

## Εισαγωγή των κυψελικών αυτομάτων στην διδακτική των λογιστικών φύλλων

**Γεώργιος Παπαδόπουλος**  
2<sup>ο</sup> Ενιαίο Λύκειο Νεάπολης Θεσ/νίκης  
grgpap@sch.gr

**Χαρίτων Πολάτογλου**  
Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ.  
hariton@auth.gr

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Η διδασκαλία των λογιστικών φύλλων (στη πλειονότητα του EXCEL) στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση γίνεται στις τάξεις Β' Γυμνασίου, Α' και Β' Λυκείου. Στην εργασία αυτή εξετάζουμε με ποιο τρόπο θα μπορούσε να γίνει ποιο ενδιαφέρουσα η διδασκαλία και παράλληλα αποδοτική, σε σχέση με την ανάπτυξη και διερεύνηση της αλγοριθμικής δομής της επιλογής και της επανάληψης. Πειραματιστήκαμε λοιπόν εμπλουτίζοντας την διδασκαλία των λογιστικών φύλλων με την εισαγωγή των Κυψελικών Αυτομάτων (Κ. Α.), με ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

**ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:** κυψελικά αυτόματα, μοντελοποίηση, αλγοριθμικές δομές, Excel

### Εισαγωγή

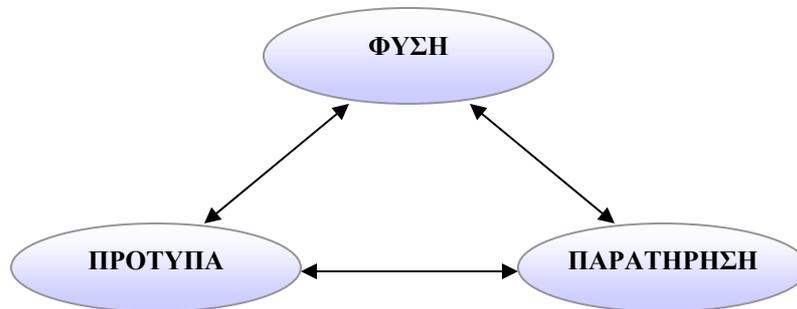
«Υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ αυτού που μπορεί να κάνουν οι υπολογιστές και αυτού που θα διαλέξει η κοινωνία να κάνει μ' αυτούς», αναφέρει ο Papert στο βιβλίο του «Νοητικές θύελλες». Είναι αλήθεια πως και με το Excel θα μπορούσε να κάνει κανείς πολλά και χρήσιμα και με την εκμάθηση του πακέτου αυτού να αποκτούσε ο μαθητής μια επιδεξιότητα γύρω από τη χρήση του Η / Υ. Όχι πως δεν είναι αναγκαία αυτή η «χρηστική νοοτροπία» που επικρατεί γενικά στην κοινωνία σήμερα, όμως δεν θα έπρεπε να κυριεύσει την εκπαίδευση και να κυριαρχεί στους στόχους της. Είναι σίγουρο ότι ο εκπαιδευτικός στόχος πρέπει να συσχετίζεται με την ποιότητα των πολιτών που θέλουμε να έχουμε. Θα συμφωνούσαμε πως επιδίωξη θα πρέπει να είναι οι σκεπτόμενοι πολίτες, με δημιουργικές αμφιβολίες και δυνατότητα να ονειρευτούν και να μπορούν όχι μόνο να προσαρμόζονται στις ταχύτατες και τρομακτικές αλλαγές που υφίσταται η κοινωνία αλλά να συμμετέχουν ενεργά και να επηρεάζουν αυτή τη διαδικασία.

Το παρακάτω απόσπασμα είναι χαρακτηριστικό για το πώς βλέπει ο Papert (Papert, 1999) την αντιμετώπιση αυτού του θέματος: «Σε πολλά σχολεία σήμερα, η φράση “εκμάθηση με τη βοήθεια Η/Υ” σημαίνει να κάνεις τον υπολογιστή να διδάξει το παιδί. Θα μπορούσε να πει κανείς ότι ο υπολογιστής χρησιμοποιείται για να προγραμματίσει το παιδί. Από τη δική μου οπτική γωνία το παιδί προγραμματίζει τον υπολογιστή και, προγραμματίζοντάς τον, αποκτά μια αίσθηση κυριαρχίας πάνω σ' ένα κομμάτι της πιο σύγχρονης και δυναμικής τεχνολογίας και, μαζί, καθιερώνει μια στενή επαφή με μερικές από τις βαθύτερες ιδέες της επιστήμης των μαθηματικών και της τέχνης της δημιουργίας διανοητικών μοντέλων.»

Πολλές φορές κατά τη διδασκαλία των λογιστικών φύλλων δίνεται μεγάλη έμφαση στην εκμάθηση των δυνατοτήτων του πακέτου αυτού. Άλλες πάλι επικεντρωνόμαστε στην επεξεργασία αριθμών, για να παραχθούν και σαν τελικό αποτέλεσμα αριθμοί. Κάτι πολύ λογικό, όμως όχι και τόσο ενδιαφέρον από τη πλευρά των μαθητών. Στην εργασία αυτή πειραματιστήκαμε με το μετασχηματισμό των αριθμητικών αποτελεσμάτων σε χρωματικά αποτελέσματα, μέσα από την χρήση των Κυψελικών Αυτομάτων (Κ.Α.). Η ιδέα αυτή είναι σύμφωνη με τις σύγχρονες τάσεις στην χρήση αυθεντικών προβλημάτων στην διδασκαλία (Segers, 2001).

Αποφασίσαμε να εμπλουτίσουμε τη διαδικασία διδασκαλίας του πακέτου EXCEL με Κ.Α., θεωρώντας ότι κατ' αυτό τον τρόπο θα προσελκύσουμε την προσοχή των

μαθητών. Χρησιμοποιώντας τα Κ.Α. οι μαθητές ενεργοποιούνται (Windschitl 2002), έχουν πιο ενδιαφέροντα αποτελέσματα και τους δίνεται η δυνατότητα να μοντελοποιήσουν καταστάσεις παρμένες από τη ζωή, όπως παραδείγματος χάριν το παιχνίδι της ζωής, εφαρμοσμένη μηχανική κυκλοφορίας, το ζήτημα της ισορροπίας του πληθυσμού σε θύτες και θηράματα (Gaylord, 1996), με έναν τρόπο όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Σχηματική παρουσίαση μοντελοποίησης της φύσης

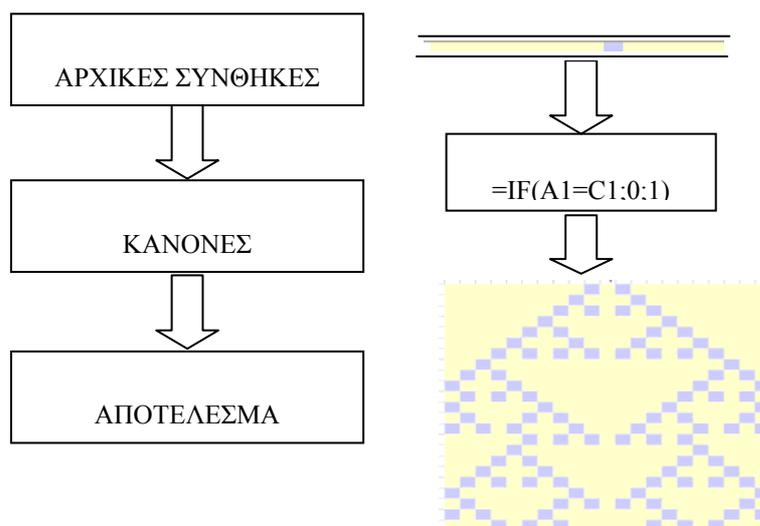
Όλα αυτά κάνουν πιο ενδιαφέρουσα τη διαδικασία της μάθησης, τουλάχιστον πιο ενδιαφέρουσα από μια απλή διαχείριση αριθμών ή λογικών προτάσεων, που το αποτέλεσμά τους είναι και πάλι απλά ένα σύνολο αριθμών.

### Μέθοδος

Τα Κυψελικά Αυτόματα (Κ.Α.) τα επινόησαν οι Ulam και Von Neumann (Ulam, 1962) ως απλά πρότυπα για να τη μελέτη βιολογικών διαδικασιών, όπως η αυτοαναπαραγωγή. Ο Wolfram έχει αναβιώσει το ενδιαφέρον για τα Κ.Α. μέσω μιας σειράς άρθρων και βιβλίων (Wolfram, 1983 & 2002). Κάθε σύστημα με πολλά ίδια διακριτά στοιχεία που υπόκεινται σε αιτιοκρατικές τοπικές αλληλεπιδράσεις μπορεί να προσομοιωθεί με ένα κυψελικό αυτόματο. Αυτό χαρακτηρίζεται από παραλληλία, τοπικότητα και ομογένεια.

Όταν λέμε παραλληλία εννοούμε ότι η ανανέωση των τιμών για κάθε κελί είναι ανεξάρτητη από την ανανέωση των τιμών των υπόλοιπων (όλες οι ανανεώσεις γίνονται ταυτόχρονα). Όταν λέμε τοπικότητα εννοούμε ότι όταν μια κυψελίδα ανανεώνεται η νέα τιμή της εξαρτάται από την παλιά τιμή της και τις τιμές των γειτονικών της. Τέλος ομογένεια σημαίνει ότι κάθε κυψελίδα ανανεώνεται σύμφωνα με τους ίδιους κανόνες σημαίνουμε ότι η αναζωογόνηση της αξίας κάθε κυττάρου συμβαίνει ταυτόχρονα. Αυτές οι ιδιότητες των κυψελικών αυτομάτων τους καθιστούν ιδανικούς για τη χρήση στη μοντελοποίηση βιολογικών και τα φυσικών φαινομένων. Αυτό είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον γιατί μπορούμε να συνδυάσουμε τους αλγορίθμους των Κ.Α. με ενδιαφέροντα προβλήματα που αντλούμε από τη καθημερινή ζωή. Έτσι ο μαθητής μπορεί να αξιοποιήσει την ήδη αποκτημένη εμπειρία και γνώση. Επιπλέον η ενασχόληση με τα Κ.Α. έχει μια ιδιαιτερότητα σε σχέση με την κλασική αντιμετώπιση των προβλημάτων.

Όταν ακολουθούμε τη κλασική μέθοδο, δίνεται το πρόβλημα και ο μαθητής καλείται να ανακαλύψει τα απαραίτητα βήματα που θα τον οδηγήσουν στη λύση του προβλήματος. Στη περίπτωση των Κ.Α. με τον ορισμό του προβλήματος καθορίζονται και οι κανόνες που θα εφαρμοστούν.



**Σχήμα 2.** Διαδικασία δημιουργίας κυψελικών αυτομάτων και υλοποίηση στο Excel

Κατόπιν συζητείται και αναλύεται η λύση που προκύπτει από την εφαρμογή των προαναφερθέντων κανόνων σε διάφορες αρχικές συνθήκες. Το ότι η διαδικασία δεν σταματά σε αυτό το σημείο αλλά ο μαθητής καλείται επίσης να περιγράψει το αποτέλεσμα τον βοηθά να αναπτύξει τον αναλυτικό τρόπο σκέψης και εισάγει τον μαθητή σε ένα καινούργιο κανάλι ερευνητικής σκέψης.

Συνεπώς, οι μαθητές με την ενασχόλησή τους με τα Κ.Α. αποκτούν:

- γνωστικές ικανότητες γιατί ασχολούνται με στρατηγικές για την λύση των προβλημάτων,
- μετα-γνωστικές, γιατί ασχολούνται με ερευνητικές μεθόδους, και τελικά
- μη-γνωστικές, γιατί η χρήση των καθημερινών καταστάσεων αυξάνει το ενδιαφέρον και επίσης με την πρόταση εφικτών λύσεων αυξάνει την αυτοπεποίθησή τους.

### **Εφαρμογή και οργάνωση**

Η εφαρμογή των Κ.Α. εισήχθη σε δυο τμήματα της πρώτης και ένα τμήμα της δεύτερης τάξης του 2<sup>ου</sup> Ενιαίου Λυκείου Νεάπολης Θεσσαλονίκης, σε μαθητές που επέλεξαν το μάθημα Εφαρμογές Πληροφορικής / Υπολογιστών, αλλά δεν είχαν προηγούμενη εμπειρία στον προγραμματισμό. Όπως αναφέρθηκε στην Εισαγωγή σκοπός είναι η ενσωμάτωση αυθεντικών προβλημάτων στην διδασκαλία, αλλά επίσης η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Οι στόχοι που θέσαμε είναι να:

- αναγνωρίζουν την σχέση ανάμεσα στους κανόνες και το αποτέλεσμα,
- μπορούν να εκφράζουν τους λογικούς κανόνες σε εκφράσεις του Excel, και
- μπορούν να αναλύουν τα παραγόμενα σχήματα.

Η προτεινόμενη διδακτική ενότητα αφορά την συνάρτηση IF και τις λογικές συναρτήσεις AND και IF και διαρθρώνεται σε τρία τμήματα που το καθένα διαρκεί μία διδακτική ώρα.

Η οργάνωση της διδακτικής ενότητας με τα Κ.Α. είναι η ακόλουθη:

**Σχέση κανόνων και αποτελέσματος σε δημοφιλή αθλήματα**

Η συζήτηση επικεντρώνεται γύρω από μερικά δημοφιλή αθλήματα, όπως το ποδόσφαιρο και το μπάσκετ. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να διατυπώσουν τους κανόνες του κάθε παιχνιδιού και να καταλάβουν την επίδραση που έχουν οι κανόνες στο παιχνίδι, τις διαφορές στο στυλ, τον ρυθμό κ.τ.λ. Ένα παράδειγμα αυτής της διαδικασίας φαίνεται στον πίνακα 1.

*Πίνακας 1. Κανόνες και μερικές ενδιαφέρουσες φάσεις για μερικά αθλήματα*

Άθλημα	Κανόνες	Ενδιαφέρουσες Φάσεις
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ποδόσφαιρο</li> </ul>	<p><b>Σκοπός:</b> Να στείλουμε την μπάλα στα δίκτυα του αντιπάλου</p> <p><b>Τρόπος:</b> Κλωτσώντας την μπάλα, ανταλλάσσοντας την μπάλα</p> <p><b>Νικητής:</b> Όποιος έχει βάλει τα περισσότερα τέρματα</p>	Μια καλή τρίπλα Τέρμα από μακρινό σουτ Ένας καλός συνδυασμός
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Μπάσκετ</li> </ul>	<p><b>Σκοπός:</b> Να περάσει η μπάλα από το αντίπαλο καλάθι</p> <p><b>Τρόπος:</b> Κτυπώντας την μπάλα στο γήπεδο, ανταλλάσσοντας την μπάλα</p> <p><b>Νικητής:</b> Όποιος έχει τους περισσότερους πόντους</p>	Ένα καλό τρίποντο Μιά assist Θεαματική αντεπί-θεση
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Πετόσφαιρα</li> </ul>	<p><b>Σκοπός:</b> Να στείλουμε την μπάλα στην μεριά του αντιπάλου χωρίς να μπορέσει να την αποκρούσει</p> <p><b>Τρόπος:</b> Κτυπώντας την μπάλα με τα χέρια χωρίς να ακουμπήσει στο έδαφος</p> <p><b>Νικητής:</b> Όποιος κερδίζει 3 σετ</p>	Ένα καλό κάρφωμα Ένα καλό μπλοκ Μια καλή προσποίηση

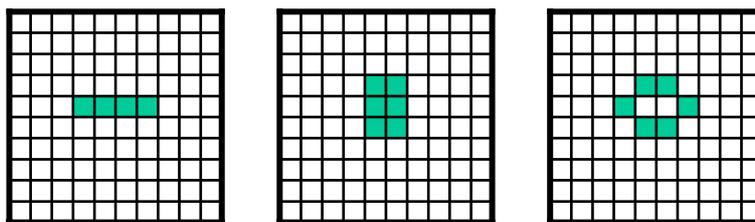
Στην ανάλυση αυτή φανερώνεται ο τρόπος που επηρεάζουν οι κανόνες τη δυναμική των παιχνιδιών. Επίσης κατανοούν πώς η αλλαγή των κανόνων οδηγεί σε αλλαγή της δυναμικής του αθλήματος, π.χ. στην πετόσφαιρα οι καινούργιοι κανόνες οδηγούν σε πιο δυναμικό και σύντομο παιχνίδι.

**Βασικά στοιχεία των Κ.Α., παρουσίαση μέσα από το PowerPoint**

Κατόπιν αυτού, εισάγουμε τους μαθητές στο περιβάλλον των Κ.Α. παρουσιάζοντας, με τη βοήθεια βιντεοπροβολέα, μερικά απλά Κ.Α. μέσα από τις αρχικές συνθήκες και τους κανόνες ανανέωσης. Για τον σκοπό αυτό ετοιμάσαμε μια ειδική παρουσίαση με το PowerPoint της οποίας μερικά στιγμιότυπα δίνονται στο Σχήμα 3.

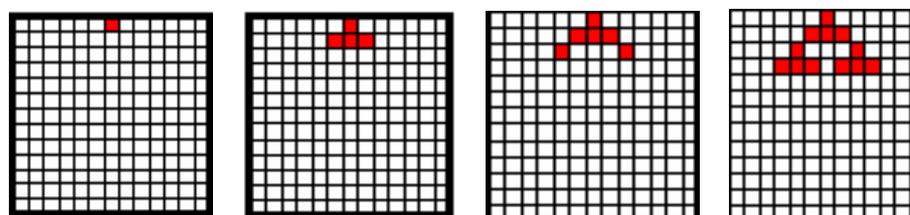
Το παιχνίδι της ζωής 23/3	
Κανόνες:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Παραμένει ζωντανό αν έχει δύο ή τρεις γείτονες ζωντανούς</li> <li>- Γεννιέται ένα αν έχει τρεις ζωντανούς γείτονες.</li> </ul>

Αποτελέσματα:



Μονογονεϊκό παιχνίδι	
Κανόνες:	- Γεννιέται ένα αν έχει έναν ζωντανό συγγενή από την προηγούμενη γενιά

Αποτελέσματα:



Σχήμα 3. Παρουσίαση δύο παιχνιδιών με τους κανόνες και τα αποτελέσματα.

Για κάθε περίπτωση έχουμε τους κανόνες, το πρώτο στιγμιότυπο δείχνει την αρχική κατάσταση και τα υπόλοιπα την εξέλιξη σύμφωνα με τους κανόνες.

### Πειραματισμός με τα Κ.Α. από τους μαθητές

Αυτό το στάδιο χωρίζεται σε τρία υποστάδια και γίνεται μέσα στο εργαστήριο της πληροφορικής όπου ο κάθε μαθητής χρησιμοποιεί τον Η/Υ. Στο πρώτο υποστάδιο ο καθηγητής ζητάει από όλους τους μαθητές να πραγματοποιήσουν το Κ.Α. που δίνεται στο Σχήμα 2 ώστε να εντοπιστούν και να λυθούν τα προβλήματα σχετικά με την πρακτική της διαδικασίας. Ακολουθεί το δεύτερο υποστάδιο στο οποίο ο καθηγητής ζητά από τους μαθητές να προτείνουν διαφορετικές αρχικές συνθήκες, να τις δοκιμάσουν και να συζητήσουν τα αποτελέσματα. Το τελευταίο υποστάδιο αφορά τους κανόνες. Εδώ ο καθηγητής ζητά από τους μαθητές να προτείνουν κανόνες, να τους εκφράσουν με συναρτήσεις του Excel και να αναλύσουν το παραγόμενο αποτέλεσμα. Η χρήση των συναρτήσεων IF, AND και OR τώρα είναι ένα εργαλείο πειραματισμού, του οποίου το αποτέλεσμα διαρκώς ξαφνιάζει και εντυπωσιάζει, αυξάνοντας το ενδιαφέρον τους για τον μετασχηματισμό των αριθμών σε χρώμα, την επίδραση των αρχικών συνθηκών στο τελικό αποτέλεσμα και του αποτελέσματος της εφαρμογής των κανόνων σ' αυτές. Έτσι έχουμε την ευκαιρία να συζητήσουμε με ενδιαφέρον για τις βασικές αλγοριθμικές δομές όπως, αυτή της επιλογής και της επανάληψης.

### **Αποτίμηση των αποτελεσμάτων**

Η επίδραση αυτής της διδακτικής ενότητας που προτείνουμε αποτιμήθηκε χρησιμοποιώντας ερωτηματολόγια στα οποία ζητείται από τους μαθητές να δείξουν ότι μπορούν να βρουν την επίδραση των κανόνων στην δυναμική αθλημάτων, ότι γνωρίζουν τα βασικά στοιχεία των κυψελικών αυτομάτων, ότι μπορούν να εκφράζουν κανόνες με τις συναρτήσεις IF, AND και OR, καθώς και να περιγράψουν τις παραγόμενες δομές. Για να διαπιστώσουμε την επίδραση της οπτικοποίησης στην διαισθητικότητα των μαθητών ζητείται να βρουν τους κανόνες από μη γνωστά Κ.Α. ή να φανταστούν την δομή που θα παραχθεί από δοσμένους κανόνες, δουλεύοντας την με το μυαλό.

### **Συμπεράσματα**

Τα αποτελέσματα είναι πολύ ενθαρρυντικά. Η ενασχόληση με τα Κ.Α. βοήθησε τους μαθητές να αυξήσουν το ενδιαφέρον τους για τα λογιστικά φύλλα και τους αλγόριθμους, να βρουν θελκτική την δημιουργία μοντέλων για διάφορα συστήματα. Επιπλέον, η πρόκληση να μαντέψουν την δομή, η οποία θα προκύψει από συγκεκριμένους κανόνες, βοηθά να βελτιώσουν την διαισθητικότητά τους. Εν κατακλείδι, αποδεχόμενοι την χρησιμότητα των Κ.Α. στην διδασκαλία των λογιστικών φύλλων, προτείνουμε να ενσωματωθεί αυτή η διδακτική ενότητα στο αναλυτικό πρόγραμμα.

### **Βιβλιογραφία**

- Gaylord, R.J., and Nishidate, K. (1996). Modeling Nature, Cellular Automata Simulations with Mathematica, Santa Clara: Springer-Verlag.
- Papert, S.A. and Sculley, J. (1999). Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas, Basic Books., 19-20
- Segers M, Dierick S, Dochy F (2001), Quality standards for new modes of assessment. An exploratory study of the consequential validity of the OverAll Test EUROPEAN JOURNAL OF PSYCHOLOGY OF EDUCATION 16 (4): 569-588
- Ulam S.M., (1962). On some mathematical problems connected with patterns of growth of figures. Proceedings of Symposia in Applied Mathematics 14, 215-224.
- Windschitl M (2002), Framing constructivism in practice as the negotiation of dilemmas: An analysis of the conceptual, pedagogical, cultural, and political challenges facing teachers REVIEW OF EDUCATIONAL RESEARCH 72 (2): 131-175
- Wolfram S., (2002). A new kind of science, Wolfram Media Inc.
- Wolfram S., (1983). Statistical mechanics of cellular automata. Reviews of Modern Physics 55, 601-644.