



השפעת מבנה האוכלוסייה על התפשטות דחף גנטי בתוכה



מתחרים

יונתן הלפרין

שחר פרלמן

ביה"ס

התיכון ליד האוניברסיטה,

ירושלים

מורה מלווה

גב' אורלי מצר כהנא,

ד"ר יעל אברהם

מנחה

ד"ר קית' האריס,

ד"ר גילי גרינבאום,

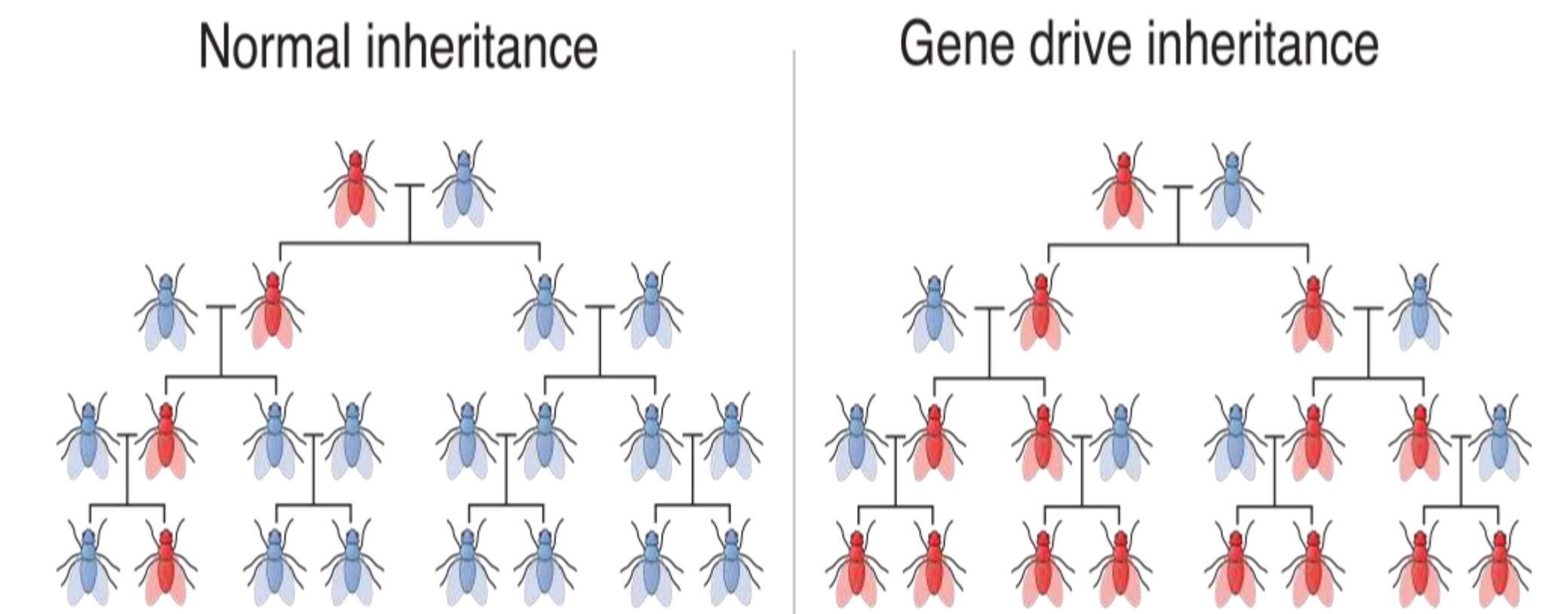
האוניברסיטה העברית בירושלים

הנחיה מטעם התחרות

ד"ר שלי פרידמן

I תקציר

דחף גנטי הינו טכנולוגיה המאפשרת שינוי הרכב הגנטי של אוכלוסייה ע"י הכנסת רכיב גנטי המטה מעבר שלו בתורשה. רכיבים מסוג זה יכולים להתפשט מהר באוכלוסייה ולעצב את המערכת אקולוגית. שחרור לא מבוקר עלול לגרום לנזק בלתי הפיך אם מגיע לאוכלוסיות שאינן אוכלוסיות המטרה.



איור 1: תורשה מנדלית רגילה לעומת תורשה של דחף גנטי (איור מתוך ויקיפדיה)

באמצעות מודל מתמטי המתאר התפשטות של דחף גנטי ברשת אוכלוסיות חקרנו את הקשר שבין תכונות טופולוגיות של הרשת, והתפשטות הדחף הגנטי.

שיחות אלל הדחף הגנטי באוכלוסייה

$$q' = \frac{q^2(1-s) + 2q(1-q)(1+c)(1-hs)}{\bar{w}}$$

$$\bar{w} = q^2(1-s) + 2q(1-q)(1-hs) + (1-q)^2$$

Greenbaum, et al. "Designing gene drives to limit spillover to non-target populations" (2021)

מטריצת הגירה ברשת

$$\vec{F}(\vec{q}) = \vec{q}'$$

$$\vec{F}(\vec{q}) = \begin{pmatrix} \frac{q_1^2(1-s) + 2(1-q_1)(s_1+c)}{\bar{w}_1} \\ \vdots \\ \frac{q_n^2(1-s) + 2(1-q_n)(s_n+c)}{\bar{w}_n} \end{pmatrix}$$

משוואת מודל רשת

s - עלות בכשירות של פרטים עם הדחף הגנטי ביחס לפרטים הפראיים

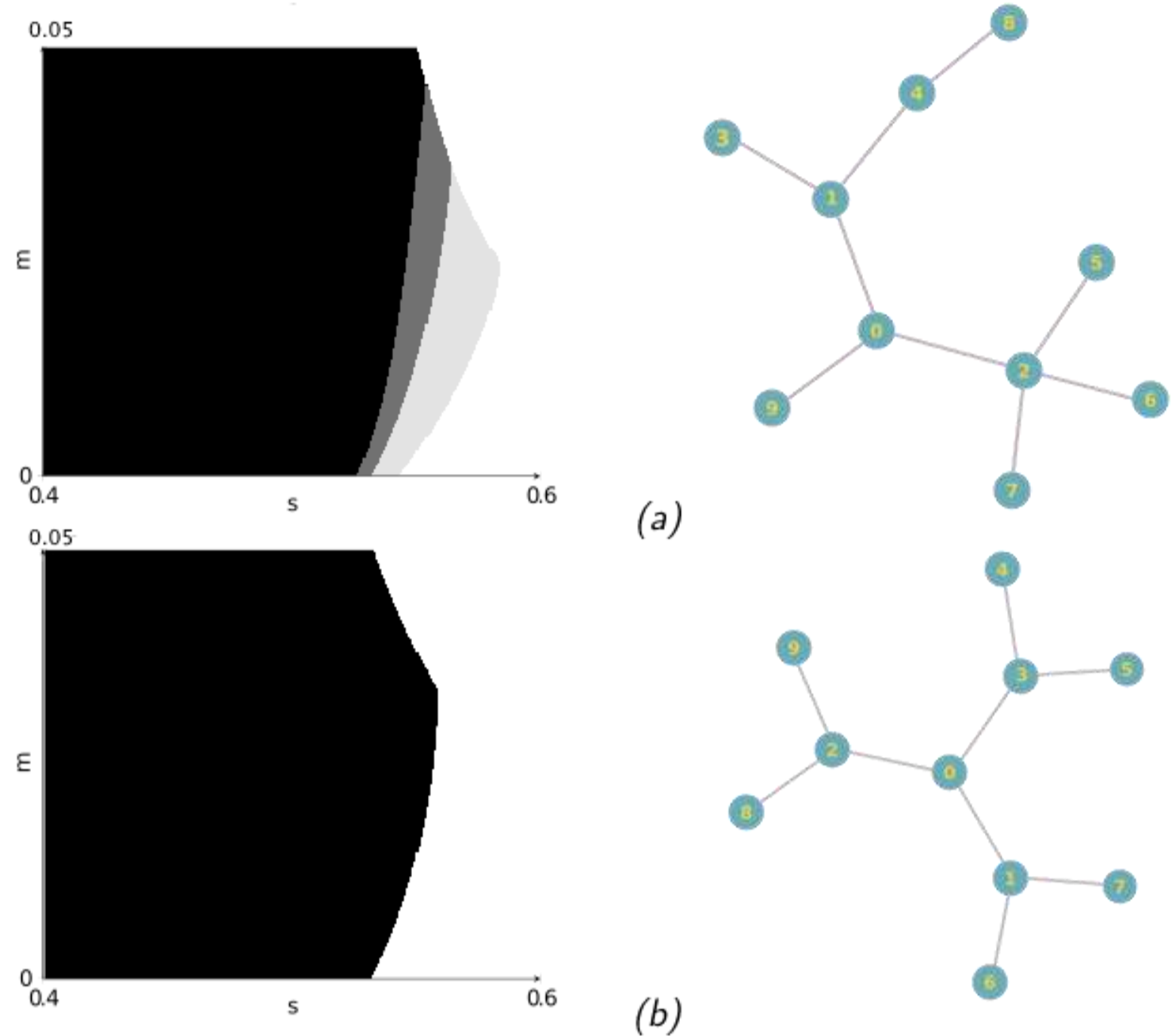
c - יעילות המרת האללים

h - דומיננטיות הדחף הגנטי ביחס לאלל הפראי

q₀ - השיעור ההתחלתי של הדחף הגנטי באוכלוסייה

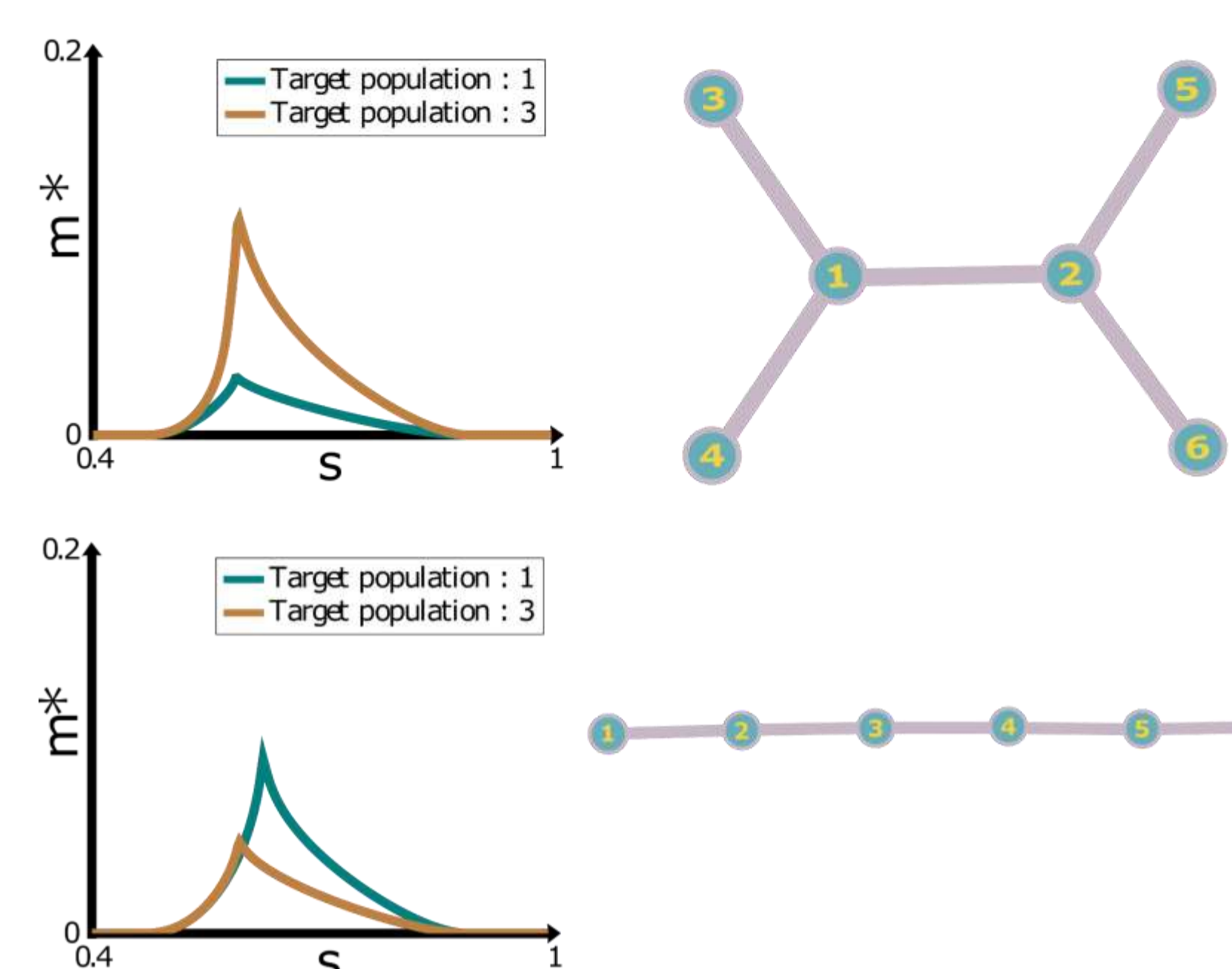
m - שיעור ההגירה בין כל זוג אוכלוסיות

השפעת דרגת השכנים על תוצאת המודל



איור 3: רשת (a) בעלת פיזור רחב על דרגות האוכלוסיות, בעוד שרשת (b) בעלת רק שני ערכים של דרגה. הדרגות של שכני אוכלוסיית היעד משתנות בין שתי הרשתות, אך לא של אוכלוסיית היעד.

II אוכלוסיות מטרה מרכזיות ופריפריאליות



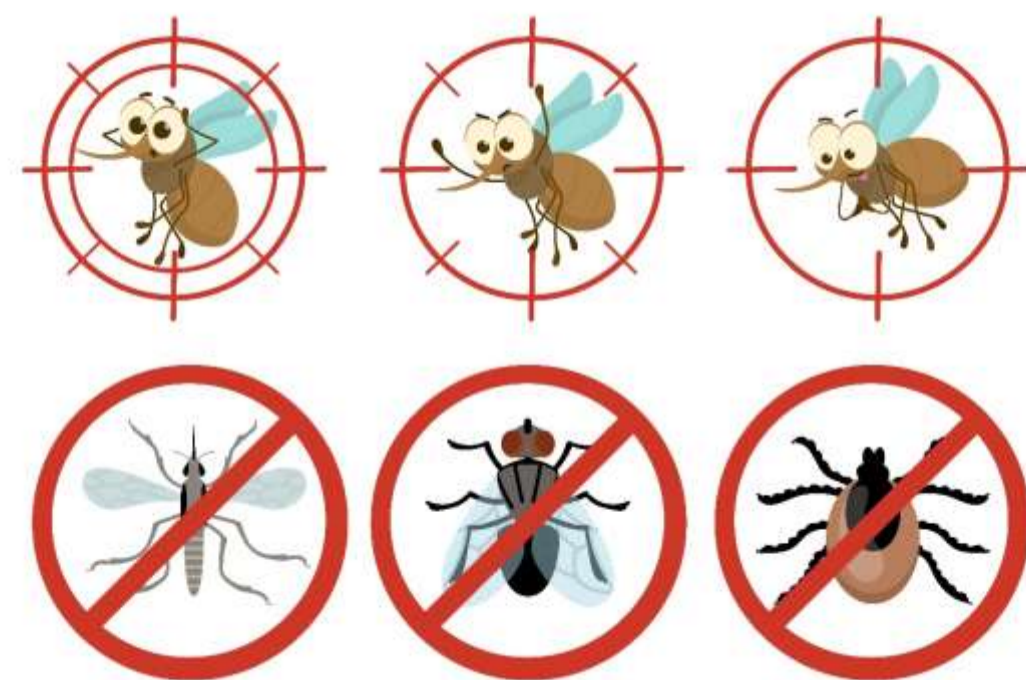
איור 2: m - הערך המקסימלי המאפשר קיבוע באוכלוסיית היעד בלבד (DTE). ככל שאוכלוסייה מרכזית יותר ערך ה-m יורד מכיוון שהאוכלוסייה חווה דילול אינטנסיבי יותר של הדחף הגנטי.

IV מסקנות:

באזורים 2 ו-3 ניתן לראות הבדלים משמעותיים בדינמיקה של הדחף הגנטי ברשתות. הגורמים המבדילים הם דרגת אוכלוסיות היעד וגם דרגתם של השכנים של אוכלוסיית היעד. הסקנו מכאן כי כאשר משחררים דחף גנטי, יש להתחשב בכל האוכלוסיות ברשת, ושינוי קטן במבנה הרשת עלול לגרום להשלכות בלתי רצויות.

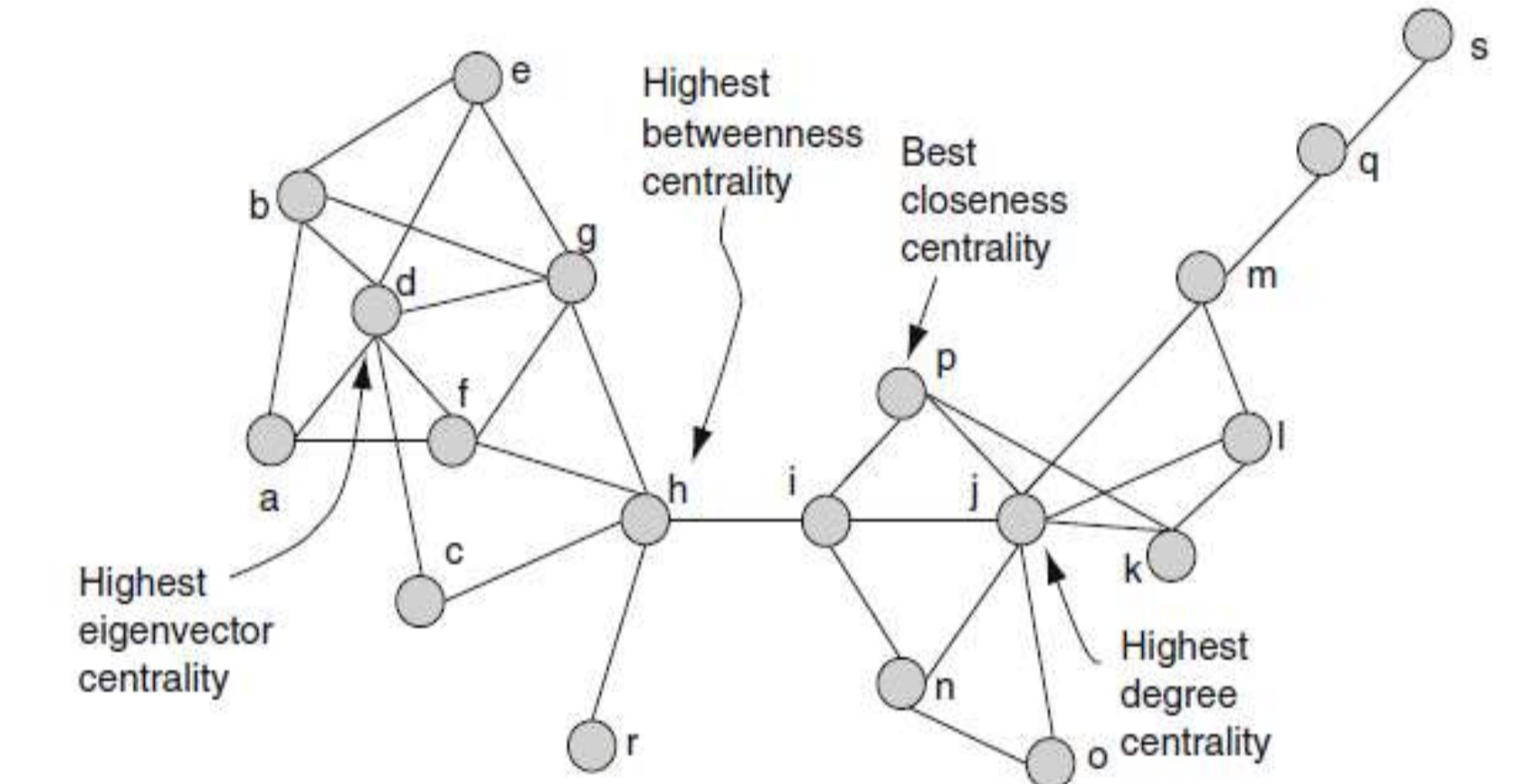
צפינו בהשפעה דומה של דרגת אוכלוסיית היעד גם ברשתות רנדומליות: דרגתה של האוכלוסיית היעד בתוך אשכולות ברשת רנדומלית היא הממד הטוב ביותר להפרדה בין כשולון והתפשטות של הדחף הגנטי.

עבור מדד ה-closeness ההפרדה בין תוצאות המודל היא הטובה ביותר. ההפרדה הניכרת בין תוצאות המודל מראה שתכונת ה-closeness משמעותית עבור תחלופת גנים. לכן, closeness הוא הממד הטוב ביותר לשליטה על התפשטות הדחף הגנטי ברחבי הרשת.



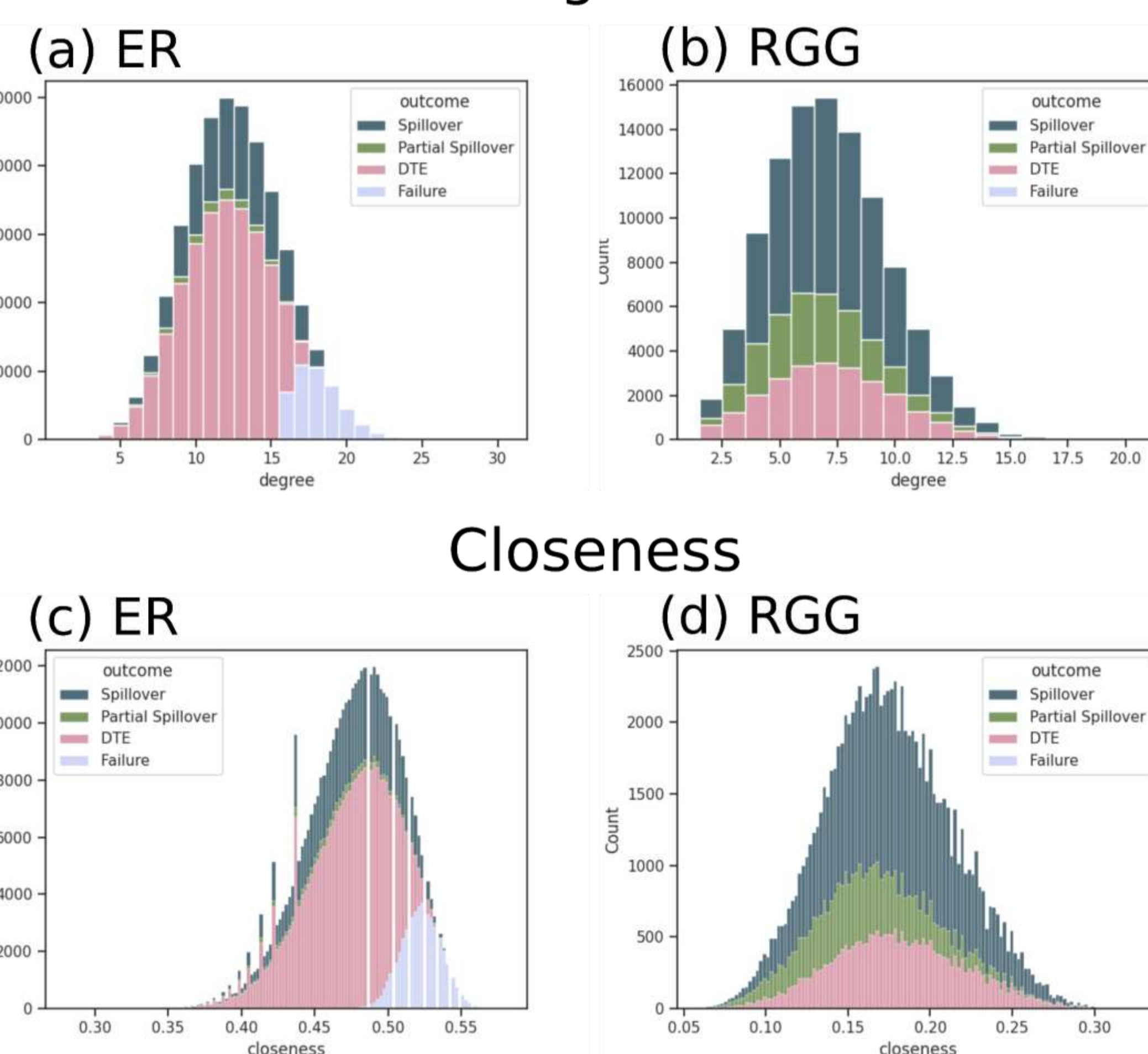
III מדדי מרכזיות ברשת

בניתוח הרשתות נאספו נתונים טופולוגיים לגביהן ונשתמש בהם כדי למצוא קורלציות בין ערכי מדדי המרכזיות של האוכלוסיות, לבין תוצאת המודל.



איור 4: מדדי המרכזיות השונים שהשתמשנו בהם באנליזות

Degree – מספר הקשרים של אוכלוסייה.
Betweenness – מספר הדרכים הקצרות ביותר בין כל זוג אוכלוסיות העובר דרך האוכלוסייה.
Closeness – המרחק הממוצע מהאוכלוסייה לכל שאר האוכלוסיות.
Eigenvector – פופולריות טרנזיטיבית של אוכלוסייה ביחס לאוכלוסיות אחרות.



איור 5: התפלגות מדדי המרכזיות, מופרדות בהתאם לתוצאות המודל.

