

3^ο Σύνολο Προγραμματιστικών/Θεωρητικών Ασκήσεων

Καταληκτική Ημερομηνία Παράδοσης: 01/07/2024

Συνολικό Βάρος Βαθμολογίας: >60%¹

Η εργασία αυτή μπορεί να γίνει **σε ομάδες των 1-3 ατόμων**. Την εργασία την καταθέτετε στο eclass, στο μενού εργασίες. Θα πρέπει να καταθέσετε ένα συμπιεσμένο αρχείο (.zip) το οποίο θα περιλαμβάνει τα εξής: α) σε ένα .pdf τις λύσεις των θεωρητικών ασκήσεων – θα εκτιμηθεί θετικά αν έχουν γραφεί ηλεκτρονικά και δεν είναι χειρόγραφες σαρωμένες και β) τα αρχεία με τον πηγαίο κώδικα NETLOGO για τις προγραμματιστικές ασκήσεις μαζί με μία αναφορά (.pdf) σχετικά με τα πειράματά σας και τις παρατηρήσεις σας σε αυτά τα μοντέλα.

Τα ποσοστά σε κάθε άσκηση περιγράφουν το βάρος αυτής της άσκησης στη συνολική εργασία. Προφανώς, αν ξεπεράσετε το 100% θα πάρετε επιπλέον βαθμούς.

Θεωρητική Άσκηση

Άσκηση 1 (10%)

Επιλέξτε την παράμετρο $a \in (0,1)$ και θεωρείστε το εξής σύστημα μέσου όρου με δύο παίκτες:

$$x_1(t+1) = x_1(t)$$

$$x_2(t+1) = ax_1(t) + (1-a)x_2(t)$$

Να απαντήσετε στα εξής:

1. Να βρείτε το μητρώο A που αναπαριστά το σύστημα και να δείξετε ότι είναι στοχαστικό ως προς τις γραμμές.
2. Να υπολογίσετε τις ιδιοτιμές και τα ιδιοδιανύσματα του μητρώου A .
3. Να σχεδιάσετε το κατευθυνόμενο γράφημα G που αναπαριστά αυτόν τον αλγόριθμο και αναφερθείτε στη συνεκτικότητά του.
4. Να υπολογίσετε που συγκλίνει αυτός ο αλγόριθμος ως συνάρτηση των αρχικών τιμών των παικτών.

Άσκηση 2 (10%)

Θεωρείστε δύο πράκτορες με ετικέτες $+1$ και -1 όπου ο καθένας έχει ένα επίπεδο αυτοπεποίθησης s_{+1} και s_{-1} . Θεωρείστε ότι $s_{+1} \geq 0$, $s_{-1} \geq 0$ και $s_{+1} + s_{-1} = 1$. Για $i \in \{+1, -1\}$ ορίζουμε:

$$x_i^+ = s_i x_i + (1 - s_i) x_{-i}$$

Κάντε τα εξής:

¹ Δεν θέλω να καθορίσω ακριβώς το βάρος ώστε να υπάρχει μία σχετική ευελιξία στη βαθμολόγηση (θα είναι φιλική προς τους φοιτητές 😊).

α) Υπολογίστε το μητρώο A που αναπαριστά το σύστημα και αποδείξτε ότι είναι στοχαστικός ως προς τις γραμμές.

β) Υπολογίστε το μητρώο A^2

γ) Υπολογίστε τις ιδιοτιμές, τα δεξιά και τα αριστερά ιδιοδιανύσματα του A

δ) Να υπολογίσετε την τελική τιμή του αλγορίθμου όπως περιγράφεται από την παραπάνω εξίσωση ως συνάρτηση των αρχικών τιμών για τα s_{+1} και s_{-1} καθώς και των επιπέδων αυτοπεποίθησης. Είναι αλήθεια ότι ο πράκτορας με την υψηλότερη αυτοπεποίθηση έχει μεγαλύτερη συνεισφορά στην τελική τιμή;

Προγραμματιστικές Ασκήσεις

Στις παρακάτω προγραμματιστικές ασκήσεις θα κληθείτε να χρησιμοποιήσετε το περιβάλλον NETLOGO για την υλοποίηση. Σας ζητείται να υλοποιήσετε τους αλγορίθμους και να ελέγξετε πειραματικά ότι τα αποτελέσματα είναι τα αναμενόμενα. Για όλες τις ασκήσεις θα δώσετε μία αναφορά με τις παρατηρήσεις σας.

Π. Άσκηση 1 (25%)

Σε αυτή την άσκηση θα κληθείτε να υλοποιήσετε το μοντέλο Friedkin-Johnsen όπου η γνώμη κάθε

παίκτη ανήκει στο $[0,1]^2$. Για παράδειγμα, ένας παίκτης μπορεί να έχει γνώμη $\begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \frac{1}{2} \end{bmatrix}$. Αρχικοποιήστε

τις γνώμες των παικτών τυχαία στο $[0,1]^2$. Αποτυπώστε σε ένα τετράγωνο 1×1 τις αρχικές γνώμες καθώς και τις τελικές γνώμες των παικτών, όπου η τελική γνώμη θα έχει προκύψει μετά από ένα αρκούντως μεγάλο πλήθος επαναλήψεων. Για παράδειγμα, θα μπορούσατε να τερματίσετε τις επαναλήψεις όταν οι αλλαγές στις γνώμες είναι μικρότερες από ένα ε σε δύο διαδοχικές επαναλήψεις, όπου η αλλαγή ορίζεται σε σχέση με την Ευκλείδεια απόσταση. Να κάνετε αυτή την αποτύπωση και να σχολιάσετε τα αποτελέσματα (για παράδειγμα, αν επιτυγχάνεται ομοφωνία) που παίρνετε για κάθε μία από τις παρακάτω περιπτώσεις:

1. $\forall i (\theta_{ii} = 0)$ – Κανένας δεν επιμένει στην αρχική του γνώμη
2. $\forall i (\theta_{ii} = 1)$ – Όλοι επιμένουν στις αρχικές τους γνώμες
3. $\exists i (\theta_{ii} = 1)$ και $\forall j ((j \neq i) \rightarrow (\theta_{ii} = 0))$ – Υπάρχει ένας μοναδικός που επιμένει στην αρχική του γνώμη ενώ οι υπόλοιποι δεν επιμένουν καθόλου
4. Δώστε τυχαίες τιμές στο θ_{ii}

Ερμηνεύστε τα αποτελέσματά σας.

Π. Άσκηση 2 (40%)

Σε αυτή την άσκηση θα κληθείτε να υλοποιήσετε διάφορες παραλλαγές του μοντέλου διάδοσης φωτιάς (forest fire model). Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το βασικό μοντέλο που υπάρχει στη βιβλιοθήκη της NETLOGO και να το επεκτείνετε με βάση τα ζητούμενα. Σε κάθε περίπτωση, αυτό που ζητείται είναι να υπολογίσετε πειραματικά την κρίσιμη πιθανότητα και να ερμηνεύσετε το αποτέλεσμα σε σχέση με την κρίσιμη πιθανότητα στο απλοϊκό μοντέλο που υλοποιείται στη NETLOGO (δείτε διαφάνειες για Κυψελωτά Αυτόματα στην Ενότητα που αφορά τις φωτιές σε δάση. Θεωρούμε ότι τα δένδρα δεν μεγαλώνουν ($q = 0$) και ότι δεν υπάρχουν κεραυνοί ($f = 0$)).

Ζητείται να κάνετε τις εξής αλλαγές μεμονωμένα στην αρχή και έπειτα συνδυαστικά όπως αναφέρεται παρακάτω.

1. Στο υπάρχον μοντέλο χρησιμοποιείται η von Neumann γειτονιά. Να χρησιμοποιήσετε τη γειτονιά Moore.
2. Τα δένδρα δεν καίγονται τόσο εύκολα. Για να καούν θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον 2 δένδρα που να καίγονται στη γειτονιά τους (θεωρείστε Moore γειτονιά). Συγκρίνετε με την περίπτωση που πρέπει να καίγονται τουλάχιστον 3 δέντρα και τουλάχιστον 4 δέντρα.

3. Θα θέλαμε να μοντελοποιήσουμε και την επίδραση του ανέμου στο συγκεκριμένο απλοϊκό μοντέλο. Πώς θα το κάνετε αυτό (μπορεί να χρειαστεί να χρησιμοποιήσετε ένα στοχαστικό μοντέλο); Πειραματιστείτε για συγκεκριμένη πυκνότητα δένδρων με την ένταση του ανέμου και δώστε σε μία γραφική παράσταση (καμένα δένδρα μετά το πέρας της προσομοίωσης σε σχέση με ταχύτητα ανέμου) τα πειράματά σας για τουλάχιστον 2 διαφορετικές πυκνότητες (στην ίδια γραφική παράσταση).
4. Ας κάνουμε τώρα το μοντέλο στοχαστικό. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης ορίζει μία πιθανότητα q με την οποία ένα δένδρο που καίγεται μεταδίδει στο διπλανό του δένδρο (von Neumann γειτονιά). Προσέξτε ότι στο απλοϊκό μοντέλο θεωρούμε $q = 1$. Για συγκεκριμένη πυκνότητα (μεγαλύτερη του 60%), να δείξετε μία γραφική παράσταση των καμένων δένδρων και της πιθανότητας q .
5. Στο (4), προσθέστε δύο τύπους δένδρων. Ο ένας τύπος δένδρου καίγεται μόνο για μία χρονική στιγμή. Ο δεύτερος τύπος, όντας βραδύκαυστος, καίγεται για δύο χρονικές στιγμές. Για συγκεκριμένη πυκνότητα, να δείξετε μία γραφική παράσταση των καμένων δένδρων και της πιθανότητας q με διαφορετικές αναλογίες από τους δύο τύπους δένδρων (η γραφική παράσταση θα περιέχει πολλαπλές καμπύλες, μία για κάθε αναλογία).
6. Στο (3) προσθέστε και έναν αγροτικό δρόμο πλάτους ενός δένδρου που να διασχίζει κάθετα το δάσος μέχρι τη μέση του. Επαναλάβετε το πείραμα του (3).
7. Συνδυάστε τη γειτονιά Moore (1) με τον άνεμο (3), τη στοχαστικότητα (4), τους διαφορετικούς τύπους δένδρων (5) και τον αγροτικό δρόμο (6) και κάντε παρατηρήσεις σχετικά με τα πειράματά που θα διεξάγετε.

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ερμηνεύσετε τα αποτελέσματά σας.

II. Άσκηση 3 (25%)

Στα έτοιμα μοντέλα της NetLogo, στο φάκελο Computer Science, υπάρχει το μοντέλο “Artificial Neural Network – Multilayer”. Πάρτε τον κώδικα αυτού του νευρωνικού δικτύου και εφαρμόστε το σε άλλο έτοιμο μοντέλο έτσι ώστε να κάνετε τους πράκτορες πιο έξυπνους (όπου αυτό είναι ρεαλιστικό). Για παράδειγμα θα μπορούσατε να χρησιμοποιήσετε το «Wolf Sheep Predation» μοντέλο και να βάλετε τους λύκους να χρησιμοποιούν ένα τέτοιο νευρωνικό για να αποφασίζουν προς τα που θα κινηθούν ώστε να κυνηγούν πιο αποδοτικά. Το ίδιο θα μπορούσατε να κάνετε στο μοντέλο «Shepherds» για τους βοσκούς. Συγκρίνετε τα δύο μοντέλα (το αρχικό με τους απλούς πράκτορες και αυτό με τους «έξυπνους» πράκτορες). Είναι πιο αποδοτικοί οι «έξυπνοι πράκτορες»;

II. Άσκηση 4 (25%)

Στα έτοιμα μοντέλα της NetLogo, υπάρχει το μοντέλο “Traffic Grid Goal”. Στο μοντέλο αυτό σας δείχνει μία πόλη όπου χρησιμοποιούνται φανάρια στις διασταυρώσεις. Αφού εξοικειωθείτε με το μοντέλο αλλάξτε το ώστε τα φανάρια να ανάβουν περιοδικά μεν αλλά να αρχικοποιούνται σε διαφορετικές τιμές ώστε να μην είναι συντονισμένα (σε αυτό το μοντέλο όλα ανάβουν και κλείνουν ταυτόχρονα). Έπειτα, δώστε τη δυνατότητα αντί για φανάρια να λειτουργεί (ως επιλογή) με κυκλικούς κόμβους. Τρέξτε πειράματα και δείξτε για το συγκεκριμένο μοντέλο, ποιο είναι το πιο αποδοτικό όσον αφορά τη ροή της κυκλοφορίας.

Ασκήσεις Μοντελοποίησης

Οι παρακάτω ασκήσεις είναι δύσκολες αλλά έχουν μεγάλο ενδιαφέρον. Υπάρχουν πολλές επιλογές για μία τέτοια άσκηση. Μπορείτε να προτείνετε και εσείς ένα τέτοιου τύπου θέμα και εφόσον ο διδάσκων συμφωνήσει μπορείτε να προχωρήσετε.

Ε. Άσκηση 1 (70%)

Φανταστείτε ότι είστε μέσα σε ένα ντους που από τη μία πλευρά μόνο έχει μία γυάλινη επιφάνεια ενώ οι άλλες τρεις πλευρές είναι απλός τοίχος. Λόγω του ζεστού νερού δημιουργούνται αναθυμιάσεις που υγροποιούνται πάνω στο τζάμι. Στην αρχή μαζεύεται αυτή η υγρασία πάνω στο τζάμι χωρίς να συμβαίνει κάτι ενδιαφέρον. Κάποια στιγμή όμως σε μία περιοχή μπορεί να μαζευτεί πολύ υγρασία, η οποία λόγω της βαρύτητας να μετακινηθεί προς τα κάτω (μπορεί να έχετε παρατηρήσει ότι δεν κινείται κάθετα αλλά κάνει μικρές στροφές ανάλογα με τη πυκνότητα των υδρατμών και κάποια στιγμή μπορεί να σταματήσει πριν φτάσει το κάτω σύνορο). Μπορείτε να μοντελοποιήσετε το συγκεκριμένο φαινόμενο; Σας ζητείται να πειραματιστείτε με το μοντέλο σας και να απεικονίσετε τα αποτελέσματα γραφικά. Θα πρέπει το μοντέλο σας να είναι τέτοιο που η συμπεριφορά να είναι όμοια με τη συμπεριφορά που παρατηρούμε στο τζάμι του ντους.

Ορίστε τις εξής παραμέτρους για τον πειραματισμό σας (θα πρέπει ο χρήστης να μπορεί να ορίζει τις παραμέτρους με ένα slider μεταξύ κάποιας ελάχιστης και κάποιας μέγιστης τιμής): α) βαρύτητα (όσο πιο μεγάλη τόσο πιο εύκολο να τρέξουν προς τα κάτω), β) ρυθμός εναπόθεσης υγρασίας (όσο μεγαλύτερος τόσο πιο γρήγορα εμφανίζονται σταγόνες) γ) τριβή (όσο πιο μεγάλη τόσο πιο δύσκολο να τρέξουν προς τα κάτω οι σταγόνες).

Ε. Άσκηση 2 (100%)

Στη μικρή Χριστίνα αρέσει πολύ το νερό με ανθρακικό. Εκτός του ότι της αρέσει πολύ το αίσθημα που δημιουργεί στο στόμα το ανθρακικό, της αρέσει πολύ να βλέπει τις μικρές φυσαλίδες που ξαφνικά δημιουργούνται και φτάνουν στην επιφάνεια όπου σκάνε. Ρωτάει τον μπαμπά της πως δημιουργούνται αυτές οι φυσαλίδες και ο μπαμπάς της, αφού έψαξε στο διαδίκτυο, προσπάθησε να της εξηγήσει, χωρίς όμως επιτυχία (με δικιά του ευθύνη). Σκέφτηκε λοιπόν να φτιάξει ένα τρισδιάστατο μοντέλο και με απλούς κανόνες να δείξει στον υπολογιστή πως δημιουργούνται αυτές οι φυσαλίδες ανάλογα με τον συνολικό όγκο του ανθρακικού στο νερό (παράμετρος). Μπορείτε να τον βοηθήσετε σχεδιάζοντας και υλοποιώντας ένα τέτοιο μοντέλο σε NetLogo;

Ε. Άσκηση 3 (80%)

Φανταστείτε ότι είστε ο υπεύθυνος αίθουσας μίας θεατρικής παράστασης σε ένα μεγάλο θέατρο. Ο εκκεντρικός χορηγός της παράστασης σας έχει παραπονεθεί ότι στο τέλος της παράστασης, όταν το κοινό χειροκροτεί τους ηθοποιούς ακούγεται ένας θόρυβος από τα χειροκροτήματα χωρίς να επιτυγχάνεται γρήγορος συντονισμός και όλοι να χειροκροτούν περίπου ταυτόχρονα και σας ζητάει να σκεφτείτε κάτι ώστε να επιτυγχάνεται ο συντονισμός πολύ πιο γρήγορα. Ως υπεύθυνος σκέφτεστε το εξής: θα τοποθετήσουμε σε συγκεκριμένα σημεία (λίγα το πλήθος) μηχανήματα που

επίσης θα παράγουν ένα ήχο χειροκροτήματος και αν αυτά τα μηχανήματα είναι πολλά (παραπάνω από ένα) θα είναι πλήρως συντονισμένα μεταξύ τους. Οπότε σκέφτεστε ότι θα με αυτό τον τρόπο θα δίνετε το ρυθμό και τελικά το ακροατήριο θα συντονιστεί με αυτά και άρα θα βγαίνει ένα συντονισμένο χειροκρότημα. Το πρόβλημα είναι ότι πριν την αγορά των μηχανημάτων αυτών θα πρέπει να πείσετε τον χορηγό ότι η λύση δουλεύει. Σκέφτεστε λοιπόν να του δείξετε ότι πράγματι η ιδέα σας θα δουλεύει μοντελοποιώντας το σύστημα κατάλληλα και προσομοιάζοντάς το σε έναν Η/Υ.

Αποφασίζετε να αλλάξετε κατάλληλα το μοντέλο «Fireflies» της NetLogo, για να δείξετε ότι η λύση σας θα δουλεύει. Αφού εξοικειωθείτε με το μοντέλο και τις δύο στρατηγικές που χρησιμοποιεί προσπαθείστε να το αλλάξετε προσθέτοντας τα μηχανήματα που δίνουν σταθερό ρυθμό. Σας ζητείται να πειραματιστείτε με το μοντέλο σας και να απεικονίσετε τα αποτελέσματα γραφικά. Θα πρέπει το μοντέλο σας να είναι τέτοιο ώστε τελικά να επιτυγχάνεται συντονισμός. Επηρεάζεται η ταχύτητα του συντονισμού από την τοποθεσία των μηχανημάτων ή το πλήθος τους και πώς;

E. Άσκηση 4 (???)

Ό,τι θέλετε εσείς εφόσον συμφωνήσει και ο διδάσκων.