



**הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
הפקולטה למדעי המחשב**

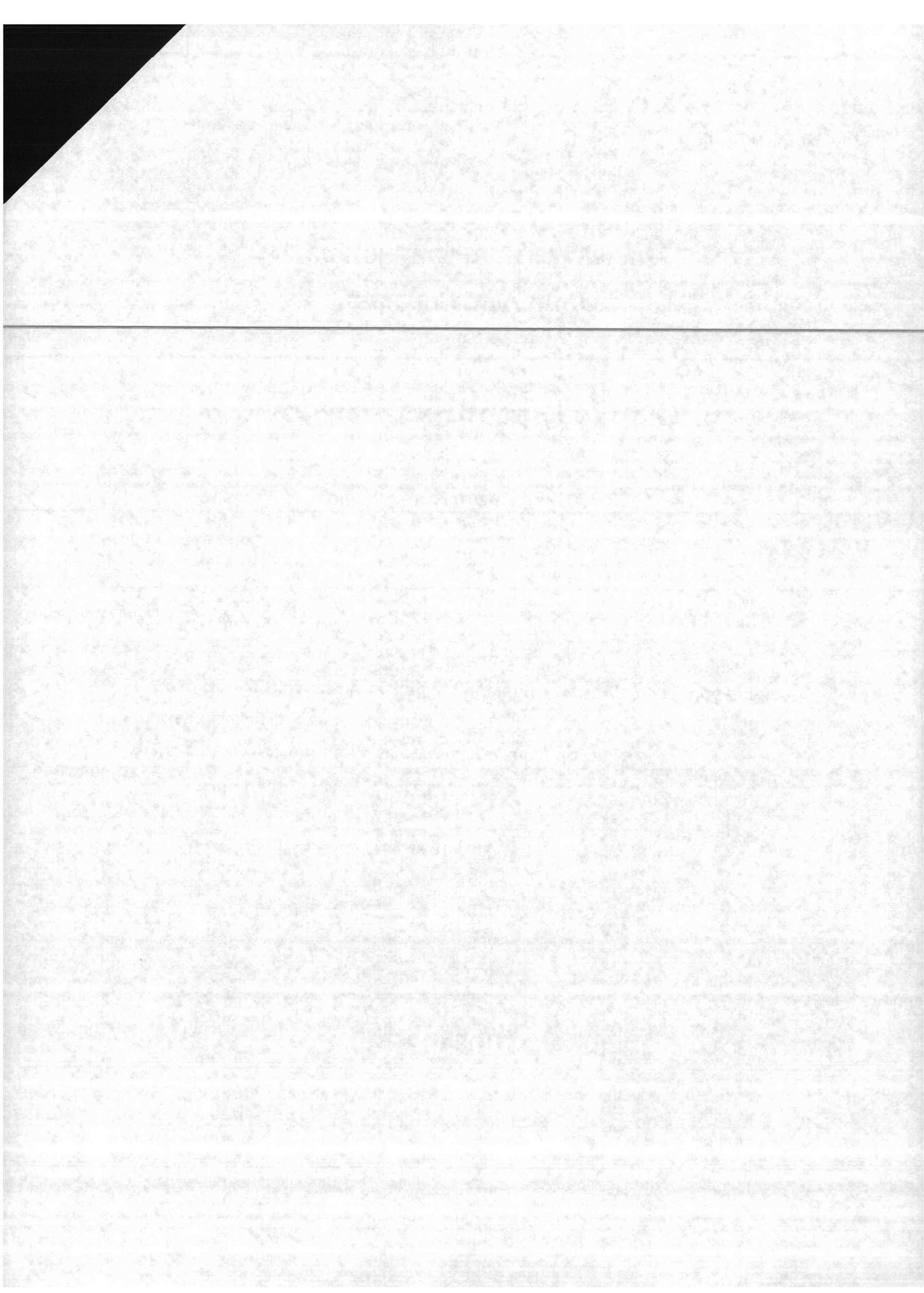
תקשורת באינטרנט (236341)

מועד א' – אביב תשפ"ב, 3.7.2022

1. המבחן ללא כל חומר עזר.
2. משך הבחינה 2.5 שעות.
3. הניקוד של כל שאלה נקבע לא רק על-פי נכונות הפתרון, אלא על פי הדיווק בפתרונות.
4. יש לרשום את התשובות אך ורק במקומות המסומנים. לכל שאלה הוקצה מספיק מקום לתשובה קצרה ומנומנת.
5. אין לצרף דפים או מחברות לחוברת המבחן, ובכל מקרה הם לא יבדקו.

שאלות	ציון
/35	1
/30	2
/35	3
/100	סה"כ

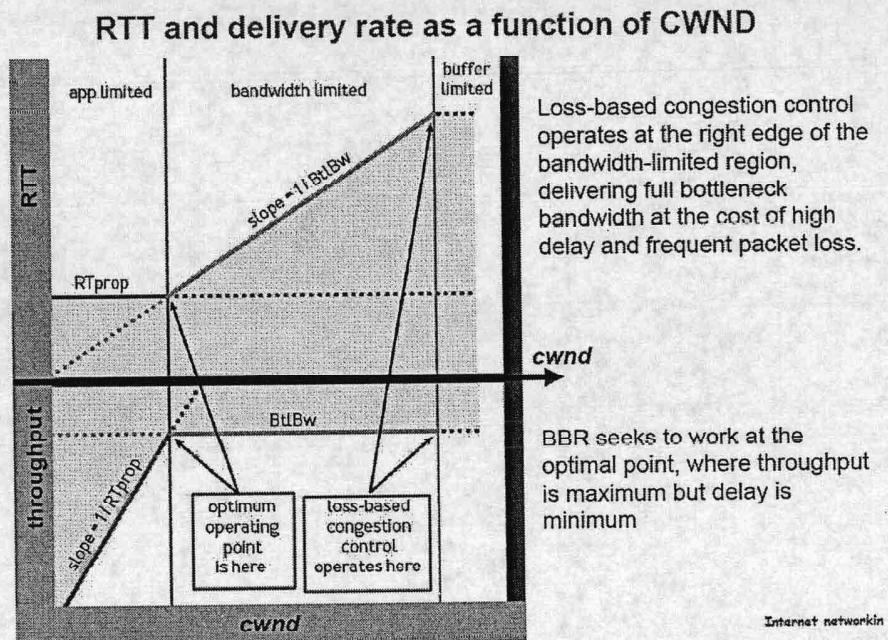
בצלחה!



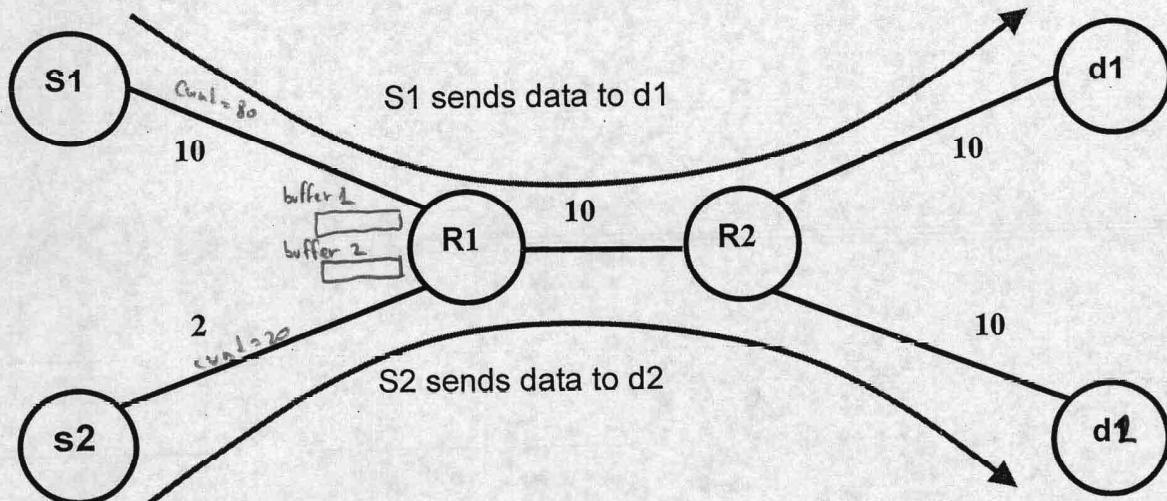
35/35

שאלה מס' 1 (35 נק')

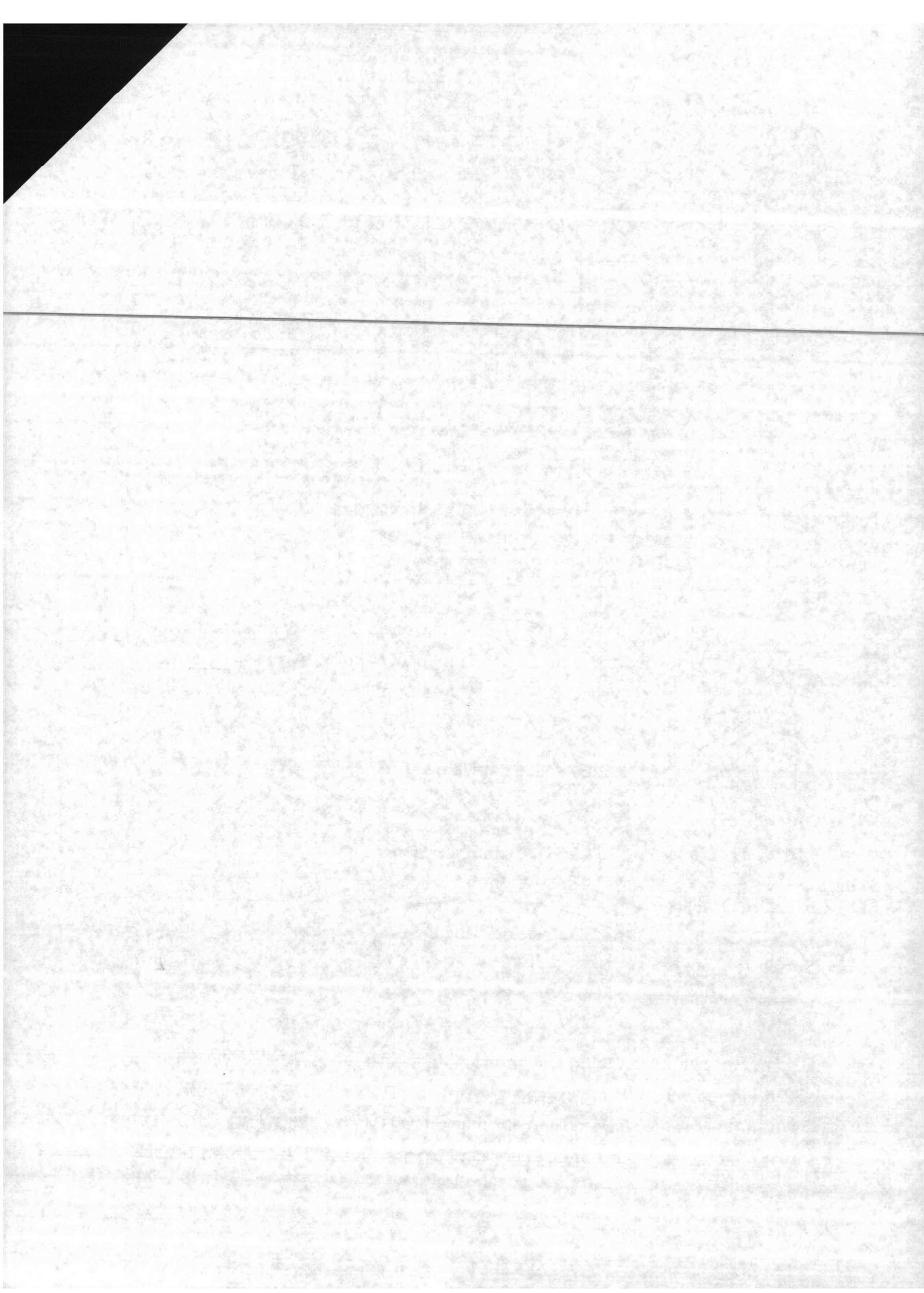
בחומרת השקפים מופיע השקף הבא:



בשאלה הבאה נניח שהתחנות משתמשות ב-BBR, שהן שולחות חבילות באורך קבוע של 1,000 ביטים, ושהערכים של $cwnd$ מוגבלים במספר חבילות ולא במספר בתים. נסתכל על הטופולוגיה הבאה בה מוצאים שני קשיי TCP BBR:



המספרים על הקווים מצינים את רוחב הפס ביחידות של קילו (אלף) חבילות בשנייה. חבילות שמגיעות מ-S1 נכנסות ב-R1 לתוך (חוץ) שיקרא להLN, buffer1, ואלו שמגיעות מ-S2 ל-R1 נכנסות LN2. אצל R1 יש מנגנון תזמון (scheduling) שモציא חבילות משנה הבאים הלאה ומסדר אותן לפי מדיניות של round robin: פעם הוא ניתן LN1 ובורח



את החבילת הראשונה ומשדר אותה, ופעם ל-2 buffer. אם בשלב מסוים אחת מהబאפרים ריק, ממשיך ה-scheduler להוציא חבילות מהבאפר שאינו ריק.

א. (10 נקודות) נניח כי עברו כל אחד משני הקשרים, $RTprop=10ms$. מה הערך של $cwnd$ אותו שואף BBR למצאו עבור כל אחד משני הקשרים?

$$\begin{array}{l}
 \text{R}_1 \rightarrow R_2 \\
 \text{S}_2 \rightarrow R_1 \\
 \text{buffers} = 10 \text{ sec} \\
 \text{throughput} \text{ b/s} \\
 \text{RTT} \\
 \text{packet size} \\
 cwnd_{S1} = 8 \cdot 8 \cdot 10^6 \cdot 0.01 \text{ sec} \cdot 10^{-3} = 80 \text{ packets} \\
 cwnd_{S2} = 8 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0.01 \cdot 10^{-3} = 20 \text{ packets}
 \end{array}$$

ב. (5 נקודות) כדי שהתשובה לשאלת זו תהיה בלתי תליה בתשובהתכם לسؤال א', נסמן את התשובה הנכונה לسؤال א' ב-X עבור הקשר העליון וב-Y עבור התחתון. נניח ש-S1 משתמש ב-X, $cwnd=2X$, ו-S2 משתמש ב-Y, $cwnd=2Y$. כמו כן נניח שאורך C"א מהבאפרים ב-R1 גדול מ-(Y+X).2. מה יהיה רוחב הפס ש-C"א משני הקשרים יקבל?

$$\begin{array}{l}
 \text{S1} \rightarrow \text{R1} \\
 \text{S2} \rightarrow \text{R1} \\
 \text{RTT} \\
 \text{throughput S1} = 8 \text{ MB/s} \\
 \text{throughput S2} = 2 \text{ MB/s}
 \end{array}$$

ג. (10 נקודות) בהמשך לسؤال ב', כולם עברו הקשר העליון $X=cwnd=2X$ ומעבר התחתון $Y=cwnd=2Y$. מה יהיה ה-RTT של כל אחד משני הקשרים?

$$\text{RTT} = \frac{cwnd}{\text{throughput}}$$

$$RTT_{S1} = \frac{160}{8000} = 0.02 \text{ sec} = 20 \text{ ms}$$

$$RTT_{S2} = \frac{40}{2000} = 0.02 \text{ sec} = 20 \text{ ms}$$

卷之三

43

• 18 •

ד. (5 נקודות) עתה נניח ש-S1 משתמש ב- $cwnd=X/2$, S2- $cwnd=Y/2$. עדין נניח שאורך שני הבאים גדול מ- $(X+Y)/2$. מה יהיה רוחב הפס שכ"א משני הקשרים יקבל?

$$RTT = R_{T_{prop}} \text{ (ז' 1)}$$

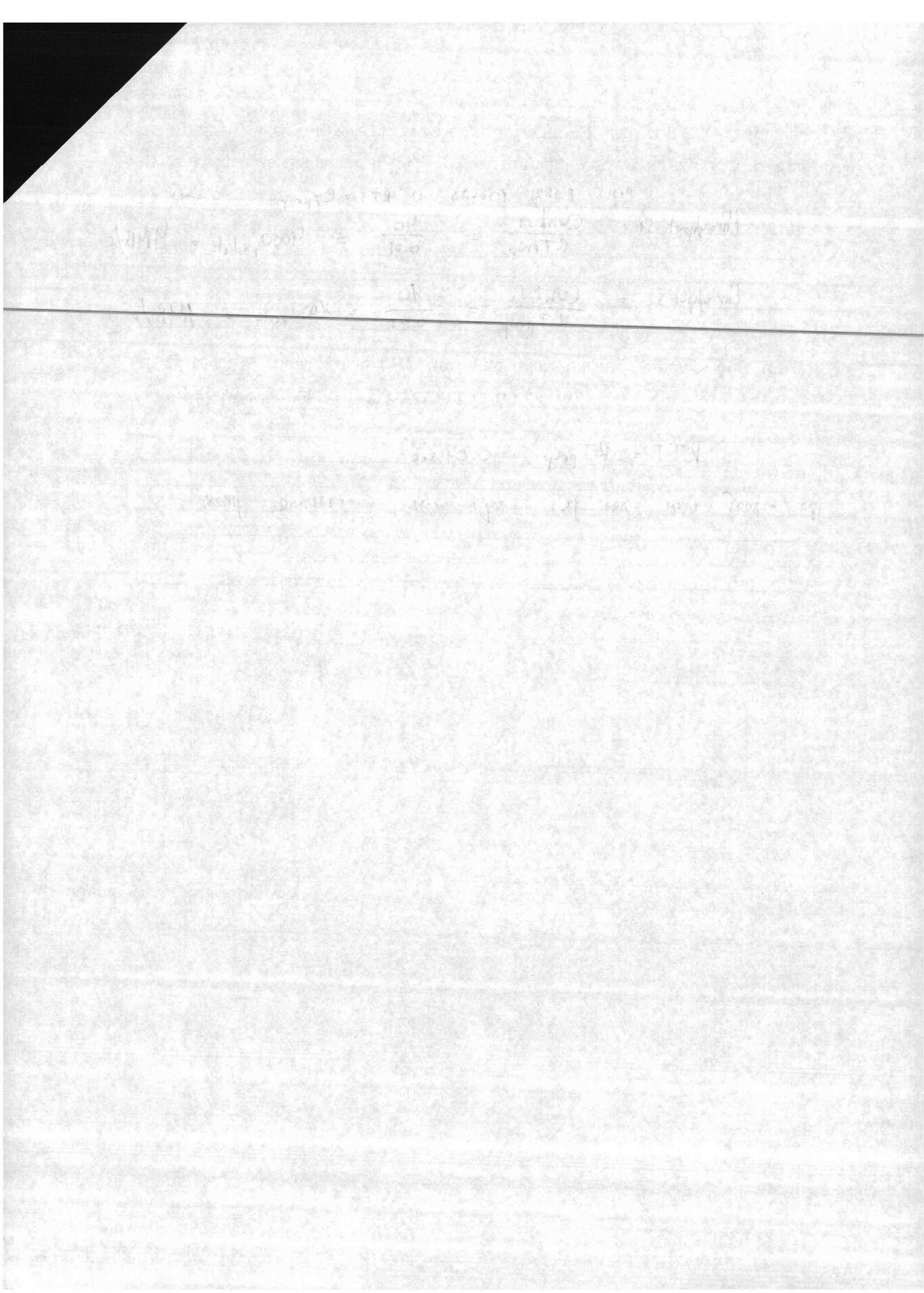
$$\text{Throughput } S_1 = \frac{Cwnd_{S1}}{RT_{prop}} = \frac{40}{0.01} = 4000 \text{ packets} = 4MB/s$$

$$\text{Throughput } S_2 = \frac{Cwnd_{S2}}{RT_{prop}} = \frac{10}{0.01} = 1000 \text{ packets} = 1MB/s$$

ה. (5 נקודות) בהמשך לسؤال ד', כולם עברו הקשר העליון $cwnd=X/2$ ובעור התחתון $cwnd=Y/2$, מה יהיה RTT של כל אחד משני הקשרים?

$$RTT = RT_{prop} = 0.01 \text{ sec}$$

נכון ערך תקין (ז' 1) גודל נזקי גנטיגר (ז' 1)



30/30 שאלה מס' 2 (30 נק')

אחד הביעות הידועות של TCP Reno היא שהשולח יודע על congestion רק לאחר איבוד חבילה. כדי לתת מענה לבעה זו, הומצא מנגנון הנקרא ECN, כלומר Early Congestion Notification.

לහן תיאור מתומצת של מנגנון זה: ב-IP header מוקצתה ביט הנקרה CE. הביט נשלח על ידי ה-TCP sending c-0. נתב שמרגיש שהפורט היוצא עליו אמור להישלח החבילה הינו גדוש (congested), מדליק את CE. אחרת, הנתב אינו נוגע CE. כאשר ה-TCP receiving מקבל חבילה עם CE=1, הוא שולח את ה-TCP ACK עם ביט מיוחד הנקרא ECE (שהוקצתה לשם כך ב-TCP header) כשערכו 1. אם CE=0, הוא שולח את ה-ACK הבא עם 0 ECE=0. ה-sender מחליט על סמן איבודים ועל סמן הערך של ECE כיצד לשנות את cwnd.

עתה נטרץ באלגוריתם של הנתבים לגבי החלטה מתי להדליק את CE, ובאלגוריתם של ה-sender, להחלטה איך לשנות את cwnd. לגביו הסוויצ' אחד האלגוריתמים המקבילים הינו אלגוריתם הסתברותי. באלגוריתם זה מסמן ב-1 את התפוצה בבאפר של הנתב עם קבלת החבילה (למשל 0.3 אם הבאפר מלא ב-30%).
בנוסף:

The switch is configured with 2 parameters whose values are between 0 and 1: Kmin and Kmax, and it marks a packet with a probability p as follows,

```

if q < Kmin, p = 0
if Kmin <= q < Kmax, p = ??? / (Kmax - Kmin)
if q >= Kmax, p = ???

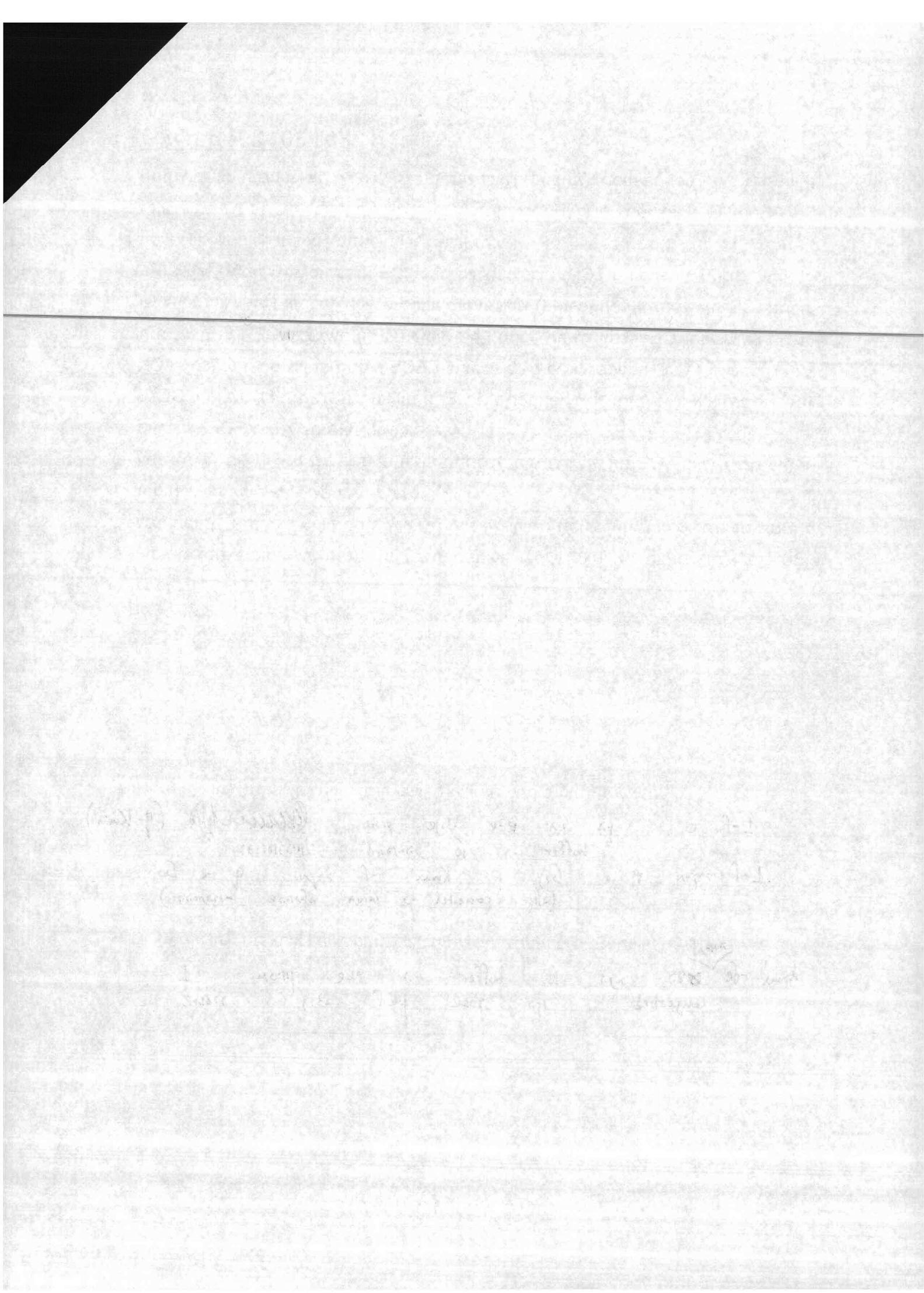
```

א. (8 נקודות) מה צריך להיות כתוב בשורה השנייה במקום סימני השאלה?

$1 - \frac{q}{Kmax}$	0	$\frac{q - Kmin}{Kmax - Kmin}$	$\frac{q}{Kmax}$	$1 - \frac{q}{Kmin}$
(בהתוכנה, בחרו ב- $\frac{q - Kmin}{Kmax - Kmin}$)				
$1 - \frac{q}{Kmax}$	$\frac{q - Kmin}{Kmax - Kmin}$	$1 - \frac{q}{Kmin}$	$\frac{q}{Kmax}$	
(בהתוכנה, בחרו ב- $1 - \frac{q}{Kmax}$)				

ב. (6 נקודות) מה צריך להיות כתוב בשורה השלישית במקום סימני השאלה?

$Kmax - \frac{q}{Kmax}$	$\frac{q}{Kmax}$	$1 - \frac{q}{Kmax}$	$\frac{q}{Kmin}$	$1 - \frac{q}{Kmin}$
(בהתוכנה, בחרו ב- $1 - \frac{q}{Kmax}$)				



לגביו האלגוריתם של השולח, המטרה הינה שכאשר הקשר במצב congestion avoidance ישתנה בהתאם:

- מוצע האלגוריתם הבא עבור קשר במצב congestion avoidance:
 - המטרה الأخيرة אינה קשורה ל-ECN. אנו נתמקד במטרה הראשונה והשנייה. כדי להציגו,
 - אם יש congestion "קל" (שמאפשר לעביר חבילות), יש להקטין את החלון ב-50% או פחות (בפרופורציה למספר החבילות שחוות את ה-congestion הקל) בכל RTT.
 - אם יש congestion שגורם לאיבוד חבילות, החלון יונחן בדיקן כמו ב-TCP Reno.
 - אם אף חבילה אינה חוות congestion, אז cwnd יגדל ב-1 בכל RTT.

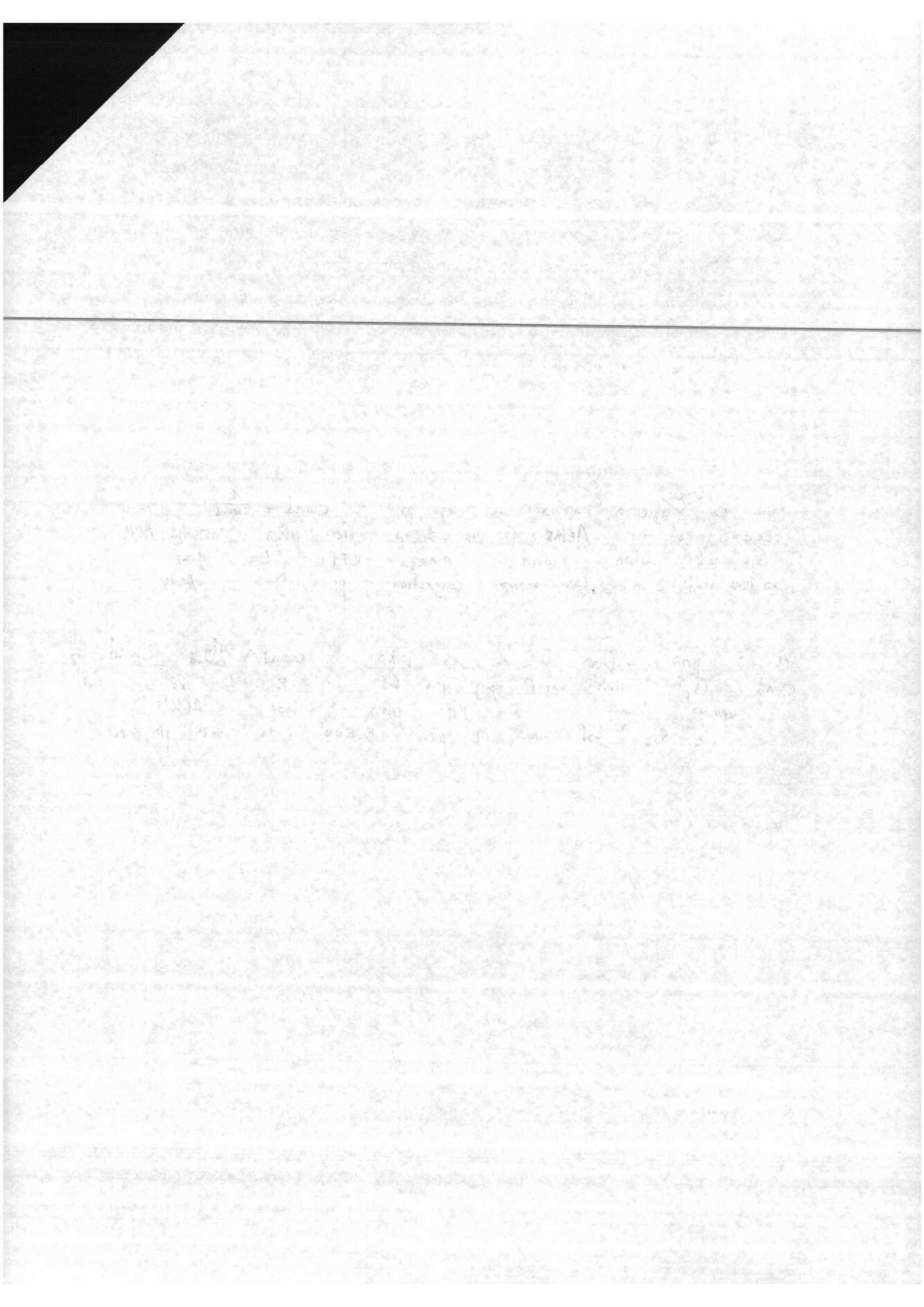
if ECE = 0, cwnd = ???

if ECE = 1, cwnd = ???

ג). (8 נקודות) מה צריך להיות כתוב בשורה הראשונה במקום סימני השאלה?

ד. (8 נקודות) מה צריך להיות כתוב בשורה השנייה במקום סימני השאלה?

CWND = $\frac{1}{2}$
 CWND = 1
 ACK's
 ECE = 0



שאלה מס' 3 (35 נק')

הזכירנו בהרצתה את העבודה שנטבים בתוך AS לא מבצעים policy enforcement, כלומר, הם לא מודאים שחבריות ש망יעות מ-AS שכן אכן מציאות ל-policy. בדיקה זו נחשבת למסובכת יחסית, וקשה לבצע אותה בלי לפגוע ב-throughput של הנטבים. להלן הצעה כיצד לאכוף את ה-policy באופן פשוט יחסית, בהנחה שכל border router יודע (באמצעות קינפו של מנהל הרשות) האם השcn שלו הוא "בן" (customer), "אבא" (provider) או "אח" (peer):

בכל פעם שה-border router מקבל חבריה מ-border router SCN שמצא ב-AS אחר הוא מסמן בשדה שאורכו שתי סיביות ואשר הוקצה לשם כרך ב-IP header אם היא הגיעה מבן (1), מאבא (2) או אח (3). הערך ההתחלתי של שדה זה, כפי שנקבע עלי ידי ה-border router, ניתן.

- A. (18 נקודות) מה האלגוריתם שצריך לבצע ה-border router כשהוא מקבל חבריה שאמורה לצאת מה-AS כדי להחליט האם להעביר אותה ל-AS SCN או לזרוק אותה?
- כדי להקל עליכם, החלק הראשון של האלגוריתם כבר כתוב:
- אם החבילה הגיעה מתחנה פנימית (0) – מעבירים את החבילה ללא התנינה, כלומר בין אם השcn הוא אב, בן או אח.

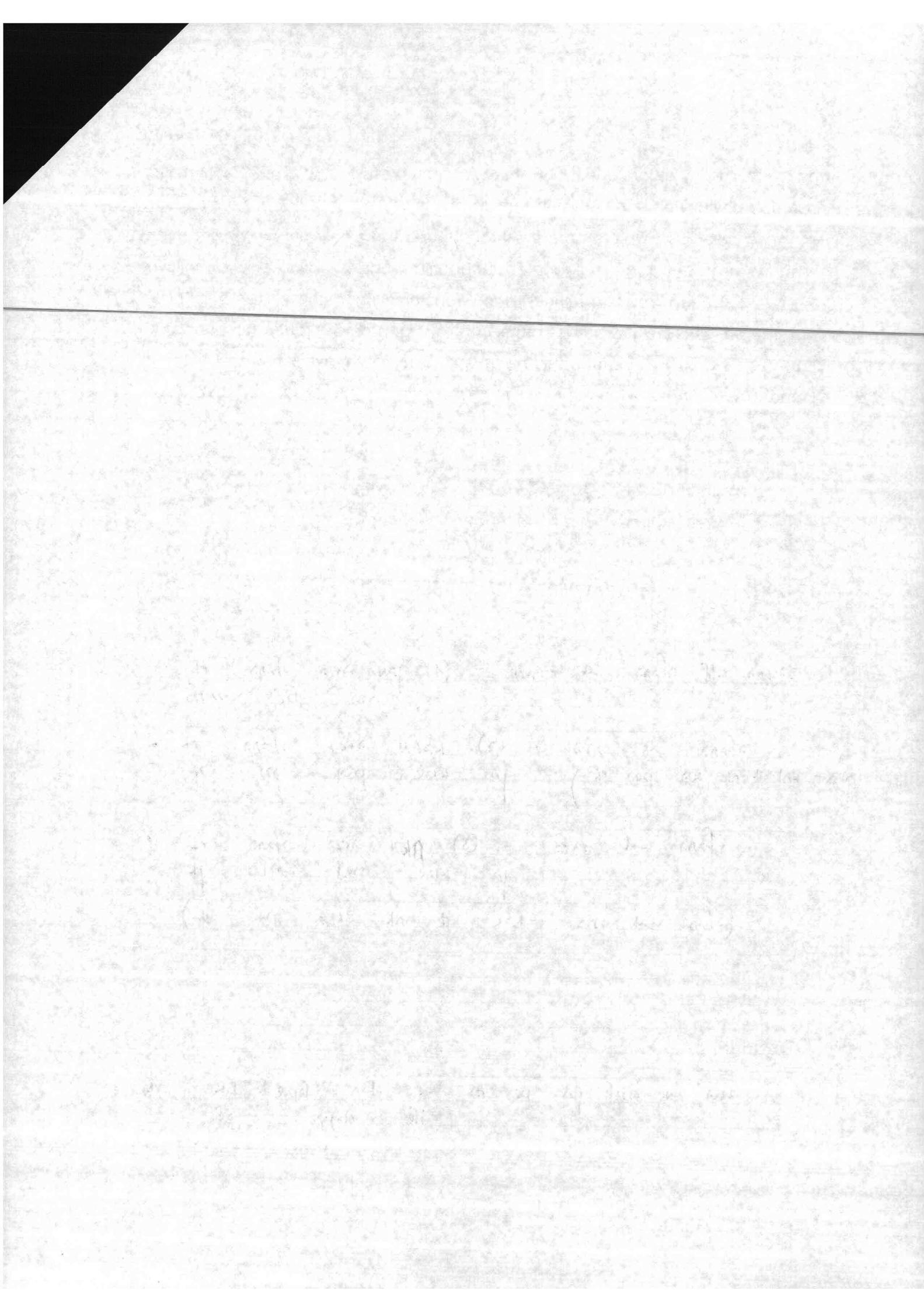
• אם החבילה הגיעה מתחנה חיצונית (1) – מזמין SCN לשלוח גלויה (גלויה)

• אם החבילה הגיעה מתחנה חיצונית (2) – מזמין SCN לשלוח גלויה (גלויה)

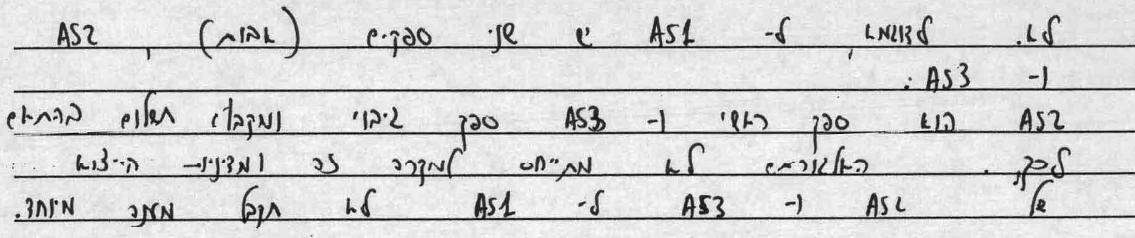
• אם החבילה הגיעה מתחנה חיצונית (3) – מזמין SCN לשלוח גלויה (גלויה)

• אם SCN מזמין גלויה (גלויה) – מזמין SCN לשלוח גלויה (גלויה)

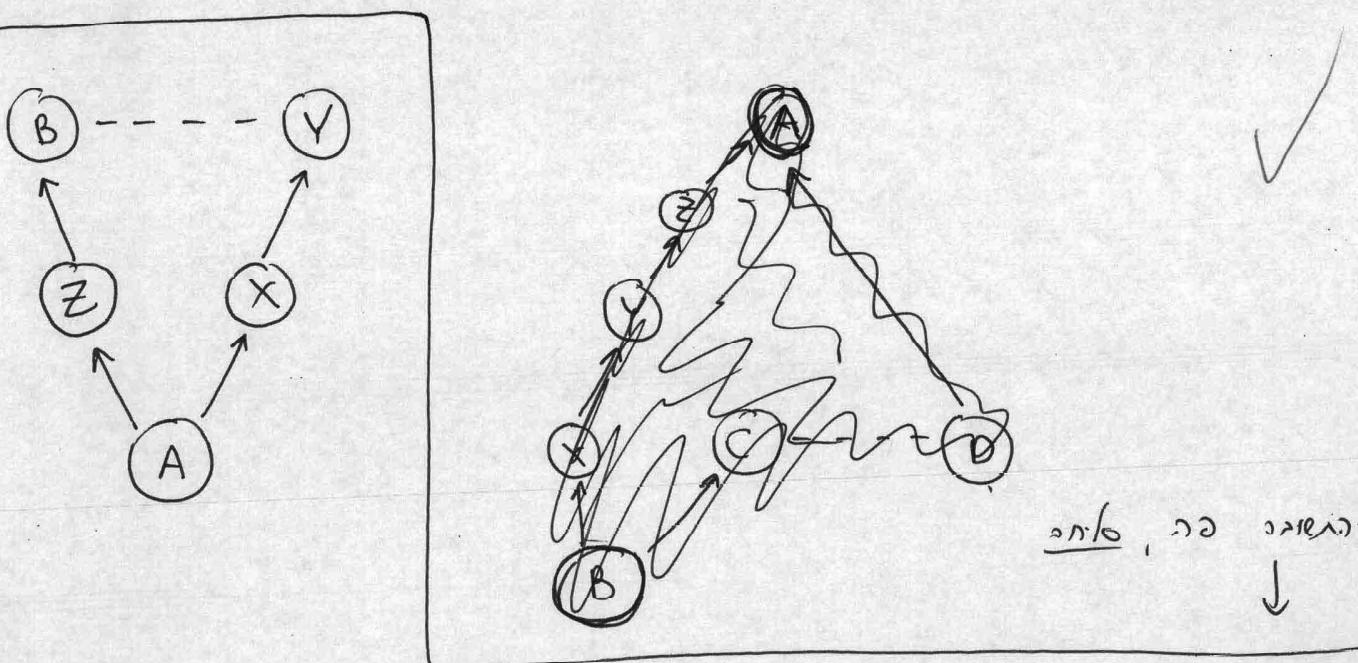
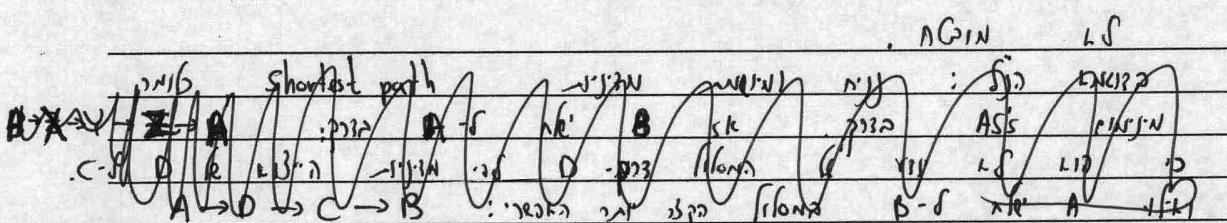
• אם SCN מזמין גלויה (גלויה) – מזמין SCN לשלוח גלויה (גלויה)



ב. (7 נקודות) האם האלגוריתם נותן מענה מושלם לבעיית ה-*policy enforcement*? אם כן – נמקו, אם לא – תנו דוגמא למדיניות של SA שלא מקבל מענה על ידי אלגוריתם זה.



ג. (10 נקודות) נסתכל על האינטרנט ונניח שבפרק זמן מסוים אין נפילות. האם מובטחת סימטריה בניתו ברוחוציה של ASs? כולם, אם A ו-B שולחים חבילות זה לזה, האם מובטח שגם הם ישווים על המסלול מ-A ל-B נמצאים (בסדר ההפוך) על המסלול מ-B ל-A? אם כן – נמקו, אם לא – תנו דוגמא.



A \rightarrow Z \rightarrow B
customer \rightarrow peer \rightarrow shortest path \rightarrow B

