

## ניתוח רשות חברותית – QAnon

### 1. תקציר

בעבודה זו אנו מנהלים את מבנה הרשות החברתית של תנועת QAnon באמצעות כלים ומדדים מתאימים מהתורת הרשותות שנלמדו בקורס. QAnon היא תנועה אידיאולוגית מבוצרת, המאפיינת בהפצת נרטיבים וקונספירציות דרך פלטפורמות חברותיות, ללא הנהגה פורמלית ולא מוקד שליטה מרכזי. מידע, פרשניות ותכנים מופצים ומוסרים על ידי משתמשים הפעילים בקהילהות שונות וברמות שונות של השפעה, כאשר האינטראקציות בין קהילות אלו ממלאות תפקיד מרכזי בה��פתחות וההפשטות התנועה.

האתגר המרכזי בניתוח רשות מסווג זה נובע מאופייה המבוצר: בנגדם לבניינים היררכיים קלאסיים, קשה לזהות גורם יחיד האחראי על הפצת מידע או על עיצוב הנרטיב המרכזי. לפיכך, ניתוח מבני של הרשות עצמה מהוויה כלי חיוני להבנת דפוסי ההשפעה, מוקדי ההשפעה, ורמת הקישוריות בין קהילות ותתי קהילות ברשות.

במסגרת המחקר, הרשות מיוצגת כגוף מכון, ממושך וחתום, המאפשר הבחנה בין כיוון ההשפעה, עוצמת האינטראקציה ואופייה (תמייה, התנגדות או ניטרליות). על גבי ייצוג זה מיושמים מודי מסויים לצמתים וכן מודי מבנה רשות גLOBליים. בנוסף, נעשה שימוש בעקרונות מתיאורית האיזון ברשותות חתומות לצורך ניתוח קונפליקטים וקוורנטיות מבנית, ובמושגים מאפקטי רשות לצורך הערכת תרומתן של קהילות משנה לערך הכלול של הרשות.

מעבר לניתוח המבני הסטטי, העבודה משלבת גם כלים מהתורת המשחקים, במטרה לבחון דינמיות אינטראקטיביות בין שחקנים ברשות. בפרט, נבחנים מודלים של משחקים חוזרים אשר מאפשרים לנתח אסטרטגיות של שיתוף פעולה ועימות לארוך זמן, וכן אסטרטגיות קלאסיות למיקסום תועלות כגון Tit For Tat ו- Win Stay Lose Shift. שילוב זה מאפשר לבחון כיצד דפוסי אינטראקציה מקומיים בין צמתים עשויים להשפיע על מבנה הרשות וההפתחותה לארוך זמן.

לבסוף, העבודה כוללת שימוש חישובי בשפת Python המדגים את חישוב המודדים השונים, ניתוח מבני של הרשות, והפקת תובנות אמפיריות מן הנתונים. שילוב זה בין תיאוריה, מודל מתמטי ומימוש חישובי מאפשר בדינה רב-ממדית של דינמיות ההשפעה והפצת המידע ברשותות אידיאולוגיות מבוצרות.

### מבוא

הרשותות החברתיות הפכו בעשורים האחרונים לפלטפורמה מרכזית להפצת מידע, דעות ונרטיבים פוליטיים וחברתיים. תנועת QAnon מהווה דוגמה מובהקת לתופעה זו: מדובר בתנועה אידיאולוגית ללא הנהגה פורמלית, שבה מידע מופץ ומתרפרש על ידי משתמשים רבים הפעילים בקהילות שונות וברמות שונות של השפעה.

מאפיין מרכזי של תנועה זו הוא התרבותם של נרטיבים ותתי קMPIיניים הפעילים במקביל בתוך אותה רשות אידיאולוגית. אחד המקרים הבולטים לכך הוא הקונספירציה סביב החאשיג SaveTheChildren#, אשר החלה כקמפיין לגיטימי לכארוה והפכה לזירה מרכזית להפצת נרטיבים המזוהים עם הרשות. במקרה זה מוגדים כיצד קהילה מסוימת יכולה לשמש "שער

כינויו "לקהלים רחבים יותר, ולתרום להרחבת ההשפעה של התנועה מעבר לgrün הפיעלים המקורי".

האופי המבוזר של QAnon בשילוב עם קיומו של קהילות משנה כגון #SaveTheChildren מציב אתגר מחקרי משמעותי. בנגדן לארגוני היררכיים, קשה לו הות מוקור ייחיד להשפעה או שליטה, וההשפעה נבנית מתוך מבנה הרשות עצמה ומתחם יחסי הומולין בין קהילות שונות.

לפיכך, ניתוח מבני של הרשות החברתית מהווה כלי מרכזי להבנת דפוסי ההפצה, מוקדי ההשפעה והאינטראקטיות בין קהילות. מטרת העבודה זו היא לנתח את רשות QAnon באמצעות כלים מתאימים לנתח רשותות שנלמדו בקורס, ולבחו כיצד מודדים שונים משקפים תפקדים שונים של צמותים וקהילות בתחום הרשות, בדגש על תפקידן של קהילות נושאיות בהרחבת ההשפעה של התנועה.

## 2. רקע תאורטי

### 2.1. יצוג פורמלי של רשותות חברותיות

רשות חברתית ניתנת לייצוג מתמטי באמצעות גרף  $(V, E = )$ .

כאשר :

- $V = (v_1, \dots, v_n)$  היא קבוצת הנקודות (Nodes) המייצגים ישויות ברשות (משתמשים).

•  $E \subseteq V \times V$  היא קבוצת הקשיות (Edges), המייצגות אינטראקטיות בין הישויות.

כאשר  $e_{i,j} = (v_i, v_j)$  מציין אינטראקציה מכוונת מ- $v_i$  ל- $v_j$ .

•  $w_{i,j} \in R^+$  הוא משקל הקשת, המייצג את עוצמת האינטראקציה.

•  $s_{i,j} \in \{-1, 0, 1\}$  הוא סימן הקשת, המייצג התנגדות, ניטרליות או תמייה

בהתאם. (במבחן נפרט על כך)

יצוג זה מאפשר ניתוח עשיר של דינמיקות חברותיות, תוך הבחנה בין כיוון ההשפעה, עוצמתה וטيبة.

לצורך חישוב מודדים מותקים, הרשות מיוצגת באמצעות מטריצת שכנות (Adjacency Matrix)

כיוון שהרשות הנחקרה כוללת אינטראקטיות בעוצמות שונות, נעשה שימוש במטריצת שכנות ממושקלת.

פורמלית, נגיד את מטריצת השכנות  $A$  של הגרף כך :  $A = [w_{i,j} \cdot s_{i,j}] \in R^{n \times n}$

יצוג זה מאפשר ניתוח של קונפליקטים, קואליציות ואייזון מבני, ומהווה בסיס למדדי אייזון ברשותות חותומות בהמשך העבודה.

## 2.2. ממדדי מרכזיות לצמתים

**Degree Centrality.** 2.2.1 – מוגדר כמספר הקשتوות המחוורות אליו תוך נרמול

$$\text{המבצע על ידי חלוקה ב-} 1 - n \text{. הנוסחה הינה } \frac{\text{degree}_{in}(v)}{n-1} \text{ כאשר}$$

$$\text{degree}_{in}(v) = |u : u \in E|$$

מדד זה משקף פופולריות מקומית, אך אינו מתחשב במיקום הצומת במבנה הכללי של הרשת. אפשר לԶוזות משתמשים בעלי רמת פעילות גבוהה וקשרים ישירים רבים.

מודד עד כמה צומת קרובה בmmoוצע לשאר הצמתים, – **Closeness Centrality.** 2.2.2

$$\text{ומוחושב על ידי הנוסחה } \frac{n-1}{\sum_{u \neq v} dist(v,u)} \text{ כאשר } dist(v,u)$$

ביוטר מצומת  $v$  לצומות  $u$  בגרף  $G$  (מספר הקשטוות במסלול). מדד זה משקף נגישות גלובלית, צמתים עם ערך גבוה יכולים להפייע מידע במהירות יחסית לכל הרשת.

מודד את מידת היוטו של צומת מתוך מרווח בין צמתים – **Betweenness Centrality.** 2.2.3

$$\text{אחרים. מוחושב על ידי הנוסחה } \frac{\sum_{s \neq v \neq t \in V} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}}{\frac{(n-1)(n-2)}{2}} \text{ כאשר } \sigma_{st} \text{ מייצג את כמות}$$

המסלולים מצומת  $s$  לצומת  $t$  ו-  $(v)$  מייצג את כמות המסלולים מצומת  $s$  לצומת  $t$  העוברים דרך צומת  $v$ .

מדד זה מזהה צמתים קריטיים למעבר מידע בין קהילות, גם אם אינם פופולריים במיוחד.

**Eigenvector Centrality.** 2.2.4 – מאפשר לԶוזות השפעה עקיפה דרך קשרים לצמתים

בעלי השפעה גבוהה. בנויגוד לממדדי Degree, שביהם כל חיבור תורם במידה שווה, מדד זה מניח כי חיבור לצומת מרכזי תורם יותר להשפעתו של צומת מאשר חיבור לצומת שלו.

מוחושב על ידי הנוסחה  $x_v = \frac{1}{\lambda} \sum_{u \in N(v)} x_u$  כאשר  $(v)$  הינה קבועה השכנים  
של צומת  $v$ ,  $x_u$  הוא ערך המרכזיות של הצומת  $u$  ו- $\lambda$  הינו קבוע נרמול המיצג ערך  
עצמי של מטריצת השכניםות (בד"כ הערך העצמי הגדל ביותר).

**PageRank.** 2.2.5 – מדד מרכזיות ספקטורי שפותח במקור לצורך דירוג דפי אינטרנט

במנוע החיפוש של Google והוא מהויה הרחבת הסטברותית ומונרמלת של מדד Eigenvector Centrality. האלגוריתם מבוסס על ההנחה כי דף (או צומת במקרה שלנו) הוא חשוב אם דפים אחרים מפנים אליו.

בניגוד ל-Eigenvector Centrality הקלاسي PageRank מתמודד עם בעיות ייחודיות של גרפים מכוונים גדולים, כגון צמתים ללא קשיות יוצאות ורכיבים מנוטקים, באמצעות מודל הסטברובי.

### 2.3. מדד מבנה רשת

בניגוד לממדים מרכזיות המתמקדים בצמתיםבודדים, מדדי מבנה רשת נועד לאפיין את הרשת כולה כישות אחת. מדדים אלו מאפשרים להבין את רמת הקישוריות, הריכוזיות והמבנה הכללי של הרשת, ומהווים כלי מרכזי לניתוח מערכות חברותיות מורכבות.

$$\text{Density} = \frac{|E|}{|V| \cdot |V|-1}$$
 2.3.1 – צפיפות הרשת מוגדרת על ידי הנוסחה

הצפיפות מודדת את שיעור הקשרים הקיימים בפועל מתוך מ透ך כל הקשרים האפשריים ברשת. מdad זה מספק אינדיקציה ישירה לרמת הקישוריות הכללית של הרשת. צפיפות גבוהה מעידה על רשת שבה מרבית הצמתים מקושרים זה לזה, מה שמאפשר הפצת מידע מהירה, חפיפה בין קהלים וזרימה אינטנסיבית של אינטראקציות. לעומת זאת, צפיפות נמוכה מאפיינת רשת מפוזרת, שבה הקשרים דלילים יותר והפצת מידע עשויה להיות איטית או תלואה בצמתים מתווכים.

### 2.3.2. מדד ריכוזיות של Freeman Centralization

מבנה הרשת נשלט על ידי צומת מרכזי אחד או מספר קטן של צמתים דומיננטיים. ערך ריכוזיות גבוהה מצביע על רשת שבה צומת אחד (או מספר קטן של צמתים) מרכז אליה חלק משמעותי מקשרים, בדומה לבנייה כוכב. לעומת זאת, ערך ריכוזיות נמוך מעיד על פיזור השפעה רחוב יותר, שבו אין מוקד שליטה יחיד. נחשב

$$\text{על ידי הנוסחה: } \frac{\sum_{v=1}^n \max\deg(v) - \deg(v)}{(n-1) \cdot (n-2)}$$
 2 גרסאות

לנוסחה זו, בראשונה  $\max\deg(v)$  מייצגת את הדרגה הגבוהה ביותר של צומת ברשת בפועל, ובשנייה  $\max\deg(v)$  מייצגת את הדרגה הגבוהה ביותר של צומת בפונצייאלי  $(1-n)$ , ראיינו כי הגרסה השנייה מדויקת יותר ועל כן נבדוק אותה.

### 2.4. רשתות חתומות ותאוריות האיזון

ברשתות חברותיות רבות, ובפרט ברשתות אידאולוגיות מכוונות, לא כל האינטראקציות בין צמתים הן בעלות אופי אחיד. לצד קשרים תומכים מתקיים גם קשרים של התנגדות, ביקורת או עימות, וכן קשרים אשר טיבם אינו מוגדר באופן חד משמעי. לפיכך, ניתוח רשתות מסווג זה מחייב הרחבת המודל הגרפי הקלסי, כך שיכלול מידע על אופי היחסים בין הצמתים ולא רק על עצם קיומם.

מודל זה מתואר באמצעות רשתות חתומות (Signed Networks), שבחן לכל קשר מותאם סימן המציג את טיב היחסים. בעובדה זו אנו עושים שימוש בייצוג הכלול שלושה סוגים סימניים: קשרים חיוביים, קשרים שליליים וקשרים נייטרליים. קשר ניטרלי אינו מייצג בהכרח היעדר אינטראקציה, אלא מצב שבו לא ניתן לקבוע האם היחסים בין הצמתים הם

תומכים או מתנגדים. ייצוג זה מתאים במיוחד לנוטונים שמקורם ברשותות חברותיות מקומיות, שבהן המידע על טיב היחסים בין משתמשים אינם תמיד מלא או חד משמעי.

#### 2.4.1. **תיאורית האיזון** – עסקת בניווח יציבות מבנית של מערכות יחסים חברותיות.

התיאוריה מתמקדת בניווח של **טריאדות** – תת-גרפים המורכבים משלושה צמתים – הנחשבות לאבני הבניין הבסיסיות של מבנים חברותיים מורכבים. על פי תיאוריה זו, טריידה נחשבת מאוזנת אם היחסים בין שלושת הצמתים אינם יוצרים מתח מבני. פורמלית בהינתן שלושה צמתים  $w, u, v$  הטריידה מוגדרת כמאוזנת אם ורק אם מתקיים:  $S_{w,w} \cdot S_{u,w} \cdot S_{u,u} > 0$ . כמובן, מכפלת סימני הקשנות בטריידה היא חיובית. תנאי זה משקף מצבים יציבים כגון "החבר של חבר שלי הוא חברי" או "האויב של האויב שלי הוא חברי". לעומת זאת, טריידה שבה מכפלת הסימנים שלילית נחשבת לא מאוזנת, ומעידה על קונפליקט מבני או חוסר יציבות ביחסים.

ברשותות חברותית רחבות היקף, שיורר הטריادات המאוזנות לעומת הרשותות שלא מאוזנות משמש מدد לקוهرנטיות החברתית או האידאולוגית של הרשות.

#### 2.4.2. **קשנות ניטרליות והרחבת מודל האיזון** - בעוד שמודלים קלאסיים של תיאוריה

האיזון מניחים כי כל קשר הוא בהכרח חיובי או שלילי, הנה זה אינה מתאימה לרשותות חברותית אמיתית. במקרים רבים, הקשר בין שני צמתים אינו מבטא תמייח או התנגדות מובהקת, אלא חוסר מידע, אדישות או אינטראקציה שאינה ניתנת לשיוג קווצבי. בהקשר זה, עבדותם של Terzi ו-Winkler מציעה הרחבבה של מודל הרשות החותמה כך שיכלול גם קשנות ניטרליות, המסומנת בערך 0. הכללה זו מאפשרת ניתוח של רשותות לא שלמות, שבו חלק מהקשרים אינם מוגדרים באופן חד משמעי, מבליל להטיל עליהם פרשנות מלאכותית של תמייח או עימות. הכללת קשנות ניטרלית באופן ישיר על מנתה הטריادات: טריادات הכוללות קשת ניטרלית אין תורמות ישירות למאزن החובי או השלילי, אך הן משקפות אזורים ברשות שבחם מבנה היחסים אינם מגובש או יציב. לפיכך, התיחסות לקשנות ניטרליות מאפשרת ניתוח עדין ומיציאותיו יותר של מבנה הרשות.

אחד האתגרים המרכזיים ביישום תיאוריה האיזון ברשותות גדולות הוא העלות החישובית של ספירה ישירה של טריادات, הדורשת זמן חישוב מסדר  $O(n^3)$ . בעבודתם, מציעים Terzi ו-Winkler גישה ספקטרלית לניתוח איזון חברותי, המבוססת על תוכנות של מטריצת השכניםות החותמה של הרשות.

המחברים מראים כי חזקות של מטריצת השכניםות, ובפרט  $A^3$ , מוגדרת מידע על היקף הטריادات המאוזנות ולהלא מאוזנות ברשות, כאשר האלכסון של  $A^3$  משקף עבר כל צומת את ההפרש בינהן. גישה זו מאפשרת מעבר מניתוח קומבינטורי ישיר לניתוח אלגברי וספקטורי עיל, המתאים גם לרשותות גדולות ולא-שלמות.

## 2.5. תורת המשחקים ודינמיות אינטראקטיבית בראשות החברה

לצד ניתוח המבני הסטטי של הרשות החברתית, ניתוח דינמי של אינטראקטיות בין צמתים מהוות נדבך משלים להבנת התנהוגות הרשות לאורך זמן. לצורך כך, נעשה שימוש בכלים מתוך המשחקים, העוסקת בניתוח קבלת החלטות של שחקנים רצונליים בנסיבות של תלות הדידת.

בהקשר של רשותות חברותיות, ניתן להתייחס לצמתים כשחקנים, ולאינטראקטיות ביניהם כסדרה של משחקים חוזרים, שבהם כל שחקן בוחר אסטרטגיה בהתאם להתנהוגות שחקנים אחרים. מודל זה מאפשר לנתח תהליכי של שיתוף פעולה, עימות, והסתגלות דינמית, אשר אינם ניתנים בלבד מלאה באמצעות מדדים מבניים בלבד. בפרט, העובודה מתבססת על משחקים חוזרים (משחק T-Shlby) שבהם אוטם שחקנים מקיימים אינטראקטיות לאורך מספר צעדים, כאשר החלטות בכל שלב עשויות להיות מושפעות מההיסטוריה האינטראקטיבית הקודמת. במסגרת זו נבחנות אסטרטגיות קלאסיות כגון Tit-for-Tat (TFT) שבה שחקן מגיב בהתאם לפעולה האחרונות של יריבו, ו Win-Stay Lose-Shift (WSLS) שבה שחקן שומר על אסטרטגיה מצליחה ומחליף אסטרטגיה לאחר כישלון.

שילוב תורת המשחקים בניתוח הרשות מאפשר לבחון כיצד דפוסי אינטראקטיה מקומיים בין צמתים עשויים להשפיע על יציבות היחסים, על היוצרים שיתופי פעולה או קונפליקטים, ועל המבנה הכללי של הרשות לאורך זמן. בכך, תורת המשחקים מהוות שכבת ניתוח משלימה לממדיו הרשות, ומספקת פרספקטיבית דינמית על תהליכי השפעה והתפשטות מידע בראשות החברה הנחקרת.

## 2.6. מגבליות תאורטיות ומשפט אי האפשרות של ארואנו

לצד הכלים, המדדים והמודלים שהוצגו ברקע התאורטי, חשוב לדגיש כי ניתוח רשותות חברותיות מורכבות כפוף גם למגבליות תאורטיות עקרוניות. בפרט, משפטי אי האפשרות מדגיש כי לא קיימת מסגרת אנליתית ייחידה יכולה לעמוד באופן מלא ועקבי את כל מאפייני ההתנהוגות, הרצונליות והיציבות במערכות מרובות שחקנים. משפטיים אלו מבהירים כי כל מודל מחייב פשרות בין קритריונים שונים, וכי המדדים המבנאים והдинמיים שנעשה בהם שימוש בעבודה זו מספקים קירוב וניתוח חלקי של המציאותות החברה. תובנה זו מחזקת את הגישה הרוב שכבתית שננקטה במחקר, המשלבת בין ניתוח מבני, ניתוח דינמי וכליים אלגוריתמיים, לצורך הבנה רחבה ומאוזנת יותר של הרשות החברתית הנחקרת.