ένα ακόμα ζήτημα που σχετίζεται με την πραγματική απόδοση της παράλληλης εφαρμογής είναι η πρακτική υλοποίηση των επικοινωνιών. Αν και οι επικοινωνίες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ίδια την αρχιτεκτονική και την οργάνωση του συστήματος, ένα μέρος του overhead εξαρτάται από τον ίδιο τον κώδικα της εφαρμογής.

Γενικά, έχει διαπιστωθεί πως σε πολλές περιπτώσεις οι αυτόματη μεταγλώττιση παράλληλου κώδικα σε διάφορα περιβάλλοντα προκαλεί την εισαγωγή επιπρόσθετου overhead στην τελική εφαρμογή, με αποτέλεσμα να απαιτείται η επέμβαση του ίδιο του προγραμματιστή για τον καθορισμό του μοντέλου επικοινωνίας. Μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις κάτι τέτοιο επιβάλλεται όταν θα πρέπει να εξασφαλιστούν κάποιες προδιαγραφές συμβατότητας για τις εφαρμογές (PVM).

Η προσθήκη ρητών εντολών επικοινωνίας με σύγχρονο (blocked) τρόπο έχει δείξει πως γενικά βελτιώνει το συνολικό χρόνο επικοινωνίας κατά ένα ποσοστό. Προς το παρόν, τα πιο διαδεδομένα μοντέλα παράλληλου προγραμματισμού σε διαφορετικές πλατφόρμες είναι τα πρότυπα PVM και MPI. Στις περισσότερες περιπτώσεις η χρήση αυτών των προτύπων γίνεται για την υλοποίηση επικοινωνιών (message passing) με σύγχρονο τρόπο, αν και κάτι τέτοιο δεν είναι δεσμευτικό. Πάντως, αξίζει να αναφερθεί πως σε κάθε περίπτωση οι επικοινωνίες αυτού του τύπου επιφέρουν

επιπλέον επικοινωνιακά κόστη, κυρίως λόγω του επαναλαμβανόμενου handshake.

Ειδικά για τα συστήματα που εφαρμόζουν shared memory management (Cray T3D), η χρησιμοποίηση ασύγχρονων επικοινωνιών αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα. Αν και η ταχύτητα εγγραφής (put) είναι μικρότερη από την ταχύτητα ανάγνωσης (get), λόγω του cache invalidation, οι αυτόματοι μηχανισμοί διαχείρισης διαμοιραζόμενης μνήμης επιφέρουν σημαντικότερες βελτιώσεις στον τομέα των επικοινωνιών. Το σημαντικότερο μειονέκτημα είναι το γεγονός ότι η για τη βέλτιστη αξιοποίηση παρόμοιων μηχανισμών απαιτείται η σχεδόν αποκλειστική δέσμευση του κώδικα της εφαρμογής στη συγκεκριμένη αρχιτεκτονική της μηχανής.

## 5. ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Αν και η έρευνα όσο αφορά την υλοποίηση μοντέλων όπως το HIRLAM σε παράλληλες μηχανές επικεντρώνεται σε ζητήματα όπως ο τρόπος επίλυσης του μοντέλου και η κατανομή των δεδομένων, αξίζει να αναφερθούν μερικά σημαντικά στοιχεία που σχετίζονται με τις πειραματικές μελέτες που έχουν γίνει για διαφορετικές υλοποιήσεις σε διαφορετικά υπολογιστικά περιβάλλοντα.

Η παράλληλη υλοποίηση του μοντέλου HIRLAM βασίστηκε σχεδόν αποκλειστικά στον αρχικό κώδικα της εφαρμογής που είχε αναπτυχθεί για ανυσματικές αρχιτεκτονικές. Επειδή και τα χαρακτηριστικά μιας εν γένει παράλληλης εφαρμογής, και τα χαρακτηριστικά της ίδιας της γλώσσας προγραμματισμού (Fortran-77) θέτουν πολλούς σχεδιαστικούς περιορισμούς σε μια νέα υλοποίηση, μεγάλη προσπάθεια αναλώθηκε στην τροποποίηση του αρχικού κώδικα σε πιο δομημένη και πιο μεταφύσιμη μορφή (Fortran-90), πολλές φορές χωρίς επιτυχία. Αξίζει να αναφερθεί πως συγκεκριμένες διεργασίες του μοντέλου δεν υλοποιήθηκαν καθόλου στις πρώτες παράλληλες υλοποιήσεις (MP-1), επειδή η πολυπλοκότητα και η εσφαλμένη ανάπτυξη του κώδικα δεν επέτρεπε την μεταφορά του σε παράλληλο περιβάλλον.

Πέρα από τους περιορισμούς της ίδιας της εφαρμογής, σημαντικές δυσκολίες παρουσιάστηκαν στην μετατροπή του αρχικού κώδικα (περίπου 28.000 γραμμές) ώστε να αξιοποιεί την παράλληλη μηχανή. Στις πρώτες υλοποιήσεις του μοντέλου σε συστήματα MP-1 χρειάστηκε η προσθήκη οδηγιών μεταγλώττισης (compiler directives) στον αρχικό κώδικα σε τέτοια έκταση, ώστε ο κώδικας της τελικής εφαρμογής αυξήθηκε σχεδόν 100% σε μέγεθος, κάτι καθόλου επιθυμητό για μια εφαρμογή που έπρεπε να είναι μεταφύσιμη σε πολλά διαφορετικά παράλληλα συστήματα. Ανάλογες ήταν και οι προσθήκες στις υλοποιήσεις για μηχανές Cray T3D.

Μερικά σημαντικά προβλήματα παρατηρήθηκαν στην αυτόματη παραλληλοποίηση και μεταγλώττιση του κώδικα σε μερικά περιβάλλοντα, ακόμη και με τη χρήση οδηγιών μεταγλώττισης. Πολλοί μεταγλωττιστές ή εργαλεία απέτυχαν στην μετατροπή του αρχικού κώδικα, είτε λόγω κακής ανάπτυξης του κώδικα, είτε λόγω κακού

παραγόμενου κώδικα (περιπτώσεις επικοινωνιών δικτύου Xnet σε MP-1). Το γεγονός αυτό φανερώνει την σχετικά μικρή εμπειρία που υπάρχει στην πρακτική υλοποίηση αποδοτικών εφαρμογών, μεταγλωττιστών και αυτόματων εργαλείων για παράλληλα περιβάλλοντα.

Τέλος, οι πειραματικές μελέτες και οι δοκιμές που έγιναν σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας κατέδειξαν το σημαντικό ρόλο των σειριακών τμημάτων επεξεργασίας σε μια παράλληλη εφαρμογή, ιδιαίτερα όσων σχετίζονται με διεργασίες I/O. Σε μια εφαρμογή που περιλαμβάνει διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων, όπως το μοντέλο HIRLAM, η απόδοση επηρεάζεται δραματικά από τις ακολουθιακές διαδικασίες I/O. Σε πραγματική λειτουργία του μοντέλου HIRLAM σε σύστημα MP-1, η μη ύπαρξη παράλληλων συσκευών I/O για την αποθήκευση και διαχείριση των ενδιάμεσων δεδομένων είχε σαν αποτέλεσμα την κατανάλωση ως και του 70% του συνολικού χρόνου επεξεργασίας σε λειτουργίες I/O, κάτι αρκετά απογοητευτικό. Πάντως, τα προβλήματα αυτά αφορούν κυρίως το τεχνολογικό παρά το θεωρητικό υπόβαθρο της εφαρμογής.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα από τη μελέτη σχετικά με την παράλληλη υλοποίηση του μοντέλου HIRLAM σε πολλές διαφορετικές παράλληλες αρχιτεκτονικές, δεν αφορούν μονάχα στο συγκεκριμένο μοντέλο αλλά γενικότερα σε όλα τα αριθμητικά μοντέλα πρόβλεψης καιρού.

Ως γενικό συμπέρασμα προκύπτει πως η φύση του προβλήματος της αριθμητικής πρόβλεψης καιρού, οι σημερινές απαιτήσεις, καθώς και οι σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες, κάνουν το πρόβλημα αυτό ιδανικό για μελέτη με στόχο την υλοποίηση τέτοιων μοντέλων σε παράλληλες μηχανές. Πέρα από την μεγάλη υπολογιστική ισχύ που απαιτείται σε τέτοιες εφαρμογές, το σημαντικότερο, ίσως, πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα κλιμάκωσης που μπορεί να επιτευχθεί, τόσο σε SIMD, όσο και σε MIMD αρχιτεκτονικές.

Οι αποδοτικότερες υλοποιήσεις για το μοντέλο HIRLAM φαίνεται να είναι οι semi-implicit Eulerian, οι spectral, καθώς και κάποιες semi-Lagrangian μέθοδοι. Όσο για τις τελευταίες μεθόδους, δεν υπάρχει επαρκές ερευνητικό υπόβαθρο σε σχέση με παράλληλες υλοποιήσεις. Οι φασματικές μέθοδοι εμφανίζουν καλή απόδοση, αλλά εμφανίζουν μικρό βαθμό κλιμάκωσης και η απόδοσή τους εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από τις παράλληλες FFT διεργασίες. Σήμερα, τα περισσότερα παράλληλα μοντέλα χρησιμοποιούν Eulerian (FDM) μεθόδους, semi-implicit ή ακόμα και explicit.

Σημαντικό ρόλο στο συνολικό χρόνο επεξεργασίας εμφανίζουν τα σειριακά τμήματα κώδικα και οι σειριακές διεργασίες γενικότερα σε ένα παράλληλο σύστημα. Τα προβλήματα επικεντρώνονται κυρίως στις διεργασίες I/O δεδομένων, είτε ως επικοινωνιακός φόρτος στο δίκτυο (μεταφορά δεδομένων αρχικών/ τελικών/ ενδιάμεσων), είτε σε σχέση με αποθηκευτικά μέσα (πρόσβαση σε αρχεία δίσκου).

Η υλοποίηση σε πολλά διαφορετικά υπολογιστικά περιβάλλοντα κατέδειξε τη συσχέτιση της απόδοσης με

το κόστος της υλοποίησης. Σε μαζικά παράλληλα περιβάλλοντα (MasPar MP-x), οι εν γένει περιορισμοί του συστήματος, με κυριότερο το μεγάλο φόρτο επικοινωνιών, η απόδοση κυμαίνεται σε μέτρια ως ικανοποιητικά επίπεδα, όσο αφορά στο βαθμό αξιοποίησης του συστήματος. Ο λόγος, όμως, του κόστους ως προς την απόδοση είναι σχετικά υψηλός. Αντίθετα, σε πολύ-υπολογιστικά περιβάλλοντα (Cray T3D) η απόδοση είναι σχετικά σταθερή και σε πολύ υψηλά επίπεδα, τόσο σε ακολουθιακές όσο και σε παράλληλες διεργασίες, αλλά το κόστος ως προς την απόδοση είναι σχετικά υψηλό.

Ως τελικό συμπέρασμα, αξίζει να αναφερθεί πως η μικρή, σχετικά, εμπειρία όσο αφορά στην ανάπτυξη εργαλείων και μεταγλωττιστών για παράλληλα περιβάλλοντα, καθώς και στη σχεδίαση και ανάπτυξη αποδοτικού παράλληλου κώδικα, δημιουργεί προβλήματα στην απόδοση και τη δυνατότητα μεταφοράς της τελικής εφαρμογής. Η εν γένει πολυπλοκότητα του προβλήματος της παραλληλοποίησης, καθώς και η ανάγκη αξιοποίησης στο έπακρο των προσφερόμενων παράλληλων αρχιτεκτονικών, μπορεί να αντιμετωπιστεί σε κάποιο βαθμό από τη σωστή ανάπτυξη του λογισμικού και την εκμετάλλευση σύγχρονης προγραμματιστικής μεθοδολογίας (δομημένος ή/και αντικειμενοστραφείς εφαρμογές).

#### ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότερες βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν για το κείμενο της εργασίας και τις διαφάνειες της παρουσίασης. Οι πρώτες οκτώ αναφορές ([1]-[8]) αποτελούν μέρος των δημοσιεύσεων που υπάρχουν στην ηλεκτρονική διεύθυνση του High Performance Computing Division, Computer Science Department, Leiden University (NL) και οι κωδικοί "TRxx-xx" αποτελούν τα αντίστοιχα αναγνωριστικά των αρχείων που υπάρχουν εκεί σε ηλεκτρονική μορφή (PostScript). Οι υπόλοιπες αναφορές, εκτός της τελευταίας ([9]-[13]) αφορούν στα αντίστοιχα άρθρα από το "Proceedings of the Symposium on Regional Weather Prediction on Parallel Computer Environments" (Πανεπιστήμιο Αθηνών, Οκτώβριος 1997). Επίσης, στις ηλεκτρονικές διευθύνσεις περιλαμβάνεται το κεντρικό site (WWW) του συστήματος SKIRON στο Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Αθηνών.

[1] "Atmosphere and Ocean Circulation Simulation on Massively Parallel Computers" - TR92-15 (14p), Lex Wolters

[2] "A Parallel Implementation of the HIRLAM model" - TR92-29 (15p), Lex Wolters, Gerard Cats

[3] "Finite Difference and Spectral Models for Numerical Weather Forecasting on a Massively Parallel Computer" - TR93-07 (14p), Gerard Cats, Nils Gustafsson, Lex Wolters

[4] "A Data Parallel HIRLAM Forecast Model" - TR94-47 (14p), Lex Wolters, Robert van Engelen, Gerard Cats, Nils Gustafsson, Tomas Wilhelmsson

[5] "Data-Parallel Numerical Methods in a Weather Forecast Model" - TR94-48 (12p), Lex Wolters, Gerard Cats, Nils Gustafsson, Tomas Wilhelmsson

[6] "Data-Parallel Numerical Weather Forecasting" - TR94-49 (15p), Lex Wolters, Gerard Cats, Nils Gustafsson

[7] "Dataparallel Semi-Lagrangian Numerical Weather Forecasting" - TR94-50 (7p), Lex Wolters, Gerard Cats, Nils Gustafsson, Tomas Wilhelmsson

[8] "A Comparison of Parallel Programming Paradigms and Data Distributions for a Limited Area Numerical Weather Forecast Routine" - TR95-10 (8p), Robert van Engelen, Lex Wolters

[9] "The Regional Weather Forecasting System SKIRON: An Overview" G. Kallos, S. Nickovic, A. Papadopoulos, D. Jovic, O. Kakaliagou, N. Misirlis, L. Boukas, N. Mimikou, G. Sakellaridis, J. Papageorgiou, E. Anadranistakis, M. Manousakis.

[10] "A Domain Decomposition Approach for the ETA Model: Implementation Issues and Results" L. A. Boukas, N. Th. Mimikou, N. M. Misirlis

[11] "Evaluation of the Performance of SKIRON Model" G. Sakellaridis, E. Anadranistakis, T. Charantonis, P. Fragouli, G. Konstantinides, M. Manousakis, J. Papageorgiou, T. Petroligis, M. Refene, D. Sgouros.

[12] "Sensitivity Studies of the Surface and Radiation Parameterization Schemes of the SKIRON System" A. Papadopoulos, G. Kallos, O. Kakaliagou, D. Jovic.

[13] "Potential Use of ETA/NMC (SKIRON Project) Regional Forecasting on an Extreme Weather Event Over Greece" T. Petroligis, M. Anadranitsakis, V. Fragouli, M. Manousakis, I. Papageorgiou, M. Refene, G. Sakellaridis, S. Sgouros.

[14] "Design and Implementation Issues of Parallelizing Atmospheric Models" L. A. Boukas, N. Th. Mimikou, N. M. Misirlis.

✉ High Performance Computing Division, Computer Science Dept., Leiden Univ. (NL)

<http://www.wi.leidenuniv.nl/TechRep/>

✉ SKIRON - Weather Prediction System for the Mediterranean Region

<http://skiron.di.uoa.gr/>

# ✓ ELIZA: Το πρώτο chatbot που άνοιξε τον δρόμο για την τεχνητή νοημοσύνη

Γράφει ο [Γιάννης Φαρσάρης](#) //

```
Welcome to
                EEEEEEE LL      IIII  ZZZZZZ  AAAAA
                EE      LL      II     ZZ     AA  AA
                EEEEE  LL      II     ZZZ    AAAAAA
                EE      LL      II     ZZ     AA  AA
                EEEEE  LLLLLL  IIII  ZZZZZZ  AA  AA

Eliza is a mock Rogerian psychotherapist.
The original program was described by Joseph Weizenbaum in 1966.
This implementation by Norbert Landsteiner 2005.

ELIZA: Is something troubling you ?
YOU:   Men are all alike.
ELIZA: What is the connection, do you suppose ?
YOU:   They're always bugging us about something or other.
ELIZA: Can you think of a specific example ?
YOU:   Well, my boyfriend made me come here.
ELIZA: Is it important to you that your boyfriend made you come here ?
YOU:   He says I'm depressed much of the time.
ELIZA: I am sorry to hear that you are depressed.
YOU:   It's true. I am unhappy.
ELIZA: Can you explain what made you unhappy ?
YOU:
```

Εικόνα: [Wikipedia](#)

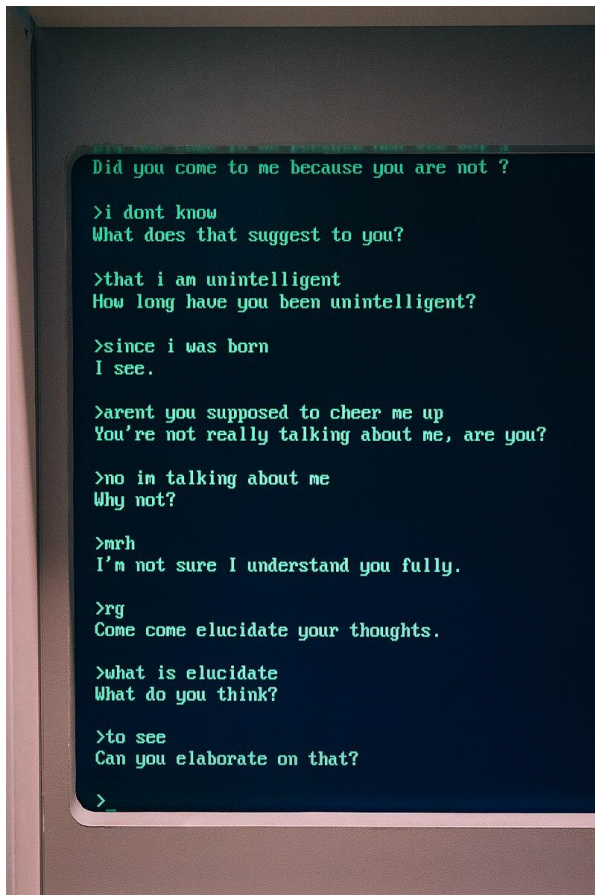
Ο **Τζόσεφ Βάιζενμπαουμ** (Joseph Weizenbaum, 1923–2008) ήταν Γερμανοαμερικανός επιστήμονας υπολογιστών και ένας από τους πρωτοπόρους της τεχνητής νοημοσύνης.

Το ELIZA, που δημιουργήθηκε από τον Weizenbaum στο Πανεπιστήμιο MIT την περίοδο του 1964-67, αποτελεί μία από τις πρώτες και πιο εμβληματικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας. Το πρόγραμμα σχεδιάστηκε για να προσομοιώνει τη συνομιλία μεταξύ ανθρώπων και υπολογιστών, αναπαράγοντας την ψευδαίσθηση της κατανόησης από την πλευρά της μηχανής.

Η πιο γνωστή εκδοχή του ELIZA ήταν το σενάριο "**DOCTOR**", το οποίο προσομοίωνε έναν ψυχο-

θεραπευτή της σχολής του Carl Rogers. Το ELIZA λειτουργούσε επαναλαμβάνοντας ή αναδιατυπώνοντας τις δηλώσεις του χρήστη ως ερωτήσεις, δίνοντας την εντύπωση ότι αντιλαμβάνονταν το περιεχόμενο της συνομιλίας. Για παράδειγμα, αν ένας χρήστης έλεγε «Νιώθω λυπημένος σήμερα», το ELIZA θα μπορούσε να απαντήσει: «Γιατί νιώθεις λυπημένος;». Αυτός ο απλός αλλά αποτελεσματικός μηχανισμός δημιούργησε την ψευδαίσθηση ότι το πρόγραμμα είχε ανθρώπινη κατανόηση και ενσυναίσθηση.





*Μια συνομιλία ανάμεσα σε έναν άνθρωπο και το σενάριο DOCTOR του ELIZA*

### Ο στόχος και η απρόσμενη απήχηση

Ο Weizenbaum δημιούργησε το ELIZA ως εργαλείο για τη διερεύνηση της σχέσης ανθρώπου-μηχανής, χωρίς πρόθεση να το προωθήσει ως ένα πραγματικό εργαλείο ψυχοθεραπείας. Ωστόσο, προς μεγάλη του έκπληξη, πολλοί χρήστες ανέπτυξαν συναισθηματικούς δεσμούς με το πρόγραμμα. Ακόμη και η γραμματέας του Weizenbaum πίστεψε ότι το ELIZA κατανοούσε πραγματικά τα προβλήματά της. Το γεγονός αυτό οδήγησε τον Weizenbaum σε προβληματισμό σχετικά με την ηθική διάσταση της τεχνητής νοημοσύνης, ανησυχώντας για το πώς τέτοιες τεχνολογίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ή να παρερμηνευτούν στο μέλλον.

Μερικοί ακαδημαϊκοί υποστήριξαν ότι το ELIZA θα μπορούσε να φανεί χρήσιμο στην ψυχοθεραπεία, ιδιαίτερα για άτομα που ντρέπονταν να μοιραστούν τα συναισθήματά τους με έναν πραγματικό θεραπευτή. Ωστόσο, ο ίδιος ο Weizenbaum διαφώνησε έντονα με την ιδέα ότι ένα πρόγραμμα χωρίς κατανόηση ή συνείδηση θα μπορούσε να αντικαταστήσει έναν ανθρώπινο ψυχοθεραπευτή. Το ELIZA, όπως επεσήμανε, ήταν ένα απλό εργαλείο που βασιζόταν σε κανόνες και

δεν είχε την ικανότητα να επεξεργάζεται το πραγματικό νόημα των λέξεων.

### Η σημασία του ELIZA στην τεχνητή νοημοσύνη

Παρά τους περιορισμούς του, το ELIZA άφησε ανεξίτηλο το αποτύπωμά του στην ιστορία της τεχνητής νοημοσύνης. Αποτελεί ένα από τα πρώτα παραδείγματα συστήματος που ενέπνευσε συζητήσεις για τη δυνατότητα δημιουργίας ευφυών μηχανών. Παράλληλα, έθεσε τα θεμέλια για την ανάπτυξη πιο προηγμένων chatbot, όπως τα σύγχρονα συστήματα AI που χρησιμοποιούμε σήμερα σε ποικίλους τομείς, από την εξυπηρέτηση πελατών μέχρι την ψυχαγωγία.

Η κληρονομιά του ELIZA είναι εμφανής σε τεχνολογίες όπως το Siri, το Alexa και τα μοντέλα GPT, τα οποία συνεχίζουν να εξελίσσονται για να επιτύχουν πιο φυσικές και ουσιαστικές συνομιλίες. Επίσης, το ELIZA συνέβαλε στην κατανόηση της ανθρώπινης ψυχολογίας, καθώς ανέδειξε την τάση μας να αποδίδουμε νοημοσύνη και συναισθήματα σε μηχανές, ακόμη και όταν γνωρίζουμε ότι δεν διαθέτουν τέτοιες ικανότητες.



*Joseph Weizenbaum (2005)*

Το ELIZA υπήρξε ένα πρωτοποριακό πείραμα που αποκάλυψε πολλά για την ανθρώπινη φύση και τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης. Μέσα από την απλότητά του, ανέδειξε τις τεράστιες προοπτικές αλλά και τις ηθικές προκλήσεις που συνοδεύουν την αλληλεπίδραση ανθρώπων και μηχανών. Σήμερα, το ELIZA παραμένει μια ιστορική υπενθύμιση για το πώς η τεχνολογία μπορεί να επηρεάσει τη ζωή μας και την αντίληψή μας για τον κόσμο.

# ✓ Ολοκληρώθηκε ο Δ' κύκλος ανοικτών διαδικτυακών μαθημάτων από την Ένωση Πληροφορικών Ελλάδας



Με μεγάλη ικανοποίηση η Ένωση Πληροφορικών Ελλάδας (ΕΠΕ) ανακοινώνει ότι ο Δ' κύκλος ανοικτών διαδικτυακών μαθημάτων ολοκληρώθηκε με επιτυχία. Είναι το τέταρτο κατά σειρά πρόγραμμα μαθημάτων που διεξήχθη από την έναρξη της συγκεκριμένης δράσης, εδώ και 1,5 περίπου χρόνο, και η αποδοχή της γίνεται όλο και μεγαλύτερη.

Σύμφωνα με το Καταστατικό της Ένωσης, ένας από τους βασικούς σκοπούς της λειτουργίας της είναι η προώθηση της γνώσης και χρήσης των πληροφορικών αγαθών από το κοινωνικό σύνολο και η εξάλειψη της τεχνοφοβίας και του "αναλφαριθμισμού" στην Πληροφορική.

Τα διαδικτυακά μαθήματα απευθύνονται σε οποιονδήποτε, δωρεάν, χωρίς να προαπαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις Πληροφορικής ή άλλες τυπικές προϋποθέσεις συμμετοχής. Τα μαθήματα πραγματοποιούνται εξ' ολοκλήρου διαδικτυακά, ζωντανά μέσω της πλατφόρμας Zoom. Εισηγητές είναι μέλη της ΕΠΕ και πραγματοποιούν τα μαθήματα εθελοντικά.

Με **έξι επιπλέον νέα μαθήματα**, το αρχείο περιλαμβάνει πλέον 35 μαθήματα και πάνελ συζήτησης, βιντεοσκοπημένα και διαθέσιμα δωρεάν από την ΕΠΕ. Τα μαθήματα του Δ' κύκλου διεξήχθησαν το Νοέμβριο 2024 (3-24/11). Υπήρξαν συνολικά **πάνω από 3.500 εγγραφές** και πολύ υψηλό ποσοστό ζωντανής παρακολούθησης, με διαδραστική συμμετοχή και πολύ θετικά σχόλια.

Στην παρακάτω λίστα παρουσιάζονται οι σύνδεσμοι ανά μάθημα του Δ' κύκλου, για τα οποία είναι ήδη διαθέσιμα τα βίντεο και σχετικό υλικό:

## **Δ' Κύκλος – Λίστα μαθημάτων:**

### ✓ **Πέρα από την Τεχνο-Ουτοπία: Επαναπροσδιορίζοντας την Καινοτομία για ένα Βιώσιμο και Δίκαιο Μέλλον**

Εισηγητής: Βασίλης Κωστάκης / Κυριακή 3 Νοεμβρίου 2024

<https://courses.epe.org.gr/pera-apo-tin-techno-outopia-vasilis-kostakis/>

### ✓ **Διάχυτα παιχνίδια για όλους**

Εισηγητής: Νεκτάριος Γιολλάσης / Τετάρτη 6 Νοεμβρίου 2024

<https://courses.epe.org.gr/diachyta-paichnidia-gia-olous-nektarios-gioldasis/>

### ✓ **Η επίδραση της Τεχνολογίας στην ανάπτυξη παιδιών και εφήβων**

Εισηγητές: Μάριος Μάζαρης & Γιάννης Φαρσάρης / Κυριακή 10 Νοεμβρίου 2024

<https://courses.epe.org.gr/i-epidراسi-tis-technologias-stin-anaptyxi-paidion-kai-efivon/>

✓ **Από τον άβακα στους σύγχρονους επεξεργαστές: Χτίζοντας τους Η/Υ**

Εισηγητής: Χάρης Γεωργίου / Σάββατο 16 Νοεμβρίου 2024

<https://courses.epe.org.gr/apo-ton-avaka-stous-syγχronous-epexergastes/>

✓ **Το μέλλον του AI: Τι αναμένουμε να γίνει καλύτερο, φθηνότερο, πιο αποδοτικό ενεργειακά**

Εισηγητής: Χάρης Γεωργίου / Σάββατο 23 Νοεμβρίου 2024

<https://courses.epe.org.gr/to-mellon-tou-ai/>

✓ **AI & Λογοτεχνία: Ιστορίες που γράφονται μόνες τους**

Εισηγητής: Γιάννης Φαρσάρης / Κυριακή 24 Νοεμβρίου 2024

<https://courses.epe.org.gr/techniti-noimosyni-logotechnia/>

*Σημείωση: Η εκπαίδευση που παρέχεται μέσω των ανοικτών διαδικτυακών μαθημάτων είναι άτυπη και δεν θα δοθούν βεβαιώσεις παρακολούθησης στους συμμετέχοντες.*

Όλες οι σχετικές αναρτήσεις, το αρχείο προηγούμενων μαθημάτων, το προσεχές πρόγραμμα του επόμενου κύκλου, καθώς και όλες οι σχετικές πληροφορίες για την ΕΠΕ και τη συγκεκριμένη δράση, βρίσκονται πλέον σε ξεχωριστό ιστότοπο που δημιουργήθηκε για αυτό το σκοπό:

- Κεντρική σελίδα – <https://courses.epe.org.gr/>
- Αρχείο μαθημάτων – <https://courses.epe.org.gr/archeio-mathimatou/>
- Προσεχή μαθήματα – <https://courses.epe.org.gr/prosechi-mathimata/>

Η ΕΠΕ ήδη προετοιμάζει τη διοργάνωση του επόμενου κύκλου μαθημάτων την Άνοιξη του 2025, με θεματολογία που θα ανανεωθεί ανάλογα με τις προτάσεις και τα σχόλια που ήδη έχουμε λάβει ή θα λάβουμε μέχρι τότε.

Υπενθυμίζουμε ότι όλα τα μαθήματα και το σχετικό υλικό είναι συγκεντρωμένα στο κανάλι YouTube που έχει δημιουργηθεί για αυτό το σκοπό από την ΕΠΕ:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Κανάλι YouTube:</b> Κύρια σελίδα μαθημάτων (βίντεο). <a href="https://www.youtube.com/@epeopencourses">https://www.youtube.com/@epeopencourses</a></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Κύρια playlist:</b> Όλα τα βίντεο των μαθημάτων με χρονολογική σειρά. <a href="https://www.youtube.com/playlist?list=PLbyD1kt9Kw-lzggO0_Tads8RnjbpU14W4">https://www.youtube.com/playlist?list=PLbyD1kt9Kw-lzggO0_Tads8RnjbpU14W4</a></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Podcast:</b> Η λίστα μαθημάτων προσβάσιμη ως ηχητική παρουσίαση. <a href="https://www.youtube.com/playlist?list=PLbyD1kt9Kw-lnGaLQr08KdGw3cQyX8c2n">https://www.youtube.com/playlist?list=PLbyD1kt9Kw-lnGaLQr08KdGw3cQyX8c2n</a></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Podcast RSS:</b> Η λίστα ηχητικών παρουσιάσεων για players εκτός YouTube. <a href="https://www.youtube.com/feeds/videos.xml?playlist_id=PLbyD1kt9Kw-lnGaLQr08KdGw3cQyX8c2n">https://www.youtube.com/feeds/videos.xml?playlist_id=PLbyD1kt9Kw-lnGaLQr08KdGw3cQyX8c2n</a></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Αναρτήσεις:</b> Ανακοινώσεις και βίντεο μαθημάτων σε άλλα κανάλια YouTube. <a href="https://www.youtube.com/@epeopencourses/community">https://www.youtube.com/@epeopencourses/community</a></li> </ul>

Ευχαριστούμε θερμά όλους τους συμμετέχοντες για το ενδιαφέρον και τα εποικοδομητικά σχόλια.



## ✓ Brain – train (και ουχι ‘drain’)

Γρίφοι & προβλήματα από την Επιστήμη των Υπολογιστών για μαθητές

Επιμέλεια: Φώτης Αλεξιάκος //



Εικόνα: [Meo](#)

### ✓ Για το τ. 27 έχουμε ένα (1) μόνο, πλην πιο απαιτητικό πρόβλημα:

Ένα απεριόριστο απόθεμα καυσίμου βρίσκεται στη μια άκρη μιας ερήμου με πλάτος 800 μίλια. Μέσα στην ίδια την έρημο δεν υπάρχει καμία απολύτως πηγή καυσίμου. Ένα βυτιοφόρο μπορεί να μεταφέρει αρκετή βενζίνη για να διανύσει κανείς 500 μίλια (αυτό εφεξής θα ονομάζεται «φορτίο»). Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να φτιαχτούν στη διαδρομή σταθμοί ανεφοδιασμού (βενζινάδικα) κάθε χωρητικότητας. Θεωρούμε επίσης πως το καύσιμο στα βενζινάδικα δεν εξατμίζεται ποτέ. Δεν υπάρχουν δηλαδή απώλειες.

Ποιο είναι το ελάχιστο πλήθος φορτίων που θα χρειαστεί να μεταφέρει το βυτιοφόρο ώστε να διασχίσει την έρημο; Υπάρχει όριο στο πλάτος της ερήμου που μπορεί έτσι να διασχιστεί;

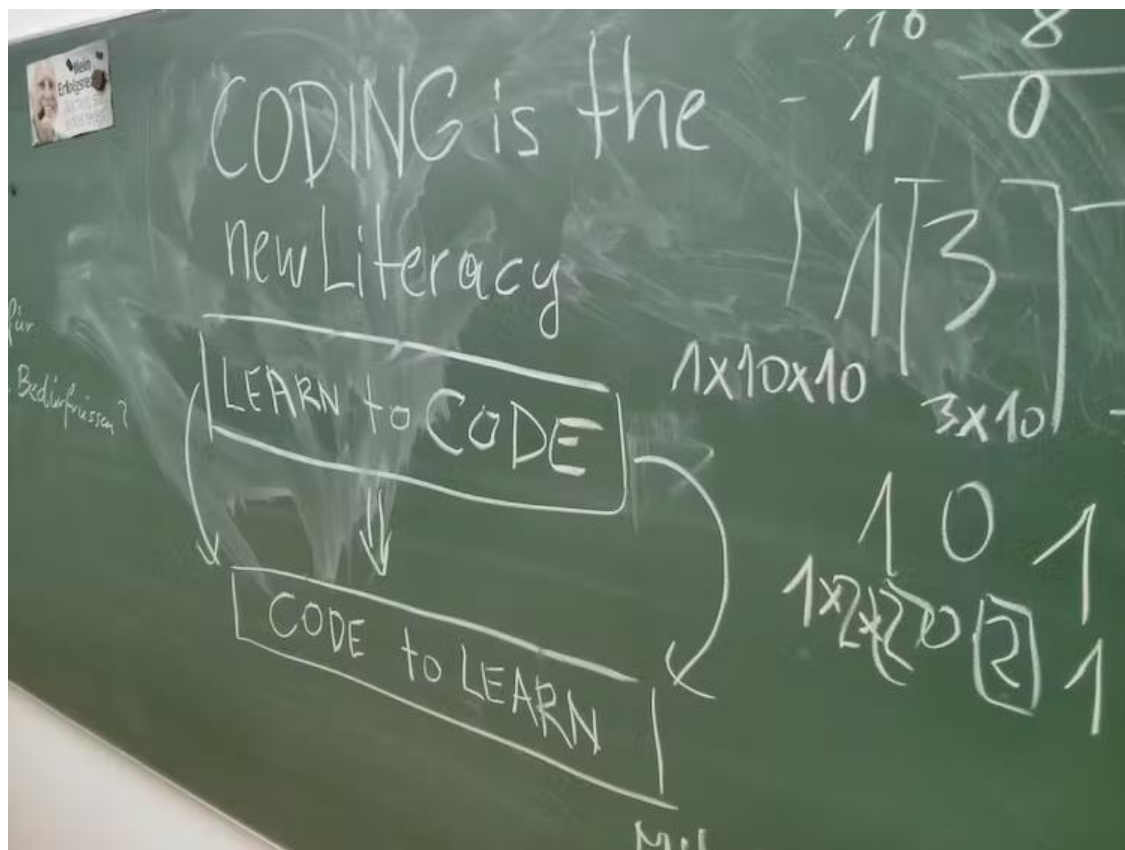
Copyright ©1994, Martin Gardner, “My best mathematical and logic puzzles”, Dover publications, New York.

✓ Στείλτε αν θέλετε τις δικές σας λύσεις στο [newsletter@epe.org.gr](mailto:newsletter@epe.org.gr)

☆ Οι απαντήσεις των γρίφων θα δημοσιευθούν στο επόμενο τεύχος

## ✓ Brain – train

### Οι λύσεις των γρίφων του προηγούμενου 26ου τεύχους



- Έστω  $xyz$  ακέραιος που αποτελείται από τα ψηφία  $x$ ,  $y$  και  $z$ . Έχει δηλαδή  $x$  εκατοντάδες,  $y$  δεκάδες και  $z$  μονάδες. Δηλαδή ισχύει:  $xyz = 100x + 10y + z$  (1).  
 Επιπλέον, σύμφωνα με το πρόβλημα, εμείς ασχολούμαστε με ακέραιους της μορφής:  $xyzxyz$ . Από την εκφώνηση είναι προφανές ότι οι αριθμοί που προκύπτουν κάθε φορά μετά τις διαιρέσεις είναι αντίστοιχα πολλαπλάσια των 7, 11 και 13. Άρα ο αρχικός μας αριθμός είναι πολλαπλάσιος του  $7 \cdot 11 \cdot 13 = 1001$ .  
 Ας πολλαπλασιάσουμε λοιπόν τον τριψήφιο:  $xyz$  με το 1001. Απ' την (1) έχουμε:  $(100x + 10y + z) \cdot 1001 = 100100x + 10010y + 1001z = 100000x + 10000y + 1000z + 100x + 10y + z = xyzxyz$ . Όπερ έδει δείξαι.
- Ο σύζυγος έχει περπατήσει για 55 λεπτά πριν τον παραλάβει με το αυτοκίνητο η γυναίκα του. Αφού φτάνουν σπίτι 10' νωρίτερα, άρα η σύζυγος έχει περικόψει 10' απ' τον συνηθισμένο χρόνο ταξιδιού της από και προς τον σταθμό. Δηλαδή 5' απ' τη διαδρομή μέχρι τον σταθμό. Προκύπτει λοιπόν ότι συνάντησε τον σύζυγό της 5' νωρίτερα απ' τη συνηθισμένη ώρα τους, δηλ. στις 16:55. Ξεκίνησε να περπατά στις 16:00, άρα περπάτησε επί 55'. Η ταχύτητα περπατήματός του, η οδήγησης της γυναίκας κι η απόσταση απ' το σπίτι ως τον σταθμό **δε χρειάζονται** για την επίλυση του προβλήματος. Αν ασχολήθηκες μ' αυτές τις ποσότητες στην προσπάθειά σου, μάλλον θα βρήκες το πρόβλημα εξοργιστικό.



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 κατάληξη 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 μεγαλόπνοης 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>