

שיטת המסחר האלגוריתמי בתדירות גבוהה¹

טליה טובולסקי*

ניירות תקופתיים 2014.03
אפריל 2014

בנק ישראל <http://www.boi.org.il>

* טליה טובולסקי, חטיבת המחקר – דוא"ל: talyalaimon@gmail.com,
054-6827186

¹ תודה רבה לד"ר עקיבא אופנבכר, לד"ר רועי שטיין, לינון גמרסני ולנדב שטיינברג מחטיבת המחקר של בנק ישראל על סיועם הרב בכתיבת המאמר ועל הערותיהם המועילות. תודה מיוחדת גם למשתתפי הסמינר בבנק ישראל על הערות ענייניות, ולחברי יחידת שיטות מסחר' בבורסה לני"ע בת"א – על עזרה גדולה בהספקת נתונים.

הדעות המובעות במאמר זה אינן משקפות בהכרח את עמדת בנק ישראל

שיטת המסחר האלגוריתמי בתדירות גבוהה

טליה טובולסקי

תקציר

בשנים האחרונות, עם התקדמות הטכנולוגיה, התפתחו שיטות מסחר חדשות, שעיקר חידושן הוא שימוש בפלטפורמות מסחר אלקטרוניות לצורך מסחר אוטומטי, וללא התערבות אנושית. שיטות מסחר אוטומטיות אלה שינו את פני המסחר, ונודעת להן השפעה ניכרת על דרך ביצועו ועל סוג המשתתפים בשוק.

שיטת המסחר בתדירות גבוהה (High Frequency Trading) היא השיטה הפופולרית ביותר בתחום המסחר האלגוריתמי, והמשתמשים בה תורמים כמחצית מנפח המסחר בארה"ב וכ-40 אחוזים מנפח המסחר באירופה. מחקרים שנעשו בחו"ל מלמדים כי שיטה זו משפרת מאוד את רמת הנזילות, בעיקר באמצעות הוזלת עלותה, המתבטאת במירווחי ה-Bid-Ask. עם זאת יש לשיטה זו גם חסרונות, המשפיעים לרעה על השווקים, וכן על הסוחרים הפועלים בשיטות המסורתיות.

עבודה זו בודקת כיצד כניסת הסוחרים האלגוריתמיים לשוק איגרות החוב הקונצרניות בישראל משפיעה על רמת הנזילות בשוק, ואם השפעתן דומה לזו שנמצאה בחו"ל. מסקירת השוק בישראל עולה כי בבורסה לניירות ערך בתל אביב מתנהלת פעילות נרחבת למדי של סוחרים אלגוריתמיים, המתמקדת בעיקרה במסחר באופציות על מדד ת"א 25. בהמשך החלו סוחרים אלו לפעול גם באיגרות החוב הקונצרניות. בכך הם הביאו לעלייה חדה של מספר הציטוטים המוזרמים לבורסה אך לא הביאו לשיפור מקביל ברמת הנזילות. ממצא זה אינו עולה בקנה אחד עם מרבית הממצאים המקבילים בחו"ל, שם נמצא כי כניסתם של סוחרים התדירות הגבוהה למסחר שיפרה משמעותית את רמת הנזילות בשוק.

The High-Frequency Algorithmic Trading Method

Talya Tobolsky

Abstract

In recent years, with advances in technology, new trading methods that use electronic trading platforms have been developed for automatic trading without human intervention. These automatic trading methods have changed the face of trading, and have a marked effect on how trading is done and on the type of traders participating in the market.

High frequency trading is the most popular method in the area of algorithmic trading; those using this method contribute about half of trading volume in the US, and about 40 percent of trading volume in Europe. Studies done abroad show that this method greatly enhances the level of liquidity, mainly by increasing the Bid-Ask spreads. With that, this method also has its disadvantages, which negatively impact the markets and the traders who operate with traditional methods.

This work examines how the entry of algorithmic traders to the Israeli corporate bond market affects the level of liquidity in the market, and whether that effect is similar to the effect found abroad. A review of the Israeli market shows that the Tel Aviv Stock Exchange features quite broad activity on the part of algorithmic traders, which is mainly focused on options trading on the Tel Aviv 25 index. These traders then began operating in corporate bonds as well, thereby leading to a sharp increase in the number of quotes fed to the Stock Exchange, but not leading to a parallel improvement in the level of liquidity. This finding is not consistent with similar findings abroad, where the entry of high frequency traders significantly improved the level of liquidity in the market.

רקע

מסחר אלגוריתמי (Algo-Trading) הוא מסחר אלקטרוני המבוצע באמצעות אלגוריתמים מתוחכמים, אשר מאפשרים לסחור בשוק ההון ללא התערבות אדם. שיטת מסחר זו עושה שימוש בטכנולוגיית המסחר לביצוע ניתוחי שוק, זיהוי מגמות, קבלת החלטות לקנייה/מכירה של ניירות ערך ולביצוע עסקאות בשווקים הפיננסיים.

במסגרת המסחר האלגוריתמי מקובל להבחין בין שתי שיטות מסחר מרכזיות: (1) שיטת המסחר בתדירות נמוכה (Low Frequency Trading), שבמסגרתה האלגוריתמים נקראים 'אלגוריתמי ביצוע' (Execution Algorithms), ו-(2) שיטת המסחר בתדירות גבוהה (High Frequency Trading).

בשיטת ה-LFT משתמשים בעיקר גופים מוסדיים לביצוע פעולות מסחר עבור לקוחותיהם, ומשך הזמן הממוצע של החזקת הפוזיציות הוא מספר ימים. המטרה העיקרית של השימוש בשיטה זו היא לייעל, להוזיל ולשפר את ביצוע המסחר. בשיטת ה-HFT משתמשות בעיקר חברות פיננסיות פרטיות, והדגש בה הוא במהירות ביצוען של העסקאות תוך הפקת רווחים מניתוח מהיר של האינפורמציה החדשה המתקבלת בזמן המסחר.

השימוש בשיטת המסחר בתדירות גבוהה גבר מאוד בשנים האחרונות בשוקי ההון בארץ ובעולם. כיום מתנהלת בשיטה זו יותר ממחצית נפחן של העסקאות בארה"ב וכ-40 אחוזים מנפח המסחר באירופה.¹ בישראל, על פי נתוני הבורסה לניירות ערך בתל אביב, כשליש מהיקף המסחר במניות וכ-40 אחוזים מהמסחר באיגרות חוב מתנהל כיום בידי סוחרי תדירות גבוהה באמצעות תוכנות מסחר המשדרות ציטוטים לקנייה ולמכירה באופן אוטומטי.²

שיטת המסחר בתדירות גבוהה מבוססת על תוכנות מחשב המכוננות "מחוללי ציטוטים". תוכנות אלו עושות שימוש באלגוריתמים מתמטיים מורכבים, ומטרתן לייצר רווחים על ידי שימוש במיגוון אסטרטגיות מסחר. מחוללי הציטוטים אוספים מידע על ניירות ערך בזמן אמת ומנתחים אותו בשברירי שנייה. על בסיס ניתוח זה מתקבלות החלטות אוטומטיות ומתבצעות פעולות של קנייה ומכירה, המשוגרות במהירות הבזק למערכות המסחר של הבורסה. יתר הסוחרים ומערכות המסחר המסורתיות אינם יכולים לפעול במהירות גבוהה זו,³ ומה עוד שהתדירות הגבוהה הולכת וגדלה עם השתכללותה המתמדת של טכנולוגיית המסחר ועם רמת התחכום הפיננסי של הפועלים בשוק ההון.

¹ "Understanding High Frequency Trading", *World Federation of Exchanges*.

² נתונים אלה מבוססים על הגדרתם של מחוללי הציטוטים על ידי הבורסה כסוחרים שהגישו בממוצע יומי מעל 1,000 פקודות (בכל השווקים) ו/או סוחרים שהגישו לפחות פעם אחת בשנה 5,000 פקודות ביום.

³ U.S. Commodity Futures Trading Comm'n & SEC (2010). "Findings Regarding the Market Events of May 6, 2010".

מצוי מיגוון רחב של מחוללי ציטוטים, חלקם מאתרים חוקיות במגמות של מחירי מניות, וחלקם מנסים לאתר אירועים חריגים במניות מסוימות ולנצלם. תוכנות אחרות של מחוללי ציטוטים מפענחות דיווחים של חברות ומאפיינות אותם כ"חיוביים" או "שליליים". פענוח יעיל ותגובה מהירה מספקים לסוחר התדירות הגבוהה רווח פוטנציאלי לפני ששאר המשקיעים מספיקים להגיב.

מקובל לייחס לסוחר התדירות הגבוהה תרומה רבה לנזילות שוקי ההון.⁴ זאת בזכות מעורבותם הפעילה במסחר, ובייחוד בזכות הפקודות הרבות שהם מזרימים לספר הפקודות של הבורסה.⁵ כן נטען כי מחוללי הציטוטים תורמים ליעילות השווקים, משום שפעילותם לניצול עיוותים בשווקים מיד עם התגלותם ממזערת את התפתחותם. יתירה מזאת, כשמגיעה אל השוק אינפורמציה חדשה היא תשתקף מהר יותר במחירים, כתוצאה מפעילותם של מחוללי הציטוטים. יתרון נוסף של מחוללי הציטוטים הוא תרומתם להפחתת עלויות העסקה;⁶ זאת הן בזכות היסכון בעלויות כוח האדם והן בזכות התגברות התחרות בין מחוללי הציטוטים על ציטוט המחיר הטוב ביותר, מצב התורם גם לנזילות השווקים.⁷

לשיטת המסחר בתדירות גבוהה קמו לא מעט מתנגדים. לטענתם, היא מקנה לסוחרים בה יתרון על פני הסוחרים המסורתיים, דבר הפוגע בתחרות, שכן הגישה אל הטכנולוגיה מקנה להם סוג של "בלעדיות" על האינפורמציה החדשה המוזרמת לשוק. טענה זו מבוססת על תופעה שנקראת Co-Location: סוחר התדירות הגבוהה מציבים את מחשבי המסחר סמוך לבנייני הבורסה כדי לצמצם ככל האפשר את פרק הזמן של העברת האינפורמציה מהסוחר לספרי הבורסה ובחזרה.⁸

זאת ועוד: חשוב לזכור שרוב הבורסות בארה"ב הן מוסדות עם כוונת רווח (שלא כמו הבורסה לניירות ערך בתל אביב), וחלק מרווחיהן נובעים ממכירת האינפורמציה הגלומה בספר הפקודות לסוחר התדירות הגבוהה. סוחר התדירות הגבוהה רוכשים את הזכות לראות את ספר הפקודות לפני כל שאר הסוחרים. לכן הם יכולים להגיב מהר יותר לשינויים בשוק – למשל "לעקוף" משקיעים מסורתיים בתור להצעות קנייה או מכירה – מצב הפוגע בכוחו התחרותי של ציבור המשקיעים בשוק.

⁴ J. Hasbrouk & G. Saar (2012). "Low Latency Trading", *Johnson School Research Paper Series No. 35-2010, AFA Chicago Meetings Paper*.

⁵ T.Hendershott, C. Jones and A. Menkveld, (2011). "Does Algorithmic Trading Improve Liquidity", *The Journal of Finance, Vol. LXVI, No. 1*.

⁶ ב"עלויות עסקה" הכוונה היא לעלויות שהצדדים לאינטראקציה כלכלית נושאים בהן כדי לממש את העסקה, וכן לעלויות הנובעות מרמות נזילות משתנות; האחרונות קשורות לרמת הנזילות בקשר שלילי ישר.

⁷ Larry Harris, "What to do about High-Frequency Trading", *Financial Analysts Journal* .6-9 : 69.2 *ProQuest.Web. 11 June 2013*.

⁸ כדי להסתייע ב-Co-Location שיפור מהירות המסחר דרושים משאבים אדירים, שבדי"כ אינם עומדים לרשותו של כל סוחר – לשם בניית מחשבים משוכללים שיתחברו למחשבי המסחר של הבורסה ולשם תשלום על מיקום פיזי יקר.

עם המתנגדים לשיטה נמנה חתן פרס נובל לכלכלה, פול קרוגמן, וזאת בטענה שהמסחר בתדירות גבוהה אינו יוצר כל ערך כלכלי. לדבריו, הקצאה יעילה של המקורות בשוק ההון צריכה להיגזר מביצועי החברות הנסחרות ומפוטנציאל הצמיחה שלהן, ולא מספקולציה המבוססת על פענוח מהיר של האינפורמציה.⁹

חסרונות נוספים של שיטת מסחר זו הם התנודתיות והשיבושים שיוצרים סוחרי התדירות הגבוהה בזמן אירועים שליליים, או בזמנים של חוסר ודאות בשווקים. בזמנים אלו עלולות להינתן פקודות מכירה אוטומטיות שיגברו את המגמה והתנודתיות, ובכך יגרמו למשקיעים המסורתיים הפסדים כבדים, ואף יפגעו באיכותו ואמינותו של המסחר בעיניהם.

מספר אירועים שהתרחשו בשוק ההון הביאו את נושא המסחר האלגוריתמי לתודעת הציבור. המרכזי שבהם היה ה-"Flash Crash", שהתרחש ב-6 למאי 2010, וגרם למדד הדאו-ג'ונס לצנוח בכ-1,000 נקודות ולאבד כ-9 אחוזים מערכו במשך 20 דקות (איור 1). לפי חקירה של ה-SEC, נפילתו החדה של מדד הדאו-ג'ונס הייתה תוצאה של פקודת מכירה אחת של חוזים עתידיים על מדד ה-E-mini S&P 500¹⁰ שניתנה על ידי אלגוריתם ממוחשב. אלגוריתם זה, של קרן נאמנות גדולה בארה"ב,¹¹ תוכנת כפונקציה של נפח המסחר בלבד, בלי להביא בחשבון את המחיר או את פרק הזמן שבו הפקודה תבוצע. באותו יום גברה אי הוודאות לגבי מצבה של כלכלת יוון. כפועל יוצא החלו סוחרים למכור ניירות ערך רבים, ובכך הם הגדילו את נפח המסחר בבורסה. גידול נפח המסחר גרם לאלגוריתם למכור את מדד ה-E-mini, פעולה שהגדילה את ההיצע והביאה לירידת המדד. אלגוריתמים נוספים בשוק קלטו את הירידות החדות, והחלו לרכוש את המדד במחיר הנמוך ולסחור בו, דבר שגרם להתגברות נוספת של נפח המסחר. כתוצאה מכך הגביר האלגוריתם של קרן הנאמנות את קצב המכירה של המדד עד אשר הופסק המסחר. תקלה זו גרמה ללקוחותיה של הקרן הפסד של כ-150 מיליון דולרים ב-10 דקות.¹²

לחץ המכירה גלש משוק החוזים העתידיים לשוק המניות וגרם לנפילה חדה של מניות רבות, שהביאה בסופו של דבר לקריסה של מדד הדאו-ג'ונס.¹³ אירוע זה חולל בהלה וכאוס והביא לתחושת אי ודאות בקרב המשקיעים המסורתיים. למזלם של המשקיעים חזרו המחירים לרמתם המקורית בתוך מספר דקות.

מקרה נוסף של תנודתיות חריגה ושינוי חד במחירי המניות הוא האירוע של חברת Knight Capitl Group, שהתרחש ב-1 לאוגוסט 2012: תנודתיות גבוהה נרשמה ב-140 חברות הנסחרות

⁹ P. Krugman. "Rewarding Bad Actors", *The New York Times*, 2 Aug 2009, Web. 26 June 2013.

¹⁰ מדד ה-E-mini S&P 500 הוא מדד של חוזים עתידיים על מדד ה-S&P 500.

¹¹ Waddel & Reed Financial

¹² Harris, Larry. "What to do about High-Frequency Trading". *Financial Analysts Journal* : (2013) 69.2 6-9 ProQuest. Web. 11 June 2013.

¹³ U.S Commodity Futures Trading Comm'n & SEC (2010), "Findings Regarding the Market Events of May 6, 2010".

ב-NYSE¹⁴ בעקבות תקלה טכנית באלגוריתם המסחר של החברה, המשמשת עושה שוק גדול. כתוצאה מכך הפסידה החברה 440 מיליון דולרים בקצב של 10 מיליון דולרים לדקה (איור 2).

במבט כללי יותר, מעורבותם המוגברת של סוחרי התדירות הגבוהה בשווקים הפיננסיים עלולה להביא לתוצאות בלתי רצויות נוספות, כגון נטישת המשקיעים המסורתיים את המסחר. זאת בשל תחושת חוסר וודאות ואי אמון במסחר, שנובעת מהפעילות המוגברת של מחוללי הציטוטים ומיכולתם להשפיע על כיוון השוק כרצונם.¹⁵

אסטרטגיות

המאפיין הבולט ביותר של רוב האסטרטגיות שסוחרי התדירות הגבוהה משתמשים בהן הוא המהירות, המאפשרת להם לפעול באסטרטגיות של זמני השתהות קצרים (Low Latency). זמני ההשתהות הקצרים הם המקנים לסוחרי התדירות הגבוהה את היתרון התחרותי שלהם;¹⁶ ככל שהטכנולוגיה ממשיכה להשתכלל הם מגבירים את המהירות עוד ועוד, ובכך גורמים להתרחבות הא-סימטריה באינפורמציה בינם לבין שאר הסוחרים בשוק.

את האסטרטגיות שבהם משתמשים סוחרי התדירות הגבוהה ניתן לחלק לשתי קבוצות מרכזיות. האסטרטגיות הנכללות בקבוצה הראשונה מאופיינות בתרומה ליעילות השווקים, על ידי העלאת רמת הנזילות ומזעור התפתחותם של עיוותים בשוק. בקבוצת אסטרטגיות זו נכללים, בין היתר, עשיית שוק וארביטראז' סטטיסטי.

סוחרי התדירות הגבוהה משמשים כעושי שוק כשהם מצטטים מחירים על ידי הזרמת פקודות Limit בשני צדי ספר הפקודות, ובכך מרוויחים את המרווח שבין מחיר ההיצע ומחיר הביקוש הטובים ביותר. תמריץ נוסף לצטט מחירים באמצעות פקודות Limit הוא מנגנון ה-"Maker/Taker", המופעל בבורסות רבות בארה"ב. על פי מנגנון זה סוחר שמספק נזילות, כלומר נתן פקודת Limit שעומדת וממתינה לביצוע בספר הפקודות, זכאי לתשלום ריבית עבור "אספקת נזילות" זו. לעומת זאת, סוחר שלוקח נזילות, כלומר מממש הצעה של ספק נזילות, בין על ידי פקודת Market ובין על ידי פקודת Limit צמודה, מחויב לשלם עמלה על "לקיחת/ספיגת נזילות".¹⁷

¹⁴ New York Stock Exchange.

¹⁵ Andrei A. Kirilenko and Andrew W. Lo, "Moore's Law versus Murphy's Law: Algorithmic Trading and Its Discontents", *The Journal of Economic Perspectives*. 51-72 : (2013) 27.2

¹⁶ פועלים במהירות של מיקרו שנייה (מיליונית השנייה: ⁻⁶ שנייה)

¹⁷ הריבית הממוצעת המשולמת ל'ספקי הנזילות' היא 20 סנט לכל 100 פקודות, ואילו העמלה הממוצעת הנגבית מ-'לוקחי הנזילות' עומדת על 30 סנט לכל 100 פקודות. כך יוצא שגם הבורסה מרוויחה מהפעלת המנגנון.

היתרון העיקרי באסטרטגיות "עשיית השוק" הללו הוא שהן מעלות את רמת הנזילות. עם זאת נמצא כי כשמחירי ניירות הערך יורדים, וגוברות התנודתיות וחוסר הוודאות, סוחרי התדירות הגבוהה מבטלים מיד את כל פקודות ה-Limit שלהם, הופכים ללוקחי נזילות, ובכך מגדילים את סיכון הנזילות.¹⁸

קבוצת האסטרטגיות השנייה מבוססת על מניפולציות שוק תוך ניצול יתרון המהירות, מניפולציות הפוגעות בתקינות ובהוגנות של שוק ההון. העיקריות שבאסטרטגיות אלו הן:

1. גדישת ציטוטים (Quote Stuffing) – מחולל הציטוטים מזרים מספר גדול במיוחד של פקודות, ומיד לאחר מכן מבטל אותן. הרעיון שמאחורי אסטרטגיה זו הוא החלשת האלגוריתמים המתחרים על ידי הזרמת מידע שקרי לגבי הכוונה לסחור. כך, כשמחולל ציטוטים אחד מזרים פקודות רבות לשוק, מחוללי הציטוטים האחרים, המתחרים בו, יצטרכו לעבד את האינפורמציה (השקרית) החדשה שנכנסה לשוק, ולכן יאבדו זמן, יפגרו אחריו, ותגובתם לשינויים בשוק תואט.
2. הטרמה (Front Running) – ביצוע פעולה בנייר ערך לאור ידיעה מוקדמת על פעולה צפויה של שחקן אחר באותו נייר. הסוחר בשיטת התדירות הגבוהה יכול לזהות את כוונתם של שחקנים אחרים לרכוש/למכור כמות גדולה של נייר ערך מסוים ולהקדים אותם ברכישת אותו נייר לפני עליית מחירו. חשוב לציין שהטרמה אינה אסטרטגיה חדשה בשוק ההון, ובמשך שנים נעשה בה שימוש, בעיקר על ידי מתווכים פיננסיים. החידוש הוא באופיים של השחקנים הנוקטים באסטרטגיה זו, וכן בפלטפורמה הטכנולוגית המנוצלת לשם כך.
3. התאמת ציטוטים (Quote Matching) – סוחרי התדירות הגבוהה מתאימים את ציטוטיהם לאינפורמציה חדשה המוזרמת לשוק על ידי החלפת ציטוטי קנייה בציטוטי מכירה ולהפך. לשם המחשה נניח כי צפוי להתפרסם שיעור האבטלה, וכי על פי הערכת סוחרי שיטת התדירות הגבוהה שיעור האבטלה צפוי להיות נמוך. לפיכך הם יצטוו מחירים בצד הביקוש ויקפידו לוודא שהספר עמוק דיו – כלומר שישנם ציטוטים רבים אחריהם בתור – כדי למזער את הסיכון הכרוך באסטרטגיה. כעת נניח ששיעור האבטלה שפורסם גבוה – הפוך משצפו. כתוצאה מכך יפעלו הסוחרים להתאמת הפקודות על ידי ביטול כל הפקודות שנתנו בצד הביקוש ויעברו לצטט בצד ההיצע. ציטוטים חדשים אלו נועדו להתבצע כעסקה אל מול הציטוטים בצד הביקוש שהיו אחריהם בתור המקורי והסוחרים טרם הספיקו לבטלם או לשנותם לאחר פרסום הנתון, ציטוטים הנקראים "Stale Quotes".

מלבד הבעייתיות הברורה באסטרטגיות כאלה, כרוך בהן חסרון נוסף: לסוחרים שאינם משתמשים בשיטת התדירות הגבוהה לא משתלם לתת פקודות Limit בניירות שבהם פועלים סוחר התדירות הגבוהה. זאת משום שהמצב היחיד שבו הפקודה תתבצע הוא כשהשוק בכיוון

¹⁸ V. V Acharya and L. H. Pedersen (2005), Asset pricing with liquidity risk, *Journal of Financial Economics*, 77(2), 41–375 .

ההפוך. במילים אחרות: אם מחיר נייר ערך עולה, וסוחר רגיל נתן פקודת לקנייתו – הפקודה לא תבוצע, מפני שסוחר התדירות הגבוהה יזדרזו ויהיו הראשונים בתור ולבצע את העסקה לפניו במחיר הרצוי. הפקודה תבוצע רק כשהשוק כבר בכיוון השני – כשהוא יורד.

ישנן עוד אסטרטגיות רבות המשמשות את סוחר התדירות הגבוהה, אשר מבוססות על היכולת להגיב מהר מאוד לשינויים בשוק, ונודעת להן השפעה על הסוחרים האחרים בשוק.

התפתחות המסחר האלגוריתמי

בעשרות השנים האחרונות התחולל שינוי דרמטי באופן המסחר בניירות ערך בשוקי ההון. בעבר היה תהליך המסחר ארוך ורועש מאוד. הוא נוהל באולם המסחר של הבורסה באמצעות הכרזות חברי הבורסה על המחירים והכמויות של ניירות הערך. לאורך השנים הפך המסחר לתהליך אלקטרוני, מהיר ושקט יותר. הוא מתבצע באמצעות הזרמת ציטוטי קנייה ומכירה במערכות מסחר ממוחשבות.

מספר התפתחויות בשוק האמריקאי תרמו להתפתחות המסחר האלגוריתמי בכלל ולשיטת המסחר בתדירות גבוהה בפרט. הבורסה האלקטרונית הראשונה, בורסת NASDAQ,¹⁹ שהוקמה בשנת 1971, אפשרה לברוקרים, חברה, להתחרות על הזרמת ציטוטים לניירות ערך באמצעות מסופים שסיפקה להם. דרכם הוזרמו הוראות קנייה ומכירה אל המחשב המרכזי שלה; המחשב בחן את כל ההוראות, ואם נמצאה התאמה ביניהן נשלח לסוחרים אישור ביצוע. באותה עת נחשבה NASDAQ לשיא הקדמה הטכנולוגית, והצלחתה השפיעה על בורסות רבות בעולם, ביניהן הבורסה בתל אביב, וגרמה לרובן להמיר את אולם המסחר בזירה אלקטרונית.

ב-1976 וב-1984 השיקה NYSE את מערכות המסחר DOT²⁰ ו-Super-DOT²¹ (בהתאמה) שתפקידן היה להעביר אל הבורסה פקודות קנייה ומכירה באמצעות מערכת אלקטרונית. כך נעשה המסחר מהיר יותר, וחברי הבורסה יכלו לסחור ללא נוכחות פיזית בזירת המסחר.

בסוף שנות ה-90 אישרה ה-SEC את השימוש במערכות מסחר אלקטרוניות, הנקראות ECN²², לאחר שנדמה היה כי נוצר דואופול של הבורסות הרשמיות הגדולות (NYSE ו-NASDAQ), והיה צורך לפתוח את השוק לתחרות. ה-ECN הן מערכות מסחר אלקטרוניות המופעלות על ידי אלגוריתמים ופועלות מחוץ למערכות המסחר הרשמיות. יתרונותיהן הכוללים מתבטאים

¹⁹ National Association of Securities Dealers Automated Quotations

²⁰ Designated Order Turnaround

²¹ Jerry W. Markham and Daniel J. Harty, "For Whom the Bell Tolls: The Demise of Exchange Trading Floors and the Growth of ECNs", 33 *IOWA J. Corp. L.* 865,897 (2008)

²² Electronic Communication Network

בהקטנת עלויות העסקה דרך הפחתת העמלה המשולמת לברוקר בכל עסקה שנעשית, בהקלת הגישה של כלל המשקיעים למסחר עצמאי ובמהירות ביצוען של העסקאות. עלייתן של מערכות המסחר האלקטרוניות החיצוניות הביאה להתרחבות השימוש במסחר אלגוריתמי ולהיווצרותן של חברות למסחר בתדירות גבוהה.²³

אבן דרך נוספת בהתפתחות המסחר האלגוריתמי בארה"ב נרשמה בשנת 2001, כשהוחלט להקטין את גודל ה-Tick המינימלי של ציטוט מחירי ניירות ערך מ-\$0.0625 (1/16 הדולר) ל-\$0.01.²⁴ שינוי זה גרם לצמצום מירווחי ה-Bid-Ask ולעלייה משמעותית של רמת הנזילות בשווקים, להגברת נפח המסחר ולהתרחבות פעילותם של סוחרי התדירות הגבוהה במערכות ה-ECN.

הגורם העיקרי ששינה את פני המסחר בארה"ב היה חקיקת ה-"RegNMS"²⁵ בשנת 2005, בתגובה להתפתחויות הטכנולוגיות בשווקים. החוק הוא גרסה חדשה יותר לחוק שנחקק בשנות ה-70, ומטרתו לחייב את גופי ההשקעות לשקיפות מלאה כלפי המשקיעים ולהשגת המחיר הטוב ביותר עבור לקוחותיהם. על פי החקיקה אם משקיע מצטט מחיר בבורסה מסוימת, והמניה המצוטטת נסחרת ביותר מבורסה אחת, העסקה תבוצע בבורסה שבה המחיר הוא הטוב ביותר גם אם זו אינה הבורסה שבה ניתן הציטוט. החוק רלוונטי רק לגבי פקודות ממוחשבות.

החקיקה חייבה את כל הבורסות לפתח וליישם מערך של תנאים חדשים, כגון שכלול מערכות המסחר, כדי לקדם את הטמעת התקנות ולאפשר קשר ישיר בין כל זירות המסחר. לחקיקה זו חלק רב ביצירתן של תשתיות המסחר האלגוריתמי המשמשות כיום.

החקיקה האירופית המקבילה ל-RegNMS היא ה-MifID²⁶ – התקנות החדשות לשווקים הפיננסיים באירופה, שמחליפות את התקנות משנות ה-90. הרעיון העומד מאחורי ה-MifID הוא רגולציה אחידה והתנהלות אחידה של כל הגופים הפיננסיים. החקיקה מבטלת את המונופול שהיה בידי הבורסות הלאומיות על המסחר בניירות ערך ומאפשרת לבורסות אלקטרוניות להיכנס לתחום.

בעקבות רפורמות אלו החלו בורסות בארה"ב ובאירופה להתאחד: בורסת לונדון התאחדה עם הבורסה האיטלקית, ובורסות פריז, אמסטרדם, בריסל וליסבון התאחדו ויצרו את בורסת Euronext; זו נרכשה בשנת 2005 על ידי ה-NYSE, כדי להתאים את עצמה למציאות החדשה בשווקים.

²³ Michael J. McGowan, "The Rise of Computerized High Frequency Trading: Use and Controversy", *Duke L. & Tech. Rev.* (2010): i.

²⁴ Michael J. McGowan "The Rise of Computerized High Frequency Trading: Use and Controversy", *Duke L. & Tech. Rev.* (2010): i.

²⁵ Regulation National Market System

²⁶ Markets in Financial Instruments Directive (2008)

גם המשבר הכלכלי העולמי, שהביא לקיצוצים נרחבים במגזר הבנקאות העולמי, תרם להתפתחותו ותדירותו של השימוש במסחר האלגוריתמי. בעקבות המשבר החלה להיווצר מגמה של החלפת סוחרים אנושיים במכונות מסחר (מחוללי ציטוטים), משום שפיתוח ותפעול של מכונת מסחר זול מהעסקתם של סוחרים אנושיים לאורך זמן.²⁷

משקל פעילותם של סוחרים התדירות הגבוהה במסחר בארה"ב החל לעלות ב-2005 והגיע לשיא של 61 אחוזים ממחזור המסחר בשנת 2009. תמונה דומה ניתן לראות באירופה, שם היקף פעילותם של סוחרים התדירות הגבוהה הגיע לשיא של 40 אחוזים בשנת 2010, ואחריה נרשמה ירידה (איור 3א' ו-3ב').

בישראל – בשנת 2007 תרמו סוחרים התדירות הגבוהה כ-8 אחוזים ממחזור המסחר בשוק איגרות החוב הקונצרניות, ועד 2011 הגיע משקלם ל-25 אחוזים. לאחר מכן החלה ירידה הדרגתית, ובאוקטובר 2013 היה חלקם במחזור המסחר כ-19 אחוזים (איור 4). הסבר אפשרי לירידה זו הוא שחיקה ברווחיות, תוצאת כניסתם של מתחרים חדשים לשוק: התגברות התחרות מביאה לעליית מחירי ה-Co-Location, הטכנולוגיה והאינפורמציה המתקבלת מהבורסה. יתירה מזאת, ייתכן שמתקיים בענף זה תהליך אבולוציוני, שבו האלגוריתם המהיר ביותר ישרוד וינצח בעקביות את האלגוריתם המתחרה, האיטי יותר. חשוב להבין כי הבדל, ולו זעיר, במהירות בין שני אלגוריתמים דומים יכריע את הכף ויקבע איזו חברה תשרוד ואיזו תיעלם מהשוק. במילים אחרות: הבדל במהירות של מילי-שנייה אחת פירושו רווח/הפסד של מאות מיליוני דולרים.

המסחר האלגוריתמי בישראל

בין השנים 2007 ו-2013 נרשמה עלייה חדה של מספר הפקודות לקניה ולמכירה שהוגשו לבורסה. בשנת 2013 כ-90 אחוזים ממספר הפקודות המוזרמות לבורסה הגיעו ממחוללי ציטוטים (איור 5). העלייה הקיפה את שוקי המניות, אגרות החוב הקונצרניות והממשלתיות גם יחד. חלקם של מחוללי הציטוטים בנפח המסחר במניות הגיע בשנת 2012 לשיא של 40 אחוזים, בשוק אגרות החוב הקונצרניות הגיע חלקם באותה שנה לכ-33 אחוזים ובשוק אגרות החוב הממשלתיות הגיע בשנת 2013 ל-24 אחוזים.

כאשר נבדק חלקן של הפקודות שבוצעו בסך הפקודות שהוגשו נמצא פער משמעותי ביחס זה בין הפקודות שניתנו על ידי מחוללי הציטוטים ובין אלו שניתנו על ידי הסוחרים הרגילים, וזאת במיוחד בשוק אגרות החוב הממשלתיות. מסיכום הנתונים לשנים 2007-2013 עולה כי בממוצע רק 3 אחוזים מהפקודות שהוגשו בשוק המניות על ידי מחוללי ציטוטים בוצעו לעומת 30 אחוזים מאלה שהגישו הסוחרים בדרך המסורתית. בשוק אגרות החוב הקונצרניות עמד יחס זה אצל מחוללי הציטוטים על אחוז 1 בלבד(!), לעומת 22 אחוזים אצל האחרים, ובאגרות החוב הממשלתיות - על 3 אחוזים ו-53 אחוזים, בהתאמה. אצל מחוללי הציטוטים ניכרת בשלוש

²⁷ הסוחרים בוול סטריט נהנים משכר ממוצע של כ-250 אלף דולרים בשנה, בתוספת בונוסים, בעוד שעלות בנייתה של מכונה מסתכמת במאות אלפי דולרים בלבד.

השנים האחרונות אף מגמת ירידה של יחס הפקודות המבוצעות מסך הפקודות (איור 6), וזאת בעוד שחלקם בנפח המסחר גדל וכן גם תרומתם לסך הפקודות. ממצאים אלו מפתיעים במיוחד שכן היה מקום לצפות שהזרמת ציטוטים מרובים לבורסה על ידי מחוללי הציטוטים תלווה בגידול מקביל במספר העסקאות.

מחוללי הציטוטים באיגרות החוב הקונצרניות בישראל

החל משנת 2008 גדל בשיעור חד מספר פקודות²⁸ הקנייה והמכירה של סדרות רבות של איגרות חוב קונצרניות, על רקע הזרמת הפקודות של מחוללי הציטוטים לספר הפקודות (איור 7). נבדוק את ההתפתחויות בספר הפקודות ואת ההשפעה על מדדי הנזילות של אותן הסדרות שהושפעו ממחוללי הציטוטים ע"י בחינת אגרות החוב של מדד תל בונד 20. בפרט, נבחן את השינוי במספר הפקודות שניתנו עבור כל אחת מאגרות החוב הנכללות במדד אל מול השינוי במדדי נזילות שונים שחושבו עבור אותן איגרות בתקופת דגימה – ינואר 2010 עד ספטמבר 2012.²⁹ על רקע מחקרים שהראו כי מחוללי הציטוטים תורמים לנזילות של שוקי ההון נצפה כי גידול מספרן של הפקודות ישפר את מדדי הנזילות של איגרות החוב, ובמיוחד את מדדי עלות הנזילות.

נבחנו מספר הפקודות ומדדי הנזילות הבאים:^{30,31}

1. **מירווח ה-Bid-Ask**, המוגדר כמירווח בין מחירי ההיצע והביקוש הטובים ביותר, מגלם את העלות של רכישת הנזילות. ככל שהמירווח קטן יותר, רמת הנזילות גבוהה יותר, ופרמיית הנזילות שסוחר יידרש לשלם קטנה יותר. מירווח ה-Bid-Ask הוא המדד הישיר המקובל והנפוץ ביותר למדידת נזילות.
2. **מהירות המחזור**, המוגדרת כמחזור המסחר חלקי סך ההון המונפק. מחזור המסחר הוא הערך הנקוב של סך ניירות הערך שנסחרו ביחידת זמן. מחזור המסחר הוא נתון חשוב למשקיעים המעוניינים לסחור בנייר ערך שבו ניתן להיכנס ולצאת בקלות מפוזיציית השקעה. ההנחה היא כי בשווקים שבהם פעילות המסחר גבוהה עלויות המסחר יקטנו ורמת הנזילות תעלה. מדד מהירות המחזור מושפע בעיקר מגודל העסקה ומתדירות המסחר, והמיתאם של תדירות המסחר עם מהירות המחזור חיובי וחזק יותר מזה של גודל העסקה.

²⁸ מספר הפקודות נמדד על פי מספר הציטוטים הרשומים בספר הפקודות של הבורסה.

²⁹ השתמשתי במדד תל בונד 20 משום שאין באפשרותי לבחון את כל הסדרות של איגרות החוב הקונצרניות הנסחרות. הקורלציה בין מספר הפקודות של סה"כ אג"ח הקונצרניות ובין מספר הפקודות של מדד תל בונד 20 חיובית וגבוהה.

³⁰ כל החישובים נעשו תוך התחשבות בשינוי הרכב המדד לאורך השנים, ומחושבים כממוצע של האיגרות השונות, המשוקלל לפי הונו מונפק. הנתונים מתבססים על נתוני המסחר התוך-יומיים בשעות 10:00–16:00, שעות שבהן המסחר בבורסה רציף.

³¹ נבחרו מספר מדדי נזילות כדי לבחון את שלושת הרבדים – פעילות השוק, עלויות העסקה ועומק השוק. ראו י' גמרסני, "השפעת רפורמת עושי השוק על רמת הנזילות בשוק איגרות החוב הממשלתיות השקליות", סדרת מאמרים לדיון, ספטמבר 2011.

3. **תדירות המסחר**, המתבטאת במספר העסקאות הממוצע בשעת מסחר בכל יום. תדירות המסחר היא מדד לרמת הפעילות בשוק. ניתן להניח כי ככל שמספר העסקאות גדול יותר רמת הפעילות גבוהה יותר, ועלייתה מעידה על שיפור במידת הנזילות בשוק.
4. **מדד גודל העסקה**, המחשב את גודל העסקה הממוצעת ביחידת זמן. גודל עסקה גבוה מראה שעומק השוק של נייר הערך מספיק לביצוע עסקאות גדולות. מדד גודל העסקה הוא, כאמור, אחד הרכיבים של מחזור המסחר.
5. **התנודתיות** המבוססת על התפתחות המחירים התוך-יומית. התנודתיות מחושבת כסטיית התקן של שיעור השינוי במחיר איגרות החוב בכל פרק זמן קבוע. נצפה שככל שרמת התנודתיות עולה רמת הנזילות קטנה. הנחה זו מקורה במיתאם החזק שנמצא בין מירווחי ה-Bid-Ask ובין התנודתיות. תנודתיות גבוהה מקשה על תהליך הגילוי של המחיר האמיתי של נייר הערך, ועל כן סביר כי המשקיעים ידרשו פיצוי, שיתבטא בהגדלת המירווח. תנודתיות גבוהה גם חושפת את הסוחר לסיכון, והמירווח נועד לפצות על סיכון זה.

הממצאים העיקריים

• התפתחות ספר הפקודות

מניתוח ההתפתחות באיגרות החוב הקונצרניות המרכיבות את מדד תל-בונד 20 עולה כי החל משנת 2010 ועד הרביע השלישי של שנת 2011 חלה עלייה משמעותית של כ-400 אחוזים במספר הפקודות. זאת, ביחס לעלייה במספר הפקודות שהוגשו בניירות ערך אחרים. ניתן להצביע על שתי התפתחויות מרכזיות: הראשונה – קפיצה של כ-140 אחוזים במהלך המחצית השנייה של שנת 2010 והשנייה – קפיצה של כ-150 אחוזים בין אפריל ליוני 2011, לאחריה נרשמה ירידה חדה במספר הפקודות בחזרה כמעט לרמות של תחילת שנת 2011 (לוח 1).

חשוב לציין כי הקפיצה האמורה של מספר הפקודות במדד התל-בונד ביטאה עליות קיצוניות של מספרן בכל אחת מסדרות איגרות החוב המרכיבות את המדד.

• השפעת פעילות המסחר של מחוללי הציטוטים על מדדי הנזילות

מבחינת מדדי הנזילות עולה כי כניסתם של סוחרי התדירות הגבוהה למסחר בבורסה לניירות ערך בתל אביב לא הביאה לשיפור משמעותי במדדי הנזילות. נרשמה רק עלייה של כ-30 אחוזים של מהירות המחזור, שהורכבה מעליות דומות של גודל העסקה ושל תדירות העסקאות. מירווחי ה-Bid-Ask, המייצגים את מדד עלות הנזילות, נותרו ללא שינוי, וגם רמת התנודתיות נותרה קבועה (איור 8).

תיאורטית היינו מצפים כי השתתפות סוחרי התדירות הגבוהה במסחר תביא לשיפור במדדי הנזילות, ובמיוחד במדד עלות הנזילות – אך הממצאים אינם מעידים על שיפור משמעותי בנזילות. צפוי היה שמירווח ה-Ask Bid, המייצג את מדד עלויות המסחר, יצטמצם, אך זה נותר

יציב. כמו כן היינו מצפים שהעלייה במספר הפקודות תביא לעלייה דומה של מהירות המחזור אך זה עלה בשיעור קטן בלבד.

נבחן הקשר בין מספר הפקודות ומירווחי ה-Bid-Ask בתקופה שבה לא פעלו מחוללי הציטוטים בשוק, ונמצא כי המיתאם היה שלילי: ככל שעלה מספר הפקודות קטנו המירווחים. ואולם, בתקופה שבה פעלו מחוללי הציטוטים במסחר נמצא מיתאם אפסי בין השניים, ומכאן שכניסתם למסחר לא תרמה להוזלת עלויותיו. תוצאה זו מפתיעה במיוחד, שכן היא סותרת את ממצאי הספרות הנסקרת, שלפיהם השתתפות הסוחרים האלגוריתמיים במסחר תורמת רבות לצמצום המירווחים ולשיפור הנזילות. יתירה מזאת, היינו מצפים לראות גידול משמעותי של מהירות המחזור, אך נמצא כי מדד מהירות המחזור רשם עלייה מתונה, יחסית לעלייה התלולה של מספר הפקודות. ממצאים אלו עולים בקנה אחד עם המסקנות שהתקבלו בעבודתם האמפירית של Boehmer, Fond and Wu (2012) שהדגישו כי עלייה בהיקף המסחר האלגוריתמי במניות של חברות קטנות מקטינה את נזילותן.

הסבר אפשרי לממצאים המפתיעים העולים מהבדיקה נעוץ במאפייניו של שוק ההון הקטן בישראל, המאופיין ברמת נזילות פחותה וחוסר שכלול פיננסי, ביחס לארה"ב ולאירופה. עם זאת, ייתכן שבדיקת השפעותיו של המסחר בניירות ערך מסוגים שונים, המאופיינים ברמות נזילות גבוהות יותר, תעלה תוצאות אחרות.

רגולציה

רגולציה בעולם

תקרית ה-"Flash-Crash" סיפקה לגופים רגולטוריים בעולם תמריץ לבחון דרכים שונות לפיקוח על מכונות המסחר האלגוריתמיות, כדי להימנע מהשלכותיהן השליליות על המסחר וכדי למנוע תקריות דומות בעתיד.

בצעדי הרגולציה שננקטו בעולם חשוב להבחין בין שני סוגים: הראשון מציע מנגנונים שונים לזיהוי פעילותם של מחוללי הציטוטים ולמניעת פגיעה אפשרית שלהם *ex-ante*, והשני עניינו במנגנונים שיופעלו בשוק *ex-post*, אם תהיה פגיעה, כדי להגביל את עוצמתה.

הרגולציה בארה"ב בעניין מחוללי הציטוטים היא הענפה בעולם. ה-SEC, בשיתוף עם גופים רגולטוריים נוספים, כדוגמת ה-FINRA³² וה-CFTC³³, פועלת רבות בניסיון למנוע את

³² The Financial Industry Regulatory Authority – חברה פרטית הפועלת כארגון רגולטורי עצמאי לשיפור ההגנה על המשקיעים בשווקים הפיננסיים בארה"ב.

³³ U.S Commodity Futures Trading Commission – מטרת הארגון היא להסדיר את שוק החוזים העתידיים לסחורות ואופציות בארה"ב תוך מתן הגנה למשקיעים ופיתוח שווקים הוגנים ותחרותיים.

ההשלכות הבעייתיות שיכולות לנבוע מהתערבות מסיבית של מחוללי הציטוטים במסחר. כן פועלת הרשות להגברת השקיפות בשווקים, כדי להגביר את יעילותם ואת הגינותם.

בשנת 2012 החלה הרשות לניירות ערך בארה"ב בתהליך של בניית מאגר נתונים (MIDAS)³⁴ עצום, שצפוי להכיל את כל פקודות הקנייה והמכירה אשר ניתנו למסחר בשוק האמריקאי. מאגר זה יכול את כל הפקודות שהוזרמו לכל זירות המסחר הלאומיות, כולל פקודות שבוטלו או שונו, ואת כל העסקאות שנעשו בבורסות ומחוץ להן. למאגר נתונים ייחודי כזה תהיה תרומה גדולה בראש ובראשונה להבנת התהליכים והשינויים המתרחשים במבנה השווקים הפיננסיים, ובשלב מאוחר יותר – ליכולת הפיקוח של הרשות על כלל הסוחרים והמעקב אחריהם, ביחוד סוחרי התדירות הגבוהה. נוסף על כך יש בכונת הרשות לבנות מדדי סיכון אשר יאפשרו לזהות אלגוריתמים שפעילותם עלולה להחריף את התנודתיות והסיכון בשווקים בטרם עת.³⁵

בדומה למסחר בארה"ב, גם באירופה מתנהל מסחר לא מבוטל במערכות מסחר אלקטרוניות אלטרנטיביות, מערכות המכונות MTF,³⁶ והמסחר ברוב הבורסות הוא אלקטרוני. החקיקה המרכזית העוסקת בפיקוח על פעילות מחוללי הציטוטים באירופה היא הגרסה החדשה של תקנות ה-MifID II (MifID II), שקבע ה-European Commission, והיא צפויה להיכנס לתוקף בשנת 2015. התקנות מסדירות מספר מגבלות שיחולו על חברות הסוחרות בשיטת התדירות הגבוהה, וכן על הבורסות וזירות המסחר שבהם סוחרים אלו פעילים. חברות הסוחרות בעזרת אלגוריתמים בשיטה זו יחויבו לדווח על אסטרטגיות המסחר שהן נוקטות. כן יוגבר הפיקוח על זירות מסחר המאפשרות פעילות של מחוללי הציטוטים דרכן: זירות המסחר השונות יחויבו לפקח בעצמן על תנודות מחירים חריגות, להיות מסוגלות למזער ולהגביל אותן, ולטפל בעומסים בשרתי הבורסה.

במקביל לחקיקה זו החלו מדינות שונות באירופה, ביניהן איטליה וצרפת, ליישם מדיניות של מס על מסחר מוגבר, ולחייב את סוחרי התדירות הגבוהה בדיווח תדיר על שינוי באסטרטגיות המסחר שלהם.

גוף נוסף המעורב בטיפול בנושא הוא IOSCO³⁷ – הארגון הבין-לאומי לרשויות ניירות ערך. הארגון פועל לקביעת מדיניות וכלים בין-לאומיים אחידים המאומצים על ידי הרשויות החברות בו, והוא הקובע את סדר היום בקרב רגולטורים בעולם הפיננסי. בארגון חברות 203 חברות ולמעלה מ-100 מדינות, והוא כולל בעיקר רשויות לרגולציה פיננסית ובורסות לניירות ערך.

³⁴ Market Information Data Analytics System

³⁵ Walter. E (2013, Febuary), "Harnessing Tomorrow's Technology for Today's Investors and Markets", *Speech presented at The American University School of Law, Washington, D.C.*

³⁶ Multilateral Trading Facilities

³⁷ International Organisation of Securities Commission

בשנת 2012 פרסם הארגון דוח,³⁸ שבו הוא ממליץ על צעדי רגולציה לשיפור יעילות השווקים ולמזעור ההשלכות השליליות של פעילות סוחרי התדירות הגבוהה עליהם. המלצות אלו נועדו לעזור לרגולטורים החברים בארגון לזהות את ההשפעות של ההתפתחות הטכנולוגיות, להקטין את הסיכון ולקדם גישה אחידה בקרבם להתפתחויות אלו.

המגבלות שהוטלו בעולם על סוחרי התדירות הגבוהה

1. חיוב סוחרי התדר להזדהות בפני הבורסה בעת ביצוע פעולות במסחר חבר הבורסה המייצג יחויב לאגור נתונים על פעילות לקוח מסוג זה ולדווח כשיידרש. זאת כדי לאפשר לרשויות לעקוב אחר פעילותם של מחוללי ציטוטים, לפקח עליה ולהעריך את היקפה וכן את השפעתה על המסחר.
2. חובת דיווח לחברות רבות המשתמשות בשיטת המסחר האלגוריתמי בתדירות גבוהה אין מנגנון של בקרת סיכונים לאלגוריתמים שהם פיתחו/רכשו. על כן מומלץ לחייב חברות כאלה לבנות תוכנית לניהול סיכונים ולדווח על מערכות המסחר שהן משתמשות בהן ועל שינויים במבנה האלגוריתם. נוסף על כך עליהן לוודא שהמערכות שבהן הן משתמשות אינן תורמות להפרעות בשוק, וזאת על ידי בחינת האלגוריתם על חשבון דמי לפני הרשאתו למסחר.
3. חיוב מחוללי הציטוטים בעמידה בהתחייבויות של עושי שוק רשמיים סוחרי התדירות הגבוהה נוהגים כספקי נזילות בזמנים שבהם השווקים רגועים, אך כאשר מתרחש אירוע חריג, הגורם לתנודתיות רבה, הם מקטינים משמעותית את כמות הציטוטים, ולפעמים אף "לוקחים נזילות". כיוון שאספקת הנזילות של מחוללי הציטוטים ניכרת, השוק נשען עליה במידה מסוימת, וכאשר מתרחש אירוע שלילי, ומחוללי הציטוטים בורחים מהשוק, עלול להיווצר משבר נזילות קשה. שורש הבעיה הוא שהבורסות מתמקדות ברווחיהן, המופקים מגביית עמלות עבור כל עסקה, כך שככל שיתבצעו יותר עסקאות הן ירוויחו יותר; על כן הן מאפשרות לגופים שלא היו רשומים כעושי שוק להתנהג כמו עושי שוק, אבל לא דורשות מהם לעמוד בכל ההתחייבויות של עושי השוק. חיוב סוחרי התדירות הגבוהה בעמידה בהתחייבויות של עושי השוק הרשמיים ימנע מצב זה.
4. גביית עמלות בבורסות בארה"ב ובאירופה ספקי נזילות זכאים לפיצוי כספי עבור אספקת הנזילות, ואילו לוקחי הנזילות נדרשים לשלם עמלה. על כן, כדי להגביל את מספר הפקודות שמחוללי הציטוטים מזרימים ניתן להקטין את ההטבה שהם מקבלים על אספקת הנזילות, או לחייב אותם בתשלום עמלה כפונקציה של מספר פקודות.
- בבורסה לניירות ערך בארץ אין עמלה על הזרמת פקודות אלא רק על ביצוע העסקאות, וזאת על פי הערך הנקוב של העסקה. לכן, כדי למזער את זרם הפקודות המגיע ממחוללי הציטוטים אפשר להטיל עמלה מיוחדת מעל למספר פקודות מסוים.
5. קביעת זמן שהייה מינימלי לפקודת Limit בספר הפקודות

³⁸ "Regulatory Issues Raised by the Impact of Technological Changed on Market Intergrity and Efficiency"

לחקיקה זו שתי מטרות. הראשונה היא למנוע ממחוללי הציטוטים Quote-Stuffing – הזרמת פקודות רבות לשוק וביטולן כעבור מספר שניות, רק כדי לבצע מניפולציות כאלה ואחרות על שחקנים אלגוריתמיים אחרים בשוק. המטרה השנייה היא למנוע ממחוללי הציטוטים את ניצול יתרון המהירות שלהם בדרך לקנייה/מכירה של ניירות ערך, דבר שעשוי למנוע מסוחרים מסורתיים להגיש פקודות Limit במסחר בניירות ערך שבהם פועלים סוחרי התדר הגבוהה, כפי שצוין מוקדם יותר בתיאור האסטרטגיות.

6. Limit up/Limit Down (ארה"ב, 2013)

מטרת החוק היא לטפל בתנודתיות חריגה של מניה מסוימת. הרעיון הוא שלכל נייר ערך שנסחר במדדים הגדולים, כדוגמת S&P500, תיקבע רצועת מחירים, שבה יהיה מותר להגיש פקודות לקנייה ולמכירה. אם משקיע יזרים פקודת מכירה במחיר גבוה או נמוך מגבולות הרצועה – הפקודה לא תירשם למסחר. חקיקה זו תוכננה בשיתוף פעולה עם הבורסות הגדולות בארה"ב.

7. מפסקי מסחר (Circuit Breakers) – שינוי המנגנון המפעיל את מפסקי המסחר; לדוגמה:

- קיצור משך הזמן של הפסקת המסחר;

שינוי הטריגר המפעיל את המנגנון – הוספת פרמטרים שיהוו טריגר להפסקת מסחר, כגון נפח המסחר ומספר הפקודות שיכולים להעיד על פעילות מוגברת של מחוללי הציטוטים. הפסקות מסחר אלו נועדו לצנן את השוק בעוד מועד – בטרם נוצרת חריגה במחירי ניירות הערך.

- ביצוע הפסקות מסחר בניירות ערך מסוימים שיש בהם תנודתיות בלי לגרום להפסקת מסחר בכל המדד שבו נייר הערך כלול (מקביל ל"ממתני התנודות" שיש בבורסה לניירות ערך בתל אביב).³⁹

לכל אחת מהמגבלות האמורות יתרונות וחסרונות רבים ויש לבחון היטב את השלכותיה של החקיקה על השתתפותם הפעילה של מחוללי הציטוטים במסחר.

רגולציה בישראל

בבואנו לבחון את הרגולציה בתחום שיטת המסחר בתדירות גבוהה בישראל עלינו להבחין בין מאפייני המסחר ואופן המסחר בשווקים האמריקאי והאירופי לאלה של השוק הישראלי. ייתכן שלפעילות סוחרי התדירות הגבוהה בשוק גדול, נזיל ומרובה שחקנים כארה"ב יש השלכות שונות מאלו שיש לפעילות דומה בשוק קטן ולא נזיל כישראל.

חשוב לציין כי בניגוד למסחר בשוק ההון בארה"ב, שם סוחרי התדירות הגבוהה פועלים במהירות של כמה מילישניות ונעזרים ב-Co Location, בארץ הסוחרים האלגוריתמיים אינם ממש סוחרי תדירות גבוהה: מחוללי הציטוטים בארץ אמנם פועלים במהירות גבוהה מזו של סוחרים אחרים בשוק, אך אינם מתקרבים למהירותם של סוחרי התדירות הגבוהה בחו"ל. ייתכן שהסיבות לכך

³⁹ מנגנון זה בוטל בארה"ב כשהמנגנון "Limit up/ Limit Down" נכנס לתוקף.

נעוצות בחוסר השכלול של שוק ההון הישראלי, במיעוט הנזילות בו ובטכנולוגיה של מערכות המסחר, שהן כנראה פחות מפותחות מאלה שבח"ל.

סוחרי התדירות הגבוהה נוהגים לסחור בסביבה שבה רמת נזילות אינה גבוהה או נמוכה במיוחד. בסביבה המאופיינת ברמת נזילות גבוהה מדי סוחרי התדירות הגבוהה יתקשו להרוויח, משום שמירווח ה-Bid-Ask נמוך במיוחד. כנגד זאת, בסביבה שבה הנזילות נמוכה מדי האפשרות לבצע פעולות מסחר (כגון 'התאמת הציטוטים') בסיכון מינימלי אינה קיימת, שכן פעולות מסחר מסוימות דורשות שוק רווי שחקנים ומסחר. ייתכן שרמת הנזילות בבורסה בישראל נמוכה עד כדי כך שפעילות של סוחרי תדירות גבוהה בה אינה כדאית.

בשונה מאופן המסחר בארה"ב ובאירופה, בישראל פועלת בורסה יחידה, שבה מתנהל רוב המסחר בניירות ערך, והיא גוף הסליקה המרכזי. כמו כן אין בישראל מערכות מסחר אלטרנטיביות כמו בארה"ב ובאירופה (פרט למסחר באיגרות חוב ממשלתיות במערכת MTS).

עד לפני מספר חודשים פיקחה הבורסה לניירות ערך בתל אביב על מחוללי הציטוטים רק בשוק הנגזרים, שבו כמות הפקודות המשודרות על ידי מחוללי הציטוטים היא כ-40 אחוזים מהמחזור.

אחת המגבלות המוטלות על מחוללי הציטוטים היא "יחס פקודות-מחזורים" שעומד על 1/7, ומשמעותו היא שמכל שבע פקודות המוזרמות לספר הפקודות של הבורסה לפחות אחת צריכה להתבצע כעסקה. חשוב לציין כי מטרת הגבלה זו אינה למזער נזקים פוטנציאליים אלא להקל על העומס שמחוללי הציטוטים יוצרים בשרתי הבורסה.

בספטמבר 2013 נכנסו לתוקף תקנות חדשות בכל הקשור לפיקוח על מכונות המסחר האלגוריתמיות בארץ, תקנות הזהות במהותן לאלה שנחקקו בארה"ב. בין התקנות:

- הבורסה תחייב כל משקיע הסוחר באמצעות מחולל ציטוטים להזדהות בפניה ולקבל מספר סידורי, אשר באמצעותו הוא יזדהה בכל פעם שיזרים פקודות לבורסה. זאת ועוד, חבר בורסה שדרכו מוזרמות פקודות באמצעות מחולל ציטוטים יצטרך לקבל מהבורסה אישור לכך, ויידרש לדווח לבורסה על מחוללי הציטוטים שסוחרים דרכו.
- לחבר הבורסה שדרכו מתבצעות העסקאות תהיה הסמכות לנתק את מחוללי הציטוטים מהמסחר, או לבטל פקודות שטרם בוצעו על ידם, אם וכאשר יתברר שאותו מחולל ציטוטים משבש את התנהלותו התקינה וההוגנת של המסחר בבורסה.
- הבורסה תוכל לאסור מסחר של מחוללי ציטוטים אם היא צופה פעילות מסחר חריגה, שעלולה לפגוע במהלך התקין של המסחר.

אלה תקנות כלליות מאוד, שאינן אלא צעד ראשון של הבורסה לקראת הגבלת מחוללי הציטוטים במסחר. כדי לפקח על מחוללי הציטוטים באופן מלא ולהגבילם תידרש הבורסה לקבוע הגבלות ספציפיות ומחמירות יותר.

לבסוף, אין ספק שעמידה בדרישות אלו תחייב את הבורסה ואת חברי הבורסה לדאוג לפיתוח תשתיות טכנולוגיות מתקדמות הרבה יותר מאלו הקיימות כיום, דבר שיקדם את המסחר בישראל לעבר השכלול הטכנולוגי הקיים במערכות המסחר בחו"ל.

סיכום

שיטת המסחר האלגוריתמי בתדירות גבוהה, שהיא השיטה הפופולרית ביותר במסגרת המסחר האלגוריתמי, החלה להתפתח לפני כעשור והצליחה לחולל שינוי באופן המסחר ניירות ערך. תחילה הופעלה השיטה בשוקי ההון של ארה"ב ובאירופה, ולאחר מכן גם באסיה ובישראל. לשיטת מסחר זו יש יתרונות, הבאים לידי ביטוי בשיפור רמת הנזילות, אך גם חסרונות לא מעטים.

סוחרי התדירות הגבוהה נהנים מיתרון מובהק על פני יתר הסוחרים בזמינות האינפורמציה ובמהירות התגובה, דבר שעשוי לפגוע בתחרות ההוגנת בשוק.

פעילותם של מחוללי הציטוטים נעשית מורכבת יותר ויותר, על רקע השיפור הטכנולוגי המהיר. לפיכך גדלה החשיבות שבפיקוח ראוי על פעילות המסחר ויציבותו, וגובר הצורך בחיזוק ההגנה על המשקיעים המסורתיים.

דומה שהגופים הרגולטוריים בעולם פועלים למניעת תקלות "טכניות" בפעילות המסחר כדי למזער את ההסתברות לאירוע נוסף כדוגמת ה-Flash Crash, אך נותרה בעיית האינפורמציה שנוצרה בשוק ההון עם כניסת פעילות של מחוללי הציטוטים, שממנה עלולות לנבוע מניפולציות במסחר וכשלים נוספים. מלבד זאת, האפשרות של הרגולטורים להבין לעומק את אסטרטגיות הפעולה של הסוחרים האלגוריתמיים ואת השלכותיהן על עתיד המסחר והסוחרים מוטלת בספק.

על כן החלו הרגולטורים לגבש צעדים שיאפשרו להם לעקוב אחר פעילותם של מחוללי הציטוטים כדי להבין את הדינאמיקה החדשה שנוצרה בתהליך המסחר בשוק ההון. נבנים מאגרי מידע המכילים את כל הפקודות והעסקאות שהתבצעו, ונדרשת שקיפות גבוהה יותר: כל מחולל ציטוטים פעיל והפקודות הנשלחות ממנו מזוהים על ידי מספר סידורי.

בדקתי כיצד כניסתם של סוחרי תדירות גבוהה למסחר בישראל השפיעה על רמת הנזילות בשוק אגרות החוב הקונצרניות והאם השפעתם דומה להשפעה שנמצאה בחו"ל. נמצא כי כניסת מחוללי הציטוטים למסחר לא תרמה משמעותית לשיפור רמת הנזילות בשוק. מירווח ה-Bid-Ask, הקשור בעלויות המסחר, נותר ללא שינוי, ומדד מהירות המחזור רשם עלייה מסוימת, אך מתונה יחסית לעלייה התלולה של מספר הפקודות. הממצאים המתקבלים מפתיעים ומנוגדים לתיאוריה, שלפיה פעילותם של סוחרי התדירות הגבוהה משפיעים לחיוב על רמת הנזילות דרך צמצום מירווחי ה-Bid-Ask ושיפור משמעותי במחזורי המסחר. ייתכן שלשוק איגרות החוב הקונצרניות בארץ יש מאפיינים ייחודיים, המשפיעים על התמריץ של סוחרי התדירות הגבוהה

להיכנס למסחר, ועל האסטרטגיות שהם נוקטים. ייתכן שהשפעת פעילות המסחר של מחוללי הציטוטים במניות ובמכשירים פיננסיים אחרים – שלא בדקתי – על הנזילות שונה מהשפעתם בשוק אגרות החוב הקונצרניות.

מומלץ שהרגולטורים בישראל ימשיכו להתחקות אחר ההשלכות של פעילות זו על המסחר בישראל על פי מאפייני השוק הישראלי. המלצה נוספת היא להביא בחשבון את השינויים הצפויים במסחר הן בטווח הקצר והן בטווח הארוך כתוצאה מכניסת סוחרי התדירות הגבוהה לבורסה, כדי לעשות בעוד מועד למניעת השלכותיהם השליליות הפוטנציאליות על המסחר והסוחרים.

דוח ביניים : הוועדה לשכלול המסחר ולעידוד הניילות בבורסה (ספטמבר 2013)

– גור גורשגורן ג., עידן מ., גיא ס. וארז ר. (2013). מסחר אלגוריתמי ומסחר בתדירות גבוהה – סקירה וממצאים ראשוניים משוק ההון הישראלי, הרשות לניירות ערך.

Acharya, V. V and L. H. Pedersen (2005). "Asset pricing with liquidity risk", *Journal of Financial Economics*, 77(2), 375–41.

Boehmer, E., K Fong, and J. Wu (2012). "International evidence on algorithmic trading", Available at SSRN 2022034.

Hendershott, T., C. M. Jones, and A. J. Menkveld (2011). "Does algorithmic trading improve liquidity?" *The Journal of Finance* 133, (1)66.

Harris, Larry (2013). "What to do about High Frequency Trading", *Financial analysts Journal* 6 - : 69.2.9 ProQuest. Web. 11 June 2013.

Hasbrouk, J. and G. Saar (2012). "Low Latency Trading", *Johnson School Research Paper* series No. 35-2010, *AFA Chicago Meetings Paper*.

Jerry, W. Markham and Daniel J. Harty (2008). "For Whom the Bell Tolls: The Demise of Exchange Trading Floors and the Growth of ECNs", *33 IOWA J. Corp. L.* 865,897

Kirilenko, Andrei A. and Andrew W. Lo (2013). "Moore's Law versus Murphy's Law: Algorithmic Trading and Its Discontents", *The Journal of Economic Perspectives* 27.2 .51-72

McGowan, M. J. (2010). "Rise of Computerized High Frequency Trading: Use and Controversy", *The Duke L& Tech. Rev.*, i.

SEC & CFTC (2010). "Findings regarding the Market events of May 6, 2010".

Walter, E (2013). "Harnessing Tomorrow's Technology for Today's Investors and Markets", Speech presented at The American University School of Law, Washington D.C.

World Federation of Exchanges. "Understanding High Frequency Trading". (www.world-exchanges.org/files/statistics/pdf/WFE_Understanding%20HFT_May%202013.pdf)

SEC (2010). "Reulating High-Frequency Trading: An Examination of U.S. Equity Market Structure in Light if the May 6,2010 Flash Crash" (<http://www.sec.gov/comments/s7-02-10/s70210-341.pdf>)

Foresight (2012) . "The Future of Computer Trading in Financial Markets: an International Perspective", The Government Office for Science, October.

Hoffmann, P. (2012), "A dynamic limit order market with fast and slow traders", Working paper, ECB.

IOSCO (2011). "Regulatory Issues Raised by the Impact of Technological changes on Market Integrity and Efficiency"
(<http://thefinmarkets.com/assets/media/dl/whitepaper/IOSCO.pdf>)

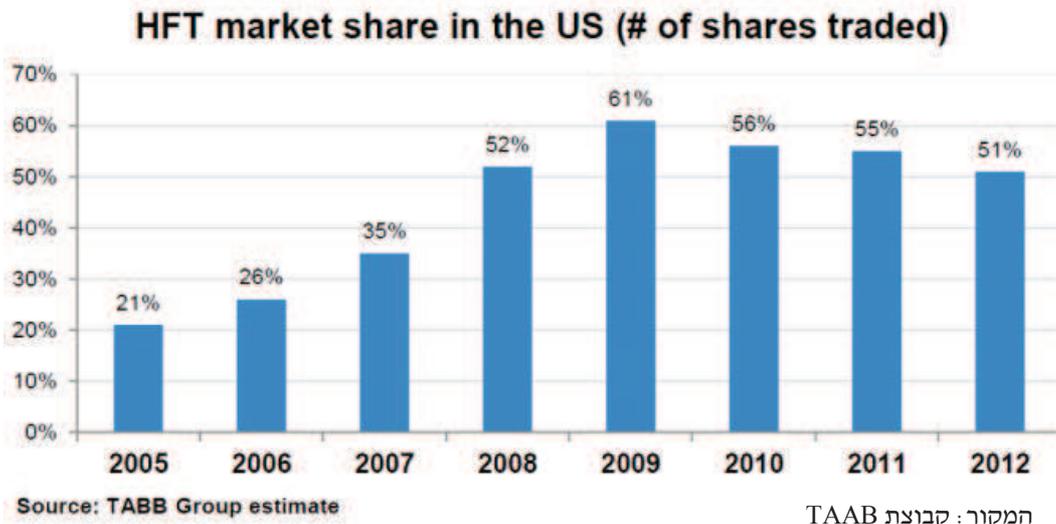
איור 1: התרסקות מדד הדאו-ג'ונס בתקרית ה- "Flash Crash" במהלך יום המסחר ה-6 למאי 2010



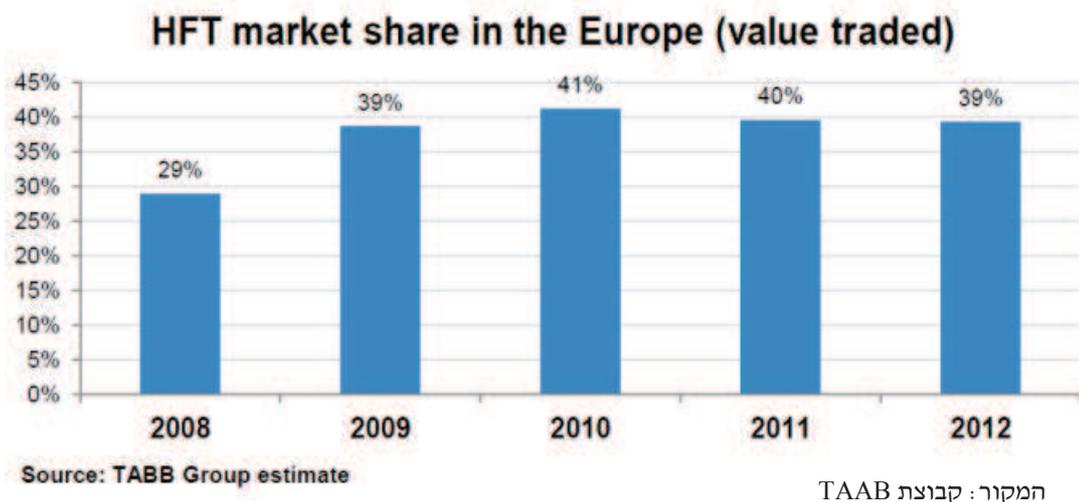
איור 2: נפילת מניית קבוצת Knight Capital באוגוסט 2012



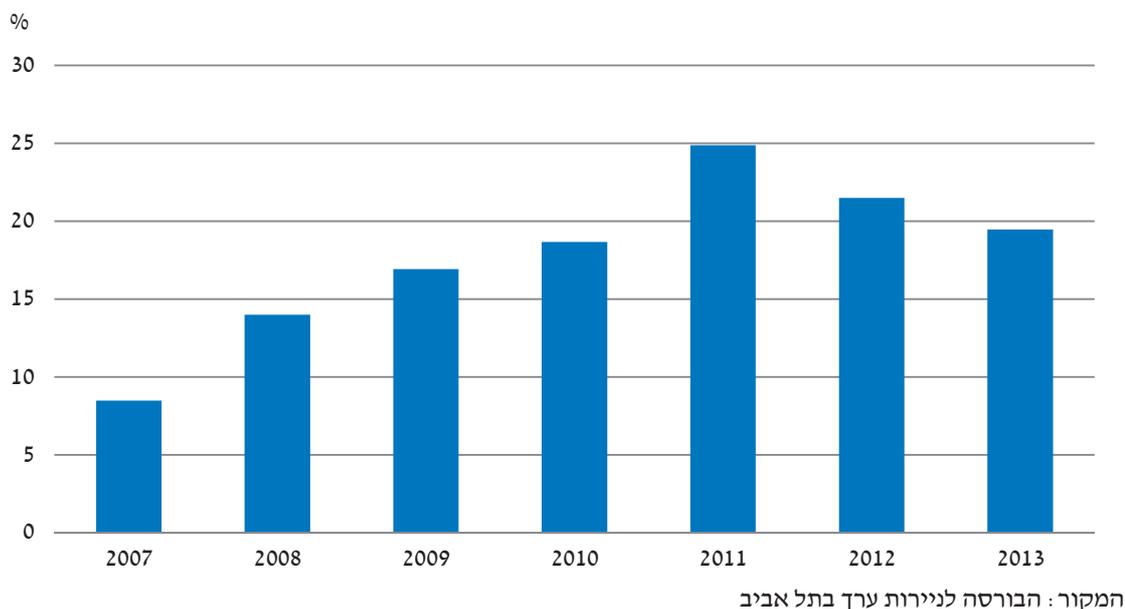
איור 3א: חלקם של סוחרי התדירות הגבוהה בסך מחזור המסחר בארצות הברית
2005-2012



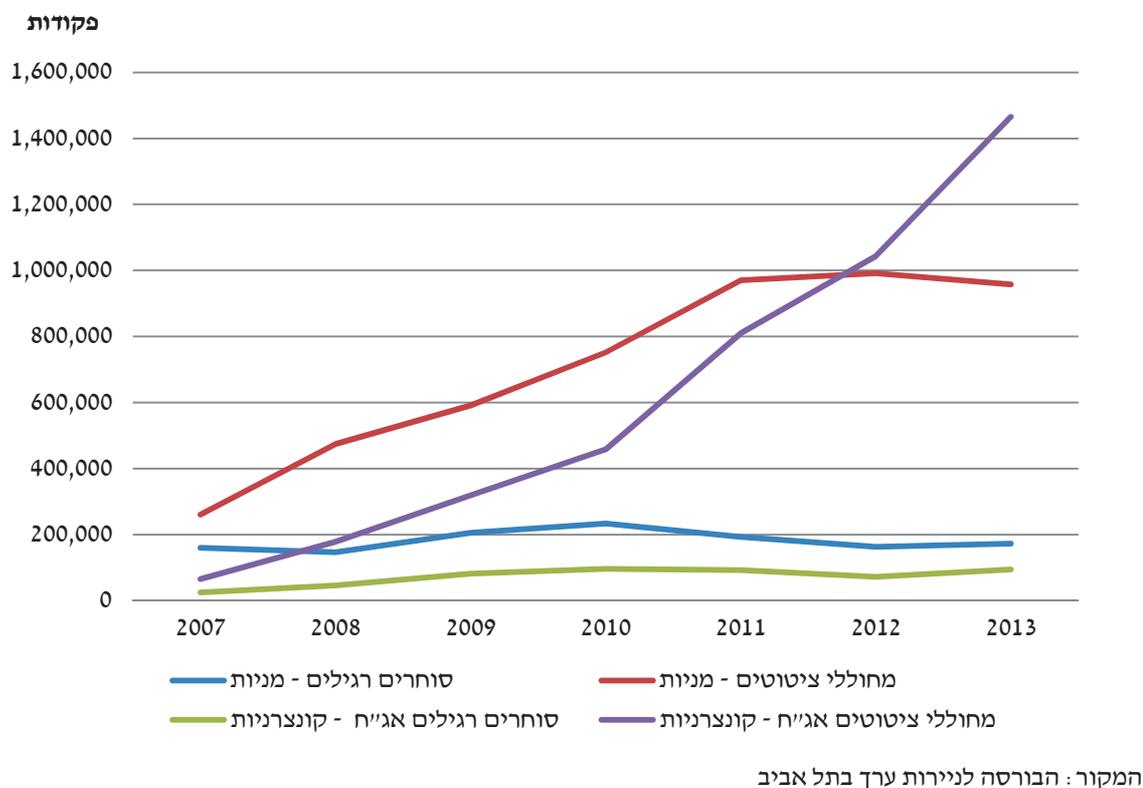
איור 3ב: חלקם של סוחרי התדירות הגבוהה בסך מחזור המסחר באירופה
2008-2012



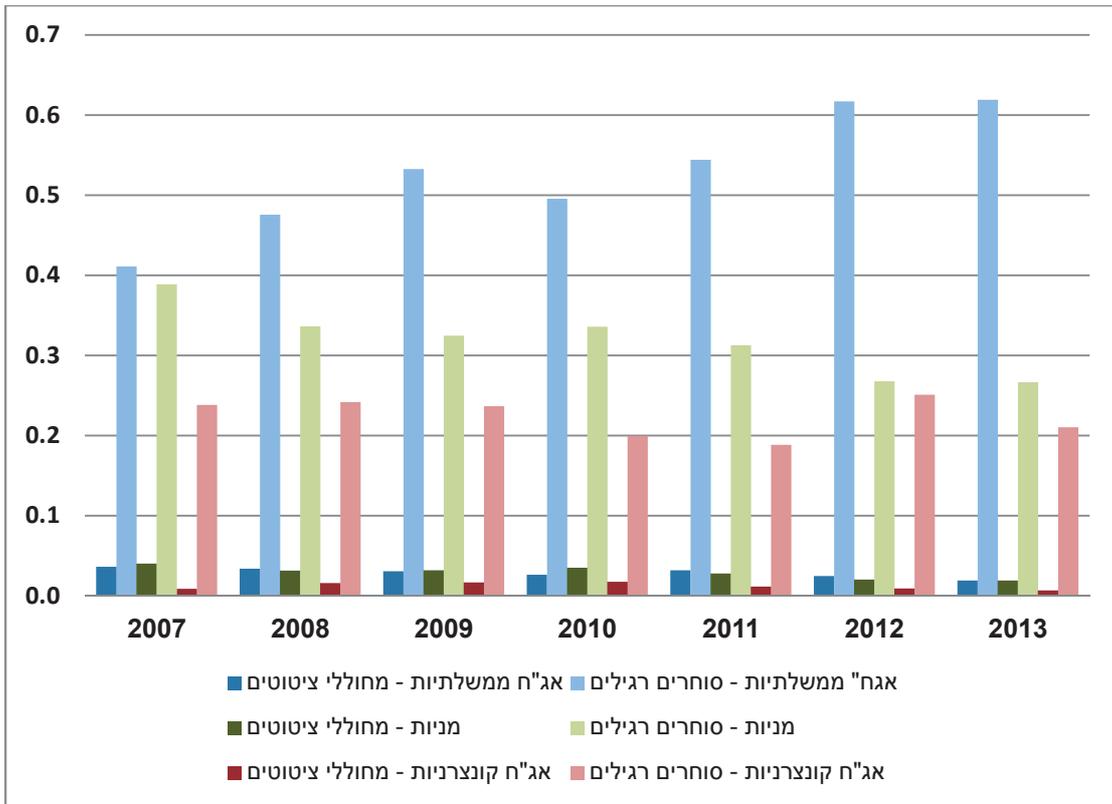
איור 4: חלקם של מחוללי הציטוטים בסך מחזור המסחר באיגרות חוב קונצרניות בישראל 2007-2013



איור 5: מספר הפקודות שהוגשו במניות ואגרות חוב קונצרניות – השוואה לפי סוג הסוחרים 2007-2013

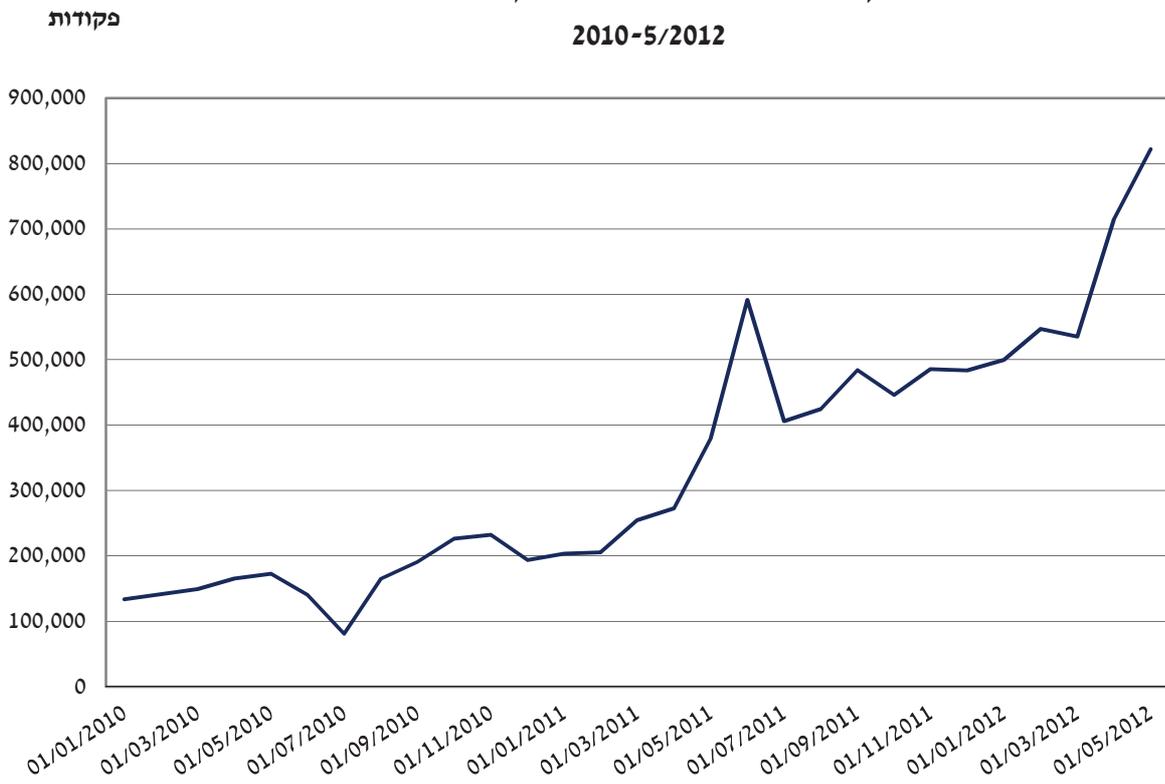


איור 6: חלקן של הפקודות שבוצעו בסך הפקודות שהוגשו על ידי מחוללי ציטוטים וסוחרים רגילים, במכשירי השקעה שונים, 2007-2013



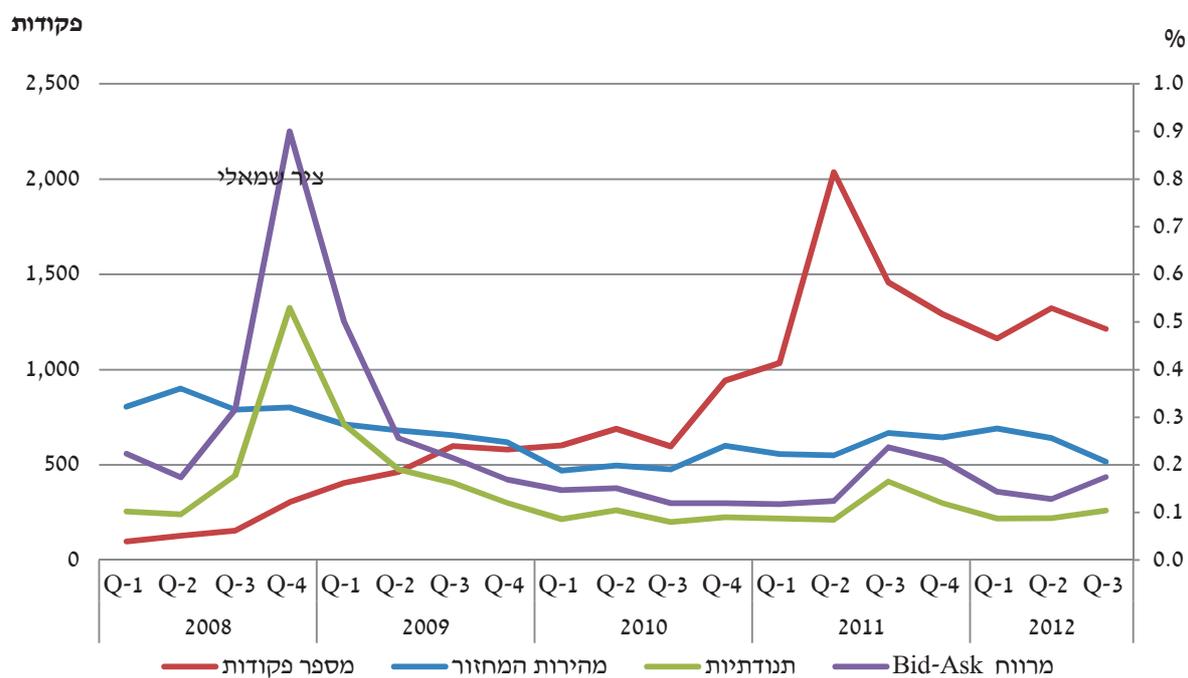
המקור: הבורסה לניירות ערך בתל אביב

איור 7: סך הציטוטים באיגרות החוב הקונצרניות בישראל 2010-5/2012



איור 8: מספר הפקודות ומדדי הנזילות

נתונים רבעוניים, 2008-III/2012



לוח 1: מספר הפקודות ומדדי נזילות שונים
 איגרות חוב הכלולות במדד תל-בונד 20
 ינואר 2008 עד ספטמבר 2012

מירווח Bid-Ask (אחוזים)	מהירות המחזור (אחוזים)	גודל העסקה (ערך נקוב)	התנודתיות (אחוזים)	מספר העסקאות הממוצע לשעת מסחר	מספר הפקודות	הרביע
0.22	0.32	98,032	0.10	7	99	I/ 2008
0.17	0.36	81,123	0.10	12	128	II/2008
0.32	0.32	64,445	0.18	15	155	III/2008
0.90	0.32	58,665	0.53	16	304	IV/ 2008
0.5	0.28	41,289	0.28	17	405	I/ 2009
0.26	0.27	32,141	0.19	25	463	II/2009
0.21	0.26	29,740	0.16	25	598	III/ 2009
0.17	0.25	29,653	0.12	26	581	IV/ 2009
0.15	0.19	29,943	0.09	18	602	I/ 2010
0.15	0.20	29,384	0.10	20	689	II/ 2010
0.12	0.19	29,895	0.08	17	598	III/ 2010
0.12	0.24	31,693	0.09	21	943	IV/ 2010
0.12	0.22	33,563	0.09	19	1,035	I/ 2011
0.12	0.22	34,978	0.09	18	2,036	II/ 2011
0.24	0.27	35,559	0.16	23	1,459	III/ 2011
0.21	0.26	40,310	0.12	22	1,290	IV/ 2011
0.14	0.28	38,370	0.09	24	1,163	I/ 2012
0.13	0.26	35,324	0.09	25	1,323	II/ 2012
0.17	0.21	33,862	0.10	20	1,213	III/ 2012