

## Open Schools Journal for Open Science

Vol 2, No 1 (2019)

Special Issue Articles from the 1st Greek Student Conference on Research and Science



### Κλιματική αλλαγή, Κοινωνία και Περιβαλλοντική ηθική

Γεώργιος Γκάρας, Αθανασία Σταθά, Ναταλία Κατσιάπη, Λάμπρος Πόλκας

doi: [10.12681/osj.19523](https://doi.org/10.12681/osj.19523)

#### To cite this article:

Γκάρας Γ., Σταθά Α., Κατσιάπη Ν., & Πόλκας Λ. (2019). Κλιματική αλλαγή, Κοινωνία και Περιβαλλοντική ηθική. *Open Schools Journal for Open Science*, 2(1), 301-310. <https://doi.org/10.12681/osj.19523>

# Κλιματική αλλαγή, Κοινωνία και Περιβαλλοντική ηθική

Σταθά Αθανασία<sup>1</sup>, Κατσιάπη Ναταλία<sup>1</sup>, Πόλκας Λάμπρος<sup>1</sup>, Γκαράς Γεώργιος<sup>1</sup>

<sup>1</sup>1ο Πειραματικό Γενικό Λύκειο Αθηνών Γεννάδειο, Αθήνα, Ελλάδα

## Περίληψη

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση των σχέσεων του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής με ευρύτερες κοινωνικές παραμέτρους και την “περιβαλλοντική ηθική”. Τα ερευνητικά ερωτήματα που εξετάζουμε είναι τα εξής: α) Ποια είναι τα αίτια της κλιματικής αλλαγής που σχετίζονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα; β) Ποιες είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ως πολύπλοκου συστήματος, στην κοινωνία και στις ανθρώπινες δραστηριότητες; γ) Ποια είναι τα ηθικά διλήμματα που προκύπτουν από τους ενδεχόμενους τρόπους αντιμετώπισης στο συζητούμενο πρόβλημα; δ) Ποια είναι τα κυρίαρχα ιδεολογικά ρεύματα, σε παγκόσμιο επίπεδο, τα οποία καθορίζουν τη λήψη μέτρων αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, και ποιες στρατηγικές - πολιτικές προτείνει το καθένα; Το αποτέλεσμα της έρευνας συμβάλλει σε μια βαθύτερη κατανόηση των επιπτώσεων της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον και της κλιματικής αλλαγής στο κοινωνικό σύνολο.

Λέξεις- Κλειδιά: κλιματική αλλαγή; περιβαλλοντική-κλιματική ηθική; Ανθρωποκεντρισμός; Οικοκεντρισμός; κοινωνικά αίτια – επιπτώσεις; προσομοιώσεις

## Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή είναι ίσως το σοβαρότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα, με παγκόσμιες συνέπειες οι οποίες είναι ίσως μη αναστρέψιμες. Αν και το κλίμα της γης διακρινόταν πάντοτε από μεταβλητότητα, σήμερα η μεταβλητότητα αυτή αποδίδεται

στον άνθρωπο, ή κυρίως σ' αυτόν. Η καύση των ορυκτών υδρογονανθράκων αυξάνει τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, με συνέπεια το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης. Σήμερα η συγκέντρωση του αερίου αυτού είναι κατά 75% μεγαλύτερη από τη μέγιστη τιμή της κατά τα τελευταία 400.000 χρόνια, ενώ η μέση θερμοκρασία υπολογίζεται ότι ήταν το 2015 πάνω από έναν βαθμό Κελσίου μεγαλύτερη σε σχέση με τη μέση τιμή της δεκαετίας 1880-1889. Πρόσθετα παραδείγματα αποτελεσμάτων της κλιματικής αλλαγής, εκτός από την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, είναι η τήξη των παγετώνων, η άνοδος της στάθμης των ωκεανών και η αλλαγή των χαρακτηριστικών των βροχοπτώσεων. Εκτιμάται ότι ήδη οι θάλασσες μεσοσταθμικά ανέβηκαν κατά 17 εκατοστά τον τελευταίο αιώνα, οι ωκεανοί θερμάνθηκαν κατά 0,302 βαθμούς Κελσίου από το 1969 και εκατοντάδες κυβικά χιλιόμετρα πάγου τήκονται κάθε χρόνο στους πόλους (NASA, 2017).

Ωστόσο, οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής δεν αναφέρονται μόνο στο φυσικό περιβάλλον, αλλά αφορούν και την ανθρώπινη κοινωνία. Μεταβολές όπως η άνοδος της στάθμης των ωκεανών, η ερημοποίηση, η αύξηση της έντασης των καιρικών φαινομένων και η μείωση του pH των ωκεανών λόγω της αύξησης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό, αναμένεται να προκαλέσουν καταστροφές οικοσυστημάτων και μετακίνηση πληθυσμών. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι φτωχές αναπτυσσόμενες χώρες πλήττονται περισσότερο. Οι άνθρωποι που ζουν εκεί συχνά εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το φυσικό τους περιβάλλον και διαθέτουν τους λιγότερους πόρους για να αντιμετωπίσουν την κλιματική αλλαγή (UNESCO 2017). Η κατάσταση επιδεινώνεται λόγω της υπερεκμετάλλευσης των φυσικών πόρων και της ταχύτατης αύξησης του πληθυσμού της Γης. Οι φτωχές και αναπτυσσόμενες χώρες συμμετέχουν στο παγκόσμιο οικονομικό σύστημα κυρίως ως παραγωγοί φθηνών πρώτων υλών απαραίτητων για τις βιομηχανίες του ανεπτυγμένου κόσμου, οι οποίες κυρίως ευθύνονται για την κλιματική αλλαγή. Παρουσιάζουν μεγάλη πληθυσμιακή αύξηση λόγω της σχετικής βελτίωσης του βιοτικού τους επιπέδου, ενώ η εξάρτηση και ο φατριασμός οδηγούν στην άπληστη εκμετάλλευση των φυσικών πηγών με αποτέλεσμα: την υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος και, τελικά, την αύξηση του χάσματος ανάμεσα στο βιοτικό επίπεδο των λαών των αναπτυσσόμενων χωρών και των ανεπτυγμένων.

Η αύξηση της θερμοκρασίας, η ερημοποίηση, οι πόλεμοι και οι επακόλουθες μετακινήσεις πληθυσμών αναμένεται να δημιουργήσουν προβλήματα και στη δημόσια υγεία. Οι πολίτες αρκετών περιοχών θα αναγκαστούν να ζήσουν σε κλιματικές συνθήκες που δεν έχουν συνηθίσει έως τώρα, με αποτέλεσμα να γίνουν ευπρόσβλητοι σε ασθένειες που θα ευνοηθούν από τις νέες συνθήκες. Ήδη σε ορισμένα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρατηρείται αύξηση του αριθμού των θανάτων που σχετίζονται με τον καύσωνα, ενώ σε άλλα σημειώνεται μείωση των θανάτων που σχετίζονται με το κρύο (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014). Οι μεταβολές στην κατανομή

ορισμένων ασθενειών που μεταδίδονται με το νερό και φορέων νόσων αναμένεται να γίνουν περισσότερο αισθητές, καθώς η πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό, για εκατοντάδες εκατομμύρια ανθρώπους, καθίσταται πλέον ιδιαίτερα δύσκολη.

Το κύριο ερώτημα αυτής της εργασίας είναι ποια είναι η στάση του ανθρώπου απέναντι στην κλιματική αλλαγή και πώς μπορεί αυτή η στάση να αλλάξει ώστε να αποφύγει η ανθρωπότητα μια καταστροφική εξέλιξη αλλά και να προσαρμοστεί στην νέα κατάσταση με έναν αποτελεσματικό και δίκαιο τρόπο. Αναλυτικότερα, τα ερωτήματα είναι τα εξής: α) Ποια είναι τα αίτια της κλιματικής αλλαγής που σχετίζονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα; β) Ποιες είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ως πολύπλοκου συστήματος, στην κοινωνία και στις ανθρώπινες δραστηριότητες; γ) Ποια είναι τα ηθικά διλήμματα που προκύπτουν από τους ενδεχόμενους τρόπους αντιμετώπισης στο συζητούμενο πρόβλημα; δ) Ποια είναι τα κυρίαρχα ιδεολογικά ρεύματα, σε παγκόσμιο επίπεδο, τα οποία καθορίζουν τη λήψη μέτρων αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, και ποιες στρατηγικές - πολιτικές προτείνει το καθένα; Η έρευνα βασίζεται σε σχετικές διεθνείς, επιστημονικές μελέτες και συγγράμματα αλλά και στη διερεύνηση των παραπάνω ερωτημάτων με μοντέλα πολλαπλών πρακτόρων του λογισμικού NetLogo για το κλίμα και την ανθρώπινη συμπεριφορά (Wilensky, 1999).

Η NetLogo είναι ιδιαίτερα δομημένη γλώσσα προγραμματισμού, η οποία υλοποιεί τη λογική της ύπαρξης πολλών “πρακτόρων” που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με το περιβάλλον τους. Οι πράκτορες έχουν τη μορφή της γνωστής “χελώνας”, της γλώσσας προγραμματισμού Logo. Το λογισμικό προορίζεται για διαφορετικούς χρήστες, ειδικότερα για τη διδασκαλία σε παιδιά σχολικής εκπαίδευσης, αλλά και για ειδικούς, οι οποίοι δεν έχουν οπωσδήποτε γνώσεις προγραμματισμού σε τομείς και φαινόμενα που σχετίζονται με μοντέλα. Το περιβάλλον περιλαμβάνει μια βιβλιοθήκη μοντέλων διαφόρων επιστημονικών τομέων. Το λογισμικό οπτικοποιεί τις μεταβολές με διαγράμματα και γραφικές αναπαραστάσεις (animations) και έτσι γίνεται πιο ενδιαφέρον για τους μαθητές. Δεν απαιτεί γνώση ανώτερων μαθηματικών για την μοντελοποίηση και επίλυση προβλημάτων. Γι’ αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από μαθητές (Wilensky & Rand 2015; Gkiolmas, et al., 2013; Gkaras, Costaridis & Yiatas, 2015).

Η έρευνα αυτή αποσκοπεί στο να προβληματιστούμε για τη δυνατότητα μιας λύσης στο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής, η οποία θα λαμβάνει υπόψη της όλες τις παραμέτρους του προβλήματος, φυσικές και κοινωνικές. Το αποτέλεσμα είναι μια βαθύτερη εκ μέρους μας κατανόηση των επιπτώσεων τόσο της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον όσο και της κλιματικής αλλαγής στο κοινωνικό σύνολο.

## Μέθοδος

Η έρευνα αυτή διεξήχθη από την ερευνητική ομάδα ως μέρος της συμμετοχής μας στο μάθημα Ερευνητική Εργασία (πρότζεκτ) με τίτλο “Η Κλιματική Αλλαγή ως Πολύπλοκο Σύστημα” στο σχολείο μας κατά το τρέχον σχολικό έτος 2016-2017. Κατά την έρευνα χρησιμοποιήσαμε το διαδίκτυο για την άντληση πληροφοριών, καθώς επίσης το λογισμικό πολλαπλών πρακτόρων NetLogo για την προσομοίωση φυσικών και κοινωνικών συστημάτων και προβλημάτων. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων μας χρησιμοποιήσαμε μόνο την διεπιφάνεια των μοντέλων και όχι άμεσα τον κώδικα.

Τα μοντέλα του λογισμικού που χρησιμοποιήσαμε είναι τα εξής: Climate Change, Epidem Travel and Control, Erosion, Daisyworld, Segregation και Cooperation. Αρχικά, προσπαθήσαμε να συσχετίσουμε τα ερευνητικά μας ερωτήματα με τα παραπάνω μοντέλα. Στη συνέχεια, πραγματοποιήσαμε έναν αριθμό πειραμάτων, αλλάζοντας τις παραμέτρους του προγράμματος και παρατηρήσαμε τις αλλαγές στο σύστημα. Τέλος, συνδυάσαμε τα συμπεράσματά μας με τις προσφερόμενες από τη βιβλιογραφία πηγές.

## Η Έρευνα

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζουμε την έρευνά μας στα διάφορα στάδιά της. Δεν παρουσιάζουμε τις οπτικές αναπαραστάσεις της NetLogo για λόγους οικονομίας χώρου. Άλλωστε, μπορεί κανείς εύκολα να τις δει «κατεβάζοντας» το πρόγραμμα, που είναι ένα «ελεύθερο» λογισμικό, ή επισκεπτόμενος την ιστοσελίδα της NetLogo.

Η κλιματική Αλλαγή και οι αιτίες της

Η ενότητα αυτή σχετίζεται με το εξής ερώτημα: Ποια είναι τα αίτια της κλιματικής αλλαγής που σχετίζονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα; Η μελέτη του προβλήματος αυτού έγινε με την υποστήριξη του μοντέλου της NetLogo “Climate Change” (Tinker and Wilensky, 2007). Με το μοντέλο αυτό μπορούμε να δούμε πώς επιδρούν στο παγκόσμιο κλίμα, συγκεκριμένα στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, ορισμένοι παράμετροι. Η ηλιακή ακτινοβολία (sun-brightness) είναι παράμετρος που εξαρτάται από τη δράση του ήλιου και τη θέση της γης ως προς αυτόν. Είναι εξαιρετικά σημαντική και υπεύθυνη για τη μεταβολή του κλίματος στη διάρκεια των αιώνων και δεν εξαρτάται από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Η λευκαύγεια (albedo) αντιπροσωπεύει την ικανότητα της Γης να ανακλά την ακτινοβολία και ως εκ τούτου να ψύχεται. Η εκχέρωση της γης, η αποψίλωση των δασών, οι καλλιέργειες και η δημιουργία πόλεων είναι ανθρώπινες δραστηριότητες που επηρεάζουν αυτήν την παράμετρο, χωρίς όμως να είναι εύκολο να πούμε πώς. Η επίδραση των αερίων του θερμοκηπίου εισάγεται στο μοντέλο

μέσω του επιλογέα “CO<sub>2</sub>” και, βεβαίως, είναι αυξητική ως προς τη μέση θερμοκρασία. Η ανάπτυξη της βιομηχανίας απαιτεί την καύση ορυκτών καυσίμων, διαδικασία κατά την οποία απελευθερώνονται τεράστιες ποσότητες CO<sub>2</sub>. Αυτό διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πέρα από το CO<sub>2</sub>, το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), το οποίο παράγεται ανθρωπογενώς, κυρίως με την εκτροφή των βοοειδών, συνεισφέρει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι υδρατμοί αποτελούν, επίσης, ένα σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου. Όταν όμως οι υδρατμοί δημιουργούν νέφη, μπορούν να αυξήσουν ή να μειώσουν τη λευκαύγεια του πλανήτη, αν είναι πυκνά ή αραιά, όπως διαπιστώνουμε “τρέχοντας” το μοντέλο.

Το κλίμα είναι ένα πολύπλοκο σύστημα, και η κλιματική αλλαγή πολύπλοκο πρόβλημα. Το πολύπλοκο σύστημα είναι μία σύνθετη δομή, αποτελούμενη από πολλαπλά αλληλεπιδρώντα μέρη, της οποίας η συμπεριφορά είναι διαφορετική από οποιονδήποτε γραμμικό συνδυασμό συμπεριφορών των μερών της. Κύριο χαρακτηριστικό των πολύπλοκων συστημάτων είναι η ανάδραση: διαδικασία κατά την οποία κάποιο τμήμα της εξόδου ενός συστήματος ανακατευθύνεται και επανατροφοδοτείται στο σύστημα ως νέα είσοδος. Στην κλιματική αλλαγή μπορούν να υπάρξουν θετικές και αρνητικές αναδράσεις, το αποτέλεσμα των οποίων μπορούμε να το προσομοιώσουμε με το μοντέλο. Για παράδειγμα, η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε τήξη των πάγων, άρα σε μείωση της λευκαύγειας και περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας (θετική ανάδραση). Ομοίως, η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε απελευθέρωση μεθανίου από τους βάλτους και τα δάση, άρα σε περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας (θετική ανάδραση). Αντίστροφα: η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη αύξηση της νέφωσης και, επομένως, σε αύξηση της λευκαύγειας και μείωση της θερμοκρασίας (αρνητική ανάδραση).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

Ποιες είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ως πολύπλοκου συστήματος, στην κοινωνία και στις ανθρώπινες δραστηριότητες; Τόσο το κλίμα όσο και η ανθρώπινη κοινωνία αποτελούν πολύπλοκα συστήματα και μάλιστα συνδεδεμένα και αλληλο-επηρεαζόμενα. Ενώ η κλιματική αλλαγή της εποχής μας οφείλεται κυρίως στις ανθρώπινες δραστηριότητες, επιστρέφει και επιδρά πάνω στον άνθρωπο ως ανάδραση.

Ένα επιμέρους ερώτημα είναι: ποιες είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην υγεία; Για να απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό, χρησιμοποιήσαμε τα μοντέλα Epidem travel and control της NetLogo (Yang and Wilensky, 2011). Με το μοντέλο αυτό μπορούμε να ελέγξουμε την επίδραση παραμέτρων όπως η κινητικότητα, η μετακίνηση πληθυσμών μεταξύ δυο περιοχών και η πληθυσμιακή πυκνότητα που επιδρούν στη δημιουργία επιδημιών. Παρατηρήσαμε ότι, για ορισμένες περιπτώσεις, η μετακίνηση πληθυσμών και ιδιαίτερα η συγκέντρωσή τους μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο κίνδυνο δημιουργίας επιδημιών, οι οποίες πάντως μπορούν να

αποτραπούν με κατάλληλα υγειονομικά μέτρα. Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να δημιουργήσει μετακινήσεις και συγκεντρώσεις πληθυσμών γι' αυτό οι υπηρεσίες υγείας, τόσο οι εθνικές όσο και οι διεθνείς, πρέπει να επαγρυπνούν.

Ένα άλλο σχετικό ερώτημα είναι: ποιες είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη αλλαγή της επιφάνειας και της χρήσης της γης; Η κλιματική αλλαγή, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, θα επιφέρει μεγαλύτερη εξάτμιση και περισσότερες βροχοπτώσεις. Με το μοντέλο της NetLogo "Erosion" (διάβρωση) παρατηρήσαμε ότι οι περιοχές με την μεγαλύτερη κατακόρυφη διαφοροποίηση - η Ελλάδα είναι μια από αυτές - θα υποστούν την ισχυρότερη διάβρωση (Dunham, Tissue, and Wilensky, 2004). Επίσης η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη αναμένεται να οδηγήσει και σε καταστροφικές πυρκαγιές. Με το μοντέλο "Fire" (φωτιά) της NetLogo διαπιστώσαμε ότι τα πυκνότερα δάση κινδυνεύουν περισσότερο από τις πυρκαγιές (Wilensky, 1997).

#### Ηθικά διλήμματα

Ποια είναι τα ηθικά διλήμματα που προκύπτουν από τους ενδεχόμενους τρόπους αντιμετώπισης στο συζητούμενο πρόβλημα; Σύμφωνα με την ανθρωποκεντρική άποψη ο άνθρωπος οφείλει να προστατέψει το περιβάλλον, διότι με την καταστροφή του κινδυνεύει ο ίδιος και το είδος του. "Ηθικές υποχρεώσεις μας προς τη φύση μπορούν να νοηθούν μόνο ως προέκταση των ηθικών υποχρεώσεών μας προς τους άλλους ανθρώπους." (Γεωργόπουλος, 2017). Η φύση έχει εργαλειακό χαρακτήρα, αφού ο άνθρωπος την εκμεταλλεύεται για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του. Σύμφωνα με την οικοκεντρική άποψη ο άνθρωπος έχει την ηθική υποχρέωση να προστατεύει τη φύση. Ακόμη και αν ο άνθρωπος έλθει σε πολύ δύσκολη θέση δεν έχει δικαίωμα να υπερεκμεταλλευτεί τη φύση για να επιβιώσει (Καραγεωργάκης κ.ά., 2017).

Για τον προβληματισμό επ' αυτού του διλήμματος τρέξαμε το μοντέλο της NetLogo Daisyworld (Novak and Wilensky, 2006). Στο πράγματι ποιητικό αυτό μοντέλο στον πλανήτη τα μόνα όντα που ζουν είναι μαύρες και πράσινες μαργαρίτες, οι οποίες στην ουσία αποτελούν τον πλανήτη! Οι μαύρες έχουν μικρή λευκαύγεια και θερμαίνουν τον πλανήτη, ενώ οι λευκές μεγάλη λευκαύγεια και τον ψύχουν. Και οι δυο μπορούν να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν σε ένα ορισμένο εύρος θερμοκρασιών. Το αποτέλεσμα είναι να μπορούν να συνυπάρξουν μεταξύ τους σε αρμονία αρκεί να βρίσκονται σε κατάλληλες κατανομές πληθυσμών. Επίσης, υπάρχει η περίπτωση να υπερθερμανθεί ή να ψυχθεί τόσο ο πλανήτης ώστε να αποσταθεροποιηθεί και να μην μπορεί να επανέλθει. Το μοντέλο που διερευνά την ιδέα της "Γαίας" (Ogle, 2017) τονίζει ότι δεν μπορούμε να θεωρήσουμε τον άνθρωπο έξω από το φυσικό του περιβάλλον.



Ένα άλλο δίλημμα το οποίο ήδη ταλανίζει την εποχή μας είναι αν ο αναπτυσσόμενος κόσμος πρέπει να σηκώσει το βάρος των πληγέντων από την κλιματική αλλαγή. Πρέπει ο αναπτυσσόμενος κόσμος να δεχθεί μετανάστες από τις πληγείσες περιοχές του πλανήτη; Για να προβληματιστούμε σε αυτό το δίλημμα χρησιμοποιήσαμε το μοντέλο segregation της NetLogo (Wilensky, 1997). Το μοντέλο αυτό μελετά τους κοινωνικούς διαχωρισμούς ως αποτέλεσμα της επιθυμίας των ανθρώπων να συμβιώνουν με ομοίους τους. Αν και κατ' αρχήν δημιουργήθηκε για να προσομοιάσει τον φυλετικό διαχωρισμό στον ιστό των πόλεων, εμείς το χρησιμοποιήσαμε για να δούμε την επίδραση του διαχωρισμού μετανάστης /αυτόχθων.

Στον κόσμο του μοντέλου αυτού ζουν κόκκινες και πράσινες χελώνες που επιθυμούν ή δεν επιθυμούν να ζουν μαζί. Παρατηρούμε ότι και για μικρή διαφοροποίηση στην παράμετρο %-similar-wanted, η οποία εκφράζει την επιθυμία να έχει κανείς όμοιους γείτονες, δημιουργούνται έντονα μοτίβα διαχωρισμού. Αυξάνοντας την τιμή αυτής της παραμέτρου, ο διαχωρισμός εντείνεται και οδηγεί στη δημιουργία τελείως διαφορετικών χώρων, που μπορούν μεταφορικά να συγκριθούν με τα γκέτο και τα στρατόπεδα συγκέντρωσης ή τα λεγόμενα “hotspot”. Σε ακραίες τιμές το σύστημα αποσταθεροποιείται και μπορεί να ιδωθεί ως κοινωνικά ακραία κατάσταση, π.χ. πόλεμος.

#### Συνεργασία και ανταγωνισμός

Ποια είναι τα κυρίαρχα ιδεολογικά ρεύματα, σε παγκόσμιο επίπεδο, τα οποία καθορίζουν τη λήψη μέτρων αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, και ποιες στρατηγικές - πολιτικές προτείνει το καθένα; Από τον καθημερινό τύπο διαπιστώνουμε ότι δύο είναι τα κυρίαρχα ιδεολογικά ρεύματα τόσο στην Ευρώπη όσο και παγκόσμια. Το ένα τονίζει το άνοιγμα στον άλλον και στον διαφορετικό και τη συνεργασία, ενώ το άλλο τονίζει τις διαφορές και τη σύγκρουση. Οι δημοσκοπήσεις και οι εκλογές σε Ευρώπη και Αμερική δείχνουν καθαρά την ύπαρξη αυτών των δύο τάσεων που αφορούν στην αναζωπύρωση του εθνικισμού και στην αλλαγή στάσης απέναντι στην κλιματική αλλαγή. Για να μελετήσουμε τη δυναμική σχέση “συνεργασία / ανταγωνισμός” χρησιμοποιούμε το μοντέλο Cooperation της NetLogo (Wilensky, 1997). Αυτό το μοντέλο έχει να κάνει με τη χρήση των φυσικών πόρων και την εξέλιξη. Ποια συμπεριφορά είναι περισσότερο πιθανό να κληρονομηθεί; η συνεργατική ή η ανταγωνιστική (το συνεργατικό ή το ανταγωνιστικό γονίδιο;). Στο μοντέλο υπάρχουν δύο είδη αγελάδων που καταναλώνουν χορτάρι σε ένα λιβάδι. Οι κόκκινες αγελάδες αντιστοιχούν στα συνεργάσιμα άτομα, οι μπλε στα άπληστα και το χορτάρι στους αναλώσιμους πόρους. Οι άπληστες αγελάδες καταναλώνουν το χορτάρι ανεξάρτητα από το μήκος του, ενώ οι συνεργάσιμες τρώνε το χορτάρι που είναι μεγαλύτερο από κάποιο συγκεκριμένο μήκος, στο οποίο το χορτάρι μεγαλώνει με γρηγορότερο ρυθμό. Επομένως, οι συνεργάσιμες αγελάδες φροντίζουν και για την τροφή των



υπόλοιπων παρά τις επιπτώσεις που αυτό μπορεί να έχει στην υγεία τους. Αντίστοιχα: στην ανθρώπινη κοινωνία, πολλές χώρες, συνήθως οι αναπτυγμένες, εξαντλούν τους φυσικούς πόρους για να καλύψουν τις ανάγκες και τις επιθυμίες τους χωρίς να ενδιαφέρονται για την αποκατάστασή τους. Έτσι, όχι μόνο δεν υπάρχει η δυνατότητα για τις αναπτυσσόμενες χώρες να τις εκμεταλλευτούν πιθανόν στο μέλλον, αλλά και αυτές οι χώρες υποχρεώνονται να υποστούν συνέπειες, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας, για τις οποίες είναι υπεύθυνες οι αναπτυγμένες χώρες.

Με τη μείωση της παραμέτρου της συνεργασίας, δηλαδή με την αύξηση των άπληστων αγελάδων, οι πόροι (το χορτάρι) μειώνονται γρηγορότερα και δεν ανανεώνονται. Όταν αυξάνεται ο αρχικός αριθμός αγελάδων, οι πόροι μειώνονται γρηγορότερα. Μπορούμε να αντιστοιχίσουμε το γεγονός αυτό με την αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού και την εξάντληση των φυσικών πόρων για την κάλυψη των αναγκών του.

Τρέχουμε το μοντέλο με τις αρχικές συνθήκες και παρατηρούμε ότι, ενώ αρχικά υπερισχύει ο αριθμός των συνεργατικών αγελάδων, στη συνέχεια αυτή η τάση αντιστρέφεται και οι συνεργατικές αγελάδες εξαφανίζονται. Αν όμως υπό τις ίδιες συνθήκες μειώσουμε τον ρυθμό με τον οποίο οι αγελάδες κινούνται και βόσκουν, παρατηρούμε ότι στο τέλος επικρατούν οι συνεργατικές αγελάδες. Αυτό το αποτέλεσμα μάς διδάσκει ότι πρέπει επειγόντως να μειωθεί ο ρυθμός εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων του πλανήτη και ότι πρέπει να στραφούμε στην αειφορία.

### Συμπεράσματα

Από την παραπάνω εργασία προκύπτει ότι η κλιματική αλλαγή είναι ένα πολύπλοκο πολυσύνθετο πρόβλημα με προεκτάσεις σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Και πώς να μην είναι, αφού ο Άνθρωπος είναι γέννημα του κλίματος της Γης; Τα μοντέλα της NetLogo, αν και σίγουρα δεν μπορούν να συλλάβουν την κλιματική αλλαγή σε όλη της την πολυπλοκότητα, μπορούν να θέτουν απλές ερωτήσεις σε σχέση με κάποια όψη αυτού του πολύπλοκου προβλήματος κάθε φορά. Έτσι αν και δεν μπορέσαμε να λύσουμε τα ιδιαίτερα σημαντικά ηθικά και φιλοσοφικά προβλήματα που τέθηκαν, σίγουρα κερδίσαμε από τη διερεύνησή τους. Πάντως βεβαιωθήκαμε ότι ο άνθρωπος έχει περάσει πια στη φάση που είναι υπεύθυνος για το περιβάλλον στο οποίο ζει. Πρέπει λοιπόν να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο το χειρίζεται.

Τα προγράμματα που χρησιμοποιήσαμε επιχειρούν να προσομοιάσουν την πραγματικότητα και σε καμία περίπτωση δεν ταυτίζονται με αυτήν. Παρ' όλα αυτά, αποτελούν θαυμαστές κατασκευές οι οποίες δεν είναι άσχετες με τον κόσμο στον οποίο ζούμε. Γι' αυτό άλλωστε οι

ερευνητές χρησιμοποιούν τις προσομοιώσεις στους υπολογιστές για να μελετήσουν τη φύση και τον άνθρωπο. Είναι προφανές ότι η εξαιρετική πολυπλοκότητα των φυσικών και κοινωνικών συστημάτων δεν μπορεί να προσομοιωθεί στην ολότητά της από το συγκεκριμένο μοντέλο και ίσως από κανένα άλλο σχετικό. Το μοντέλα αυτά όμως είναι χρήσιμα, επειδή δίνουν απαντήσεις σε επιμέρους ερωτήσεις και μας βοηθούν να αντιληφθούμε καλύτερα κάποια ζητήματα.

Συμπερασματικά, η έρευνά μας για την κλιματική αλλαγή με τη βοήθεια των προσομοιώσεων της NetLogo, αν και ίσως δεν μας κατέστησε σοφότερους, σίγουρα έθεσε σοβαρά ερωτήματα τα οποία πιθανόν να επιχειρήσουμε να απαντήσουμε στο μέλλον ως ερευνητές.

### Βιβλιογραφία-Δικτυογραφία

Dunham, G., Tisue, S. and Wilensky, U. (2004). NetLogo Erosion model. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University, Evanston, IL. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Erosion>.

Gkaras, G., Costaridis, P., & Yiatas, D. (2015). Study of the Problem “Exploration vs. Exploitation” in the Context of an Ecosystem with the “Multi-Agent” Software NetLogo. In Smyrniou, Z., Martin Riopel, M. & Sotiriou, M. Recent Advances in Science and Technology Education, Ranging from Modern Pedagogies to Neuroeducation and Assessment. (pp. 167-179). Cambridge Scholars Publishing Ltd.

Gkiolmas, A., Karamanos, K., Chalkidis, A., Papaconstantinou, M., Stavrou, D. & Skordoulis C. (2013). Using the simulations of NetLogo as a tool for introducing Greek High-School Students to eco-systemic thinking; *Adv. Syst. Sci. and Appl.* 13(3), 276-98.

Heavens, N. G., Ward, D. S. & Natalie, M. M. (2013). Studying and Projecting Climate Change with Earth System Models. *Nature Education Knowledge* 4(5):4  
<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/ioc-oceans/high-level-objectives/climate-change/>

NASA (2017). Global Climate Change. Vital Signs on the Planet <https://climate.nasa.gov/>

Novak, M. and Wilensky, U. (2006). NetLogo Daisyworld model. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University, Evanston, IL.  
<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Daisyworld>.

Ogle, M. (2017). Gaia Theory. Model and metaphor for 21st Century.  
<http://www.gaiatheory.org/>

Thiele, J. C., Grimm, V. (2010). NetLogo meets R: Linking agent-based models with a toolbox for their analysis. *Environmental Modelling & Software* 25, 972-974.

Tinker, R. and Wilensky, U. (2007). NetLogo Climate Change model.  
<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/ClimateChange>. Center for Connected Learning

and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University, Evanston, IL.

UNESCO (2017). High Level Objective 3. Increased resilience to Climate Change and variability and enhanced safety efficiency and effectiveness of all ocean based activities through scientifically-founded services, adaptation and mitigation strategies

Wilensky, U. (1997). NetLogo Cooperation model.\_ Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University, Evanston, IL. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Cooperation>.

Wilensky, U. (1997). NetLogo Fire model.\_ Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University, Evanston, IL. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Fire>.

Wilensky, U. (1997). NetLogo Segregation model.\_. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University, Evanston, IL. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Segregation>

Wilensky, U. (1999). NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

Wilensky, U. and Rand, W. (2015). An introduction to agent-based modeling: Modeling natural, social and engineered complex systems with NetLogo. Cambridge: [MIT Press](#).

Yang, C. and Wilensky, U. (2011). NetLogo epiDEM Travel and Control model.\_ Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University, Evanston, IL. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/epiDEMTravelandControl>.

Γεωργόπουλος, Α. (2017). Περιβαλλοντική Ηθική. Έχουν οι άνθρωποι υποχρεώσεις προς τα μη ανθρώπινα όντα; [http://kpe-kastor.kas.sch.gr/peekpe/text/sinedrio/IV\\_sin\\_ereynes/19.20-19.40\\_%20Georgopoulos.pdf](http://kpe-kastor.kas.sch.gr/peekpe/text/sinedrio/IV_sin_ereynes/19.20-19.40_%20Georgopoulos.pdf)

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, (2014). Δράση για το κλίμα (έγγραφο pdf). [https://europa.eu/european-union/topics/climate-action\\_el](https://europa.eu/european-union/topics/climate-action_el)

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο (2017). Η Συμφωνία των Παρισίων για την Κλιματική Αλλαγή. <http://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/timeline/>

Καραγεωργάκης, Στ., Λιθοξοΐδου, Λ., Αραμπατζίδου, Φ., Κουράκης, Κ., Γεωργόπουλος, Α., (2017). *Περιβαλλοντική Ηθική και στο Σχολείο: Η εκπαίδευση αξιών ανοίγει νέα μονοπάτια*, ΕΚΠΑ Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών-Τμήμα Εκπαίδευσης Και Αγωγής Στην Προσχολική Ηλικία - Το Παιδαγωγικό Πλαίσιο Της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Στην Αειφόρο Ανάπτυξη.