

תכן רשתות (046335)

בחינת מועד ב'

1. יש לכתוב את התשובות בכתב יד ברור ולהתחיל כל תשובה בדף נפרד (תשובה שתיכתב בכתב לא ברור לא תיבדק!).
2. יש להסביר כל תשובה. תשובה ללא הסבר לא תזכה בנקודות, אלא אם נאמר אחרת.
3. יש לענות על השאלות במחברת הבחינה.
4. מותר כל חומר עזר.
5. בבחינה 3 שאלות. יש לענות על כולן. שימו לב: הניקוד לשאלות אינו אחיד.
6. משך הבחינה 3 שעות.

**בהצלחה!!!**

## שאלה מספר 1 (30 נק')

נתונה בעיית הקצאת-קיבולים (Capacity Assignment) הבאה :  
נתונים :

- טופולוגיית הרשת
- דרישות הזרימה והניתובים, מתוכם ניתן לחשב את הזרימות על הקווים  $f_i$  (ביטים לשניה)
- אורך חבילה ממוצע  $\gamma_{\mu_i}$ , כאשר  $\mu_i = 1$
- תקציב קיבול  $C$  (מחיר יחידת קיבול זהה לכל הקווים -  $\forall i: d_i = 1$ )

מתוך נוסחת Little, אורך התור הממוצע  $N_i$  בקו  $i$  הינו  $N_i = \lambda_i \cdot T_i$ . כאשר  $T_i$  - השהייה הממוצעת לחבילה בקו.

רוצים לחלק את הקיבולים של הקווים כך שאורך התור הממוצע בכל הקווים יהיה זהה, תחת

$$\sum_{i=1}^m d_i c_i = C$$

(רמז: יש לשים לב שאין פונקצית מטרה שיש להביאה למינימום).

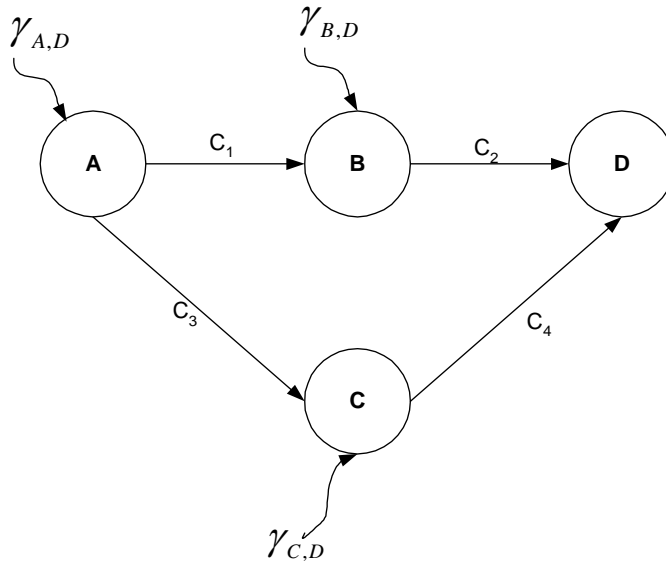
א. בהינתן  $C$  תקציב קיבול, יש לחשב מהו  $c_i$  כפונקציה של הנתונים  $(C, \lambda_j, \mu_j (\forall \text{ link } j))$ .

ב. בטא את ההשהייה הממוצעת ברשת  $(T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^m \frac{f_i}{c_i - f_i})$  כפונקציה של אורך התור הממוצע  $\tilde{N}$

(הזהה בכל הקווים).

ג. עבור הרשת הנתונה מטה רוצים לחלק את הזרימה  $\gamma_{A,D}$  כך שהפתרון של אורך תור ממוצע זהה

בכל הקווים יביא למינימום את ההשהייה הממוצעת ברשת. מצא את החלוקת הזרימה במתאימה וחשב את קיבולי הקווים.



ערכן של הזרימות:  $\gamma_{B,D} = 4$ ,  $\gamma_{C,D} = 9$ ,  $\gamma_{A,D} = 25$ . כמו כן, נתון תקציב  $C > 63$ .

## שאלה מספר 2 (40 נק')

בין צומת מקור לצומת יעד מתבצעת בקרת חלון בגודל  $N$ . המקור מייצר הודעות על פי מופע פואסוני בקצב  $\lambda$ . ההודעות משודרות ליעד על פני קו תקשורת, כאשר משך זמן התפשטות ההודעות בקו מתפלג אקספוננציאלית עם פרמטר  $\mu_1$ . הודעות בקרה מהיעד למקור משודרות על קו מהיר ומגיעות מיידית.

עקב רעשים, הודעות במערכת (מידע+בקרה) עלולות להשתבש לאחר מעבר על אחד הקווים. הסתברות השגיאה להודעה היא  $p$  ( $0 < p < 1$ ). היעד בודק את תקינותה של כל הודעה המתקבלת מהמקור. זמן הבדיקה מפולג אקספוננציאלית עם קצב  $\mu_2$ . עבור הודעה תקינה נשלח למקור ACK, ועבור הודעה משובשת נשלח NACK. כאשר המקור מקבל NACK הוא משדר את ההודעה (אשר הגיעה ליעד משובשת) פעם נוספת. השידור החוזר מבוצע מיידית. במידה והמקור מקבל הודעת בקרה משובשת הוא מתייחס אליה כהודעת ACK.

א. יש לצייר דיאגרמת תורים סגורים מתאימה.

ב. יש לרשום ביטוי ל-  $P(\bar{n})$ , הסתברויות המצב של המערכת, מבלי לפתח את  $G(N)$ .

בסעיפים הבאים, הנח  $\lambda = \mu_1 = \mu_2 = \mu$ , וכן  $N=2$ .

ג. יש לחשב את  $G(N)$  ואת  $P(\bar{n})$ .

ד. יש לחשב את תעבורת ההודעות התקינות המגיעות ליעד  $\gamma$ .

ה. יש לחשב את קצב ייצור ה- NACK's במערכת.

בסעיפים הבאים יש להגיע לתשובה סופית בנתוני הבעיה (ללא סכומים אינסופיים).

ו. מהי ההסתברות שהודעה שיצאה מהמקור לא תגיע ליעד, כלומר תלך לאיבוד.

ז. יש לחשב את מספר הפעמים הממוצע שהודעה נשלחת מהמקור ליעד.

ח. מהו זמן ההשהיה הממוצע של הודעה במערכת אשר ידוע שהגיעה בהצלחה ליעד.

כעת משנים את אופן הפעולה של המקור. במידה והודעת בקרה מגיעה למקור משובשת הוא מתייחס אליה כהודעת NACK. היעד יודע לזהות הודעות כפולות מבין ההודעות התקינות שהגיעו וזוכר רק עותק בודד מכל הודעה.

ט. מהי ההסתברות שהודעה שיצאה מהמקור תגיע ליעד **פעם אחת בדיוק ללא כפילות**.

י. יש לחשב את תעבורת ההודעות התקינות החדשות המגיעות ליעד  $\tilde{\gamma}$ .

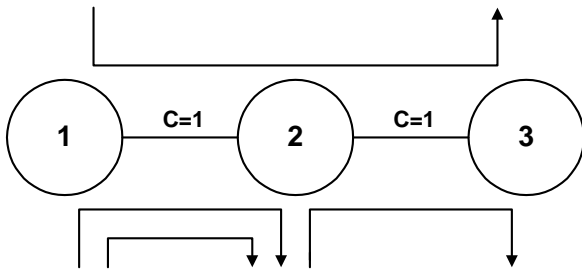
**שאלה מספר 3 (30 נק')**

נתונה רשת בעלת קבוצת צמתים  $N$  וקבוצת קשתות  $A$ ,  $G = (N, A)$ .  
 נתונה קבוצת השיחות  $P$  (Sessions) המתנהלות ברשת.  
 לכל שיחה  $p \in P$  נתון מסלול (ניתוב) קבוע ברשת.

נדרש לתכנן אלגוריתם לחלוקת משאבים (קיבול) הוגנת על פי קריטריון ההוגנות Max-Min,  
 תחת המגבלה שבכל קו ישאר קיבול פנוי לפי הנוסחה הבאה:

$$C_a - F_a \geq \max_{p \text{ cross } a} \{r_p\}$$

- א. מהי ההקצאה המתקבלת עבור רשת בעלת קו אחד בלבד עם קיבול  $c$  ושתי שיחות?
- ב. מהי ההקצאה המתקבלת עבור הרשת הבאה:



- 2 שיחות על מסלול (1,2)
- שיחה אחת על המסלול (2,3)
- שיחה אחת על המסלול (1,3)

- ג. יש להגדיר מיהו וקטור פיסביילי  $r = \{r_p \mid p \in P\}$  בבעיה זו.
- ד. יש להגדיר את המושג "צוואר בקבוק לשיחה  $p$  בקו  $a$ " בבעיה זו.

כעת יש להניח כי מתקיימת הלמה הבאה: חלוקת קיבולים לשיחות הינה אופטימלית לפי Max-Fairness אם ורק אם לכל שיחה יש צוואר בקבוק ברשת.

ה. יש לתאר מהם השינויים שיש לבצע באלגוריתם שלמד בכיתה על מנת למצוא את החלוקה האופטימלית בבעיה זו.