

---

## Συνέντευξη του Donald Knuth στα Βιβλιοπωλεία Computer Literacy (7 Δεκεμβρίου 1993)

---

Μετάφραση: Αντώνης Τσολομούτης

Πανεπιστήμιο Κρήτης  
Τμήμα Μαθηματικών  
Λεωφ. Κνωσού  
71409 Ηράκλειο, Κρήτη  
email: [atsol@itia.math.uoh.gr](mailto:atsol@itia.math.uoh.gr)

Ο Donald Knuth θεωρείται ο διασημότερος άνθρωπος στον χώρο της επιστήμης των η/υ παγκοσμίως. Οι πρώτοι τρεις τόμοι της σειράς βιβλίων με γενικό τίτλο *The Art Of Computer Programming*, εργασία που θεωρείται πλήρης για εδώ και 30 χρόνια, του χάρισε το ACM Turing Award<sup>1</sup> το 1974 και το National Medal of Science το 1979. Ο Knuth έχει επίσης αναπτύξει εφαρμογές υψηλότερου επιπέδου στη στοιχειοθεσία με χρήση υπολογιστή («TeX» και «METAFONT») και ανάπτυξης λογισμικού («CWEB»), και έχει πάνω από 100 επιστημονικές δημοσιεύσεις.

Τώρα, ως επίτιμος καθηγητής στο πανεπιστήμιο του Stanford, ο Knuth διοχετεύει την ενέργειά του σε συγγραφική δουλειά. Ο Dan Doernberg του πήρε συνέντευξη τον Δεκέμβριο του 1993 για να δει με τι ασχολείται τελευταία και άρα τι θα πρέπει εμείς να περιμένουμε από τνω δουλειά του.

**CLB:** Μόλις δημοσιεύσατε δύο βιβλία πάνω στο CWEB και στη Stanford GraphBase δύο περιοχές των ερευνητικών σας ενδιαφερόντων. Ας αρχίσουμε με το CWEB, που συνδέει την [γλώσσα προγραμματισμού] C με το TeX ώστε να είναι εύκολη η τεκμηρίωση των προγραμμάτων.

**Knuth:** Το σύστημα CWEB είναι ένα κομμάτι που προστίθεται στη C και κάνει το πρόγραμμα καλύτερο κατά πολύ από οποιαδήποτε άλλη γνωστή μέθοδο. Πρέπει απλά να μιλήσω τίμια και να πω ότι είναι το καλύτερο πρόγραμμα για αυτό τον σκοπό. Το βιβλίο *The CWEB system of structured documentation* [To

---

<sup>1</sup> Σ.Σ.Ε.: Ανώτατη τιμητική διάκριση της Συνεργασίας για τις υπολογιστικές μηχανές (ACM), που είναι κάτι σα Νόμπελ Πληροφορικής.

σύστημα *CWEB* δομημένης τεκμηρίωσης] είναι ένα πλήρες εγχειρίδιο χρήσης και επεξηγήσεων, πληρέστερο από όσο θα το χρειαζόταν κανείς.

**CLB:** Έχετε πει ότι το *CWEB* βελτιώνει την παραγωγή ενός προγραμματιστή κατά μία τάξη μεγέθους. Πως συμβαίνει αυτό;

**Knuth:** Ίσως όχι μία τάξη μεγέθους αλλά μάλλον διπλασιάζει την παραγωγή. Όσοι έχουν χρησιμοποιήσει το *CWEB* παρατήρησαν ότι γράφουν με αυτό καλύτερα προγράμματα, ότι τα προγράμματά τους είναι περισσότερο ανεξάρτητα υπολογιστικής πλατφόρμας, ότι ευκολότερα διορθώνονται και βελτιώνονται... και παίρνουν λιγότερο χρόνο για να τα γράψουν.

**CLB:** Το *CWEB* έχει χρησιμοποιηθεί μόνο στο **Stanford** ή και σε εταιρείες γενικότερα;

**Knuth:** Χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο. Αρχικά είχαμε το *WEB* την αρχική έκδοση (για *Pascal*) σε μία ποικιλία υπολογιστικών συστημάτων και στη συνέχεια όλο και περισσότεροι άνθρωποι άρχισαν να «κολλάνε το μικρόβιο». Το *TeX* γράφτηκε με το *WEB*. Ο *Silvio Levy* το μετέτρεψε σε *CWEB* το 1987. Ήταν πειραματικό για πολύ καιρό και τώρα μπορώ να πω: «το πείραμα πέτυχε!». Το *CWEB* είναι πολύ καλύτερο από το *WEB* γιατί η *C* είναι πολύ καλύτερη γλώσσα για προγραμματισμό [από την *Pascal*]. Δεν θα μπορούσα να καταλάβω γιατί κάποιος που ενδιαφέρεται για προγραμματισμό θα προτιμούσε ένα άλλο σύστημα από αυτό.

**CLB:** Εύκολο στη χρήση, τρέχει γρήγορα, όλα αυτά τα όμορφα πράγματα;

**Knuth:** Ακριβώς, και επιπλέον σου δίνει χαρά αφού τελειώσεις το πρόγραμμα!

**CLB:** Ακόμα και αν γράφεις ένα κακό πρόγραμμα;

**Knuth:** Σχεδόν... η [σύζυγος μου η] *Jill* θα σας πει ότι συχνά βγαίνω από το γραφείο μου φωνάζοντας: «Ο προγραμματισμός με το *CWEB* είναι πολύ διασκεδαστικός». Είναι αλήθεια. Δεν τον χορταίνω. Όταν γράφεις ένα πρόγραμμα με το *CWEB* αισθάνεσαι ότι μιλάς με έναν άνθρωπο εξηγώντας του το τι πρέπει να κάνει ο υπολογιστής, αντί να νοιώθεις ότι τα λες σε έναν υπολογιστή. Επιτυγχάνεις τον στόχο σου ευκολότερα όταν μιλάς σε να μιλάς σε άνθρωπο. Αυτή η προσέγγιση βοηθάει ακόμα και για ένα πρόγραμμα που ίσως να σου είναι άχρηστο μετά από μία ώρα. Το *CWEB* είναι ένα εργαλείο που το συνιστώ ακόμα και αν γράφεις ένα πρόγραμμα για τον εαυτό σου μόνο, για τα μάτια σου μόνο.

**CLB:** Το *CWEB* φαίνεται να μοιάζει με τα μοντέλα δομημένου προγραμματισμού της δεκαετίας των 70...

**Knuth:** Σωστά, είναι το επόμενο βήμα. Με τον δομημένο προγραμματισμό κάποιοι έλεγαν προγραμματίστε: Από πάνω προς το κάτω [top-down]. Ενώ κάποιοι άλλοι πρότειναν την αντίστροφη πορεία. Με τα *WEB/CWEB* μπορεί κανείς

να γράφει όπως εκείνος νοιώθει ότι είναι καλό για το πρόγραμμα ή για το τμήμα του προγράμματος με το οποίο ασχολείται. Η μεθοδολογία του δομημένου προγραμματισμού ήταν πολύ καλή, αλλά ο τρόπος με τον οποίο πρέπει να την προσεγγίσει κανείς διαφέρει από απλό συνταγολόγιο, αλλά έχει να κάνει πιο πολύ με τη σχέση μεταξύ υψηλού και χαμηλού επιπέδου όψεις του προγράμματος. Αυτό το κάνεις με το να αντιμετωπίζεις το πρόγραμμα σα ιστό [web], σαν ένα σύνολο από μικρά κομμάτια απλά και αυτόνομα με απλές συνδέσεις μεταξύ τους. Αυτός ο τρόπος του να αντιμετωπίζεις κανείς το περίπλοκο «όλον» βλέποντας τα απλά μέρη του και τον απλό τρόπο με τον οποίο συνδέονται, υποστηρίζεται από το WEB. Μπορεί κανείς να γράφει τα μέρη του προγράμματος με οποιαδήποτε σειρά αυτός επιθυμεί. Μερικές φορές γράφεις από το τέλος προς την αρχή. Αυτό σημαίνει ότι πιστεύεις ότι θα χρειαστείς μία υπορουτίνα οπότε την γράφεις τη στιγμή που αισθάνεσαι έτοιμος για αυτό. Με αυτή την αντίστροφη πορεία ο προγραμματισμός γίνεται ισχυρότερος αφού όταν φτάσει κανείς στην ένατη σελίδα έχει αναπτύξει περισσότερα εργαλεία για την δέκατη σελίδα. Με την άλλη πορεία (από την αρχή προς το τέλος) ξεκινάς λέγοντας πρώτα θα φτιάξω αυτό, μετά εκείνο, κ.λπ., αλλά πρέπει να προγραμματίσεις την κατασκευή αυτών των κομματιών. Πολύ πιθανό να φτάσεις να γράφεις 100 σελίδες πριν ανακαλύψεις πως θα μπορούσες να είχες γράψει αυτά τα κομμάτια. Αυτή η πορεία φαίνεται καλή στις πρώτες σελίδες αλλά μετά γίνεται πολύ δύσκολη δουλειά. Η αντίστροφη πορεία επίσης φαίνεται καλά στις πρώτες σελίδες αλλά τελικά αποδυναμώνεται ισχυρότερη αφού λαμβάνει υπόψη της την τρέχουσα ψυχολογία του προγραμματιστή.

Αυτό έκανα και με το TeX, ένα πολύ μεγάλο πρόγραμμα με περισσότερες από 500 σελίδες κώδικα. Σε όλη την πορεία της συγγραφής του προγράμματος το επόμενο βήμα ήταν μοναδικό, προκαθορισμένο από το τι είχα γράψει μέχρι εκείνη τη στιγμή. Καμία μεθοδολογία δεν θα μπορούσε να μου μάθει πως να γράψω ένα τέτοιο πρόγραμμα, αν έπρεπε να την ακολουθήσω αυστηρά. Αν όμως θελήσω να εξηγήσω το πρόγραμμα σε έναν καλό προγραμματιστή υπάρχει μόνο ένας –φυσικός– τρόπος να το κάνω. Η σειρά με την οποία εμφανίζετε ο κώδικας στο βιβλίο είναι η σειρά με την οποία τον έγραφα.

**CLB:** Σε ποιά βαθμό ακολουθήτε τον ιερό πόλεμο για την μεθοδολογία παραγωγής προγραμμάτων;

**Knuth:** Δεν παρακολούθησα σε κάθε λεπτομέρεια αυτή την ιστορία αλλά ήμουν ενήμερος για τις ιδέες που κυριαρχούσαν. Νομίζω πως ήταν υπερβολή να γίνει αυτό το θέμα θρησκεία. Εκείνα τα χρόνια υπήρχε θέμα πολιτικής ορθότητας για το πως έπρεπε να γραφτεί ένα πρόγραμμα. Υπήρξε κάτι ανάλογο στην κοινότητα των μαθηματικών στην δεκαετία του 20 οπότε οι άνθρωποι έλεγαν ότι οι καλοί μαθηματικοί έπρεπε να αποδεικνύουν με συγκεκριμένο τρόπο. Δεν σου επιτρεπόταν να χρησιμοποιήσεις συγκεκριμένες τεχνικές απόδειξης επειδή κάποιος πίστευαν ότι υπήρχε ο κίνδυνος να οδηγηθείς σε αντιφάσεις. Ήταν σα να προσπαθείς να κάνεις μαθηματικά με το ένα σου χέρι δεμένο πίσω από την πλά-

τη σου. Ομοίως ο «πολιτικά ορθός» δομημένος προγραμματισμός εμπόδιζε τον κόσμο από το να γράφει καλά προγράμματα, ενώ γνώριζαν τι έκαναν· απλά ο τρόπος με τον οποίο προσέγγιζαν το πρόβλημα δεν συμφωνούσε με την ιδέα του «σωστού».

Η επιστήμη των υπολογιστών είναι όπως οποιαδήποτε άλλη επιστήμη· ακολουθεί την μόδα. Κάποιες ιδέες είναι καλές, αλλά σχεδόν όλες τις καλές ιδέες τις συνιθίζου οι άνθρωποι διαφορετικά από ότι θα έπρεπε. Για παράδειγμα κοιτάζετε τι έγινε με τις γεννήτριες τυχαίων αριθμών. Δεν είχαμε ιδέα για το πως να παράγουμε τυχαίους αριθμούς για 15 χρόνια. Μετά κάποιος απέδειξε ένα μικρό αποτέλεσμα για μία συγκεκριμένη τεχνική: αν υπολογίσεις την μέση τιμή του γραμμικής συσχετίσης μιάς περιόδου ενός δισεκατομυρίου αριθμών το αποτέλεσμα είναι μηδέν. Και ξαφνικά στράφηκαν εκεί. Πήραν όλες τις παλιές τους ρουτίνες και τις προσαρμόσαν σε αυτή τη μέθοδο γιατί ήταν το μόνο διαθέσιμο θεωρητικό εργαλείο. Αποδείχθηκε ότι ήταν μία πολύ κακή μέθοδος γιατί δεν είχε προβλέψει η θεωρία ότι ο μέσος όρος αυτής της περιόδου με το πρώτο μισό δισεκατομύριο ίσο με +1 και το υπόλοιπο μισό ίσο με -1 έκανε πάλι μηδέν!

Σε όλη την πορεία της ιστορίας οι άνθρωποι δανίστηκαν ιδέες και δεν αντιλήφθηκαν τα όρια αυτών των ιδεών.

**CLB:** Ποιά ήταν αυτή η μέθοδος για την οποία μιλάτε;

**Knuth:** Λεγόταν RANDU στις περισσότερες βιβλιοθήκες υπορουτίνων. Είναι αδύνατο να την βρείτε κάπου· αν παρόλα αυτά κάποιος δει μια υπορουτίνα με όνομα RANDU το καλύτερο που έχει να κάνει είναι να απαλλαγεί αμέσως από αυτήν!

**CLB:** Την συγχώνευση του WEB με την [γλώσσα προγραμματισμού] C την κάνατε γιατί η C χρησιμοποιείται ευρέως από του προγραμματιστές ή γιατί σας αρέσει η C και την χρησιμοποιείτε;

**Knuth:** Νομίζω ότι η C έχει πολλές σημαντικές δυνατότητες. Ο τρόπος με τον οποίο χειρίζεται τους δείκτες για παράδειγμα είναι μια καταπληκτική καινοτομία· έλυσε πολλά προβλήματα που είχαμε πριν με τον δομομένο προγραμματισμό και βελτίωσε την εμφάνιση των προγραμμάτων. Η C δεν είναι η τέλεια γλώσσα, καμία γλώσσα δεν είναι τέλεια αλλά νομίζω ότι έχει πάρα πολλά καλά στοιχεία και επίσης μπορείς να αποφύγεις τα μέρη που δεν σου αρέσουν. Πράγματι η C μου αρέσει ειδικά γιατί δίνει καλά με το λειτουργικό (αν χρησιμοποιείς Unix για παράδειγμα). Σε όλη μου την ζωή χρησιμοποιούσα πάντα την γλώσσα που έδενε καλύτερα με το debugging του λειτουργικού που χρησιμοποιούσα. Αν είχα καλύτερο debugger για την γλώσσα Ξ και αν η Ξ έδενε καλύτερα με το λειτουργικό θα χρησιμοποιούσα αυτή. Μια ακραία περίπτωση συνέβη κάποτε όταν ούλενα σε ένα εργαστήριο που το λειτουργικό σύστημα ήταν σχεδιασμένο από τον Ned Irons. Το σύστημα ήταν για ένα από τα πρώτα Cray και ο Irons είχε γράψει και έναν συμπιλιστή (compiler) μιας γλώσσας που λέγονταν IMP. Η IMP είχε διάφορα

άσχημα ένα εκ των οποίων το ότι ήταν μία επεκτάσιμη γλώσσα και οποιοσδήποτε στο εργαστήριο μπορούσε να την επεκτείνει. Έτσι ένα πρόγραμμα που δούλευε την Δευτέρα, δεν δούλευε την Τρίτη και το πρώτο πράγμα που έκανε κανείς όταν συνέβαινε αυτό ήταν να κοιτάξει αν ο συμπιλιστής ήταν εντάξει. Το δεύτερο πράγμα για τον IMP ήταν ότι ήταν πολύ στριφνή γλώσσα. Για παράδειγμα στην PASCAL κανείς γράφει `IF X > 0 THEN . . .` ενώ στην IMP θα έπρεπε να γράψει `X+=>`. Με άλλα λόγια το πρόγραμμα ήταν μικρό σε μέγεθος. Ένοιωθες ότι έγγραφες κομψά προγράμματα γιατί αποτελούντουσαν από λιγοστούς χαρακτήρες. Όμως την επόμενη μέρα δεν μπορούσες να τα διαβάσεις!

**CLB:** Αντιλαμβάνομαι ότι τώρα βάζετε έμφαση σε αυτό που λέμε *λογιστεχνικό προγραμματισμό* (literate programming), αλλά σας άρεσε ποτέ μία πιο μαθηματική γλώσσα όπως η APL;

**Knuth:** Αυτό είναι άλλο θέμα. Η APL είναι για εκείνους που έχουν να λύσουν κάποια προβλήματα και δεν τους ενδιαφέρει η αποτελεσματικότητα: θέλουν έναν όμορφο και κομψό τρόπο να διατυπώσουν τη λύση του προβλήματος τους ανεξάρτητα με το αν ήταν εύκολη η δουλειά που είχε να κάνει ένας υπολογιστής για να βρει αυτή τη λύση. Είναι μία γλώσσα για να λύνεις προβλήματα και όχι για προγραμματισμό. . . υπάρχει βέβαια και το APL-WEB. Αλλά θα ήθελα να πω κάτι ακόμα για την IMP. Το τρίτο κακό αυτής της γλώσσας ήταν ότι αν έκανες ένα λάθος, ο συμπιλιστής έκανε κύκλους και σταματούσε στο πρώτο λάθος λέγοντας «`ERROR, ERROR, ERROR`» και μετά τερμάτιζε: θα έπρεπε να βρεις ποιό ήταν το λάθος. Δεν ήταν καμία καταπληκτική γλώσσα αλλά ούτε και ο συμπιλιστής ήταν καταπληκτικός. Όμως ήταν αυτή που προτιμούσα γιατί ταίριαζε απόλυτα με το λειτουργικό σύστημα. Οι *παρατάξεις* (arrays) ονομαζόταν έτσι που ήταν εύκολο να τα δεις στον debugger και μπορούσες να δείς ποιές θέσεις μνήμης καταλάμβαιναν, ήξερες πως πήγαιναν τα πράγματα και μπορούσες να τρέξεις το πρόγραμμα σου αξιόπιστα γιατί η IMP έδενε καλά με το λειτουργικό. Αυτό δεν μπορούσες να το κάνεις με καμία άλλη γλώσσα. Μπορούσες να γράψεις με μία καλύτερη γλώσσα αλλά θα τελείωνες το πρόγραμμά σου δύο βδομάδες αργότερα από ότι αν χρησιμοποιούσες την IMP.

**CLB:** Χρησιμοποιήθηκε η IMP στο Stanford;

**Knuth:** Ήταν σε ένα εργαστήριο στο Princeton. Ένα χρόνο πριν έρθω στο Stanford, εργαζόμουν εκεί σε ένα απόρρητο ερευνητικό πρόγραμμα κρυπτανάλυσης.

**CLB:** Πείτε μας τώρα για το άλλο σας νέο βιβλίο, το Stanford GraphBase.

**Knuth:** Αυτό το βιβλίο είναι για δύο είδη ανθρώπων. Έχει ένα ερευνητικό στόχο: εκείνοι που εργάζονται στη μελέτη νέων αλγορίθμων για συνδυαστικά προβλήματα χρειάζονται ένα συγκεκριμένο σύνολο *δεδομένων δοκιμής* (test data) για ελέγχους ταχύτητας. Καθώς προετοίμαζα τον τόμο IV της σειράς The Art of Computer Programming, αποφάσισα να κάνω διαθέσιμα σ' όλον τον κό-

σμο τα στοιχεία και τα παραδείγματα που χρησιμοποιούσα. Υπήρχε ανάγκη για κάποιους τυποποιημένους ελέγχους ταχύτητας, και όλα πρέπει να είναι διαταγμένα έτσι που να είναι χρήσιμα με πολλούς τρόπους. Έτσι τώρα έχω μία συλλογή από χιλιάδες τυποποιημένα σύνολα δεδομένων και οποισδήποτε στην Πολωνία μπορεί να έχει ακριβώς τα ίδια σύνολα δεδομένων με κάποιον στην αμερική ή στην Κίνα. Είναι ανεξάρτητη υπολογιστικής πλατφόρμας και κανείς μπορεί να τα αποκτήσει μέσω Internet

Ο δεύτερος λόγος για τον οποίο μου αρέσει το GraphBase είναι γιατί αποτελεί ένα παράδειγμα προγραμματισμού με το CWEB — είναι στην πραγματικότητα 32 παραδείγματα χρήσης του CWEB. Είναι 32 μικρά προγράμματα που δείχνουν το στυλ προγραμματισμού που προτιμώ. Τα παραδείγματα είναι σαν μικρά δοκίμια, μικρές ιστορίες προγραμμάτων που είναι και ευχάριστο να τα διαβάσει κανείς.

**CLB:** Σε τι υπολογιστικό περιβάλλον (υπολογιστή και λογισμικό) δουλεύετε τώρα;

**Knuth:** Χρησιμοποιώ την CWEB για προγραμματισμό. Χρησιμοποιώ επίσης πάρα πολύ τον Emacs, και την γλώσσα METAPOST για τεχνικό σχέδιο. Πρόκειται για μία καινούργια γλώσσα που έφτιαξε ο John Hobby που πιστεύω πως σύντομα θα διατίθεται μέσω του Internet<sup>2</sup>. Βασίζεται στο METAFONT. 75% του κώδικά της είναι δικός μου απο το METAFONT αλλά είναι τροποποιημένη ώστε να παράγει PostScript. Μου αρέσει πάρα πολύ.

Επίσης χρησιμοποιώ MATHEMATICA. Οι άνθρωποι της MAPLE προσπαθούν να με πείσουν να γυρίσω στο MAPLE, ένα πολύ καλό πρόγραμμα. Αυτή τη στιγμή όμως προτιμώ το MATHEMATICA γιατί δεν χρειάζεται να δηλώνεις τους παλλαπλασιασμούς: μπορείς να πεις '2X' αντί για '2 \* X'. Επίσης το εγχειρίδιο του MATHEMATICA είναι εξαιρετικό.

**CLB:** Σας αρέσει το στυλ του Wolfram;

**Knuth:** Ιδιαίτερα το ευρετήριο όρων... μπορείς εύκολα να βρεις τα πάντα στο βιβλίο. Στην πρώτη έκδοση όταν είχα ένα πρόβλημα να λύσω κοιτούσα στο ευρετήριο και σχεδόν πάντα με παρέπεμπε στη σωστή σελίδα. Υπήρξαν μόνο μιά δυό φορές που δεν βρήκα τη λέξη που έψαχνα και τη σημείωσα εγώ στο ευρετήριο για να την βρώ εύκολα την επόμενη φορά που θα τη χρειαζόμουν. Στη δεύτερη έκδοση αυτά είχαν όλα διορθωθεί, παρόλο που δεν τα ανέφερα εγώ σε κανέναν.

**CLB:** Θα ήθελα τώρα να μου πείτε τις εντυπώσεις σας για κάποιες ερευνητικές περιοχές και αν έχετε εργασθεί πάνω σε αυτές. Η πρώτη είναι οι γενετικοί αλγόριθμοι. Πως σας φαίνεται η γενική ιδέα ότι αντί να αποφασίζει ο άνθρωπος για τον αλγόριθμο αποφασίζει μια μηχανή...

<sup>2</sup> Σ.Ε.Σ. Πράγμα που τώρα συμβαίνει.

**Knuth:** Σχεδιάζω να πειραματιστώ πολύ με αυτό το θέμα όταν θα φτάσω στον τέταρτο τόμο. Υπάρχει γενετική αναπαραγωγή, υπάρχει η μέθοδος της simulated annealing, έχουν αναπτυχθεί και άλλες στρατηγικές. Εγώ έχω μία μέθοδο στο βιβλίο Stanford GraphBase που την έχω ονομάσει «stratified greed». Όλες αυτές οι τεχνικές έχουν στόχο το ίδιο είδος προβλημάτων και θέλω να κάνω πολλές δοκιμές· μερικές μπορούν να δουλέψουν καλύτερα σε ένα πρόβλημα από ότι σε ένα άλλο, και θέλω να αναπτύξω μία διαίσθηση για όλα αυτά. Κάποια προβλήματα ανήκουν με μία φυσική έννοια στα νευρωνικά δίκτυα... οι γενετικοί αλγόριθμοι μάλλον θα τα πάνε καλά σε θέματα που έχουν να κάνουν με αναγνώριση φωνής, και κάποιοι λένε ότι θα κάνουν και για χρηματιστηριακές προβλέψεις ή άλλα τέτοια θέματα. Κατα κάποιο τρόπο όσο κοντύτερα είναι το πρόβλημα σε φυσικές διεργασίες τόσο καλύτερα αναμένεται να δουλεύει ένας γενετικός αλγόριθμος, ενώ όσο κοντύτερα είναι το πρόβλημα στη θεωρία αριθμών ή κάτι τεχνητό, τόσο περιμένει κανείς κάποια άλλη προσέγγιση να δουλεύει καλύτερα. Είναι δύσκολο να καταλάβει κανείς πως θα δουλέψουν αυτές οι μέθοδοι σε σχέση με το μέγεθος του προβλήματος. Μπορεί σε ένα μικρο πρόβλημα να τα πάνε καλά και να αποτύχουν σε ένα λίγο μεγαλύτερο. Η ανάποδα βέβαια.

**CLB:** Από ό,τι φαίνεται έχετε πολλά χρόνια δουριάς ακόμα μπροστά σας.

Knuth Η Stanford GraphBase μου παρέχει απεριόριστο αριθμό προβλημάτων. Διαβάζω τι ισχυρίζονται άλλοι για τις δικές τους μεθόδους, αλλά τις δοκιμάζω και μόνος μου. Η πρωτότυπη δουλειά που κάνω στο The Art Of Computer Programming είναι να πάρω τις μεθόδους δύο διαφορετικών ανθρώπων και να αναλύσω την μέθοδο *A* από τη σκοπιά του *B* και αντίστροφα. Αυτοί τα βλέπουν μόνο από τη δική τους σκοπιά οπότε εγώ προσπαθώ να συμπληρώσω κενά...

**CLB:** Τί έχετε να πείτε για τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό;

**Knuth:** Πάντα είχα στο νου μου ένα τέτοιο είδος προγραμματισμού αλλά ποτέ δεν χρησιμοποίησα γλώσσες που απαιτούσαν κάτι τέτοιο. Συνήθως είχα εγώ απαιτήσεις από τις γλώσσες. Τώρα οι γλώσσες μπορούν να σου βρουν τα λάθη σου και έτσι είναι πιο εύκολο να κρύψεις πληροφορίες από το ένα μέρος του προγράμματος στο άλλο. Στα δικά μου προγράμματα με παλιότερες γλώσσες δεν χρησιμοποιούσα κάτι που δεν έπρεπε να χρησιμοποιήσω· έπρεπε να επιβάλλω στον εαυτό μου να χρησιμοποιώ αυτούς τους κανόνες. Μπορούσα και το έκανα. Δεν υπήρχαν προγράμματα που δε μπορούσα να γράψω... αλλά τα νέα εργαλεία και αυτά βοηθάνε.

Το πρόβλημα που έχω με αυτό το θέμα σήμερα είναι ότι... η C++ είναι πολύ περίπλοκη. Για την ώρα είναι αδύνατο για μένα να γράψω κώδικα που θα δουλεύει σε πολλές υπολογιστικές πλατφόρμες, εκτός και αν αποφύγω όλα τα εξωτικά εργαλεία. Όποτε αυτοί που σχεδίασαν την C++ όταν είχαν δύο αντίθετες απόψεις για το πως να λύσουν ένα θέμα, έλεγαν εντάξει ας συμπεριλάβουμε και τις δύο. Έτσι η γλώσσα είναι πολύ «baroque» κατά τη γνώμη μου. Αλλά κάθε

χρήστης της C++ έχει ένα υποσύνολο της γλώσσας που χρησιμοποιεί οπότε αυτό είναι καλό. Το CWEB βέβαια υποστηρίζει και την C++ αλλά και την C.

**CLB:** Πείτε μας τις σχέσεις σας για περιοχές όπως θεωρία του χάους, fractals (χώροι μη ακέραιας διάστασης) κ.λπ. Η ασάφεια που τα διακρίνει φαίνεται να είναι σε αντίθεση με τις περιοχές που ασχοληθήκατε στο παρελθόν.

**Knuth:** Αρχικά έκανα κάποια δουλειά στους χώρους μη ακέραιας διάστασης, πρόκειται για μία καταπληκτική αφαίρεση. Μπορούν να κατασκευαστούν μοντέλα που πριν δεν μπορούσαμε να σκεφτούμε και ταιριάζουν με πολλά πράγματα στη φύση όταν το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους έχει να κάνει με ένα θέμα που επαναλαμβάνετε συνεχώς σε διαφορετική κλίμακα. Για παράδειγμα αν κανείς μεγενθύνει το περίγραμμα της ακρογιαλιάς πάλι θα βλέπει το ίδιο σχήμα, και πολλά πράγματα έχουν αυτή την ιδιότητα. Η φύση έχει τους δικούς της επαναληπτικούς αλγορίθμους για να παράγει πράγματα όπως σύννεφα, ελβετικό τυρί κ.λπ. Τώρα έχουμε μαθηματικές τεχνικές για να κατανοούμε αυτές τις διαδικασίες που προχωράνε πέρα από τις διαφορικές εξισώσεις που έχουμε συνηθίσει να χρησιμοποιούμε από τους προηγούμενους αιώνες. Έχουμε ένα ολοκαίνουργιο εργαλείο να χρησιμοποιούμε αν και δεν έχω αναπτυγμένη διαίσθηση για αυτές τις τεχνικές. Γνωρίζω τα όρια της διαίσθησής μου· μερικά προβλήματα μπορώ να τα λύσω καλά αλλά ξέρω ότι άλλοι μπορούν να δουν αμέσως κάτι που εμένα θα μου πάρει πολύ ώρα να δω... δεν είναι το δυνατό μου σημείο.

**CLB:** Σε ποίο βαθμό έχετε παρακολουθήσει τις εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη; Το τρίτο σας πρόγραμμα ήταν ένα πρόγραμμα τρίλιζας που μάθαινε από τα λάθη του, και το Stanford είναι ένα από τα κορυφαία ιδρύματα στην έρευνα για την τεχνητή νοημοσύνη...

**Knuth:** Η τεχνητή νοημοσύνη σχετίζεται άμεσα με τον τέταρτο τόμο· οι ερευνητές του θέματος χρησιμοποιούν τις συνδυαστικές τεχνικές που μελετώ, οπότε υπάρχουν αρκετές δημοσιεύσεις που σχετίζονται με το θέμα. Δουλειά μου είναι να συγκρίνω τα αποτελέσματα στην τεχνητή νοημοσύνη με αυτά της κοινότητας των ηλεκτρολόγων μηχανικών, και άλλων ειδικοτήτων· κάθε κοινότητα έχει και ένα διαφορετικό τρόπο προσέγγισης των προβλημάτων. Προσπαθώ να διαβάσω αυτά τα πράγματα και να ενοποιήσω τις ιδέες. Οι πιο δύσκολες εφαρμογές και τα πιο απαιτητικά προβλήματα στην ιστορία των υπολογιστών είναι στην τεχνητή νοημοσύνη. Η τεχνητή νοημοσύνη είναι η πιο παραγωγική πηγή νέων τεχνικών στην επιστήμη των υπολογιστών. Μας οδήγησε σε πολλές και σημαντικές προόδους όπως δομές δεδομένων και ανάλυση λιστών... Πολλά από τα καλύτερα παραδείγματα για debugging και για να κάνεις το λογισμικό να δουλεύει, όλα τα συστήματα συμβολικής άλγεβρας που φτιάχτηκαν, οι πρώτες μελέτες γραφικών και τεχνητής όρασης, κ.λπ. όλα έχουν πολύ βαθιές ρίζες στην τεχνητή νοημοσύνη.

**CLB:** Δηλαδή δεν είστε από αυτούς που υποτιμούν ότι έγινε σε αυτή την περιοχή...

**Knuth:** Καθόλου. Αυτό που έγινε ήταν ότι πολλοί πίστεψαν ότι η τεχνητή νοημοσύνη θα γινόταν πανάκεια. Είναι κάτι σαν να έχεις μία εταιρεία που πέφτουν οι μετοχές της επειδή οι προβλέψεις για τα κέρδη της ήταν 18% ενώ τα πραγματικά της κέρδη ήταν 15%. Αυτό συνέβη γιατί πίστεψαν ότι μια μεθοδολογία θα έλυνε τα πάντα. Κατά πάσα πιθανότητα αυτό θα συμβεί με όλα τα θέματα που τώρα εντυπωσιάζουν: οι άνθρωποι θα καταλάβουν ότι με αυτά δεν μπορούν να απαντήσουν τα πάντα. Πολλά προβλήματα είναι τόσο δύσκολα που ποτέ δεν θα βρούμε μια καλή λύση για αυτά. Οι άνθρωποι απογοητεύονται όταν δεν βρίσκουν την «πηγή της νιότης»...

**CLB:** Αν τελειώνετε τώρα το πανεπιστήμιο ή το διδακτορικό σας τι είδους έρευνα θα διαλέγατε; Ή μήπως δεν θα διαλέγατε καν έρευνα;

**Knuth:** Νομίζω πως τα πιο ενδιαφέροντα θέματα αυτή τη στιγμή στην επιστήμη των υπολογιστών είναι στη ρομποτική και στη βιοχημεία. Για παράδειγμα ή ρομποτική είναι καταπληκτικό θέμα: να φτιάχνεις αντικείμενα που κινούνται και αλληλοεπικοινωνούν μεταξύ τους. Το Stanford έχει ένα μεγάλο εργαστήριο ρομποτικής και το σχέδιό μας είναι να φτιάξουμε ένα νέο κτήριο που θα έχει εκατό ρομπότ που θα περπατάνε στους διαδρόμους για να ανεβαίνει έτσι το ενδιαφέρον των φοιτητών. Θα μας πάρει περίπου δύο με τρία χρόνια μέχρι να μεταφερθούμε στο νέο κτήριο. Μόνο που θα βλέπεις ρομποτ εκεί θα σου έρχονται ιδέες για καινούργια πράγματα. Αυτά τα προβλήματα επίσης παράγουν ωραίες μαθηματικές και θεωρητικές ερωτήσεις. Και υψηλού επιπέδου γραφικά εργαλεία, μια περιοχή που έχει επίσης ένα τεράστιο αριθμό καταπληκτικών ιδεών. Ναι, θα ήθελα να ασχοληθώ με αυτό.

**CLB:** Γιατί αναφέρατε την βιοχημεία;

**Knuth:** Υπάρχουν εκατομύρια άλυστα προβλήματα εκεί. Η βιολογία είναι πολύ ψηφιακή, πολύ περίπλοκη και απείρως χρήσιμη. Το πρόβλημα με τη βιολογία είναι ότι αν πρέπει να εργαστείς ως βιολόγος είναι βαρετό. Τα πειράματα μπορεί να κρατήσουν και τρία χρόνια και ξαφνικά μπορεί να πέσει το ρεύμα και τα πάντα πεθαίνουν! Πάλι από την αρχή. Στους υπολογιστές φτιάχνεις τον δικό σου κόσμο. Οι βιολόγοι πάντως αξίζουν συγχαρητήρια που τα καταφέρνουν.

Είναι δύσκολο για μένα να πω με σιγουριά μετά από 50 ακόμα χρόνια εκρηκτικής ανάπτυξης των υπολογιστών ότι θα συνεχίσει να έχει ενδιαφέροντα προβλήματα η επιστήμη των υπολογιστών και δεν θα είναι απλά βελτιώσεις ήδη γνωστών πραγμάτων. Ίσως όλα τα ενδιαφέροντα πράγματα να έχουν ανακαλυφθεί. Ίσως και να κάνω λάθος αλλά δεν μπορώ να προβλέψω μία ατελείωτη ανάπτυξη. Δεν μπορώ να είμαι τόσο σίγουρος για τους υπολογιστές όσο μπορώ να είμαι για την βιολογία. Αυτή έχει ενδιαφέροντα προβλήματα για τουλάχιστον άλλα 500 χρόνια, είναι σε αυτό το επίπεδο.

**CLB:** Η χρήση του διαδικτύου (Internet) είναι εκρηκτικά αυξανόμενη τώρα, με όλο και περισσότερες. . .

**Knuth:** Μιά μέρα θα αναρωτηθούμε ποιός πληρώνει για όλα αυτά!

**CLB:** Το χρησιμοποιήτε; Γνωρίζω ότι το χρησιμοποιούσατε στο παρελθόν.

**Knuth:** Δεκαπέντε χρόνια χρησιμοποιούσα ηλεκτρονικό ταχυδρομείο στο ARPANET και στο Internet. Κάποια στιγμή τον Ιανουάριο του 1990 σταμάτησα γιατί μου έπαιρνε πολύ χρόνο να βρω άκρη ανάμεσα σε όλη αυτή τη σαβούρα. Δεν έχω ηλεκτρονική διεύθυνση. Όσοι προσπαθούν να μου γράψουν παίρνουν μία απάντηση που λέει «Ο Καθηγητής Knuth έχει σταματήσει να διαβάζει ηλεκτρονικό ταχυδρομείο· μπορείτε να του γράψετε στην τάδε διεύθυνση»<sup>3</sup>.

Είναι αδύνατο να κλείσεις το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο! Στέλνεις ένα μήνυμα σε κάποιον και απαντάει «Σας ευχαριστώ» και εσύ ξανααπαντάς «ΟΚ, σας ευχαριστώ που με ευχαριστήτε. . .»

Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο είναι πολύ καλό για αυτούς που θέλουν να είναι στην αιχμή των πραγμάτων. Αλλά εγώ δουλεύω στην άλλη άκρη. Κοιτάω ιδέες προσεκτικά και προσπαθώ να τις γράψω. . . κινούμε αργά ανάμεσα σε πράγματα που έχουν κάνει άλλοι και προσπαθώ να τα οργανώσω. Αλλά δεν ξέρω τι συμβαίνει αυτο τον μήνα.

Έτσι λοιπόν δεν διαβάζω ηλεκτρονικό ταχυδρομείο πια, εκτος από σπάνιες περιπτώσεις όπως όταν πηγαίνω ένα ταξίδι π.χ. στο Ισραήλ και θέλω να κανονίσω πράγματα της τελευταίας στιγμής. Ξέρω πως να χρησιμοποιώ το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο του Emacs αλλά δεν θέλω να γίνω καλός σε αυτό.

**CLB:** Έχετε πολλά ενδιαφέροντα έξω από τους υπολογιστές και τα μαθηματικά—μουσική, θρησκεία, συγγραφή. Η μουσική είναι μία δημιουργική σας διεξοδος, ένας τρόπος για να διασκεδάσετε ή μία θρησκευτική διεξοδος;

**Knuth:** Αυτή τη στιγμή είναι για διασκέδαση. Μου αρέσει να έρχονται φίλοι στο σπίτι και να παίζουμε πιάνο παρέα. Αν μπορούσα θα το έκανα κάθε βδομάδα. Ελπίζω να ζήσω αρκετά ώστε να τελειώσω το έργο της ζωής μου την σειρά βιβλίων The Art Of Computer Programming και μετά ίσως ασχοληθώ με την σύνθεση μουσικής. Ένα όνειρο είναι. . . κακή μουσική βέβαια.

**CLB:** Έχετε γράψει κάποιες συνθέσεις ήδη, σωστά;

**Knuth:** Ναι, αλλά ήταν κυρίως ένα άθροισμα από μουσικά θέματα άλλων ανθρώπων. Όταν ήμουν φοιτητής είχα γράψει μία μικρή μουσική κωμωδία που λεγόταν «Nebbishland». Αυτή η δουλειά είχε διάρκεια περίπου 10 λεπτά, αλλά και η μουσική και οι στοίχοι ήταν δικό μου.

<sup>3</sup> Σ.Ε.Σ. Αυτό δεν είναι αλήθεια, αλλά ο Knuth δε δημοσιοποιεί την ηλεκτρονική του διεύθυνση.

**CLB:** Έχετε κρατήσει την παρτιτούρα;

**Knuth:** Ναι... ή μάλλον όχι! Την έχασα. Έχω μόνο ένα μέρος. Πιστεύω να την βρώ κάπου. Φτιάχνω ένα αρχείο τώρα στον υπολογιστή για όλα τα πράγματα που έχω στο σπίτι μου.

**CLB:** Παίζατε καθόλου με την τεχνολογία MIDI, ή κρατήσατε επίτηδες αποστάσεις από αυτήν.

**Knuth:** Μου αρέσει πολύ. Αγόρασα τα περασμένα Χριστούγεννα ένα συνθεσάιζερ για τον γιό μου και έπαιζα με τις ώρες. Μου άρεσε πάρα πολύ. Παλιότερα είχα παίξει σε ένα συνθεσάιζερ Kurzweil στο σπίτι του Marvin Minsky που ήταν μία προσομοίωση πιάνου. Τελευταία ένας φίλος πήγε στην Αγγλία για τρία χρόνια και δεν ήθελε να πάρει το πιάνο του μαζί του, έτσι αγόρασε ένα Yamaha με έξι φωνές. Όταν τον επισκέφτηκα πέρασα τρεις υπέροχες μέρες παίζοντας τα κομμάτια που ήξερα να παίζω στο πιάνο δοκιμάζοντας διάφορες φωνές. Η προσομοίωση πιάνου που είχε έμοιζε με τσέμπαλο αλλά τα πλήκτρα ήταν ευαίσθητα στο πόσο τα πατούσες οπότε μπορούσες να παίζεις δυνατά ή απαλά πράγμα που δεν μπορείς να κάνεις σε ένα πραγματικό τσέμπαλο. Αυτα τα συνθεσάιζερ είναι πραγματικά πολύ καλά.

**CLB:** Πότε βγήκατε στη σύνταξη από το Stanford;

**Knuth:** Φέτος. Είχα άδεια για δύο χρόνια ώσπου να μπορώ και τυπικά να βγώ στη σύνταξη. Άτυπα είχα βγεί από το 1990 την ίδια μέρα που σταμάτησα να διαβάζω ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Είχα ανακοινώσει τα σχέδιά μου τρία χρόνια νωρίτερα. Διαπίστωσα ότι αυτό που ήθελα να κάνω στη ζωή μου ήταν να τελειώσω το *The Art Of Computer Programming*. Είχα προβλέψει ότι θα μου πάρει 20 χρόνια πλήρους απασχόλησης. Εάν συνεχίζα να κάνω αυτά που έκανα θα μου έπαιρνε 40 ή και 50 χρόνια. Με άλλα λόγια δεν προχωρούσε, και έμενα συνεχώς πίσω. Έτσι αποφάσισα να βγω στη σύνταξη. Βέβαια δεν μου αρέσει που άφησα ότι άλλο έκανα αλλά υπήρχαν και πράγματα που πολύ χάρηκα που απαλλάχτηκα από αυτά, όπως το να γράφω *προτάσεις για ερευνητικά προγράμματα*.

**CLB:** Έπρεπε να γράφετε και προτάσεις για ερευνητικά προγράμματα; Νόμιζα ότι θα ήσασταν απαλλαγμένος από αυτό.

**Knuth:** Έχετε χιούμορ βλέπω. Δεν πρέπει να το κάνω πια αλλά σαν καθηγητής για να έχω καλο εξοπλισμό για τους φοιτητές μου ή να μπορώ να έχω επισκέπτες για ερευνητικά προγράμματα, έπρεπε να βρίσκω χορηγούς. Είναι πολύ δουλειά να ζητιανεύεις λεφτά. Το System Development Foundation μου είχαν πει ότι θα μου έδιναν ένα εκατομμύριο δολάρια για να τελειώσω το  $\TeX$  ώστε να πιστρέψω στη συγγραφή της σειράς *The Art Of Computer Programming*.

**CLB:** Τα πήρατε;

**Knuth:** Βεβαίως, αλλά πάλι πήρε πάρα πολλά χρόνια για να τελειώσω το T<sub>E</sub>X. Αποφάσισα έτσι ότι ο μόνος τρόπος για να τελειώσω τη σειρά The Art Of Computer Programming ήταν να αφιερωθώ πλήρως σε αυτό. Ήταν δύσκολο να προσαρμοστώ τα πρώτα 2–3 χρόνια. Τώρα όμως νοιώθω εντάξει.

Δίνω διαλέξεις στο Stanford κάθε μήνα με γενικό τίτλο Computer Musings. Σχεδιάζω να συνεχίσω να δίνω τέτοιες ομιλίες σε θέματα και ιδέες που βρίσκω ενδιαφέρουσες για τα επόμενα 20 χρόνια. Παρουσιάζω προβλήματα που δεν μπορώ να λύσω ώστε κάποιος να τα λύσει αντί για εμένα. Αν δεν μπορώ να λύσω ένα πρόβλημα για 2 ώρες το δίνω σε κάποιον άλλον να το λύσει αλλιώς πάλι μένω πίσω. Καθώς γράφω το βιβλίο κινούμε από θέμα σε θέμα παρίπου ανά τρεις βδομάδες.

**CLB:** Είσατε ιδιαίτερα γνωστός για αυτά που έχετε γράψει και για την έρευνά σας· σας άρεσε όμως η διδασκαλία και η συναναστροφή με τους φοιτητές;

**Knuth:** Είχαμε τους καλύτερους φοιτητές του κόσμου. Ακόμα συναναστρεφόμεθα με τους φοιτητές μέσω των διαλέξεών μου αλλά δεν μπορώ να συγκρατήσω τα ονόματά τους πιά. Αυτό είναι ένα πρόβλημα.

Ας υποθέσουμε ότι δίνω μια διάλεξη της σειράς Computer Musings και διατυπώνω ένα ανοιχτό πρόβλημα. Και κάποιος από το ακροατήριο το λύνει, γράφει την διατριβή του, τελειώνει μέσα σε 2 βδομάδες και έρχετε και μου το δείχνει. Θα ενδιαφερθώ για το θέμα, θα το διαβάσω και θα υπογράψω τη διατριβή του... όμως αυτός είναι ο μόνος τρόπος επαφής. Είχα 28 φοιτητές που πήραν διδακτορικό μαζί μου και μάλλον τόσοι θα παραμείνουν εκτός και αν συμβεί κάτι πολύ γρήγορα στις διαλέξεις μου όπως ανέφερα πριν.

**CLB:** Real-time διδακτορικά! Τι διαφορές έχετε παρατηρήσει στους φοιτητές με την πάροδο όλων αυτών των ετών;

**Knuth:** Υπάρχει μιά πολύ σημαντική αλλαγή. Στη δεκαετία του 70 οι φοιτητές ενδιαφερόταν πολύ για μουσική. Το πρώτο πράγμα που τους ρωτούσαμε ήταν «τι μουσικό όργανο παίζετε;». Είχαμε πολλά μουσικά σχήματα κ.λπ. Τώρα σχεδόν κανένας δεν ενδιαφέρετε για την μουσική. Δεν ξέρω αν άλλαξαν οι φοιτητές που διαλέγουν τηνεπιστήμη των υπολογιστών ή το ίδιο συμβαίνει με όλους τους φοιτητές τώρα. Αν ρωτήσεις τώρα τους φοιτητές της επιστήμης των υπολογιστών ποιά είναι τα χόμπυ τους το πιο πιθανό είναι να σου πουν «η ποδηλασία». Πρόσφατα είχαμε κάποιον που έπαιζε φουσαρμόνικα αλλά δεν υπήρχε κανείς άλλος μουσικός.

**CLB:** Καμιά αλλαγή στην ποιότητα των φοιτητών;

**Knuth:** Οχι...εκτός από το ότι δεν ξέρουν τόσο καλά μαθηματικά όσο ήξεραν παλιά. Πρέπει να τους προετοιμάζουμε για αυτό με ειδικά μαθήματα ακόμα και σε ένα πανεπιστήμιο όπως το Stanford.

**CLB:** Αλλαγές στον χώρο; Με τόσο κόσμο και πρόοδο που έχει σήμερα ο κλάδος έχει αλλάξει καθόλου;

**Knuth:** Είναι πολύ διαφορετικός σήμερα. Υπάρχει επίσης ανταγωνισμός· είναι πιο δύσκολα τα πράγματα τώρα από ότι ήταν στην εποχή μου. Όταν άρχισα ήταν πολύ πιο εύκολο να ανακαλύψεις κάτι καινούργιο από ότι είναι σήμερα, όταν έχεις χιλιάδες έξυπνους ανθρώπους που κάνουν τόσα σπουδαία πράγματα. Τότε ίσως να υπήρχαν δέκα πολύ καλά διδακτορικά. Τώρα δεν μπορεί κανείς να παρακολουθήσει όλες τις εξελίξεις.

Ανεξάρτητα από τον κλάδο στον οποίο είσαι, όλοι δυσκολεύονται να παρακολουθούν τις εξελίξεις. Κάθε πεδίο στενεύει συνεχώς αφού κανείς δεν μπορεί να ξέρει όλη την περιοχή του πια. Καθένας διαλέγει δύο μικρές περιοχές μέσα στον κλάδο και μαθαίνει αυτές τις περιοχές· αν κάποιος ξέρει ξέρει την περιοχή Α και Β και κάποιος άλλος την Β και την Γ και ένας άλλος την Γ και την Δ τότε ο χώρος μένει ικανοποιητικά συννεκτικός παρόλο που μεγαλώνει.

**CLB:** Βλέπετε τον εαυτό σας σαν τον τελευταίο *αναγεννητή* της επιστήμης των υπολογιστών;

**Knuth:** Δεν έχω τόσο ευρεία γνώση όσο νομίζετε—δουλεύω σε ένα θέμα κάθε φορά. Νομίζω όμως πως μαθαίνω γρήγορα· μπορώ να γίνω ειδικός σε ένα θέμα αμέσως. Μάξευα διάφορα πράγματα 30 χρόνια τώρα ώστε να μπορώ να διαβάζω την βιβλιογραφία σε κάθε θέμα σε «batch mode»—χωρίς να αλλάζω θέματα συνέχεια. Μπορώ να αποροφήσω ένα θέμα τοπικά και να γίνω καλός σε αυτό για λίγο... αλλά μετά μην μου πείτα να κάνω αυτό που έκανα λίγους μήνες πριν. Επίσης έχω πολλούς ανυρώπους που διορθώνουν τα λάθη μου.

**CLB:** Η τελευταία μου και λιγότερο καλή για σας ερώτηση... ποιο είναι το τρέχον πλάνο για την συμπλήρωση και των επτα τόμων του *The Art Of Computer Programming*;

**Knuth:** Θα μαζεύουμε τέσσερα από αυτά πριν βγάλουμε τα δύο πρώτα κάθε χρόνο· θα κρατάμε κάποια στο pipeline! Να τα αναμένετε το 1995 ή 1996· πρόκειται για beta-test εκδόσεις των πραγματικών βιβλίων. Πιστεύω πως θα τελειώσω τον τέταρτο τόμο το 2003, τον πέμπτο το 2008, μετα θα επανεκδοθεί ο πρώτος, δεύτερος και τρίτος τόμος... Θα υπάρχει μία συνοπτική έκδοση των τόμων από τον πρώτο μέχρι τον πέμπτο.

**CLB:** Πως θα ήταν η καριέρα σας και η ζωή σας αν δεν είχατε ανακοινώσει αυτο το επτάτομο έργο;

**Knuth:** Στην αρχή δεν ανακοίνωσα κάτι τέτοιο. Πίστευα ότι θα έγραφα ένα βιβλίο. Αλλά αν δεν το έκανα αυτό πιστεύω ότι πάλι θα είχα πολύ γράψιμο. Από ότι φαίνεται σε όλη την πορεία μου άρεσε να προσπαθώ να εξηγήω στον αναγνώστη. Όταν ήμουν στο γυμνάσιο ήμουν ο συντάκτης της σχολικής εφημερίδας·

στο πανεπιστήμιο ήμουν ο συντάκτης ενός περιοδικού. Πάντα μου άρεσε να παίζω με τις λέξεις.