



שיתוף מידע באמצעות בלוקצ'יין: תמריצים, מגבלות פיננסיות ורווחה



יבגני ליאנדרס

פרופ' יבגני ליאנדרס הוא חבר סגל בכיר בפקולטה לניהול ע"ש קולר באוניברסיטת תל אביב ומכהן כראש קתדרת גילינסקי לטכנולוגיה וחדשנות. לפני חזרתו לארץ ב-2020 היה פרופסור באוניברסיטת בוסטון (Boston University) ובאוניברסיטת רייס (Rice University) במשך 16 שנים. הוא בוגר תוכנית MSc במימון באוניברסיטת תל אביב, ואת לימודי הדוקטורט עשה באוניברסיטת רוצ'סטר (University of Rochester). תחומי העניין העיקריים שלו הם מימון חברות (Corporate finance), ארגון תעשייתי (Industrial organization) ובלוקצ'יין (Blockchain). פרסם מאמרים רבים בכתבי עת מובילים במימון, כגון Journal of Finance, Journal of Financial Economics, Review of Financial Studies, Journal of Financial and Quantitative Analysis, Review of Finance, Journal of Business Economics, Journal of Corporate Finance, עמית של Crypto and Blockchain Economics Research Forum, ומשמש כמרצה אורח באוניברסיטאות בארבע יבשות.

תקציר

טכנולוגיית הבלוקצ'יין מוצגת לעיתים קרובות ככלי לשיפור האמון והשקיפות בין גורמים כלכליים, אך בפועל אימוצה לצורך שיתוף מידע בין חברות הפועלות באותו ענף נותר מוגבל. מאמר זה מציע ניתוח של האופן שבו בלוקצ'יין המבוסס על חוזים חכמים יכול לאפשר שיתוף מידע אמין בין מתחרים בשוק המוצרים. בענפים רבים, חברות מחזיקות במידע פרטי על תנאי ביקוש לא-ודאי, שיכול להיות בעל ערך אם ישתפו אותו, אך תמריצים אסטרטגיים לדיווח מוטה מערערים את האפשרות לחילופי מידע מרצון. במאמר זה אני מסביר כיצד מנגנוני סטייקינג המחייבים את החברות להפקיד בטוחות שניתנות לחילוט אם הדיווחים מתגלים כשגויים – יכולים לגרום להן למסור דיווחי אמת. עוד אני מראה שגובה הבטוחה הנדרשת תלוי בכמה גורמים: מידת אי-הוודאות של הביקוש, רמת הדיוק של האותות שהחברות מקבלות, וכן אופי ועוצמת התחרות ביניהן. אני גם עונה על השאלה מדוע מגבלות פיננסיות עשויות למנוע מחברות להשתתף במנגנון, אף ששיתוף המידע יוצר תועלת משותפת. תובנה מרכזית היא שמתחרים עשויים לסבסד באופן אופטימלי זה את השתתפותו של זה כדי להתגבר על מגבלות כאלה. עודף הצרכן אומנם יורד בעקבות אימוץ מנגנוני שיתוף מידע באמצעות בלוקצ'יין, אך הרווחה הכוללת גדלה, נתון המצביע על כך שלמדיניות המעודדת את אימוץ הטכנולוגיה יש תפקיד עדין ומורכב.

מבוא ומוטיבציה

מתחרות שונה באופן מהותי משיתוף מידע בתוך החברה או לאורך שרשרת אספקה אנכית.

הניתוח הפורמלי במאמר מתמקד בשתי חברות בלבד לשם פשטות וחדות אנליטית, אך הכוחות האסטרטגיים המרכזיים – דיווח אסטרטגי שגוי והצורך במנגנון מחויבות אמין – מתעוררים גם בסביבות מרובות-חברות. ריבוי משתתפים עשוי להחליש את הערך השולי של כל אות בודד, אך במקביל להגביר את החיצוניות האסטרטגית של מידע לא אמין. לפיכך, השפעת ריבוי החברות על הכדאיות של מנגנוני סטייקינג תלויה במבנה השוק ובמידת הקורלציה בין האותות.

המחקר בתחום הכלכלה התעשייתית עוסק כבר שנים בשיתוף מידע בין מתחרים בשוק המוצרים. תרומות פורצות דרך של Clarke (1983), Sonnenschein (1982) ו-Novshek (1984) ו-Vives (1984) מראות כי שיתוף מידע יכול להיות רווחי לחברה ברמה הפרטית, ולעיתים אף לשפר את הרווחה, במיוחד בסביבות קורנו עם אי-ודאות בביקוש. עבודות מאוחרות יותר של Raith (1996) ושל Malueg & Tsutsui (1996) מרחיבות תובנות אלו ומראות כיצד הכדאיות של שיתוף מידע תלויה באופי התחרות, במבני העלויות, ובסוג המידע שחברות חולקות. עם זאת, מאפיין בולט של ספרות זו הוא ההנחה שהחברות חושפות מידע מהימן, מבלי לבסס את אמינותו על מנגנון התמריצים שבמודל.

בפועל, גילוי האמת הוא בדיוק האתגר המרכזי. לחברות יש לעיתים קרובות תמריצים לעוות את המידע שהן משתפות כדי להשפיע על פעולות המתחרים. המתח הזה, בין יצירת ערך משותף לבין תמריצים אינדיבידואליים, הוא בעיה קלאסית בכלכלה ובניהול, הקשורה קשר הדוק לספרות על תקשורת זולה (Cheap talk), תקשורת אסטרטגית ומחויבות. ללא מנגנון אמין לאכיפת התנהגות הדיווח, שיתוף מידע הנעשה מרצון בין מתחרים אינו יציב, ולעיתים קרובות קורס.

מחקרים עדכניים בכלכלת הבלוקצ'יין והחוזים החכמים מדגישים כיצד טכנולוגיות מבוזרות יכולות לעצב מחדש מחויבות וממשל תאגידי. במקום להתמקד באימות, מערכות מבוססות בלוקצ'יין מאפשרות לסוכנים להתחייב מראש לכללים הנאכפים באופן אוטומטי באמצעות קוד (Abadi & Brunnermeier, 2019; Cong & He, 2019; Biais et al., 2023). מאמר זה מתבסס על תובנות אלו ומדגים כיצד בלוקצ'יין יכול להרחיב את מערך שיווי המשקל האפשרי הודות ליכולתו לאפשר

טכנולוגיית הבלוקצ'יין התפתחה מתשתית צרה התומכת במטבעות קריפטוגרפיים לטכנולוגיה ארגונית ומוסדית רחבה יותר, שחברות בוחנות את האפשרות להשתמש בה לשם תיאום פעילות כלכלית מעבר לגבולות הארגוניים. בדיונים המוקדמים על בלוקצ'יין הושם דגש על מאפייניו הטכניים – ביזור, חוסר אפשרות לשינוי, שקיפות ועמידות בפני מניפולציה. נטען כי מאפיינים אלה יכולים להחליף מתווכים ריכוזיים ולהפחית עלויות עסקה בסביבות שבהן אמון הוא יקר, האכיפה אינה מושלמת וקיימת א-סימטריה משמעותית במידע. מנקודת מבט זו, הבלוקצ'יין נראה בעיקר כפתרון טכנולוגי לבעיות של תיאום ואימות.

עם זאת, הניסיון עם יישומי בלוקצ'יין בעולם האמיתי מראה כי מאפיינים טכנולוגיים בלבד אינם קובעים הצלחה כלכלית. פרויקטים רבים של בלוקצ'יין היו מתקדמים מבחינה טכנולוגית, אך התקשו למשוך משתתפים או לשמור על מעורבות לאורך זמן. לעומת זאת, יישומים פשוטים יחסית הצליחו במקרים שבהם מבנה התמריצים היה ברור ויעיל. דפוסים אלה מראים שיש להבין את הבלוקצ'יין לא רק כטכנולוגיית אחסון נתונים, אלא כטכנולוגיה מוסדית שהשפעתה הכלכלית תלויה באופן שבו היא מעצבת מחדש את מבני התמריצים, מנגנוני המחויבות והממשל התאגידי.

תובנה זו חשובה במיוחד ביישומים הכוללים שיתוף מידע. מידע הוא קלט מרכזי בקבלת החלטות כלכליות, אך לעיתים קרובות חברות לא חולקות אותו באופן שוויוני. בענפים רבים, חברות וארגונים מחזיקים במידע פרטי על תנאי ביקוש, העדפות צרכנים, שיבושים באספקה או הזדמנויות טכנולוגיות. מידע כזה נוצר בתוך הארגון באמצעות נתוני מכירות, אינטראקציות עם לקוחות, מחקרי שוק וניתוחים קנייניים. אם יתאפשר לשתף מידע זה באופן אמין, חברות יוכלו לקבל החלטות מושכלות יותר, לצמצם חוסר יעילות ואף להגדיל את הרווחיות.

עם זאת, שיתוף מידע הוא מטבעו אסטרטגי. כאשר חברות מתחרות זו בזו, המידע שהן משתפות יכול לשמש לא רק לשיפור קבלת החלטות, אלא גם להשפעה מניפולטיבית על התנהגות המתחרים. חברה שיכולה להשפיע על ציפיותיו של מתחרה בנוגע לתנאי השוק עשויה להשיג יתרון אסטרטגי, גם אם הדבר פוגע ביעילות הכוללת. לכן שיתוף מידע בין חברות

שיתוף מידע אמין בין מתחרים, שאחרת לא היו מסוגלים ליצור מחויבות כזאת. המסר המרכזי הוא שערכו הכלכלי של הבלוקצ'יין אינו נובע מהפיכת המידע לאמין כשלעצמו, אלא בשינוי מבנה התמריצים כך שדיווחי אמת הופכים לאסטרטגיה הדומיננטית.

בלוקצ'יין, חוזים חכמים ומחויבות

לפני הצגת המודל הכלכלי, חשוב להבהיר מה טכנולוגיית הבלוקצ'יין יכולה ואינה יכולה לעשות בהקשר של שיתוף מידע. בלוקצ'יין הוא ספר חשבונות דיגיטלי המנוהל בצורה מבוזרת בין הרבה משתתפים ברשת ומתעד עסקאות או מסרים בדרך שאינה ניתנת לשינוי ושגלויה למשתתפים המורשים. לאחר שמידע נרשם בספר החשבונות, לא ניתן לשנותו בדיעבד. תכונה זו מסירה חששות מפני מניפולציה רטרואקטיבית של רשומות, ויכולה לחזק את האמון בין משתתפים שאינם בוטחים זה בזה באופן מלא.

עם זאת, אי היכולת לשנות את הרשומות ושקיפות המידע אינה מבטיחה דיווחי אמת. הבלוקצ'יין מתעד בנאמנות כל מידע שהמשתתפים בוחרים להוין, בין אם הוא נכון ובין אם הוא שקרי. בסביבות אסטרטגיות ההבחנה הזו היא מהותית. לעיתים השקיפות עשויה אפילו להגביר את המניפולציה, משום שהיא הופכת דיווחים שגויים לבולטים יותר ולקלים יותר להשפעה על תגובות הצד השני. לכן בלוקצ'יין כשלעצמו אינו פותר את בעיית שיתוף המידע האמין.

חשוב להדגיש כי המנגנון אינו מחייב אימות מושלם או דטרמיניסטי של נכונות הדיווח. די בכך שהסתברות חילוט הביטחונות תגדל באופן מונוטוני עם הסטייה מהאמת, גם אם ההערכה נעשית על בסיס מדדים רועשים כגון מכירות בפועל, נתוני ביקוש אנרגטיים או מקורות מידע חיצוניים (Oracles). תנאי זה מספיק כדי להפוך דיווח אמת לאסטרטגיה כדאית בשיווי משקל.

חוזים חכמים נותנים מענה למגבלה זו באמצעות יכולתם להפעיל פעולות מותנות באופן אוטומטי על בסיס אירועים עתידיים. בהקשר של שיתוף מידע, חוזה חכם יכול לחייב חברות להפקיד סכום כסף בעת מסירת דיווח (מנגנון סטייקינג). סכום כסף זה משמש כבטוחה: הוא מוחזר לחברה אם הדיווח נקבע

כאמין, ומחולט אם לא. האכיפה אינה נשענת על בתי משפט או על התערבות המבוססת על שיקול דעת אנושי, אלא על קוד הפועל באופן דטרמיניסטי ברגע שהתנאים מתקיימים.

לרעיון של שימוש בביטחונות כדי לאכוף התנהגות של דיווחי אמת יש שורשים עמוקים בהיסטוריה של הכלכלה. הסדרי נאמנות, ערבויות ביצוע וחוזים שנאכפים מעצמם – כולם פועלים על בסיס עיקרון דומה. מה שמייחד את מנגנוני הסטייקינג מבוססי בלוקצ'יין הוא השילוב בין אכיפה אוטומטית לבין ממשל תאגידי מבוזר. השילוב הזה הופך אותם למתאימים במיוחד לסביבות הכוללות ריבוי חברות, אינטראקציות חוזרות או יחסים חוצי גבולות, שבהן האכיפה המסורתית יקרה או אינה אמינה.

משמעות חשובה של נקודת מבט זו היא שיש להבין את הבלוקצ'יין כטכנולוגיית מחויבות ולא כטכנולוגיית אימות. הבלוקצ'יין אינו קובע אם הדיווח שנמסר הוא אמת בזמן הגשתו, אך מבטיח כי מסירה של דיווח שגוי תהפוך ליקרה כאשר התוצאות יתבררו. העברת תשומת הלב מהתמקדות באימות להתמקדות בתמריצים מאפשרת למערכות מבוססות בלוקצ'יין לתמוך בצורות של שיתוף פעולה שלא היו ישימות בצורה אחרת.

חשוב גם להדגיש מדוע מנגנונים חלופיים אינם מספקים פתרון מלא. מנגנוני מוניטין, למשל, עשויים להיכשל כאשר האינטראקציות בין החברות אינן תכופות, כאשר הרווחים מדיווח שגוי הם מיידיים, או כאשר החברות מייחסות משקל נמוך לעתיד. אכיפה משפטית עשויה להיות איטית, יקרה או לא מעשית בהקשרים בין-לאומיים. מנגנוני סטייקינג מתגברים על מגבלות אלו בכך שהם מטילים עלות מיידית ובלתי נמנעת על אי-אמינות, ובכך משנים את מבנה התמריצים כבר בשלב הדיווח.

סביבת המודל ותזמון ההחלטות

כעת אתאר את הסביבה הכלכלית ואת תזמון קבלת ההחלטות. המסגרת היא פשוטה במכוון, אך כוללת את הכוחות האסטרטגיים המרכזיים. יש שתי חברות המתחרות בשוק מוצר, והתחרות מתבצעת באמצעות בחירת כמות: כלומר כל חברה בוחרת כמה לייצר, תוך שהיא לוקחת את

את החלטתה לא רק על בסיס האות הפרטי שלה, אלא גם על בסיס המידע שמוסרת המתחרה.

דיווח אסטרטגי שגוי וכשל של שיתוף מידע מרצון

למרות הפוטנציאל להשיג רווחים באמצעות שיתוף מידע, הסדרים מרצון אינם יכולים להתקיים ללא מנגנון מחויבות. הסיבה לכך נעוצה בדיווח אסטרטגי שגוי. חברה שמקבלת אות המעיד על ביקוש נמוך יכולה להרוויח אם תדווח למתחרה על ביקוש גבוה יותר, וכך להשפיע על החלטת התפוקה של המתחרה.

כאשר המוצרים הם תחליפיים, דיווח על ביקוש גבוה יותר גורם למתחרה לצמצם תפוקה, וכך התחרות מתרככת ורווחי החברה המדווחת באופן שגוי גדלים. כאשר המוצרים הם משלימים, דיווח על ביקוש גבוה יותר גורם למתחרה דווקא להגדיל תפוקה, מה שמעלה את הרווחיות המשותפת. לעומת זאת, דיווח על ביקוש נמוך יותר אינו רווחי אף פעם, מפני שהוא מוביל לתגובות מצד המתחרה שמחריפות את התחרות או מצמצמות את התפוקה המשותפת. מכאן שדיווח מוגזם על ביקוש הוא הסטייה הרווחית היחידה מדיווח אמת.

מאפיין קריטי של הסביבה הוא הא-סימטריה בתמריצי הדיווח: דיווח על ביקוש נמוך אינו רווחי אף פעם, משום שהוא גורם למתחרים להגיב באופן שמחריף את התחרות או מצמצם את הרווח המשותף – למשל באמצעות הגדלת תפוקה (במוצרים תחליפיים) או הקטנתה (במוצרים משלימים). לעומת זאת, הגזמה בדיווח על ביקוש עשויה לרכך תחרות (במוצרים תחליפיים) או להגביר תפוקה משלימה (במוצרים משלימים), ולכן היא הסטייה הרווחית היחידה מדיווח אמת.

א-סימטריה זו ממלאת תפקיד מרכזי בניתוח. היא יוצרת תמריץ חד-צדדי לחברות לדווח בצורה שגויה, דבר המפשט את בעיית האכיפה אך גם הופך את שיתוף המידע מרצון לשברירי במיוחד. ברגע שחברות צופות שהמתחרות עלולות להגזים בדיווח שלהן על ביקוש, באופן רציונלי הן מהוונות כלפי מטה כל מידע שהן מקבלות. הדיווחים הופכים לחסרי ערך אינפורמטיבי, ושיווי-המשקל קורס למצב שבו אין שיתוף מידע אפקטיבי.

תפוקת המתחרה כנתון. תחרות זו בסגנון קורנו היא אמת מידה מקובלת במיקר-כלכלה, ומאפשרת ניתוח שקוף של אינטראקציה אסטרטגית.

הביקוש בשוק אינו ודאי. לפני שכל חברה בוחרת את הכמות, היא צופה באותות לגבי תנאי הביקוש שלה. אותות אלו הם אינפורמטיביים אך אינם מושלמים. אות גבוה משמעותו סבירות גבוהה יותר לביקוש חזק, ובאות נמוך עולה הסבירות לביקוש חלש. עם זאת, אף אחד מהאותות אינו חושף באופן מלא את מצב הביקוש האמיתי. החברות מבינות את הקשר הסטטיסטי בין האותות לבין הביקוש, אך אינן יודעות מהו האות שקיבלה החברה המתחרה.

המוצרים שהחברות מציעות יכולים להיות תחליפיים או משלימים. אם המוצרים תחליפיים, עלייה בתפוקת אחת החברות מפחיתה את הרווחיות של תפוקת המתחרה, משום שהמוצרים מתחרים על אותם צרכנים. לעומת זאת, במוצרים משלימים עלייה בתפוקה של חברה אחת מגבירה את הרווחיות של תפוקת המתחרה, משום שהמוצרים נצרכים או נרכשים ביחד. הבחנה זו משפיעה על הדרך שבה חברות מגיבות למידע על המתחרות, אך אינה מבטלת את התמריצים למסור דיווח שגוי.

תזמון האינטראקציה הוא כדלהלן: תחילה הטבע קובע את מצב הביקוש האמיתי. כל חברה צופה באופן פרטי באות לגבי הביקוש. לאחר מכן החברות יכולות לדווח את האותות שלהן בפלטפורמת הבלוקצ'יין המשותפת ולהפקיד ביטחונות. לאחר צפייה בדיווחים, החברות בוחרות את רמות התפוקה. לבסוף, הביקוש מתממש, הרווחים נקבעים, והחוזים החכמים מבצעים באופן אוטומטי את ההעברות הנגזרות ממנגנון הסטייקינג.

בהיעדר שיתוף מידע, החברות בוחרות את התפוקה תוך הסתמכות על האותות הפרטיים שלהן בלבד ועל האמונות שלהן לגבי התנהגות המתחרה. מצב זה מוביל לחוסר יעילות שיטתי. כאשר הביקוש גבוה, ייתכן שהחברות ייצרו מעט מדי משום שהן מעריכות בחסר את תנאי השוק או חוששות מתחרות אגרסיבית. כאשר הביקוש נמוך, ייתכן שהן ייצרו יותר מדי משום שהן מעריכות יתר על המידה את נכונות המתחרות לצמצם תפוקה. טעויות אלה פוגעות ברווחיות הצפויה. אם החברות היו יכולות לשתף את האותות שלהן באופן אמין, החלטות התפוקה היו משקפות טוב יותר את תנאי השוק והרווחים הצפויים היו גדלים. כל חברה מקבלת

תוצאה זו משקפת ממצאים קלאסיים מספרות התקשורת הזולה (Cheap talk), שלפיהם תקשורת ללא מחויבות נכשלת כאשר האינטרסים של המשתתפים אינם מתואמים. ההבדל המרכזי בהקשר הנוכחי הוא שהתמריצים לדיווח שגוי נובעים מהאינטראקציה האסטרטגית בשוק המוצרים ולא מקונפליקטים ישירים על חלוקת רווחים. עם זאת, ההיגיון דומה: אם התקשורת אינה כרוכה בעלויות, אין סיבה להאמין למסרים.

הגישה המבוססת על בלוקציינן הופכת את אופן ההתקשורת מתקשורת זולה לאיתות יקר (Costly signaling). באמצעות צירוף של ביטחונות פיננסיים לדיווחים, המנגנון משנה את מבנה התמריצים ויכול לתמוך בגילוי האמת בשיווי-משקל. חברות השוקלות למסור דיווח שגוי צריכות לשקול את התועלת האסטרטגית של ההשפעה על המתחרים מול הסיכון לאבד את הביטחונות. אם הביטחונות גבוהים ברמה מספקת, דיווח אמת יהיה דומיננטי על פני דיווח שגוי, בלי קשר לאמונות לגבי התנהגות המתחרים.

מנגנון הסטייקינג והבטוחה הנדרשת

פרק זה מתאר את המנגנון המרכזי שבאמצעותו בלוקציינן מאפשר שיתוף מידע אמין: סטייקינג. השאלה המרכזית היא מהו גובה הביטחונות הנדרש כדי להרתיע מפני דיווח שגוי ולבסס שיווי משקל שבו החברות מדווחות אמת. מבחינה מושגית, הבטוחה הנדרשת צריכה לעלות על הרווח המקסימלי שחברה יכולה להשיג באמצעות דיווח מוטה של האות הפרטי שלה לביקוש. כדי לקבוע מהו הרווח הזה, יש להבין כיצד הדיווחים משפיעים על האמונות של המתחרים ועל החלטות התפוקה שלהם.

התמריץ לדיווח שגוי תלוי ראשית ברמת אי-הוודאות בביקוש. כאשר אי-הוודאות גבוהה, לדיווח יש ערך אינפורמטיבי משמעותי. מתחרה שצופה בדיווח גבוה מעדכן את ציפיותיו לגבי הביקוש כלפי מעלה, ומתאים את התפוקה שלו באופן אגרסיבי יותר מאשר היה עושה תחת אי-ודאות נמוכה. בעקבות זאת, הגזמה בדיווח הופכת יעילה יותר בתנאים של אי-ודאות גדולה, מה שמגדיל את הרווח הפוטנציאלי מדיווח שגוי. כדי לאזן את התמריץ החזק הזה, נדרשת בטוחה גבוהה יותר.

אינטואיציה זו עומדת בבסיס הקשר החיובי בין אי-הוודאות בביקוש לבין גובה הבטוחה הנדרשת.

דיוק האותות ממלא תפקיד דומה לזה של אי-הוודאות. כאשר האותות הפרטיים של החברות מדויקים, המתחרים מייחסים משקל גבוה יותר לדיווחים. בעקבות זאת, להגזמה בדיווח יש השפעה גדולה יותר על החלטות התפוקה של המתחרה, וחברה המוסרת דיווח שגוי תניב רווח גבוה יותר. לכן דיוק גבוה יותר של אותות מגדיל את גובה הביטחונות הנדרשים כדי להרתיע מדיווחים שגויים. מבחינה כלכלית, דיוק האותות מגדיל במקביל הן את הערך של שיתוף מידע אמיתי והן את הפיתוי לתמרן אותו.

גם עוצמת התחרות משפיעה על דרישות הבטוחה. כאשר המוצרים שמציעות החברות הם תחליפים קרובים, שינויים קטנים בתפוקת חברה אחת משפיעים באופן ניכר על רווחי המתחרה. באופן דומה, כאשר המוצרים הם משלימים חזקים, תפוקות החברות מחזקות זו את זו וכך מגבירות את השפעתם של דיווחים אסטרטגיים שגויים. בשני המקרים, הגזמת הביקוש מאפשרת לחברה להשפיע על התנהגות המתחרה ביעילות רבה יותר. לכן אינטראקציה תחרותית חזקה – בין אם באמצעות תחרות על תחליפים ובין אם באמצעות מוצרים משלימים – מגדילה את הרווחים מדיווח שגוי, ובכך גם את גובה הביטחונות הנדרש כדי לשמור על דיווחי אמת.

תוצאה חשובה, אך פחות אינטואיטיבית, קשורה לכך שהקשר בין הגורמים אינו תמיד מונוטוני. כאשר גם אי-הוודאות בביקוש וגם דיוק האותות גבוהים מאוד, הרווחיות של דיווח שגוי עשויה דווקא לרדת. במקרים כאלה, אם הביקוש בפועל נמוך, זה מרמז שהשוק כולו חלש, ולכן גם אם החברה תגיש בדיווח על הביקוש, יישאר עודף קטן לניצול ואין כמעט "רווח" אסטרטגי שהיא יכולה להפיק. לפיכך התועלת השולית מדיווח שגוי קטנה, וגובה הביטחונות הנדרש עשוי לרדת. קשר לא מונוטוני זה מדגיש כי לא ניתן לקבוע את רמת הביטחונות באופן מכני או קבוע מראש, ויש להתאים אותה לתנאים הכלכליים הספציפיים בשוק.

בסך הכול, הניתוח של גובה הבטוחה מדגיש מתח בסיסי: ביטחונות גבוהים יותר מחזקים את המחויבות ומבטיחים דיווח אמין, אך גם מעלים את עלויות ההשתתפות. הטרייד-אוף הזה מכין את הקרקע לדיון בתפקידן של המגבלות הפיננסיות.

מגבלות פיננסיות וסבסוד אנדוגני

והתחרות חזקה – התנאים שבהם שיתוף מידע הוא בעל ערך רב ביותר.

מנקודת מבט רחבה יותר, התוצאה הזו מחברת את הניתוח לספרות של תחרות-שיתוף (Co-opetition), העוסקת באופנים שבהם חברות יכולות להתחרות ולשתף פעולה בעת ובעונה אחת (Brandenburger & Nalebuff, 1996). סבסוד הבטוחה של המתחרה עשוי להיראות מנוגד לאינטואיציה, אך זוהי תגובה רציונלית כאשר שיתוף פעולה בתחום המידע מגדיל את הרווחים המשותפים, מבלי לבטל את התחרות בשוק המוצרים. פלטפורמות בלוקצ'יין מקילות על הסדרים כאלה באמצעות הפיכת המחויבויות לשקופות וניתנות לאכיפה אוטומטית.

השלכות על הרווחה

פרק זה בוחן את ההשלכות על הרווחה הנוצרות משיתוף מידע באמצעות בלוקצ'יין. הרווחה מורכבת מעודף הצרכן ומעודף היצרן, ושיתוף מידע משפיע על רכיבים אלו בדרכים שונות. חברות שיש להן ידע טוב יותר מתאימות את החלטות התפוקה שלהן באופן מדויק יותר לתנאי הביקוש, מה שמעלה בדרך כלל את המחירים. לכן מצבם של הצרכנים בדרך כלל מורע בעקבות שיתוף מידע של חברות.

במקביל, עודף היצרן עולה. החברות נהנות מירידה באי-הוודאות, מהחלטות תפוקה מותאמות יותר לשוק, ומהסרה של הדיווחים האסטרטגיים השגויים. הרווחים של החברות משיתוף מידע אמין עולים על ההפסדים שנגרמים לצרכנים, וכך הרווחה הכוללת גדלה. עליית הרווחה גדלה עם רמת אי-הוודאות ועם עוצמת התחרות, מה שמחזק את הרעיון ששיתוף מידע הוא בעל ערך רב ביותר כאשר השווקים תנודתיים והאינטראקציה האסטרטגית חזקה.

לתוצאות אלו יש השלכות חשובות על מדיניות התחרות. בעוד שיתוף מידע בין מתחרים מעורר לעיתים קרובות חשד מפני שהוא עלול להקל על יצירת התאגדות בלתי חוקית או להפחית את התחרות, הניתוח כאן מדגיש פרספקטיבה מעמיקה יותר: שיתוף מידע שמקטין אי-ודאות ומשפר יעילות יכול להגדיל את הרווחה גם אם הוא פוגע בצרכנים (פגיעה שלעיתים אינה מוגבלת לטווח הקצר). לכן רגולטורים עומדים בפני טרייד-אוף בין הגנה על עודף הצרכן לבין קידום היעילות הכוללת.

מנגנוני הסטייקינג אומנם מחזירים את הביטחונות לחברות המדווחות אמת, אך יש להפקיד את הביטחונות מראש. דרישה זו לנזילות יוצרת חיכוך חשוב: ייתכן שחברות בעלות מגבלות פיננסיות לא יהיו מסוגלות לקחת חלק בשיתוף מידע מבוסס בלוקצ'יין, גם אם השתתפותן תעלה את הרווח הכולל בענף. במצבים כאלה, החברות עשויות להישאר תקועות בשיווי-משקל ללא שיתוף מידע, לא משום שהתמריצים אינם מתאימים, אלא משום שחברות מסוימות אינן יכולות לממן את המחויבות הנדרשת.

המודל הבסיסי מניח חברות סימטריות (למעט מגבלות נזילות), אך במציאות חברות נבדלות בגודלן, בכוח השוק שלהן ובמידת ההשפעה של הדיווחים שלהן על ציפיות המתחרים. אות שמוסר שחקן דומיננטי משפיע יותר על החלטות השוק, ולכן גם מגדיל הן את ערך שיתוף המידע והן את הפיתוי לדיווח שגוי. כתוצאה מכך, דרישות הביטחונות עבור חברות כאלה עשויות להיות גבוהות יותר, בעוד שחברות קטנות עשויות להיתקל במגבלות השתתפות חריפות יותר – מה שמחזק את הרציונל לסבסוד אנדוגני.

תוצאה זו מספקת הסבר משמעותי לכישלונות האימוץ שנצפו בפועל. פלטפורמות מבוססות בלוקצ'יין עשויות להבטיח רווחי יעילות משמעותיים, אך לא מצליחות למשוך משתתפים אם דרישות הביטחונות גבוהות מדי ביחס לנזילות העומדת לרשות החברות. חשוב לציין שהמחסום הזה קיים גם כאשר הביטחונות אינם מהווים עלות נטו בשיווי המשקל עבור חברות הנוהגות ביושר – מדובר על נעילת כספים זמנית, שעדיין יכולה להיות מגבילה.

השלכה מרכזית וחדשנית של המודל היא שחברות מתחרות עשויות לסבסד באופן אופטימלי את השתתפותן יריבותיהן. נניח שלחברה אחת אין מגבלה פיננסית, בעוד שהמתחרה שלה מתמודדת עם גירעון נזילות ביחס לגובה הביטחונות הנדרש. אם הרווח של החברה שאינה מוגבלת משיתוף של מידע אמין עולה על גירעון הביטחונות של המתחרה, אופטימלי עבורה לכסות חלק או את כל הבטוחה הנדרשת במקומה של המתחרה. בכך החברה שאינה מוגבלת מאפשרת שיתוף מידע אמין ומבטיחה את היתרונות הנלווים לכך. סבסוד כזה סביר יותר כאשר אי-הוודאות בביקוש גבוה, האותות מדויקים

מנגנוני מחויבות מבוססי בלוקצ'יין עשויים לסייע בפתרון טרייד-אוף זה על ידי הפיכת שיתוף המידע לשקוף ונתון לאכיפה עצמית, תוך צמצום האפשרות להתאגדות סודית. במקום לאסור את שיתוף המידע באופן גורף, קובעי מדיניות יכולים להתמקד בתמיכה במנגנונים שיבטיחו שחילופי המידע יהיו בנויים כך שישמרו על התחרות תוך מתן אפשרות לשיפור יעילות.

בניגוד להסדרי שיתוף מידע בלתי פורמליים, מנגנונים מבוססי בלוקצ'יין יוצרים שקיפות של כללי המשחק והעברות הכספיים, כך שניתן לבקר ולאחר דפוסים בעייתיים. במובן הזה, בלוקצ'יין עשוי להקל על פיקוח רגולטורי ולהפחית את הסיכון להסדרים כובלים סמויים, ואף לצמצם עלויות אכיפה.

מסקנות

מאמר זה מציע ניתוח של האופן שבו טכנולוגיית הבלוקצ'יין, בשילוב חוזים חכמים ומנגנוני סטייקינג, יכולה לאפשר שיתוף מידע אמין בין חברות מתחרות. התובנה המרכזית היא שהבלוקצ'יין אינו יוצר ערך כלכלי רק בכך שהוא מתעד מידע באופן שאינו ניתן לשינוי. הערך שלו טמון במתן אפשרות לצורות חדשות של מחויבות, המעצבות מחדש את התמריצים האסטרטגיים בסביבות שבהן חוזים מסורתיים, מנגנוני מוניטין או הסכמים בלתי פורמליים אינם מספקים.

בשווקים המאופיינים באי-ודאות בביקוש ובאינטראקציה אסטרטגית, לחברות יש לעיתים קרובות מידע פרטי שיכול להיות בעל ערך חברתי ופרטי אם ישתפו אותו. עם זאת, שיתוף המידע מרצון קורס משום שלחברות יש תמריצים למסור דיווחים שגויים כדי להשפיע על התנהגות המתחרים. מאמר זה מראה שהמשול לשיתוף מידע אינו היעדר רווחים הדדיים אלא היעדר מחויבות לאמינות. באמצעות הדרישה מחברות להפקיד בטוחה שתחולט במקרה של דיווח שגוי, מנגנוני סטייקינג מבוססי בלוקצ'יין הופכים את אופן ההתקשרות מתקשורת זולה לצורה של איתות יקר ובכך משיבים את דיווח האמת לתוצאה המתקבלת בשיווי משקל.

במקביל, הניתוח מדגיש כי התחייבות אינה ניתנת בחינם. מנגנוני סטייקינג מציבים דרישות נזילות שעשויות למנוע מחברות מסוימות להשתתף, גם כאשר שיתוף מידע אמין יכול להגדיל את הרווח הכולל בענף. מאפיין זה מסייע להסביר מדוע

אימוץ בלוקצ'יין עשוי להיכשל למרות רווחי יעילות לכאורה. חשוב לציין כי כישלונות כאלה לא משקפים בהכרח תכנון לקוי או חוסר עניין, אלא מגבלות פיננסיות שמונעות מהחברות להתחייב להון הנדרש מראש.

השלכה חשובה של הניתוח, שאולי אינה אינטואיטיבית, היא שמתחרים עשויים לסבסד באופן רציונלי זה את זה בפלטפורמות שיתוף מידע מבוססות בלוקצ'יין. אם הרווחים משיתוף מידע אמין עולים על העלות הכרוכה בכיסוי גירעון הנזילות של המתחרה, הסבסוד הופך לאסטרטגיה של מקסום רווחים ולא למעשה של אלטרואיזם או של התאגדות לקרטל. תובנה זו תורמת לספרות הרחבה על תחרות-שיתוף בכך שהיא מציגה מנגנון שבו שיתוף פעולה ותחרות יכולים להתקיים יחד באופן מוסדר ובהתאם לתמריצים.

ניתוח הרווחה מבהיר עוד את ההשלכות הכלכליות הרחבות יותר של שיתוף מידע מבוסס בלוקצ'יין. ייתכן אומנם שמצבם של הצרכנים יורע משום שחברות בעלות ידע טוב יותר מתאימות את התפוקה שלהן בצורה יעילה יותר, אך העלייה בעודף היצרן גוברת, מה שמוביל לרווחה כוללת גבוהה יותר. לטרייד-אוף הזה יש רלוונטיות ישירה למדיניות רשויות התחרות והרגולטורים מתייחסים בדרך כלל לשיתוף מידע בין מתחרים בחשדנות, מחשש שהוא עלול להקל על התאגדות בלתי חוקית או להפחית את התחרות. התוצאות כאן מראות שאיסור גורף על שיתוף מידע עשוי להיות מגביל מדי, במיוחד בשווקים שבהם אי-הוודאות גבוהה והרווחים ממידע טוב יותר הם משמעותיים.

הניתוח מצביע על הצורך בנישה רגולטורית מותאמת יותר. במקום להתמקד אך ורק בתוכן של חילופי המידע, הרגולטורים עשויים להפיק תועלת מתשומת לב רבה יותר למנגנונים המוסדיים שבאמצעותם מתבצע שיתוף המידע. מערכות מבוססות בלוקצ'יין עם כללים שקופים, אכיפה אוטומטית וקנסות מוגדרים היטב לדיווח שגוי, עשויות להפחית התאגדויות סמויות. זאת תוך מתן אפשרות לחילופי מידע שמגבירים יעילות. במובן הזה בלוקצ'יין יכול לשמש לא רק כמנגנון תיאום פרטי בין חברות, אלא גם ככלי המשפר את יכולת הפיקוח של הרגולטור ומפחית את עלויות האכיפה.

לקיום מגבלות נזילות יש גם השלכות על המדיניות. במקרים שבהם שיתוף מידע הוא רצוי מבחינה חברתית, אך נכשל כי החברות אינן יכולות לממן את הביטחונות הנדרשים, ייתכן

שיהיה תפקיד למדיניות של התערבות שמטרתה להקל על מגבלות ההשתתפות. התערבויות כאלה עשויות לכלול סיוע להסדרי סבסוד פרטיים בין חברות, הבהרת המעמד המשפטי של ביטחונות שהופקדו באמצעות חוזים חכמים, ובמקרים חריגים אף מתן תמיכה ציבורית מוגבלת כדי להקל על מגבלות הנזילות המחייבות. עם זאת, כל התערבות כזו חייבת להיות מתוכננת בקפידה כדי למנוע עיוותי תמריצים או עידוד נטילת סיכונים מוגזמת.

במובן רחב יותר, הניתוח מדגיש כי יש להבין את הבלוקציין כטכנולוגיה מוסדית שמשנה את מערך ההסדרים הכלכליים האפשריים ולא רק כחידוש טכני. ההשפעה שלו תלויה באופן שבו הוא פועל יחד עם בעיות התמריצים הקיימות, מגבלות פיננסיות וסביבות רגולטוריות. באמצעות הפיכת מחויבויות מסוימות לאמינות ואחרות ליקרות, הבלוקציין יכול לאפשר צורות חדשות של שיתוף פעולה בין מתחרים, תוך שמירה על הכוחות התחרותיים בשוק המוצרים כמעט ללא שינוי.

מספר כיוונים למחקר עתידי עולים באופן טבעי ממסגרת זו. הרחבת הניתוח לסביבות דינמיות תאפשר מחקר של למידה, מוניטין ואינטראקציות חוזרות בסביבות שיתוף מידע

מבוססות בלוקציין. מתן אפשרות לחברות א-סימטריות או ליותר משני מתחרים יספק תובנות לגבי תמריצי השתתפות ויצירת קואליציות ברשתות גדולות יותר. לבסוף, שילוב מבני מידע עשירים יותר או רכישת אותות אנדוגניים עשויים להאיר ביתר דיוק את יחסי הגומלין בין מידע, תמריצים ומחויבות.

כיוון טבעי נוסף הוא הרחבת המסגרת כך שתכלול אותות ביקוש הנמסרים גם מצד צרכנים, למשל באמצעות הזמנות מוקדמות, הנחות מותנות או מנגנוני טוקניזציה – באופן היוצר שיתוף מידע רחב יותר שבו גם צרכנים משתתפים בעיצוב ציפיות השוק.

מכלול הממצאים במאמרו מצביע על כך שהתרומה הכלכלית המרכזית של טכנולוגיית הבלוקציין אינה בהעלמת הצורך באמון, אלא דווקא ביצירת כלים חדשים לניהול אמון ומחויבות בסביבות אסטרטגיות מורכבות. הבנת מנגנונים אלה חיונית לחברות, למעצבי פלטפורמות ולקובעי מדיניות המבקשים לנצל את טכנולוגיית הבלוקציין כך שתשפר יעילות מבלי לפגוע בתחרות.

פרופ' יבגני ליאנדרס lyandres@tauex.tau.ac.il

- Abadi, J., and Brunnermeier, M. (2019). Blockchain economics. *NBER Working Paper* No. 25407.
- Biais, B., Capponi, A., Cong, L. W., Gaur, V., and Giesecke, K. (2023). Advances in blockchain and crypto economics. *Management Science*, 69(11), 6417–6426.
- Brandenburger, A. M., and Nalebuff, B. (1996). *Co-opetition*. Doubleday.
- Clarke, R. N. (1983). Collusion and the incentives for information sharing. *Bell Journal of Economics*, 14(2), 383–394.
- Cong, L. W., and He, Z. (2019). Blockchain disruption and smart contracts. *Review of Financial Studies*, 32(5), 1754–1797.
- Malueg, D. A., and Tsutsui, S. O. (1996). Coalition-proof information exchanges. *Journal of Economics*, 63(3), 259–278.
- Novshek, W., and Sonnenschein, H. (1982). Fulfilled expectations Cournot duopoly with information acquisition and release. *Bell Journal of Economics*, 13(1), 214–218.
- Raith, M. (1996). A general model of information sharing in oligopoly. *Journal of Economic Theory*, 71(1), 260–288.
- Vives, X. (1984). Duopoly information equilibrium: Cournot and Bertrand. *Journal of Economic Theory*, 34(1), 71–94.
- Vives, X. (1999). *Oligopoly Pricing: Old Ideas and New Tools*. MIT Press.
- Yermack, D. (2017). Corporate governance and blockchains. *Review of Finance*, 21(1), 7–31.