

---

# Large and Social Networks

1ο Σετ Ασκήσεων

---

Σταυρόπουλος Αλέξανδρος Ανδρέας  
2019030109

Διδάσκων:  
Θρασύβουλος Σπυρόπουλος

Υπεύθυνος εργαστηρίου:

-



HMMY

Πολυτεχνείο Κρήτης  
Χειμερινό εξάμηνο 2022-2023

## Πίνακας Περιεχομένων

<b>Άσκηση 1</b> . . . . .	<b>2</b>
Ερώτημα 1 . . . . .	2
Ερώτημα 2 . . . . .	3
<b>Άσκηση 2</b> . . . . .	<b>4</b>
Ερώτημα 1 . . . . .	4
Ερώτημα 2 . . . . .	4
Ερώτημα 3 . . . . .	5
Ερώτημα 4 . . . . .	5
Ερώτημα 5 . . . . .	5
<b>Άσκηση 3</b> . . . . .	<b>6</b>
Ερώτημα 1 . . . . .	6
Ερώτημα 2 . . . . .	6
<b>Άσκηση 4</b> . . . . .	<b>7</b>
Ερώτημα 1 . . . . .	7
Ερώτημα 2 . . . . .	7

# Άσκηση 1

## Ερώτημα 1

Δεδομένου του ότι η Alice έχει 50 φίλους και κάθε μέρα στέλνει ένα email το οποίο είναι μολυσμένο, η πιθανότητα να σταλεί σε ένα συγκεκριμένο φίλο της το mail είναι ίση με  $\frac{1}{50}$ . Η πιθανότητα αυτή είναι ίση για κάθε έναν από τους φίλους της και δεν επηρεάζεται από το αν στο παρελθόν ο εκάστοτε φίλος έχει λάβει μολυσμένο email.

Η πιθανότητα να σταλεί email σε φίλο ο οποίος προηγουμένως δεν έχει μολυνθεί αλλάζει με την πάροδο του χρόνου και γίνεται όλο και μικρότερη. Πιο συγκεκριμένα, την πρώτη φορά που στέλνεται ένα email, είναι σίγουρο πως θα σταλεί σε φίλο ο οποίος δεν έχει λάβει προηγουμένως, δηλαδή  $p_i = 1$ . Την δεύτερη φορά, για να μολυνθεί κάποιος νέος φίλος πρέπει να γίνει επιλογή μεταξύ των υπόλοιπων 49, το οποίο σημαίνει πως η πιθανότητα να μολυνθεί δεύτερο άτομο είναι ίση με  $p_i = \frac{49}{50}$ . Αντίστοιχα, για να μολυνθεί και τρίτο διαφορετικό άτομο η πιθανότητα είναι ίση με  $p_i = \frac{48}{50}$  κ.ο.κ.

Αναπτύσσοντας την παραπάνω σκέψη, η πιθανότητα για την μόλυνση του  $i$ -οστού νέου ατόμου προκύπτει ως εξής:

$$p_i = \frac{N - i}{N} \quad (1)$$

όπου  $N$  ο αριθμός των φίλων της Alice.

Η αναμενόμενη τιμή για την μόλυνση του  $i$ -οστού ατόμου προκύπτει ως εξής:

$$E[i] = \frac{1}{p_i} = \frac{N}{N - i} \quad (2)$$

Ελέγχοντας τις τιμές της αναμενόμενης τιμής παρατηρείται το εξής:

$$\begin{aligned} E[n] &= E[n - 1] + \frac{1}{p_{n-1}} \Rightarrow E[n] = E[n - 2] + \frac{1}{p_{n-2}} + \frac{1}{p_{n-1}} \\ &\vdots \\ \Rightarrow E[n] &= \frac{1}{p_0} + \frac{1}{p_1} + \dots + \frac{1}{p_{n-2}} + \frac{1}{p_{n-1}} \end{aligned}$$

και αντικαθιστώντας την σχέση (2) η παραπάνω σχέση μπορεί να μετασχηματιστεί ως εξής:

$$\begin{aligned} E[n] &= \frac{1}{p_0} + \frac{1}{p_1} + \dots + \frac{1}{p_{n-2}} + \frac{1}{p_{n-1}} \Rightarrow E[n] = \frac{N}{N - 0} + \frac{N}{N - 1} + \dots + \frac{N}{N - (N - 2)} + \frac{N}{N - (N - 1)} \Rightarrow \\ &\Rightarrow E[n] = N \cdot \left( \frac{1}{N - 0} + \frac{1}{N - 1} + \dots + \frac{1}{N - (N - 2)} + \frac{1}{N - (N - 1)} \right) \Rightarrow \\ &\Rightarrow E[n] = N \cdot \left( \frac{1}{N} + \frac{1}{N - 1} + \dots + \frac{1}{2} + 1 \right) \Rightarrow \\ &\Rightarrow E[n] = N \cdot \sum_{n=0}^{N-1} \frac{1}{n - 1} \quad (3) \end{aligned}$$

Αντικαθιστώντας τον αριθμό των φίλων της Alice, δηλαδή  $N = 50$  προκύπτει η εξής αναμενόμενη τιμή:

$$E[50] = 50 \cdot \sum_{n=0}^{49} \frac{1}{n - 1} = 224.96 \approx 225 \text{ μέρες}$$

δηλαδή απαιτούνται περίπου 225 ημέρες ώστε να μολυνθεί κάθε ένας από τους φίλους της Alice.

## Ερώτημα 2

Σύμφωνα με την σχέση (1), η πιθανότητα να μολυνθεί

## Άσκηση 2

### Ερώτημα 1

Σύμφωνα με τα δεδομένα της εκφώνησης η Discrete Time Markov Chain σχεδιάζεται ως εξής:

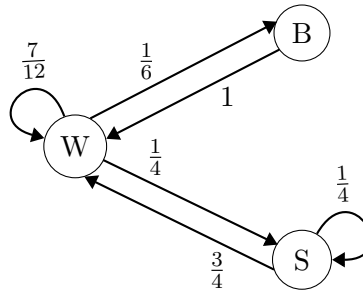


Figure 1: Discrete Markov Chain

### Ερώτημα 2

Για να είναι εργοτική η DTMC του figure 3 είναι απαραίτητο να ισχύουν οι εξής προϋποθέσεις:

1. Recurrent (Ελληνικά)
2. Απεριοδική
3. All nodes communicating to each other

#### Recurrent

Η DTMC είναι Recurrent εφόσον δεν υπάρχει κάποιο state το οποίο είναι transient, δηλαδή δεν υπάρχει κάποιο state από το οποίο αν γίνει μετάβαση από αυτό, δεν είναι εφικτή η επιστροφή σε αυτό.

#### Απεριοδικότητα

Η DTMC είναι Απεριοδική εφόσον δεν υπάρχει κάποιο state το οποίο είναι περιοδικό, δηλαδή δεν υπάρχει κάποιο state από το οποίο όλα τα πιθανά μονοπάτια που ξεκινούν και καταλήγουν σε αυτό να είναι πολλαπλάσια του ίδιου αριθμού  $K$  ( $K > 1$ ). Αυτό συμβαίνει καθώς υπάρχουν self loops σε 2 από τα 3 states με αποτέλεσμα η μετάβαση να μπορεί να μεγαλώσει αρκετά αξιοποιώντας τα.

π.χ. για το state B, η μετάβαση  $B \rightarrow W \rightarrow B$  έχει ελάχιστο μήκος διαδρομής, ίσο με 2, όμως αντίστοιχα μπορεί να εκτελεστεί και η διαδρομή  $B \rightarrow W \rightarrow W \rightarrow B$  η οποία έχει μήκος ίσο με 3.

#### All nodes connect with each other

Από το figure (1) είναι εμφανές πως όλοι οι κόμβοι επικοινωνούν μεταξύ τους, δηλαδή από κάθε ένα κόμβο, μπορεί να γίνει μετάβαση σε έναν άλλο.

Άρα, πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις και ως αποτέλεσμα η DTMC είναι εργοτική

### Ερώτημα 3

Για να είναι χρονικά-αναστρέψιμη η DTMC πρέπει να ισχύει το local balance. Εφαρμόζοντας local balance σε κάθε ζευγάρι κόμβων προκύπτουν οι εξής σχέσεις:

$$P_W \cdot \frac{1}{6} = P_B \cdot 1 \Rightarrow P_B = P_W \cdot \frac{1}{6} \quad (4)$$

$$P_W \cdot \frac{1}{4} = P_S \cdot \frac{3}{4} \Rightarrow P_S = P_W \cdot \frac{1}{3} \quad (5)$$

Ακόμα, πρέπει να ισχύει η εξής σχέση:

$$P_W + P_B + P_S = 1$$

οπότε αντικαθιστώντας τις σχέσεις (4), (5) προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

$$\begin{aligned} P_W + P_B + P_S = 1 &\Rightarrow P_W + P_W \cdot \frac{1}{6} + P_W \cdot \frac{1}{3} = 1 \Rightarrow \\ &\Rightarrow P_W \left( \frac{6}{6} + \frac{1}{6} + \frac{2}{6} \right) = 1 \Rightarrow \\ &\Rightarrow P_W \left( \frac{3}{2} \right) = 1 \Rightarrow \\ &\Rightarrow P_W = \frac{2}{3} \end{aligned} \quad (6)$$

και από τις σχέσεις (4), (5) οι τιμές των  $P_S$  και  $P_B$  προκύπτουν ως εξής:

$$\xrightarrow[(4)]{(6)} P_B = P_W \cdot \frac{1}{6} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{6} \Rightarrow P_B = \frac{1}{9} \quad (7)$$

$$\xrightarrow[(5)]{(6)} P_S = P_W \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{3} \Rightarrow P_S = \frac{2}{9} \quad (8)$$

Εφόσον οι τιμές των  $P_W$ ,  $P_B$ ,  $P_S$  είναι μικρότερες του 1 και το άθροισμά τους είναι ίσο με 1, τότε ισχύει το local balance και κατ' εξοχήν η DTMC είναι χρονικά-αναστρέψιμη.

### Ερώτημα 4

Ο χρόνος για τον οποίο θα λειτουργεί το data center είναι ο χρόνος που θα βρίσκεται στο state W, το οποίο σύμφωνα με το προηγούμενο ερώτημα, η πιθανότητα να βρίσκεται στο  $P_W$  είναι ίσο με  $\frac{2}{3}$ , δηλαδή το data center θα είναι ενεργό το 66,6% του χρόνου.

### Ερώτημα 5

```
self.bandits = np.array([{'prob': 0, 'succ': 0, 'played': 0, 'score': 0, 'mu': 0}
    for _ in range(K)], dtype=object)
```

τι κάνεις γαμώ την παναγία σου

### Άσκηση 3

Ερώτημα 1

Ερώτημα 2

## Άσκηση 4

Ερώτημα 1

Ερώτημα 2