

שיטות לבחינת ריכוזיות וקישוריות באחזקותיהם של הגופים המוסדיים

אריאל מנצורה ואוהד זדא

תקציר

בנק ישראל במסגרת תפקידו בוחן את חוסנה, יעילותה ויציבותה של המערכת הפיננסית. בחינה זו מבוצעת באמצעות ניטור פעילותה של המערכת הפיננסית, שאחד מאתגריה הוא ההצגה התמציתית של נתוני המערכת ושמיועד גם להצביע על רגישויות שאפשר שקיימות בה. בעבודה זו נציג ונדגים שיטות מקובלות ושימושיות לניתוח אמפירי של הנכסים שמוחזקים על ידי הגופים המוסדיים. ניתוח אמפירי מאפשר להצביע על רגישויות במערכת הפיננסית ורגישויות שנובעות בפרט ממידות הריכוזיות והקישוריות שקיימות בה ושעלולות להוות בעת התרחשותם של זעזועים למערכת, ערוץ להתממשותם של סיכוני הדבקה כלל-מערכתיים.

1. מבוא וסקירת ספרות

אחד האתגרים בניטור של מערכת פיננסית הוא ההצגה התמציתית של נתוני המערכת, כדי לבחון את חוסנה, את יעילותה ואת יציבותה ולהצביע גם על רגישויות שאפשר שקיימות בה. הצגת המידע נעשית לעיתים באמצעות בניית מדדים שמסכמים את המידע, שיטות ויזואליזציה ומידול באמצעות תרשים רשת. הצגת מערכת פיננסית באמצעות תרשים רשת הפכה נפוצה בשנים האחרונות (Poledna et al. 2021) והיא מאפשרת למפות את הקשרים בין השחקנים ואת חוזקם, להבחין ולאפיין אשכולות (clusters) בקרב השחקנים ולדרג לבסוף שחקנים לפי חשיבותם ומרכזיותם (centrality) במערכת.

מטרת עבודה זו להציג ולהדגים שיטות מקובלות ושימושיות לניתוח אמפירי של הנכסים שמוחזקים על ידי הגופים המוסדיים ברמת חברה מנהלת ובפרט, קרנות פנסיה, חברות ביטוח¹ וקופות גמל. ניתוח אמפירי מאפשר להצביע על רגישויות במערכת הפיננסית ובמיוחד רגישויות שנובעות ממידות הריכוזיות והקישוריות במערכת, שעלולות להוות בעת התרחשותם של זעזועים ערוץ להתממשות סיכונים הדבקה כלל-מערכתיים.

בעבודה זו עשינו שימוש במסד נתונים פרטני שמתבסס על הדיווחים שמפרסמים הגופים המוסדיים לציבור על פי הוראת הדיווח של רשות שוק ההון, הביטוח והחיסכון על בסיס רבעוני, שכולל את נתוני האחזקה שלהם בפירוט לפי חברה מנהלת, מסלול ונכס בודד. נתונים ברמת פירוט כזו מאפשרים לנתח את מידת הדמיון והמתאם באחזקותיהם של השחקנים במערכת. העבודה מתמקדת באחזקה במניות ובאגרות חוב תאגידיות בישראל, שנחשבות לנכסים סחירים שניתנים להנזלה במהירות (ראו Barruca 2021) ומשנת 2011 עד לתקופה הנוכחית. ריכוזיות גבוהה בשוק המוסדי משפיעה על רמת התחרות, על ביצועי החברות המנהלות, על רווחת הצרכן, על הקצאת הון יעילה, על תמחור נכסים, ועוד². הרשות לניירות ערך³ (2020) מפנה בדוח מקיף זרקור על הריכוזיות הגבוהה שקיימת בשוק המוסדי בישראל באמצעות חישוב מדדים מקובלים של ריכוזיות (כגון הרפינדל-הירשמן, CR3, וכד'). כותבי הדוח בחנו באופן סטטיסטי את ההשפעה של הריכוזיות על התנודתיות ועל הנזילות של אותם נכסים אשר הגופים המוסדיים מושקעים בהם. הכותבים מוצאים כי גידול באחזקתם של המשקיעים המוסדיים וריכוזיות גבוהה, מתואמת עם נזילות נמוכה יותר באותם הנכסים אשר הם מושקעים בהם. בעבודה זו נציג ונרחיב על מדד נוסף לריכוזיות שנקראת המספר האפקטיבי ונשווה אותו למדד הרפינדל-הירשמן (Herfindhal, 1959; Hirschman, 1945), שנחשב בספרות כמדד מקובל למדידת ריכוזיות (ראו Barruca 2021).

קישוריות חזקה במערכת פיננסית יכולה להוביל להתממשותם של סיכונים מערכתיים, כאשר זעזוע חיצוני, חדלות פירעון או קשיי נזילות בחברה או במספר חברות, משפיעים על חברות אחרות במערכת דרך ערוץ הדבקה כלשהו. בספרות יש כמה ערוצי הדבקה מקובלים במערכת הפיננסית. במאמר של (Poledna 2021), יש הבחנה בין שני ערוצי הדבקה: הדבקה ישירה והדבקה עקיפה. הדבקה ישירה (Upper et al. 2002) נוצרת כתוצאה מחשיפות ישירות בין שתי חברות דרך ערוץ ההלוואות שבין הצדדים. מידת החשיפה משתקפת ונמדדת בצד ההתחייבויות במאזני החברות. הדבקה עקיפה נוצרת כאשר לחברות פיננסיות יש אחזקה בנכסים דומים. ערוץ הדבקה זה נקרא בספרות תיקים חופפים (Levy-Carciente et al. 2015). ערוץ הדבקה זה מאופיין על ידי המנגנון הבא: כתוצאה מזעזוע חיצוני לחברה או לנכס או למספר נכסים שבהם היא מחזיקה, נאלצת החברה להפוך נכסים לנזילים במחירים נמוכים מאוד (fire sales) ביחס למחירי השוק. מכירות של נכסים במחירים נמוכים מאוד גורמות להפסדים בקרב חברות אחרות שמחזיקות באותן נכסים. עבודה של (Elsinger et al. 2006) בחנה סיכונים מערכתיים במערכת הבנקאות האוסטרית אשר מצאה שסיכון ההדבקה העקיף הוא הסיכון ההדבקה העיקרי כמקור לסיכון כלל-מערכתי. (Barucca et al., 2021) בחנו את מידת הקישוריות והרגישויות המערכתיות שנובעות מהדבקה עקיפה על פני סוגים שונים של מוסדות פיננסים. קוסנקו ומיכלסון (Kosenko et al. 2022) מנתחים ערוץ הדבקה נוסף של תיקים חופפים בתיק האשראי הלא סחיר בקרב בנקים ומוצאים כי ערוץ הדבקה זה תורם באופן משמעותי לסיכון מערכתי.

¹ העבודה כוללת רק נתונים לגבי פוליסות ביטוח משתתפות ברווחים.

² ראו תיבה בדוח יציבות פיננסית למחצית השנייה של 2022.

³ התפתחות בניהול כספי הציבור בישראל בעשור האחרון והשלכותיהן על שוק ההון (2020).

בפרק 2 נתאר את בסיס הנתונים שבו השתמשנו בעבודה זו. בפרק 3 נרחיב על מדדי הריכוזיות והדמיון, בפרק 4 נראה כיצד ניתן באמצעות הצגה חזותית לתאר את המערכת הפיננסית ובפרק 5 נסכם.

2. תיאור בסיס הנתונים

בעבודה זו השתמשנו במסד נתונים פרטני שנבנה על ידי חברת פרדיקטה⁴. מסד הנתונים כולל את נתוני האחזקה במניות ואג"ח תאגידיות בישראל של הגופים המוסדיים ברמת חברת מנהלת, משנת 2010 ואילך. הנתונים הם בתדירות רבעונית וברמת פירוט של סוג מוצר, מסלול ונכס בודד, כלומר לכל חברה מנהלת וסוג מוצר ובתוך כל מסלול מפורטת האחזקה בכל נכס. בטבלה להלן מופיעות דוגמות לרשימה טיפוסית במסד הנתונים.

טבלה 1 : דוגמות לרשימות טיפוסיות במסד הנתונים

חברת מנהלת	סוג מוצר	שם המסלול	סוג הנייר ערך	כמות ני"ע	שם הנייר ערך (קצר)	שווי שוק
חברה א' גמל ופנסיה בע"מ	פנסיה	מסלול יעד לפרישה 2040	אג"ח תאגידי סחיר	11111	אג"ח א'	500,855
חברה א' גמל ופנסיה בע"מ	גמל	מסלול יעד לפרישה 2040	מניות תל אביב 35	22222	מניה א'	12,955,137
חברה ב' פנסיה וגמל בע"מ	גמל	אג"ח עד 25% מניות	אג"ח תאגידי סחיר	3333	אג"ח ב'	7,920,403
חברה ב' פנסיה וגמל בע"מ	גמל	אג"ח עד 25% מניות	מניות תל אביב 35	4444	מניה ב'	3,410,613

3. מדדי ריכוזיות

בעבודה זו בחנו מספר מדדי ריכוזיות ברמת חברת מנהלת בפילוח לפי סוג מוצר: חברות ביטוח, קרנות פנסיה וקופות גמל. בחנו ריכוזיות בשלושה ממדים:

- ריכוזיות של חברות מנהלות;
- ריכוזיות של מסלולים;
- ריכוזיות של נכסים.

באמצעות בחינה של מדדים אלה בפילוח לפי מקום מסחר, נוכל לענות על השאלה הבאה: כמה חברות מנהלות, מסלולים ונכסים קיימים באופן אפקטיבי. מספר מוחלט של חברות משמעה ספירה פשוטה של כל החברות ללא תלות בהיקף הנכסים שמוחזקים על ידה והמספר האפקטיבי יהיה קטן או שווה למספר זה, שכן חברות שמחזיקות כמות קטנה בנכסים, לא יקבלו משקל מלא בספירה, אלא רק משקל חלקי. לדוגמה, נניח שיש לנו 3 חברות עם אחזקה בנכסים המתוארת בטבלה הבאה:

חברה א	חברה ב	חברה ג
10000	10	5

כלומר, המספר המוחלט של החברות היא 3, כי כל חברה נספרת פעם אחת, ללא תלות בהיקף הנכסים שמוחזקים על ידה ואילו המספר האפקטיבי קרוב ל-1 (תלוי באופן החישוב), שכן רוב רובם של הנכסים מוחזקים על ידי חברה אחת בלבד.

⁴ חב' Preadicta הינה חברת פינטק המתמחה במחזור מידע פיננסי ויצירת עזרים משמעותיים המסייעים בקבלת החלטות וקביעת אסטרטגיות לניהול השקעות. החל משנות ה-80, אנו אוספים מידע פיננסי-כלכלי מכל הסוגים, מקטלגים ומאכסנים אותו במחסני מידע ענקיים (מתוך אתר החברה).

לצורך זה השתמשנו במדד הרפינדל-הירשמן ובאנטרופיה⁵. מדדים אלו מחושבים בכל רבעון, כך שניתן לבחון את התפתחותם לאורך זמן.

מדד הרפינדל-הירשמן

נניח שהתיק הכולל של החברות המנהלות מושקע ב- k נכסים, כאשר החלוקה לנכסים השונים מיוצגת על ידי סדרת (וקטור) המספרים הבאה:

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_k)$$

כאשר v_i הוא ערך האחזקה הכספית בנכס i . יהי $p = p_1, \dots, p_n$ סדרת מספרים שמייצגת את המשקלות של האחזקה בנכסים שונים כאשר $p_i = \frac{v_i}{\sum_{j=1}^k v_j}$ הוא משקל (יחס) האחזקה בנכס i . מדד הרפינדל-הירשמן מוגדר כסכום הריבועים של סדרת המשקלות:

$$HHI = |p|^2 = \sum_{i=1}^k p_i^2$$

מדד הרפינדל-הירשמן מקבל את הערך 1 כאשר יש ריכוזיות מלאה ואת הערך $\frac{1}{k}$ כאשר יש פיזור מרבי.

אנטרופיה

המדד השני שהשתמשנו בו מבוסס על האנטרופיה ומוגדר באופן הבא:

$$EFF = 2^{H(p)}$$

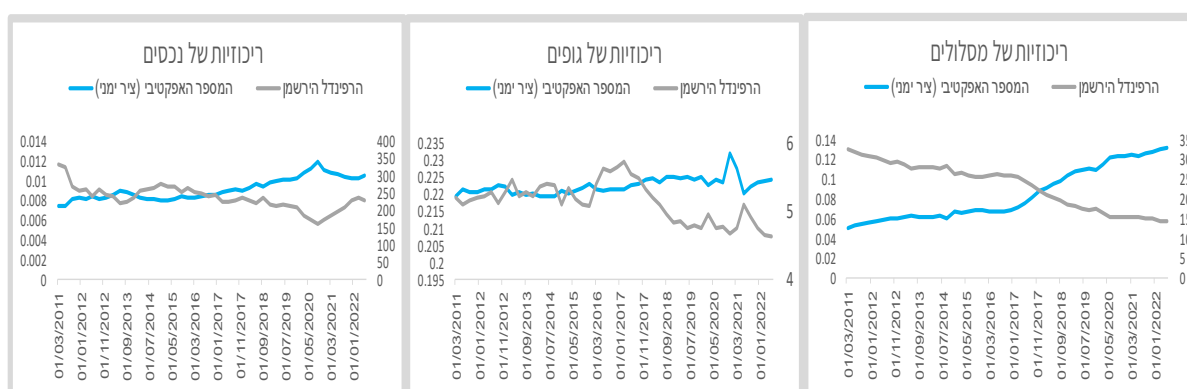
כאשר,

$$H(p) = - \sum_{i=1}^k p_i \log_2(p_i)$$

האנטרופיה $H(p)$ הוא מדד מקובל לפיזור שמקבל ערכים בין 0 ובין $\log_2 k$, כאשר 0 מצביע על ריכוזיות מלאה ו- $\log_2 k$ משקף פיזור מלא ואחיד, במקרה שבו $p_1 = p_2 = \dots = p_k = \frac{1}{k}$.

מדדים אלה לרוב הם תמונת ראי אחד של השני כפי שניתן לראות באיור 1 להלן:

איור 1: דוגמה טיפוסית למדד הרפינדל-הירשמן לעומת המספר האפקטיבי בחברות הביטוח

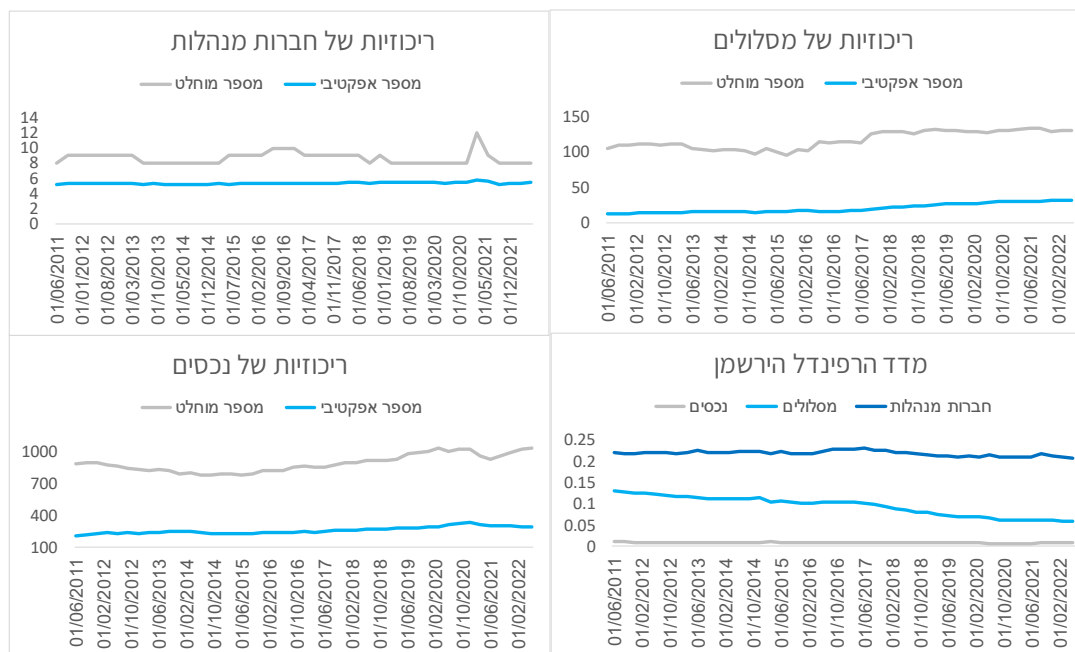


למרות זאת, מדד ה- EFF שמקבל ערכים בין 1 ל- k^6 הוא לעיתים מדד מועדף בגלל הפרשנות האינטואיטיבית שלו עבור הכמות האפקטיבית בניגוד למדד הרפינדל-הירשמן שהוא מספר בין $\frac{1}{k}$ ל-1.

5 אנטרופיה היא מושג מדעי שמזוהה לרוב עם מצב כאוטי, חסר סדר ואקראי.
 $2^0 = 1, 2^{\log_2 k} = k^6$

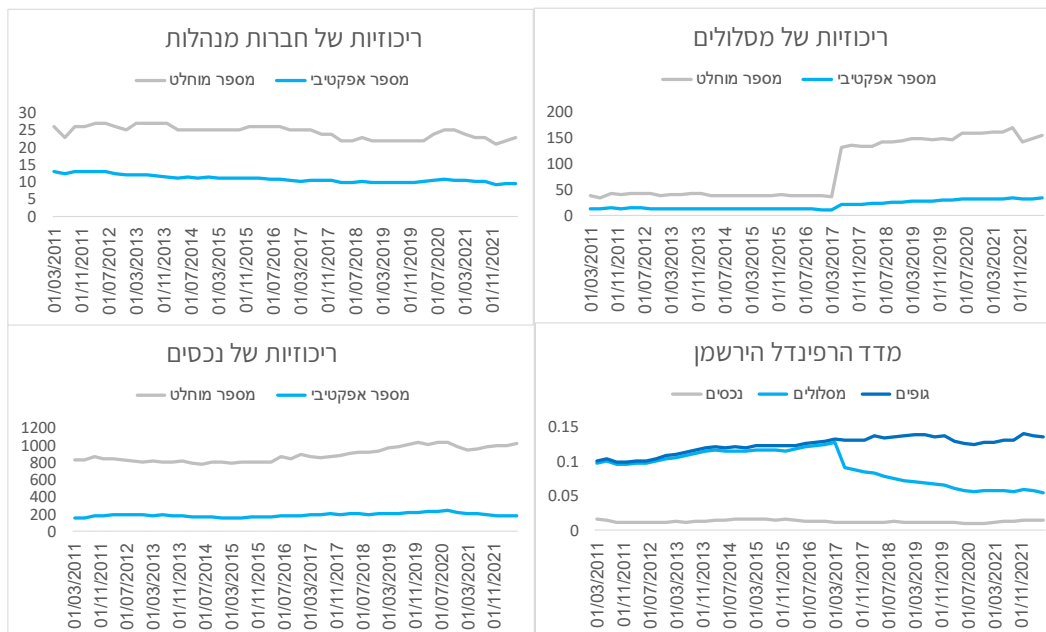
שני מדדים אלה מחושבים באותו אופן עבור החברות המנהלות, מסלולים ונכסים. לדוגמה, כאשר נחשב את הריכוזיות של חברות מנהלות, k יסמן את מספר חברות המנהלות ו- $k, \dots, 1$ היא סדרה של סך הנכסים שמוחזקים על ידי כל אחת מהחברות המנהלות. באיורים 2-4 להלן מוצגים מדדי הריכוזיות לפי סוג מוצר.

איור 2: מדדי ריכוזיות בחברות ביטוח



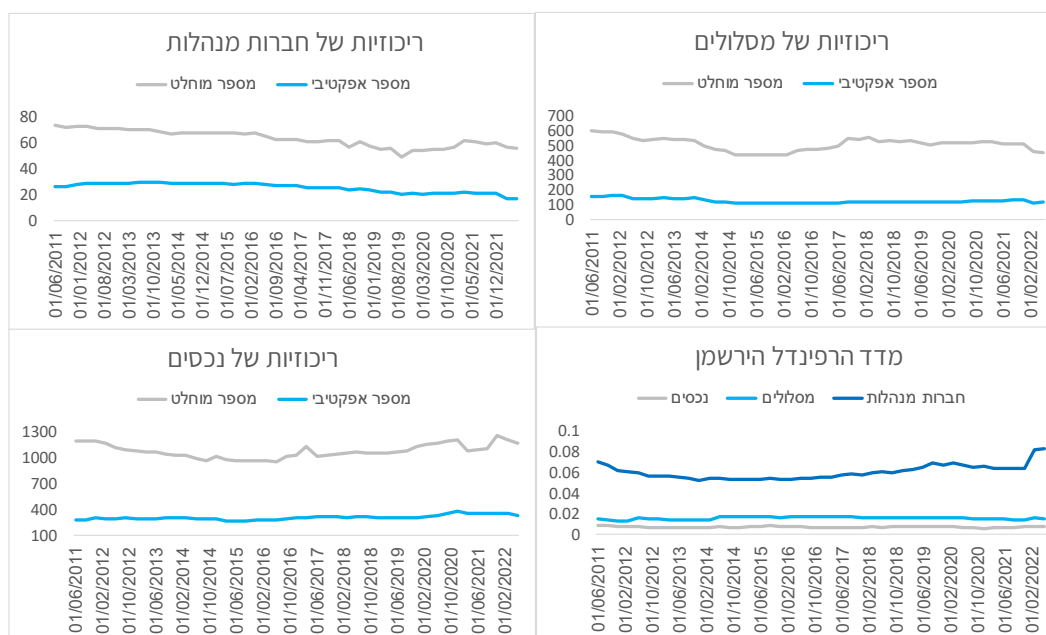
ממדדי הריכוזיות בחברות הביטוח ניתן לראות שהמספר האפקטיבי של החברות, המסלולים והנכסים הוא קטן משמעותית ממספרם המוחלט. דבר זה מצביע על ריכוזיות גבוהה יותר מזו שמשקף במספרם המוחלט, כלומר, אחוז גבוה מההון מרוכז בפחות חברות, בפחות מסלולים ובפחות נכסים, ביחס לזה שמשקף במספרם המוחלט. בנוסף ניתן לראות שיפור קטן על פני זמן במספר האפקטיבי של הנכסים ושל המסלולים, כאשר כמעט ואין שינוי במספר האפקטיבי של החברות.

איור 3: מדדי ריכוזיות בקרנות הפנסיה



בקרנות הפנסיה ניתן לראות שיפור קטן בפיזור של ההון על פני כמות גדולה יותר של נכסים. המספר האפקטיבי של החברות המנהלות מצביע על ריכוזיות גבוהה יותר ביחס למספר המוחלט. סביב שנת 2017 ניתן להבחין בשבר מבני בריכוזיות של המסלולים. שבר זה הוא טכני ונוצר משינוי בהוראות הדיווח, אשר חייבו את קרנות הפנסיה לדווח בפירוט גם לפי מסלול, בניגוד לתקופה הקודמת, שבה הדיווח היה רק לפי פירוט ברמת החברה.

איור 4: מדדי ריכוזיות בקופות הגמל



בקופות הגמל ניתן לראות את הירידה במספר המוחלט של החברות, לצד הירידה המתונה יותר במספר האפקטיבי של החברות. ניתן להבחין גם בעלייה במספר האפקטיבי של הנכסים.

4. מדדי דמיון

בסעיף זה נתאר את האופן שבו אנו בוחנים את הדמיון בין התיקים של כל שתי חברות מנהלות באמצעות מדד שנקרא "דמיון קוסינוס" (cosine similarity). לדוגמה, גררדי (Girardi et al. 2021) בוחן את ערוץ ההדבקה העקיף בענף הביטוח באמצעות מדד זה אשר יתואר להלן. עבור כל חברה סיכמנו את סך האחזקה בכל אחד מהנכסים, כאשר הסכימה נעשית על פני כל המסלולים באותה חברה. בשלב הבא חישבנו לכל זוג חברות את מדד "דמיון הקוסינוס". כאשר האחזקות לא מקבלות ערכים שליליים, מדד זה מקבל ערכים בין 0 ל-1, כאשר 0 מצביע על חוסר דמיון מוחלט ו-1 מצביע על דמיון מלא בתיקים של שתי החברות. בכל רבעון נוכל לייצג את המדדים שמחושבים באמצעות מטריצה אשר בתא ה- i,j , נמצא מדד "דמיון הקוסינוס" בין החברות i,j . כפי שנראה בהמשך, מטריצות אלה יכולות להיבנות כמפת חום, כך שחברות דומות יותר, הן קרובות יותר במטריצה. להלן הגדרה פורמלית ל"דמיון הקוסינוס".

דמיון קוסינוס" (Cosine Similarity)

נניח שיש 2 חברות מנהלות עם הרכב אחזקה בנכסים $1, \dots, k$, המיוצגים באמצעות שני הווקטורים הבאים:

$$w = (w_1, \dots, w_k)$$

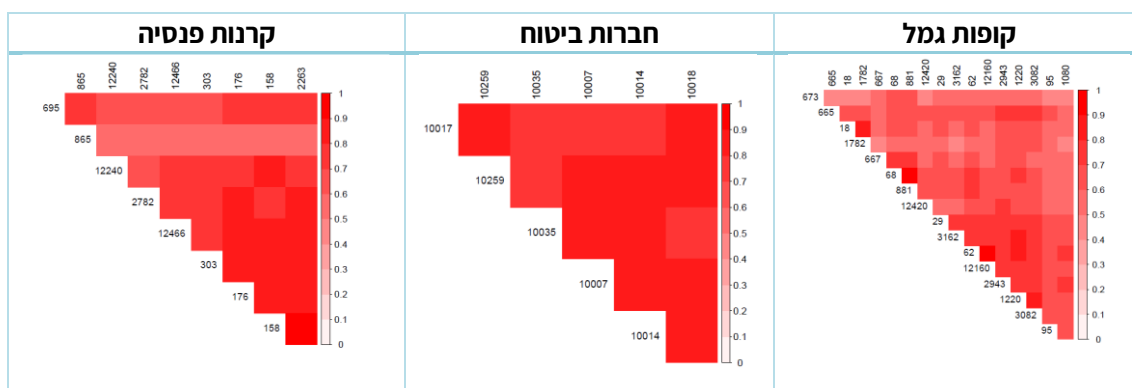
$$v = (v_1, \dots, v_k)$$

כאשר $w_i, v_i > 0$ הם סך האחזקות של כל חברה בנכס i . מדד "דמיון הקוסינוס" בין שני וקטורים אלו מוגדר באופן הבא:

$$\text{Cos}(v, w) = \frac{\sum_{i=1}^k w_i v_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^k v_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^k w_i^2}}$$

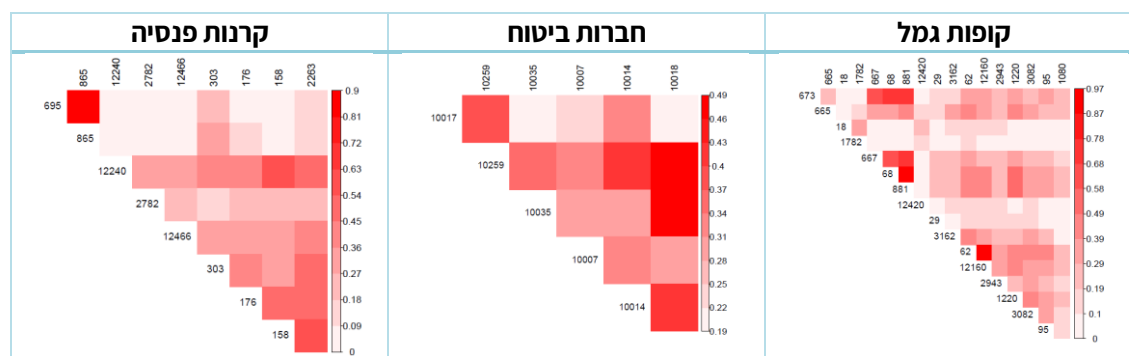
באופן עקרוני מדד זה יכול לקבל ערכים שליליים, אבל במקרה שלנו אין לרוב אחזקות שליליות בנכסים ולכן הוא יקבל ערכים בין 0 ל-1. באיור 5 להלן מוצגת דוגמה למפת חום שמחושבת על המספר האפקטיבי של החברות המנהלות בכל ענפי החיסכון ברבעון השלישי של 2022.

איור 5 – מפות חום של "דמיון הקוסינוס" לפי סוג גוף מוסדי - ישראל



באיור 4 ניתן לראות שמפות החום של הרבעון השני של 2022 מצביעות על הדמיון הגבוה שקיים בין החברות בכל סוגי המוצרים. עם זאת, הדמיון הגבוה ביותר מסתמן בחברות הביטוח והדמיון הנמוך ביותר מסתמן בקופות הגמל. לצורך השוואה בנינו את מפות החום הללו גם לאחזקות של החברות המנהלות בחו"ל. ניתן לראות באיור 6 להלן, שהדמיון בין החברות, כפי שמשקף מצבען של מפות החום, הוא נמוך משמעותית.

איור 6 – מפות חום של "דמיון הקוסינוס" לפי סוג גוף מוסדי – חו"ל



מפות החום משקפות תמונת מצב לרבעון מסוים. נבקש לראות את ההתפתחות של הדמיון על פני זמן. לצורך כך יש לסכום את המידע הקיים במפת החום לכל רבעון ולהציגו על פני זמן. נעשה זאת באמצעות חישוב ממוצע וסטיית התקן של מדד הדמיון בכל רבעון. באיור 7 להלן מוצגים ממוצע מדד "דמיון הקוסינוס" על פני זמן, פלוס\מינוס סטיית תקן אחת ולכל סוג מוצר.

איור 7 – ממוצע "דמיון הקוסינוס" על פני זמן לפי סוג גוף מוסדי - ישראל

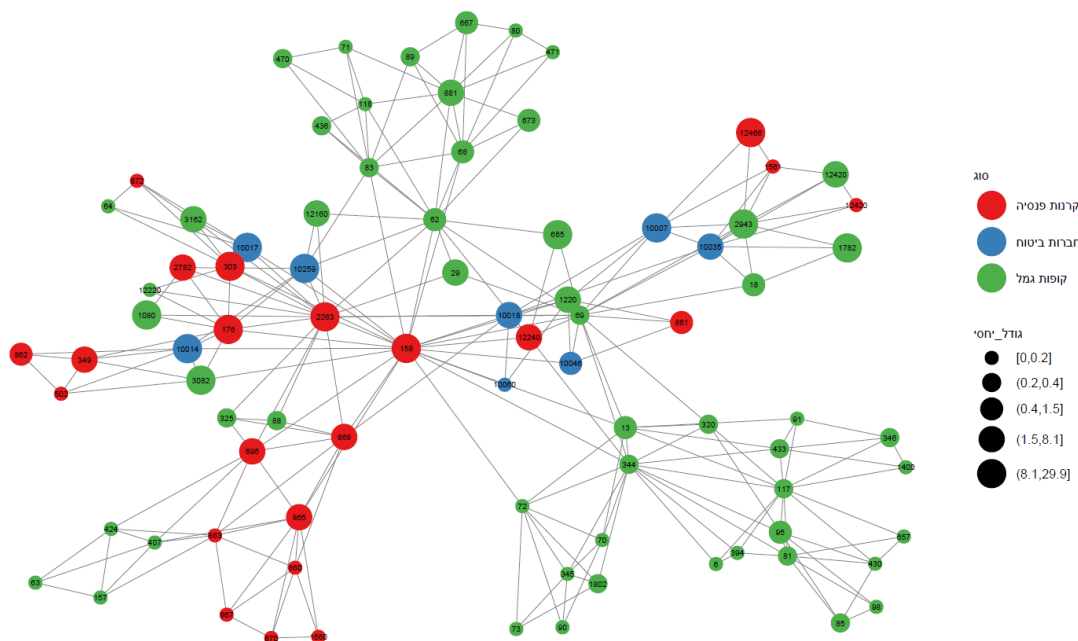


באיור 7 ניתן לראות את רמת הדמיון הגבוהה בכל סוגי המוצר על פני זמן. עם זאת ניתן לראות עלייה קלה בדמיון בקרנות הפנסיה. בחברות הביטוח ובקופות הגמל נראה שרמת הדמיון יציבה על פני זמן וללא שינוי משמעותי.

5. תיאור המערכת באמצעות תרשים רשת

ניתן לבנות תרשים של "דמיון הקוסינוס" שנשמך ב-G על בסיס מטריצה (אשר הוצגה לעיל כמפת חום). לתרשים יש קודקודים אשר מייצגים את החברות המנהלות ויש צלעות בעלות משקל בין כל שתי חברות, שמשקפות את "דמיון הקוסינוס" בין כל שתי חברות. תרשים כזה הוא צפוף מאוד, שכן הוא מעביר צלע בין כל שתי חברות ולכן נרצה לסנן את התרשים, באופן שמשמר את דפוסי הקישוריות העיקריים שיש במערכת. לצורך זה נשתמש בשיטת סינון שבאמצעותה נקבל תרשים מישור מרבי (maximal planar graph). תרשים מישור מרבי הוא שיטת סינון של תרשים צפוף, כלומר, יש כמות גדולה של צלעות שמקשה על קבלת תמונה ברורה של המערכת שמוצגת באמצעות התרשים. הרעיון העיקרי בשיטת סינון זו הוא לסנן את התרשים על מנת לקבל תרשים מרבי מבחינת סכום "דמיון הקוסינוס", בכפוף לאילוצים שמוטלים על מבנה התרשים. שיטה זו לרוב משמרת את 3-4 הקליקות (cliques) העיקריות (Massara et al. 2017). בתרשים מישור מרבי מאלצים את התרשים להיות מישורי, כלומר, שצלעות לא נחתכות בתרשים. באיור 8 להלן מוצג תרשים מישור מרבי של החברות המנהלות לרבעון השני של 2022.

איור 8 – תיאור תיקי הנכסים של החברות המנהלות באמצעות תרשים מישור מרבי Q2/2022



באיור 8 ניתן לראות שקיים לרוב דמיון גבוה בין חברות מנהלות מאותו סוג מוצר וזאת על ידי שנבחין כי קיימים כמה אשכולות בתרשים שברובם כוללים קודקודים בעלי אותו צבע כלומר סוג הגוף המוסדי. כך לדוגמה, ניתן להבחין בשני אשכולות (למעלה במרכז וימין למטה) בקרב קופות הגמל (ירוק) ואשכול (שמאל למטה) שבו רוב קרנות הפנסיה מרוכזות ובמידה פחותה בקרב חברות הביטוח שנראה שהם מפוזרים יותר במרכז מאשר בקצוות. עם זאת ניתן להבחין בתרשים שיש דמיון גם בין חברות מנהלות בסוגי מוצר שונים.

סיכום

בעבודה זו הצגנו שיטות מקובלות לבחינת מידת הריכוזיות והדמיון בשוק המוסדי. שיטות ומדדים אלה משמשים לבחינה של מבנה המערכת הפיננסית וכן לזיהוי רגישויות שנובעות מחפיפה בתיקי החברות המנהלות. מעבודה זו עולה כי מתקיימת בישראל ריכוזיות גבוהה בכל סוגי המוצרים, שבאה לידי ביטוי במספר האפקטיבי הנמוך של החברות המנהלות, ביחס למספרם המוחלט וכן בדמיון גבוה בין תיקי הנכסים של החברות המנהלות ובעיקר בתחום הביטוח והפנסיה, כפי שהדבר משתקף במפות החום. מההצגה של תרשים הרשת ניתן לזהות אשכולות של דמיון בין חברות מנהלות באותו סוג וגם בחפיפה בין חברות בסוגי מוצר שונים.

6. רשימת מקורות

Barucca, P., Mahmood, T. and Silvestri, L., 2021. Common asset holdings and systemic vulnerability across multiple types of financial institution. *Journal of Financial Stability*, 52, p.100810.

Elsinger, H., Lehar, A. and Summer, M., 2006. Risk assessment for banking systems. *Management science*, 52(9), pp.1301-1314.

Girardi, G., Hanley, K.W., Nikolova, S., Pelizzon, L. and Sherman, M.G., 2021. Portfolio similarity and asset liquidation in the insurance industry. *Journal of Financial Economics*, 142(1), pp.69-96.

Kosenko, K. and Michelson, N., 2022. It takes more than two to tango: Multiple bank lending, asset commonality and risk. *Journal of Financial Stability*, 61, p.101040.

Levy-Carciente, S., Kenett, D.Y., Avakian, A., Stanley, H.E. and Havlin, S., 2015. Dynamical macroprudential stress testing using network theory. *Journal of Banking & Finance*, 59, pp.164-181.

Massara, G.P., Di Matteo, T. and Aste, T., 2017. Network filtering for big data: Triangulated maximally filtered graph. *Journal of complex Networks*, 5(2), pp.161-178.

Poledna, S., Martínez-Jaramillo, S., Caccioli, F. and Thurner, S., 2021. Quantification of systemic risk from overlapping portfolios in the financial system. *Journal of Financial Stability*, 52, p.100808.