

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΠΑΠΑΚΩΣΤΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΑΜ

1097361

ΕΤΟΣ ΦΟΙΤΗΣΗΣ

2^ο

Το παιχνίδι της ζωής (Conway's game of Life)

<https://github.com/PapakostasA/GameOfLife>

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του μαθήματος «Εισαγωγή στην Επιστήμη του Ηλεκτρολόγου Μηχανικού» στο αντικείμενο «Μηχανισμοί Επεξεργασίας Πληροφορίας». Στην εργασία γίνεται υλοποίηση σε γλώσσα προγραμματισμού C, του παιχνιδιού Game of Life του Conway. Το παιχνίδι είναι μια εφαρμογή όπου μελετάται η εξέλιξη και οι μορφές που μπορεί να πάρει μία «κοινωνία» ψηφιακών ατόμων, εφαρμόζοντας απλούς κανόνες εξέλιξης, από γενιά σε γενιά με μοναδική εξάρτηση την αρχική διάταξη των ατόμων σε ένα πλέγμα.

Μέσα από τον κώδικα προγράμματος που αναπτύξαμε, ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει την εξέλιξη των γενεών των κυττάρων που απεικονίζεται σε ένα πλέγμα στην οθόνη του υπολογιστή. Η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη μεταβάλει αρκετές παραμέτρους του παιχνιδιού, όπως το μέγεθος του grid σχεδιασμού, το χρόνο εμφάνισης στην οθόνη κάθε γενιάς, το βήμα γενεών με το ποίο θα εμφανίζεται εξέλιξη στην οθόνη κ.α. Βέβαια υπάρχει πάντα και η δυνατότητα άμεσης εκτέλεσης του παιχνιδιού με προκαθορισμένες τιμές παραμέτρων.

Πρέπει επίσης να τονισθεί ότι κατά την ανάπτυξη του κώδικα έγινε προσπάθεια αξιοποίησης των δυνατοτήτων της γλώσσας C, για δυναμικό χειρισμό της μνήμης, ώστε κάθε φορά να δεσμεύεται μόνο η απαραίτητη μνήμη για απεικόνιση του εικονικού μας κόσμου.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παιχνίδι της ζωής είναι ένα κυψελοειδές αυτόματο που επινοήθηκε το 1970 από τον Βρετανό μαθηματικό τον John Horton Conway, με στόχο να περιγράψει το πώς λειτουργεί η ζωή και πώς αυτή εξελίσσεται από μία αρχική κατάσταση. Πρόκειται για ένα παιχνίδι μηδενικού παίκτη που η εξέλιξή του εξαρτάται μόνο από την αρχική κατάσταση, χωρίς να απαιτείται καμία περαιτέρω είσοδος δεδομένων [1].

Η κεντρική ιδέα βασίζεται στη μαθηματική έννοια των κυτταρικών αυτόματων, που δημιουργήθηκε από τους Stanislaw Ulam και John von Neumann στα τέλη της δεκαετίας του 1940. Ένα κυτταρικό ή κυψελικό αυτόματο (cellular automaton) είναι ένα υπολογιστικό μοντέλο συστημάτων με αναδυόμενη πολυπλοκότητα [2] [6]. Η βασική ιδέα των κυτταρικών αυτομάτων είναι ότι η συμπεριφορά μιας ομάδας μπορεί να περιγραφεί εξετάζοντας τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ μιας μεμονωμένης απλής μηχανής, που ονομάζεται αυτόματο, και των κοντινών πανομοιότυπων αυτομάτων που αλληλεπιδρούν άμεσα με αυτήν. Πρόκειται στην ουσία για μια «κοινωνία» ατόμων (ψηφιακών και όχι μόνο), που μεταβάλλεται καθώς περνά ο χρόνος σε ένα με βάση προκαθορισμένους κανόνες. Με βάση τους κανόνες αυτούς τα άτομα μπορούν να κινούνται, να πολλαπλασιάζονται και να πεθαίνουν [3].

Ο Conway απλούστευσε τους κανόνες συμπεριφοράς και δημιούργησε το παιχνίδι της ζωής (Game of life).

Το παιχνίδι παρουσιάστηκε για πρώτη φορά τον Οκτώβριο του 1970 στην στήλη των μαθηματικών παιχνιδιών του Scientific American [3]. Κατά τις επόμενες δεκαετίες, επιστήμονες από διάφορους τομείς ανακάλυψαν ότι διάφορα συστήματα όπως για παράδειγμα ένας σωρός από σπόρους, ο φλοιός της Γης, τα οικοσυστήματα της αλλά ακόμα και οι αγορές, μοιάζουν να λειτουργούν όπως και το game of life του Conway. Επίσης, το παιχνίδι παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον μελέτης και χαρακτηρίζεται ως ένα μαθηματικό θαύμα για τον τρόπο που μερικοί απλοί και επαναλαμβανόμενοι κανόνες μπορούν να δημιουργήσουν μία θεαματική, ζωντανή πολυπλοκότητα [5].

II. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ

Το παιχνίδι της ζωής (Game of life), αποτελείται από ένα δισδιάστατο πλέγμα, θεωρητικά απείρου μεγέθους, όπου το κάθε κελί αλληλεπιδρά με τα γειτονικά του κελιά σύμφωνα με τους ακόλουθους απλούς **κανόνες**: [8]

- 1. Επιβιώσεις :** Εάν ένα ζωντανό κύτταρο έχει δύο ή τρεις ζωντανούς γείτονες, επιβιώνει για την επόμενη γενιά.



Εικόνα 1

- 2. Θάνατοι :**

α) Εάν ένα ζωντανό κύτταρο έχει τέσσερις ή περισσότερους ζωντανούς γείτονες, πεθαίνει από υπερπληθυσμό.



Εικόνα 2

β) Εάν έχει μόνο έναν ζωντανό γείτονα, ή κανέναν, τότε πεθαίνει από την απομόνωση.



Εικόνα 3

- 3. Γεννήσεις :** Εάν ένα νεκρό κύτταρο έχει ακριβώς τρεις ζωντανούς τότε ζωντανεύει στην επόμενη γενιά.



Εικόνα 4

Μοτίβα

Σύμφωνα με την έρευνα, και μετά από πολλά βήματα του παιχνιδιού προκύπτουν σταθερά μοτίβα για την εξέλιξη της ζωής [6].

τα πιο συνηθισμένα είναι:

α. Σταθερά στο χρόνο

υπάρχουν μοτίβα όπου κάθε ζωντανό κύτταρο έχει ακριβώς τρία γειτονικά αλλά κανένα νεκρό δεν έχει πάνω από δύο γειτονικά. οπότε δεν υπάρχουν μεταβολές

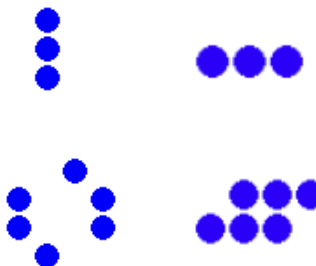


Μπλόκ κυψέλη σκάφος πλοίο

Εικόνα 5

β. Ταλαντωτές

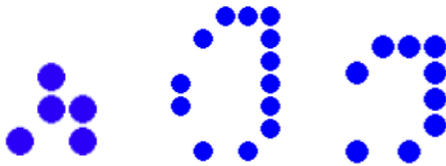
Οι ταλαντωτές είναι αντικείμενα που αλλάζουν από βήμα σε βήμα, αλλά τελικά επαναλαμβάνονται.



Εικόνα 6

γ. Διαστημόπλοια

Περιστρέφονται και μετά από τέσσερα βήματα καταλήγουν στο αρχικό σχήμα.



Εικόνα 7

δ. The Queen Bee Shuttle

Κινείται δεξιά αλλά μετά από μερικά βήματα παράγει μία κυψέλη και γυρίζει προς τα αριστερά και επαναλαμβάνει.



Εικόνα 8

Φυσικά υπάρχουν και πολλά άλλα συνδυαστικά μοτίβα όπως τα ορθογώνια διαστημόπλοια που κινούνται αριστερά δεξιά, ταλαντωτές με διαφορετικές περιόδους όπως το πάλσαρ, ο φρόνος, το beacon κ.α. Κάποια μοτίβα εξελίσσονται για μεγάλες περιόδους και μετά σταθεροποιούνται όπως το R-pentomino, κάποια τελικά εξαφανίζονται όπως το Diehard και κάποια πιο σπάνια, όπως το μοτίβο puffer, αναπτύσσονται επ' αορίστον [2]

Το ενδιαφέρον είναι πως συνεχώς ανακαλύπτονται νέα μοτίβα ανάλογα πάντα με την αρχική διάταξη των κύτταρων. [8][9]

III. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ

Μετά από έρευνα στο διαδίκτυο διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν αρκετές υλοποιήσεις του παιχνιδιού σε διάφορες γλώσσες κυρίως οπτικού προγραμματισμού. Αποφασίσαμε να υλοποιήσουμε το παιχνίδι με την γλώσσα προγραμματισμού C διότι επιτρέπει να ορίσουμε τις κατάλληλες δομές δεδομένων για την απεικόνιση του εικονικού κόσμου μας, καθώς και προχωρημένες δυνατότητες δυναμικού χειρισμού της μνήμης.

- Οι **βασικές δομές** που χρησιμοποιήσαμε είναι:
α) η δομή *cell* που απεικονίζει την κατάσταση

(0,1) από ένα μεμονωμένο κελί που έχει 8 γειτονικά κελιά και β) η δομή *world* που απεικονίζει ένα πλέγμα από cells που στην ουσία είναι ο εικονικός μας κόσμος.

- Οι **βασικές διαδικασίες** είναι:

randomizeworld : Δημιουργεί με τυχαίο τρόπο τον αρχικό κόσμο.

printworld: εκτυπώνει τον κόσμο μας στην οθόνη

creaworld: δημιουργεί την επόμενη γενιά σύμφωνα με τους κανόνες του παιχνιδιού.

initialization : Παραμετροποιεί το παιχνίδι.

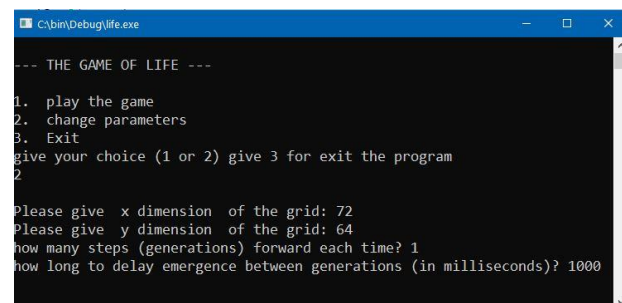
Για περισσότερες λεπτομέρειες υλοποίησης μπορείτε να δείτε τον κώδικα του προγράμματος και την τεκμηρίωσή του, που συνοδεύει την παρούσα εργασία.

IV. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Στη συνέχεια να δοκιμάσουμε την εκτέλεση της εφαρμογής αρκετές φορές και με διαφορετικές αρχικές καταστάσεις ώστε να προκύψουν συμπεράσματα για την εξέλιξη των κυτταρικών δομών από γενιά σε γενιά και την πιθανή δημιουργία επαναλαμβανόμενων μοτίβων στην εμφάνιση της «κυτταρικής ζωής».

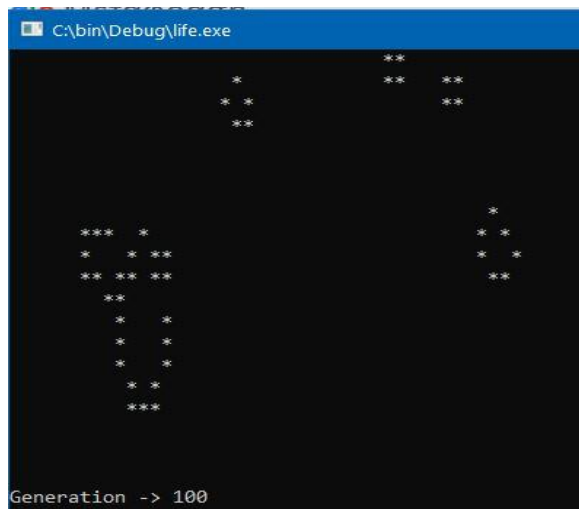
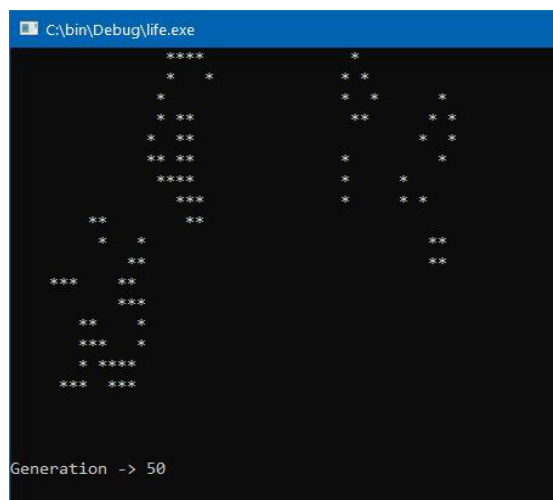
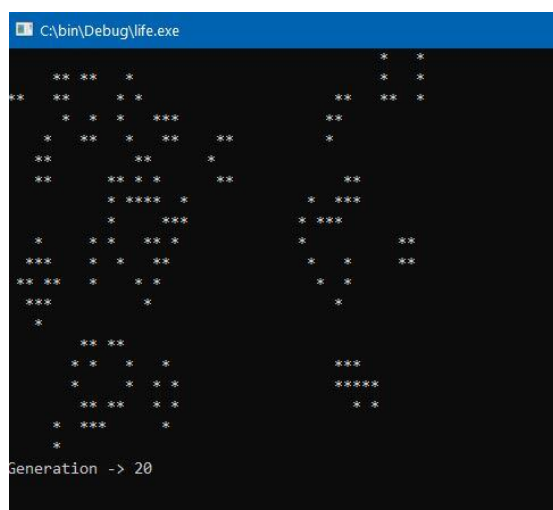
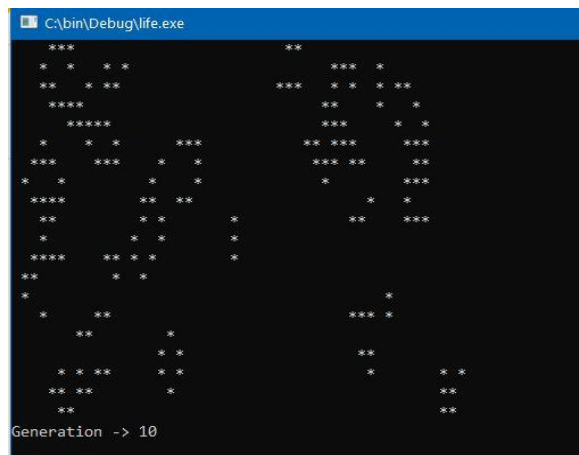
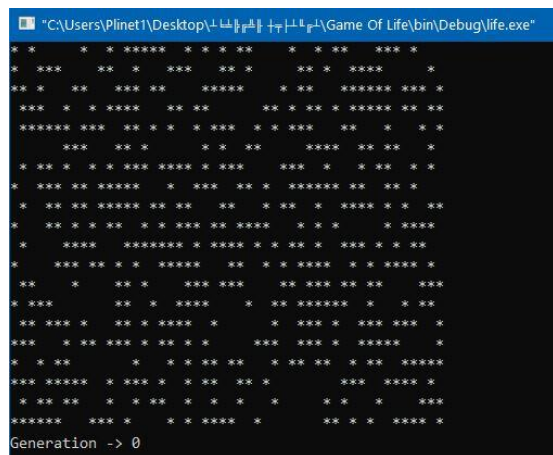
Στη συνέχεια παρουσιάζονται εικόνες από τη λειτουργία του προγράμματος.

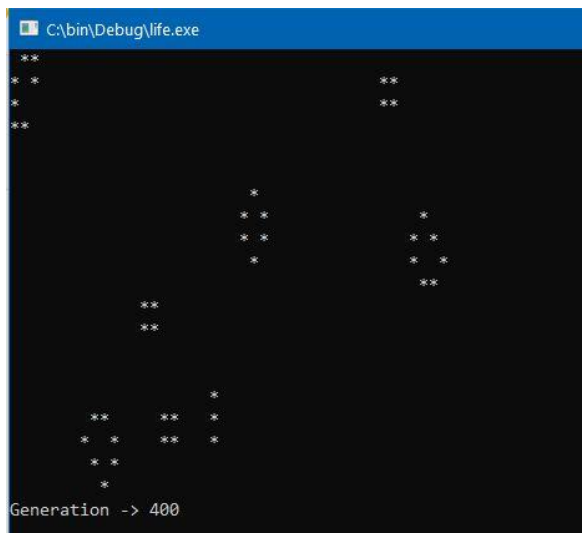
Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το βασικό menu της εφαρμογής και την οθόνη παραμετροποίησης του προγράμματος από το χρήστη.



Εικόνα 9

Οι παρακάτω εικόνες, προέκυψαν από τη λειτουργία του προγράμματός μας για μία δεδομένη αρχική κατάσταση, και απεικονίζουν κάποιες φάσεις την εξέλιξη του κόσμου μας, από την τυχαία μηδενική γενιά μέχρι και τη γενιά 400.





Εικόνα 16

V. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ– ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από την μελέτη των αποτελεσμάτων του προγράμματος και την παρατήρηση των μεταβολών από γενιά σε γενιά, προκύπτει πως μετά από αρκετές γενιές εξέλιξης υπάρχει μία σταθεροποίηση σε μοτίβα που είτε επαναλαμβάνονται (ταλαντωτές), είτε είναι πλέον αμετάβλητα (μπλόκ, κυψέλη, σκάφος), είτε περιστρέφονται και μετά από κάποια βήματα καταλήγουν στο αρχικό σχήμα. Τα αποτελέσματα συγκλίνουν με αυτά που περιγράφονται στην βιβλιογραφία [1-6].

Διαφοροποίηση προγράμματος

Κατά την ανάλυση και εν συνεχεία υλοποίηση της εφαρμογής του παιχνιδιού Game of Life, λάβαμε υπόψη προγενέστερες υλοποιήσεις του παιχνιδιού[9][10] και έγινε προσπάθεια διαφοροποίησης από υπάρχοντα προγράμματα κυρίως σε επίπεδο δυνατοτήτων παραμετροποίησης εκ μέρους του χρήστη ώστε να μπορεί α) να ορίζει ο ίδιος το χρόνο που θα προβάλλεται κάθε γενιά στην οθόνη, β) να μεταβάλλει το μέγεθος (ύψος, πλάτος) του grid απεικόνισης του παιχνιδιού. γ) να δίνεται η δυνατότητα ορισμού του βήματος εξέλιξης των γενεών ώστε σε σύντομο χρονικό διάστημα να μελετήσει μεταγενέστερες γενεές.

Βέβαια θα μπορούσε μελλοντικά να γίνουν και άλλες βελτιώσεις κυρίως ως προς την εμφάνιση του εικονικού κόσμου στη οθόνη, ίσως με χρήση

γλωσσών οπτικού προγραμματισμού. Επίσης, θα μπορούσε να προβλέπεται εκτός από την παρουσίαση των γενεών στην οθόνη να γίνεται ταυτόχρονη αποθήκευση σε αρχείο ώστε να διευκολυνθεί η μετέπειτα ανάλυσή. Θα ήταν επίσης χρήσιμο, μέσω ενός εργαλείου γραφικού σχεδιασμού grid, να μπορεί ο χρήστης να δημιουργεί τον «αρχικό κόσμο» που αυτός επιθυμεί.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Wikipedia, the free encyclopedia. Conway's Game of Life. *Wikipedia*. [Online] May 2022. https://en.wikipedia.org/wiki/Conway%27s_Game_of_Life
- [2] Wikipedia, the free encyclopedia. Cellular automaton [online] May 2022 https://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_automaton
- [3] Melissa Gymrek. web.mit.edu. *Conway's Game of Life*. [Ηλεκτρονικό] May 2022. <http://web.mit.edu/sp.268/www/2010/lifeSlides.pdf>
- [4] Education, Stanford. web.stanford.edu. *Conway's Game of Life*. [Ηλεκτρονικό] cs.stanford.edu. <https://web.stanford.edu/class/sts129/Alife/html/Life.htm>
- [5] Paul Callahan. What is the Game of Life? *math.com - The world of Math online*. [Ηλεκτρονικό] math.com, 2005. [Ανάκτηση: Μάιος 2022.] <http://www.math.com/students/wonders/life/life.html>
- [6] Guan, Puhua. Cellular Automaton Public-Key Cryptosystem. *Complex Systems*.
- [7] Vandeveld, Simon & Vennekens, Joost. (2022). *Problife: a Probabilistic Game of Life*. Dept. of Computer Science, Leuven, Belgium
- [8] MIT open courseware: *Conway Game of Life Implementation* <https://mitocw.ups.edu.ec/courses/mathematics/18-s997-introduction-to-matlab-programming-fall-2011/conway-game-of-life/conway-game-of-life-implementation/>
- [9] A Processing implementation of Game of Life in C++ and OPENGL <https://processing.org/examples/gameoflife.html>