

הערכת סיכון חדלות הפירעון של חברות בישראל באמצעות מודל מבני

אנה ססי - ברודסקי*

סדרת מאמרים לדיון 2011.13
נובמבר 2011

בנק ישראל, <http://www.boi.org.il>

* חטיבת המחקר, אנה ססי ברודסקי – ana.brodesky@boi.org.il, טלפון – 02-6552609
מחקר זה הוגש במסגרת עבודת התזה לבית הספר למנהל עסקים של האוניברסיטה העברית,
בהנחייתו של פרופ' דן גלאי.

הדעות המובעות במאמר זה אינן משקפות בהכרח את עמדת בנק ישראל

הערכת סיכון חדלות הפירעון של חברות בישראל באמצעות מודל מבני

אנה ססי - ברודסקי

תקציר

מטרתו של מחקר זה הינה לאמוד את ההסתברויות לחדלות פירעון של חברות ולבחון באיזו מידה הסיכון לחדלות פירעון מסביר את מחירי השוק של אג"ח הנסחרות בבורסה. המאמר בוחן שאלות אלו במסגרת המודל שהציע Merton לתמחור חוב סחיר והוא מיושם על מספר רב של חברות שמניותיהן נסחרו בבורסה בת"א בשנים 2004-2010. חברות אלה מוצלבות עם מאגר הכולל את כל החברות אשר נכנסו במשבר הפיננסי שהחל בשנת 2008 לתהליך של הסדר חוב. מהתוצאות עולה כי המודל אכן מספק יכולת לזהות חברות בעייתיות תקופה מראש, אולם תוך טעויות לא מבוטלות בזיהוי. כמו כן עולה מהמחקר כי סיכון חדלות הפירעון מסביר רק חלק קטן מאד מהמרווח הנצפה בשוק על מחיר ה-אג"ח הקונצרניות, בעוד שסיכוני שוק אחרים לצד הנחות ביחס לעלויות פשיטת רגל יכולים לתרום ליכולת ההסבר.

Assessing default risk of Israeli companies using a structural model

Ana Sasi-Brodesky*

Abstract

The goal of this research is to estimate the probability of default by companies, and to examine the extent to which the default risk explains market prices of Tel Aviv Stock Exchange (TASE)-traded bonds. The paper examines these issues within the framework of the model proposed by Merton for pricing tradable debt securities, implemented on a large number of companies whose equities traded on the TASE between 2004 and 2010. These companies are matched against a database which includes all the companies that entered a debt restructuring process during the course of the financial crisis starting in 2008. The results show that the model does in fact provide the ability to predict which companies would encounter distress, though with notable errors in identification. The research also shows that default risk explains only a very small part of the corporate bond price spread observed in the market—whiles other market risks, along with assumptions about the costs of bankruptcy, can contribute to explaining these spreads.

* This research is part of a thesis submitted to the Jerusalem School of Business Management, the Hebrew University of Jerusalem, under the supervision of Professor Dan Galai.
The views expressed in this paper are not necessarily those of the Bank of Israel.

1. מבוא

במחקר זה נבדקת יכולתו של המודל שהציע Merton (1974) לאמוד את ההסתברויות לחדלות פירעון של חברות ציבוריות, וכן לבחון באיזו מידה הסתברויות אלו מסבירות את מחירי החוב הסחיר של החברות. המודל מיושם על מסד נתונים הכולל חברות שמניותיהן נסחרו בבורסה בת"א במהלך 2005-2010 והצלבתו עם אירועים של חדלות פירעון/הסדר חוב של חברות בתקופה זו.

מהתוצאות עולה כי בעזרת הסתברויות לחדלות פירעון הנגזרות מהמודל עבור חברות ישראליות, ניתן להצביע על חברות בעייתיות שנתקלו בקשיים במהלך המשבר האחרון כבר בשנת 2006 (שנתיים-שלוש טרם האירוע עצמו), אולם תוך טעויות לא מבוטלות בזיהוי.

בהסתמך על סיכון חדלות הפירעון של חברות ציבוריות, מציע מודל Merton מסגרת תיאורטית להעריך את שווי השוק של החוב של חברה. על כן נבדק במחקר הקשר בין מרווחי המחירים התיאורטיים הנגזרים מהמודל לבין מחירי האג"ח הנצפים בשוק. בדומה לתוצאות שהתקבלו במחקרים קודמים, המרווחים התיאורטיים המתקבלים קטנים באופן משמעותי מהמרווחים הנצפים בשוק, גם כאשר מניחים את קיומן של עלויות פשיטת רגל. לשם כך נבדקה ההשפעה של הוספת גורמי סיכון אחרים מלבד סיכון חדלות הפירעון על המרווחים של אג"ח בישראל.

המאמר מחולק באופן הבא: החלק השני סוקר את הספרות הרלוונטית, החלק השלישי מתאר בפירוט את מודל Merton ואופן יישומו במחקר. החלק הרביעי מתאר את מסד הנתונים ששימש למחקר. החלק החמישי מציג את מדדי הסיכון המתקבלים מהמודל והיכולת שלהם לחזות אירועים של חדלות פירעון עבור חברות ישראליות. החלק השישי מציג את מחיר החוב התיאורטי הנגזר מהמודל והקשר בינו לבין מחירי האג"ח הנצפים בשוק. החלק השביעי מסכם.

2. סקירת ספרות

הערכת סיכון פשיטת הרגל של חברה, והשפעתו על מחיר החוב שלה, נדון בהרחבה בספרות המחקרית. אחד המודלים המקובלים בעולם לחיזוי פשיטות רגל של חברות הוא מודל Z-Score של אלטמן (1968) המבוסס על מדדי סיכון מאזניים והסתברויות היסטוריות לפשיטת רגל. זילברמן חכמון, קהן וגור-גרשגורן (2010) מוצאים כי המדד המקורי של אלטמן לא מצליח לנבא חדלות פירעון עבור החברות הישראליות בתקופה 2007-2010. לאחר התאמת המקדמים של המדד לשוק הישראלי הם מקבלים תוצאות טובות יותר בהפרדת החברות שנכנסו להסדר משאר החברות כשנה לפני אירוע הכשל, בעוד שתוצאות המודל בתקופה של רבעון לפני האירוע טובות פחות. מודלים אחרים מסתמכים על מחירים משוק האג"ח כדי לחזות פשיטות רגל; במודלים אלו המרווח בין התשואה על אג"ח קונצרני לבין תשואת אג"ח ממשלתית אמור לייצג את ההפסד הצפוי מפשיטת רגל למחזיק האג"ח. אולם מחקרים אמפיריים הראו כי סיכון פשיטת הרגל, בין אם תיאורטי ובין אם היסטורי, מסביר רק חלק קטן מהמרווחים הנצפים בפועל (Collin-Dufresne, Goldstein & Elton et Al (2001), Martin (2001)).

Merton (1974) הציע מסגרת מבנית (להבדיל ממודל אלטמן למשל, שאינו נשען על מודל מתחום מימון החברה אלא מציע משתנים אשר מבדיקה אמפירית עולה שקיים מתאם ביניהם לבין היכולת לחזות חדלות פירעון) כדי להעריך ולתמחר את סיכון פשיטת הרגל של חברה וההפסד הצפוי לבעלי החוב, הנשען על הבסיס התיאורטי של תורת האופציות. כפי שיפורט בהמשך, Black and Scholes (1973) ו-Merton (1973) הצביעו על הדמיון שבין ההתחייבויות של חברה כלפי בעלי החוב והמניות שלה, לבין החזקה של אופציות על נכסי החברה.

Tudela & Young (2003) מיישמים גרסה מורחבת של מודל Merton – שבה חדלות פירעון יכולה להתרחש בכל שלב במהלך חיי החוב, ולא רק במועד פדיון החוב כפי שמתואר במודל המקורי – על חברות לא פיננסיות בבריטניה בתקופה 1990-2001 ומגיעים למסקנה כי המודל מאפשר להבחין בצורה טובה בין חברות שנכנסו לחדלות פירעון שנה לפני האירוע לבין חברות שלא, עם טעויות קטנות יחסית בסיווג של חברות לקבוצה ההפוכה. Delianedis & Geske (2003) מיישמים את המודל עם הרחבה שהציע Geske (1977) המאפשרת לתמחר אג"ח המשלמת קופונים, ולא רק חוב מסוג zero-coupon, על מדגם של בין 600 ל-1000 חברות בתקופה 1988-1999 בארה"ב ומראים כי במדדי הסיכון המתקבלים מהמודל יש אינפורמציה משמעותית לחיזוי שינויי דירוג של החברה המנפיקה. חברת Moody's KMV (מכאן ואילך MKMV), אחת מחברות הדירוג הגדולות בעולם, אימצה את המסגרת התיאורטית של המודל כדי לחשב הסתברויות של חברות לפשיטות רגל והפסדים צפויים (Crosbie and Bohn (2003)).

כאמור, כיוון שהמודל מעריך את ההפסד הצפוי לבעלי האג"ח כתוצאה מסיכון חדלות הפירעון של החברה, ניתן לגזור ממנו את מחיר החוב המשקף סיכון זה. מחקרים רבים עסקו בשאלה האם התמחר שמשפך המודל לאג"ח קונצרניות דומה למחירים הקיימים בשוק. בנושא זה קיימת הסכמה רחבה כי במסגרת הפשוטה של המודל, תחזיותיו למרווחים של האג"ח הקונצרניות (פער התשואה מול ריבית חסרת סיכון) נמוכים במידה משמעותית מהנצפה בפועל (Jones, Mason and Rosenfeld (1984), Kim, Ramaswamy and Sundaresan (1993)). תוצאה זו אינה ייחודית למודל המבני: גם שימוש בהסתברויות ובהפסדים היסטוריים כתוצאה מפשיטות רגל (Elton et al (2001)) הוביל למסקנה שסיכון חדלות הפירעון לבדו מסביר פחות מחמישית מהמרווחים הנצפים על אג"ח בשוק. הניסיונות להתמודד עם תוצאה זו מתחלקים לשניים: הרחבת מודל Merton כך שיעריך הפסדים גדולים יותר לבעלי החוב, למשל, ע"י התחשבות במבנה המורכב של החוב Geske (1977), הוספת סיכון ריבית (Kim, Ramaswamy & Sundaresan 1993) או הוספת משתנים אנדוגניים שנפתרים בתוך המודל – כגון בחירת מבנה החוב של החברה וההחלטה על פשיטת רגל (Leland and Toft 1996). לחילופין, במקום לנסות ולהגדיל את המרווחים הנגזרים מהמודל, ישנם מחקרים המסכימים כי סיכון חדלות הפירעון לא יכול להסביר באופן מלא את המרווחים בפועל, וטוענים כי חלק מסוים מהמרווח מוסבר ע"י סיכונים אחרים שיש למחזיקי האג"ח – עלויות פשיטת רגל, מיסים או מחסור בנזילות (Delianedis and Geske (2001)).

3. המודל המבני (Merton Model) להערכת סיכוני אשראי של חברות ציבוריות

3.1. רקע

תחת המודל שהציע Merton (1974) מתואר מבנה פשוט של חברה ששווי השוק של נכסיה מסתכם לשווי השוק של מניותיה (S) ושווי השוק של החוב שלה (D), תחת ההנחה כי כל החוב נפדה בעוד T תקופות והחוב אינו משלם קופונים:

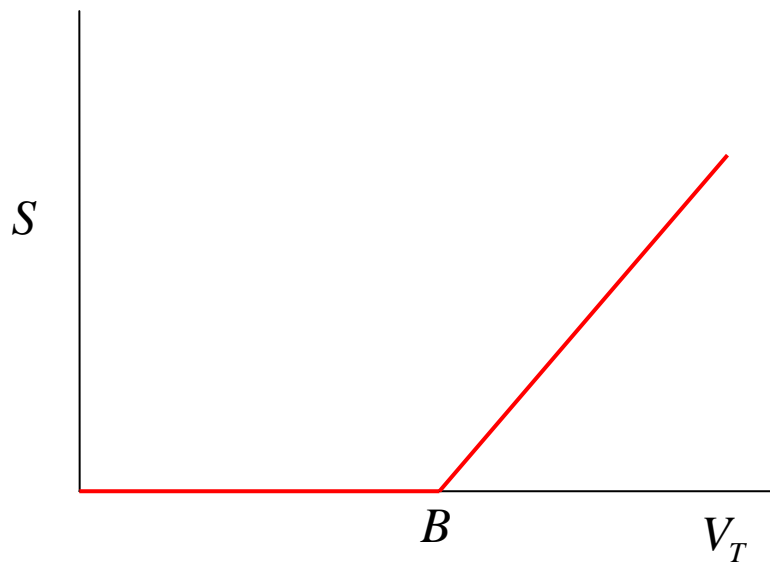
$$V = S + D \quad (1)$$

סיכון פשיטת הרגל נובע מכך שהנכסים של החברה, V, נתונים לתהליך סטוכסטי. תהליך זה מתואר במודל ע"י הליכת אקראי (random walk), בדומה להתפלגות בה מתוארת התשואה על המניות במסגרת המודל של Black and Scholes (מכאן ואילך B&S):

$$\frac{dV}{V} = \mu dt + \sigma_V \varepsilon \sqrt{dt} \quad \varepsilon \sim N(0,1) \quad (2)$$

היות ושווי נכסי החברה בעתיד נתון לאי ודאות, יכולת החזר החוב של החברה בזמן T אינה מובטחת. הבעלות על מניות החברה מבחינת התקבולים זהה להחזקה של אופציית רכש על נכסי החברה עם מחיר מימוש (strike price) השווה להתחייבויות הנקובות של החברה, B.

תרשים 1 – התשלום לבעלי המניות



במידה ובמועד החזר החוב שווי נכסי החברה נמוך מהתחייבויות החוב ($V_T < B$), אזי בעלי המניות לא מקבלים מאום, וכל נכסי החברה עוברים לבעלי החוב. אם לעומת זאת לחברה יש מספיק נכסים כדי לעמוד בהתחייבויותיה ($V_T > B$), הרי שבעלי המניות מקבלים את יתרת

הנכסים לאחר תשלום החוב, והחברה מתפרקת. מכאן שתשלום בעלי המניות בזמן T הוא $\max(V_T - B, 0)$. בעולם שבו:

- א. שווקי ההון משוכללים – אין עלויות עסקה ומיסים ולכל הפרטים יש גישה חופשית לכל האינפורמציה הקיימת.
- ב. אין עלויות המתלוות לאירוע פשיטת רגל מלבד הירידה בשווי הנכסים של החברה.
- ג. כל הפרטים יכולים ללוות ולמכור בחסר ללא הגבלות.

ניתן להשתמש בנוסחת התמחור של B&S על מנת לתאר בכל רגע נתון את הקשר בין שווי השוק של החברה, שווי השוק של נכסיה וסטיית התקן של הנכסים באופן הבא:

$$^1 S = VN(d_1) - Be^{-r_{f,T}T} N(d_2) \quad (3)$$

$$d_1 = \frac{\ln(V/B) + (r_{f,T} + \frac{1}{2}\sigma_V^2)T}{\sigma_V\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_V\sqrt{T}$$

אחד הפרמטרים המרכזיים המשפיעים על תוצאת המודל ועל חישוב V הוא בחירת B. במודל Merton ערך זה שווה לסך ההתחייבויות הנקובות של החברה, שאינן משלמות קופונים ונפדות במועד יחיד T. כיוון שבפועל למרבית החברות יש מבנה חוב שכולל תשלומי קופונים וכן החוב מחולק בין נושים שונים ובעלי טווחים שונים לפדיון נדרשת התאמה בין המודל לבין המציאות. בנוסף, כיוון שחברות רבות משלמות קופונים, חדלות פירעון יכולה להתרחש לפני T כאשר החברה אינה מסוגלת לעמוד בתשלומי הקופון הקרוב. במקרים אחרים, בעלי החוב יוזמים השתלטות על החברה כאשר הם חוששים כי נכסי החברה אינם מספיקים להחזר החוב, וכי סיכויי החברה להגדיל את נכסיה במידה מספקת עד למועד הפדיון נמוכים. בחברת MKMV טוענים כי על סמך תצפיות אמפיריות, הערך המתאים ביותר ל-B במודל כאשר מחפשים הסתברויות לפשיטת רגל הוא סך ההתחייבויות השוטפות ומחצית מההתחייבויות ארוכות הטווח של החברה ותשלומי הריבית הצפויים. בנוסף, MKMV אינם מסתכלים על מועד הפדיון של החוב אלא מחשבים את ההסתברויות הנגזרות מהמודל לשורה של טווחים – שנה, שנתיים וכו'. במחקרים אחרים המתבססים על המודל המבני הערך של B נקבע אנדוגנית כחלק מהפתרון של המודל. Geske (1977) הציע לאפיין את תשלומי הקופונים על החוב ואת ריבוי מועדי החזר כאופציות מורכבות (Compound options). אולם, Geske & Delianedis (2003) מוצאים כי הסתברויות חדלות הפירעון שמניב המודל המקורי הפשוט שבו יש רק חוב ללא קופונים עם מועד פדיון יחיד,

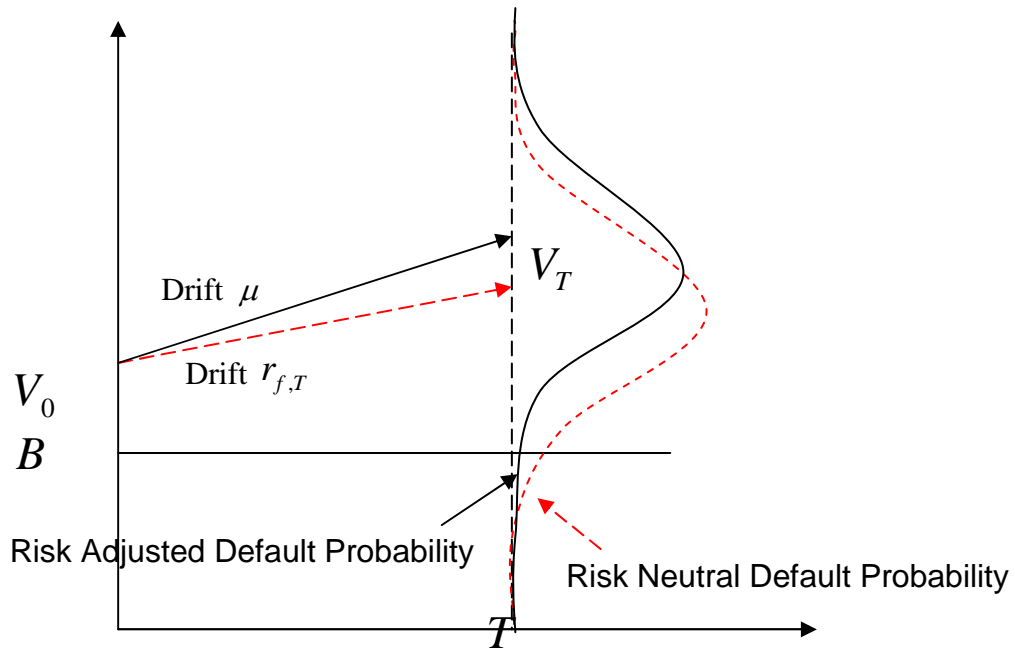
¹ $N(\cdot)$ מסמלת את פונקציית ההסתברות המצטברת של ההתפלגות הנורמאלית הסטנדרטית.

לבין המודל של Geske (1977) המאפשר מספר מועדי פדיון אינן שונות מהותיות, וכי שני המודלים אינם נבדלים ביכולתם להפריד בין חברות "בטוחות" לחברות "בעייתיות".

3.2. ההסתברות לחדלות פירעון

לנכסי החברה יש תשואה ממוצעת של μ (בעולם עם שנאת סיכון $\mu > r_f$) ותשואה זו מתפלגת נורמאלית. כלומר, נכסי החברה, V , מתפלגים לוג-נורמאלית. התרשים הבא ממחיש את ההתפלגות של נכסי החברה האפשריים בזמן T :

תרשים 2 – התפלגות נכסי החברה בזמן T



התשואה על הנכסים, μ , איננה ידועה. ישנן שיטות בספרות המנסות לחשב תשואה זו. למשל, MKMV אומדים את סדרת נכסי החברה - V - ואת התשואה וסטיית התקן של הנכסים באופן סימולטני. במחקר זה נסתכל על ההתפלגות חסרת הסיכון של V , כלומר ההתפלגות תחת ההנחה שתוחלת התשואה על הנכסים היא $r_{f,r}$, המסומנת בתרשים 2 בקו מקוטע. ההסתברות זו המכונה ההסתברות הניטרלית לסיכון (Risk Neutral Default Probability - RNDP) שווה ל- $1 - N(d_2) = N(-d_2)$, כאשר d_2 לקוח ממשוואה (3) לעיל. כדי לקבל את ההסתברות האמיתית לפשיטת רגל יש להחליף את הנחת התשואה בגובה ריבית חסרת סיכון בתשואה האמיתית על הנכסים. כלומר, הסברות חדלות הפירעון בעולם המותאם לסיכון תהייה

$$N(-d_2^\mu) = N\left(-\frac{\ln(V/B) + (\mu - \frac{1}{2}\sigma_V^2)T}{\sigma_V\sqrt{T}}\right) \quad (4)$$

בעולם ה"אמיתי" המותאם לסיכון, RNDP יהווה תמיד חסם עליון להסתברות הממשית לחדלות פירעון, אולם (Delianedis & Geske (2003) מראים כי יש בה אינפורמציה רלוונטית לחיזוי שינויים עתידיים בסיכון האשראי של החברה (שינויי דירוג ופשיטות רגל). בפרט כאשר משווים חברות בעלות מאפיינים דומים ומענפי תעשייה זהים, בהן סביר להניח שהתשואה על הנכסים דומה, RNDP גבוה יותר יתאים לחברה בעלת הסתברות לחדלות פירעון גבוהה יותר. כמו כן, גם RNDP וגם ההסתברות האמיתית לפשיטת רגל מגיבים באופן זהה לשינויים במאפייני החברה – שניהם יגדלו יחד עם עלייה בסטיית התקן של הנכסים או עלייה בהתחייבויות, ויקטנו עם עלייה בנכסי החברה או עלייה בריבית חסרת הסיכון.

במידה וכל החוב של החברה נסחר בשוק ו-D ידוע, אזי ניתן לחשב את V מתוך משוואה (1) ואת σ_V ניתן לגזור מתוך משוואה (3). אחרת, יש צורך במשוואה נוספת על מנת להעריך את V ו- σ_V ולחלץ את ה-RNDP. החישוב במחקר זה נעשה בעזרת משוואת עזר הקושרת בין סטיית התקן של הנכסים לבין סטיית התקן של המניות הלקוחה מתורת האופציות:

$$\sigma_S = \frac{\partial S}{\partial V} \frac{V}{S} \sigma_V = N(d_1) \frac{V}{S} \sigma_V \quad (5)$$

MKMV טוענים כי בפועל, ההנחה כי אירועי חדלות פירעון של חברות מתפלגת נורמאלית הינה מרחיקת לכת, ובפרט, בנתונים היסטוריים ניתן לראות שההתפלגות של חברות שנכנסו להסדר חוב הינה בעלת זנב ארוך מהמתבקש עפ"י ההתפלגות הנורמאלית. על כן, לאחר חישוב הסתברות פשיטת הרגל הנגזרת מהמודל ממפים MKMV את ההסתברות הזו למאגר של פשיטות רגל היסטוריות שבידיהם כדי לחשב את ההסתברות האמיתית (Crosbie and Bohn (2003)), כאשר לטענתם מיפוי זה הינו חד-חד ערכי – כלומר בהסתברות פשיטת הרגל הנגזרת מהמודל, יש אינפורמציה מלאה לגבי הסיכון של החברה, ולא נדרשת התאמה לענף, גודל חברה או שיוכה הגיאוגרפי.

4. בסיס הנתונים

בסיס הנתונים המשמש לבדיקת המודל במחקר זה כולל 277 חברות ציבוריות שמניותיהן נסחרו בבורסה בת"א בתקופה ינואר 2004 עד יולי 2010 (ונתוני המאזן שלהן מופיעים במערכת דוכס עד שנת 2008 או מגנא לאחר מכן, ללא חברות מענף הבנקאות והביטוח)², אחרי סינון עקב

² בנוסף, הנתונים החשבונאיים אינם כוללים חברות דואליות מאז המעבר לתקינה בינ"ל, כלומר, ברבעון האחרון של 2007 או בתחילת 2008.

סחירות נמוכה מדי במניות. שנת 2004 שימשה לחישוב סטיית התקן של המניה בלבד, ולא לשם הבדיקות והגרסיות שנבחנו בהמשך אשר נעשו על התקופה ינואר 2005 עד יולי 2010. במדגם אין חברות שנכנסו להסדר חוב לפני שנת 2008. כדי לאמוד את המודל אמנם אין צורך בנתוני אג"ח, אולם כיוון שמאגר פשיטות הרגל/הסדר מתייחס רק לחברות בעלות אג"ח, כלל המדגם הוגבל בהתאם.

נתוני החוב של החברה נלקחים מפרסומי הדוחות הרבעוניים והשנתיים שלה. סך החוב, B, שווה לסך ההתחייבויות השוטפות והלא שוטפות של החברה, בהתאם למודל Merton המקורי. הזמן לפדיון T שווה ל-MacCauley המחושב מנתוני ההתחייבויות השוטפות והלא שוטפות תחת ההנחה כי ההתחייבויות השוטפות יפדו בעוד חצי שנה (אמצע התקופה אליהן מתייחסות ההתחייבויות השוטפות) וההתחייבויות הלא שוטפות בעוד 4 שנים. חישוב זה מאפשר להבדיל בין חברה בעלת התחייבויות שוטפות גבוהות ומעט התחייבויות ארוכות טווח, מה שהופך אותה ל"מסוכנת יותר" בטווח הקצר בהשוואה לחברה בעלת סך התחייבויות זהה אך כך שחלק גדול יותר מההתחייבויות הן ארוכות טווח. בחירת מועד הפדיון של ההתחייבויות ארוכות הטווח להיות שווה 4 שנים היא במידה רבה שרירותית, כיוון שאין בידי נתונים לגבי מועד הפדיון של חוב שאינו סחיר. עם זאת, נעשתה בדיקה כדי לראות עד כמה להחלטה זו יש השפעה על התוצאות ונבדקו האפשרויות לקבוע את פדיון ההתחייבויות ארוכות הטווח לשלוש, חמש ולעשר שנים. הגם שהחלטה זו משפיעה על ההסתברויות לחדלות פירעון המתקבלות מהמודל (מודגם בתרשים בהמשך), היא אינה משפיעה על מידת ההצלחה להפריד בין חברות בעייתיות לחברות יציבות – הטעויות בזיהוי נותרות באותו סדר הגודל. כמו כן, ככל שבוחרים בטווח לפדיון ארוך יותר מתקבלים מרווחים תיאורטיים גדולים יותר על החוב. יחד עם זאת, יכולת ההסבר שלהם ביחס למרווחים בפועל נותרת נמוכה (ראה טבלאות 5א ו-5ב בהמשך).

מנתוני המסחר בבורסה מחושב שווי השוק של מניות החברה וסטיית התקן σ_S השנתית מחושבת במסגרת מודל של Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) עם מקדם דעיכה של 0.88. במודל זה, אמידת סטיית התקן מתבססת על התשואות השבועיות של כל מניה החל מינואר 2004, כאשר משקלה של תצפית ישנה יותר של התשואה דועך בחישוב סטיית התקן באופן מעריכי. בחישוב זה מובלעת ההנחה כי תוחלת התשואות היא אפס. מקדם הדעיכה נאמד בשיטת הנראות המקסימאלית על התשואה השבועית של מדד ת"א 25 בתקופה ינואר 2004 - יולי 2010³, בהתאם לתקופת המדגם, ושימש לחישוב סטיית התקן של כל החברות במדגם:

$$\sigma_{S,t}^2 = \lambda \sigma_{S,t-1}^2 + (1 - \lambda) u_{S,t-1}^2 \quad (6)$$

$$\lambda = 0.88$$

כאשר σ_S זו סטיית התקן של המניות ו- u_S זו התשואה

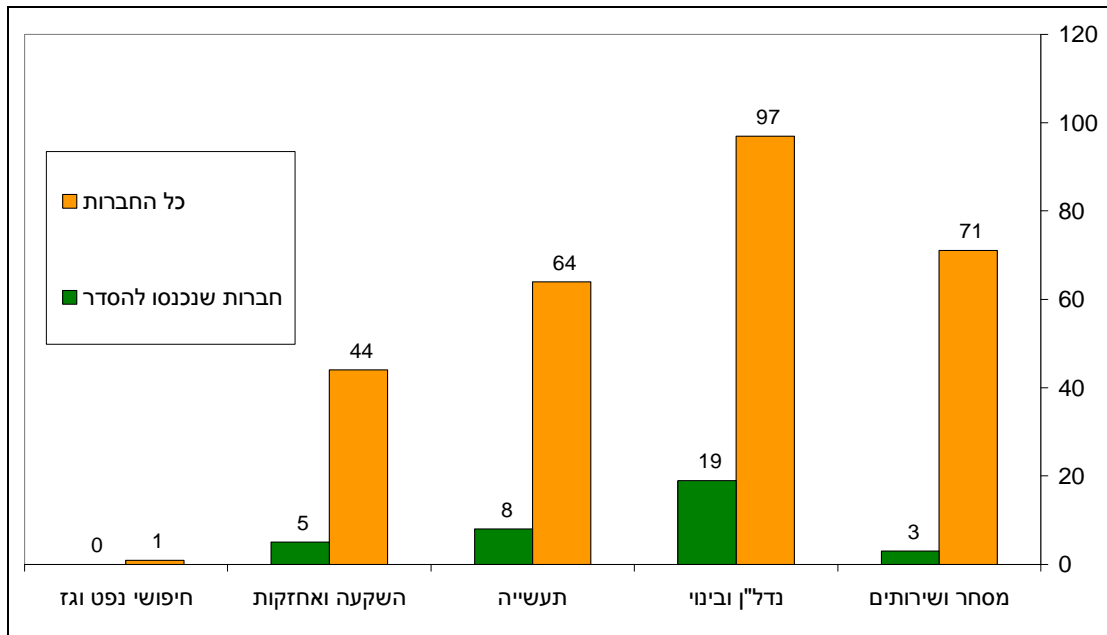
³ להסבר נוסף על שיטות לאמידת סטיית תקן ראו: "Options, Futures and other derivatives", Chapter 15, Hull, J. C.

להבדיל, MKMV לוקחים סטיית תקן שבועית המבוססת על תצפיות של שלוש שנים אחרונות עבור חברות באירופה ובארה"ב, וחמש שנים של תצפיות חודשיות עבור חברות באזורים גיאוגרפיים אחרים. חישוב סטיית התקן במודל EWMA מאפשר לתת משקל גבוה יותר להתפתחויות האחרונות בשוק המניות ומאפשר לגזור את ציפיות המשקיעים המעודכנות ביותר, בעוד שחישוב היסטורי כפי שעושים MKMV נותן משקל גבוה יותר לביצועים ארוכי הטווח של החברה. בהמשך, ניתן יהיה לראות בתוצאות כי מחיר האג"ח בשוק אכן מושפע במידה רבה מאד מההתרחשויות בשוק המניות ומגיב לשינויים בסיכון בשוק זה. הריבית חסרת הסיכון נלקחת מעקום האפס המחושב במערכת המוניטארית בבנק ישראל.

מספר החברות שהצהירו על קושי לעמוד בהתחייבויותיהן ונכנסו בעקבות זאת למו"מ מול בעלי האג"ח מתוך בסיס הנתונים של המחקר, כולל נכון ליולי 2010, 35 חברות⁴. תאריך הכניסה להסדר נבחר כמוקדם מבין: התאריך הראשון שבו פרסמה החברה על רצונה במו"מ מול בעלי האג"ח, מינוי נציגות של בעלי האג"ח לשם מו"מ, דרישה של בעלי האג"ח על העמדת החוב לפירעון מיידי, פיגור בתשלומי ריבית או פניית החברה בבקשת צו הקפאת הליכים. מו"מ זה נגמר במרבית המקרים באישור של הסדר מול בעלי האג"ח, ולעיתים בפירוק החברה. מרבית החברות המשיכו לפרסם דוחות חשבונאיים ומנייתן המשיכה להיסחר גם לאחר תחילת המו"מ על הסדר חוב. כדי לאפשר זיהוי של חברות בעייתיות מול חברות יציבות, נתונין של החברות הבעייתיות הוצאו מהמדגם לאחר מועד התחלת המו"מ.

⁴ אחת החברות נופלת כיוון שאין לה מספיק תצפיות. פירוט החברות שנתקלו בקשיים נמצא בנספח 2.

תרשים 3 – התפלגות החברות במדגם



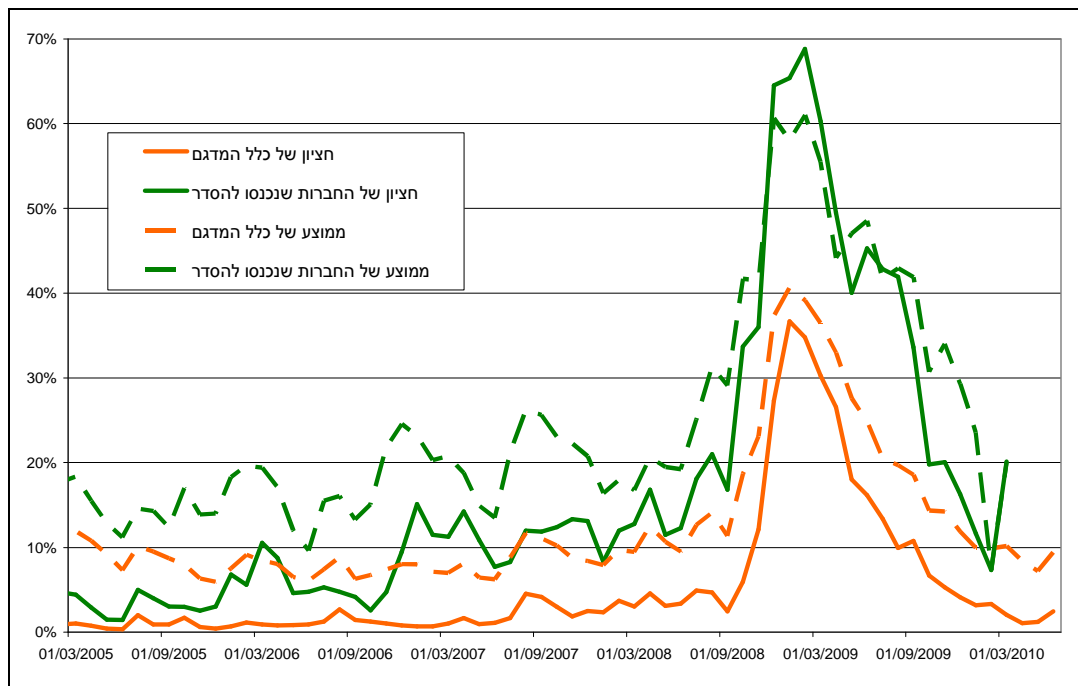
5. יכולת המודל להצביע על חברות שעתידות להיכנס לקשיים בהחזר החוב

בחלק זה בדקתי האם במדדי הסיכון המתקבלים מהמודל קיימת אינפורמציה המעידה על סיכון אשראי גובר, וכמה זמן מראש חל שינוי מספיק משמעותי במדד כדי שניתן יהיה להצביע על בעיה. טבלה 1 מציגה את הסטטיסטיקות הבסיסיות ביחס לתוצאות המודל:

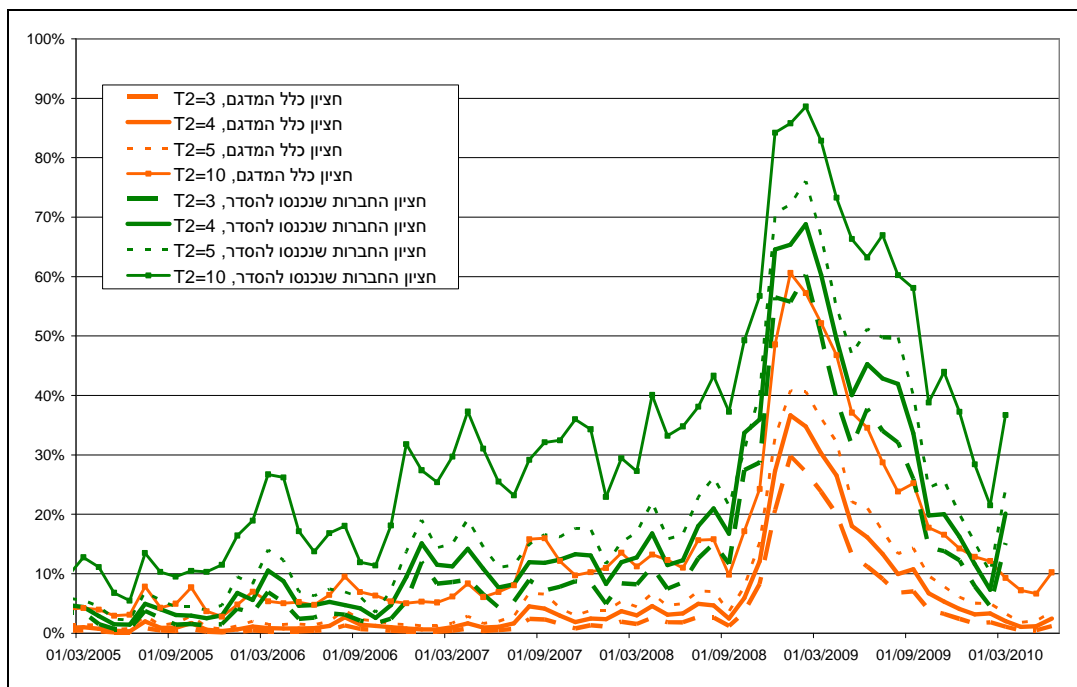
טבלה 1 – סטטיסטיקות בסיסיות של תצפיות המדגם

ממוצע	חציון	סטיית תקן	
3,347	467	9,859	נכסים (מיליוני ש"ח)
0.70	0.68	1.04	מינוף (Be^{-rT} / V)
0.24	0.16	0.38	סטיית תקן בנכסים
12.96%	2.87%	21.36%	RNDP

תרשים 4א – התפתחות החציונים של RNDP על פני זמן



תרשים 4ב – רגישות החציונים של RNDP לקביעת מועד הפדיון של ההתחייבויות ארוכות הטווח



תרשים 4א ותרשים 4ב מציגים את החציונים של RNDP לאורך תקופת המדגם. מספר החברות בקבוצת החברות שנכנסו להסדר יורד באופן עקבי מאוקטובר 2008 (כיוון שמרגע הכניסה להסדר החברה מוצאת מהמדגם), כך שהתצפית האחרונה בתרשים, במרץ 2010, כוללת

למעשה רק שתי חברות. מהתרשימים עולה כי אכן סביב תקופת שיא המשבר עלו מדדי הסיכון בצורה ניכרת. המדדים עלו עבור קבוצת החברות שנכנסו להסדר וגם עבור שאר החברות. כמו כן, פערי הרמות בין שתי הקבוצות התרחבו במהלך המשבר. תרשים 4 מצג את רגישות התוצאות של חישוב ה-RNDP לבחירת הטווח לפדיון של ההתחייבויות ארוכות הטווח כפי שנידון בחלק הקודם של המאמר. ניתן לראות כי הארכת מועד הפדיון מגדילה את ההסתברות לשתי הקבוצות, וקיצורו מביאה להקטנת ההסתברות. יחד עם זאת, קל לראות מהתרשים, והדבר בא לידי ביטוי בבדיקות הסטטיסטיות, כי יכולת ההפרדה של המודל בין שתי הקבוצות אינה מושפעת מבחירת הטווח.

כדי לבדוק האם מצליח המודל להפריד בין חברות שנכנסו לקשיים לכאלה שלא, נבדקות הרמות של RNDP בדצמבר 2006, דצמבר 2007 ודצמבר 2008 כאשר הרוב המוחלט של החברות במדגם הודיעו על הקשיים שלהן במהלך שנת 2009.

נעשה מבחן לא פרמטרי לבדיקת ההשערה שערכי ה-RNDP של החברות שנכנסו לקשיים גבוהים יותר מהערכים המקבילים של החברות שלא נכנסו לקשיים (מבחן Mann-Whitney U)⁵. למדגם כולו מבחן זה יוצא מובהק עבור כל שלוש התקופות – סוף 2006, 2007 ו-2008. מבחן זה הנעשה רק על ענף הנדליין יוצא מובהק רק עבור דצמבר 2007.

טבלה 2 – מבחן Mann - Whitney U

נדל"ן	p-value	כל המדגם		
		p-value	תצפיות (לא נכנסו/נכנסו לקשיים)	
0.18	17/59	0.00	29/189	דצמבר-06
0.09	18/69	0.00	31/214	דצמבר-07
0.18	15/75	0.00	28/230	דצמבר-08

בשלב הבא הורץ מודל logit על המשתנה הבינארי של כניסה לקשיים בהחזר חוב. הרגרסיה הורצה שלוש פעמים, כאשר בכל פעם היה משתנה מסביר אחד – RNDP של החברה בדצמבר 2006, 2007 ו-2008.

⁵ ערכי ה-RNDP אינם מתפלגים נורמאלית והם בעלי skewness חיובי.

טבלה 3 – תוצאות רגרסיית logit

עלייה של 1% ב-RNDP מגדילה את הסיכויים של חברה להיכנס לקשיים ב:	מקדם של RNDP	חותך	
	3.81	-2.32	דצמבר-06
	0.00	0.00	P-value
3.88%		0.11	Pseudo R^2
	4.32	-2.45	דצמבר-07
	0.00	0.00	P-value
4.41%		0.10	Pseudo R^2
	2.36	-3.24	דצמבר-08
	0.00	0.00	P-value
2.39%		0.09	Pseudo R^2

כפי שניתן לראות מהטבלה, בכל שלוש הרגרסיות ההשפעה של RNDP על ההסתברות להיכנס לקשיים הינה מובהקת ודומה בסדר הגודל שלה בכל התקופות.

בשלב השני נרצה לראות עד כמה המודל מדויק ביכולת שלו להפריד (discriminate) בין חברות שנכנסו לקשיים לכאלה שלא. לשם כך נבחן מהן הטעויות מסוג ראשון (מספר החברות שנכנסו להסדר שהמודל סיווג כבעייתיות) עושה עבור רמות שונות של "כללי החלטה" ובתקופות שונות. בטבלה 4 מוצגות התוצאות של הבדיקה, כאשר בכל פעם נבחר סף שונה של ההתפלגות לשמש כ"כלל החלטה". ככל שאחוז קטן יותר מההתפלגות מוגדר כבעייתי, כך גדלה הטעות מסוג ראשון וקטנה הטעות מסוג שני.

טבלה 4 – תוצאות בדיקת יכולת ההפרדה של המודל

מדגם	סוג הטעות	40%	30%	20%
דצמבר-06	I	22.9%	34.3%	40.0%
	II	49.6%	42.2%	54.0%
דצמבר-07	I	20.0%	37.1%	42.9%
	II	42.6%	34.8%	25.8%
דצמבר-08	I	20.0%	31.4%	48.6%
	II	39.3%	30.3%	22.1%

מהטבלה עולה כי הסף הטוב ביותר על מנת להפריד בין חברות שנכנסו להסדר לבין חברות בטוחות הוא סביב ה-30% העליונים של ההתפלגות. יכולת ההפרדה של המודל טובה ביותר בסוף 2008, אך המודל עדיין מסווג לא נכונה כשליש מהחברות בכל קבוצה. בהשוואה למדד אלטמן עבור השוק הישראלי שחישבו זילברמן ועמיתיו (2010), בהנחה שכוללים את התחום האפור של המדד בקבוצת החברות הבעייתיות, הרי שהטעות מסוג ראשון בתוך המדגם עומדת על 26.9%

והטעות מסוג שני על 39.4% עבור ערכי המדד בסוף 2007. מחוץ למדגם הטעות מסוג ראשון שווה לאפס, והטעות מסוג שני ל-41.3%. כלומר, שני המודלים בעלי יכולת הפרדה דומה בין החברות.

לסיכום ניתן לומר כי המודל מצליח לזהות חברות העלולות להיכנס לקשיים בהחזר חובן, וזאת אף שנתיים-שלוש מראש. יחד עם זאת, יכולת הדיוק של המודל מוגבל והטעויות בזיהוי מגיעות לשלושים אחוזים בערך. כמו כן, לא ניתן לקבוע סף קבוע של RNDP על מנת להפריד בין חברות בעייתיות לחברות יציבות, כיוון שבתקופה משברית מדדי הסיכון עולים עבור שתי הקבוצות.

6. חישוב תשואה תיאורטית

מחיר השוק של החוב, D , שווה למחיר השוק של הנכסים, V , בניכוי מחיר השוק של המניות, S . דרך אחרת להסתכל על מחיר החוב היא כשווי החוב ללא סיכון של חדלות פירעון, כלומר, מהוון בריבית חסרת סיכון, פחות פרמיית הביטוח שיצטרך בעל החוב לשלם כדי לבטח את עצמו נגד סיכון פשיטת הרגל של החברה.

$$\begin{aligned} D &= V - S = VN(-d_1) + Be^{-rT} N(d_2) = Be^{-rT} - P \\ P &= -VN(-d_1) + Be^{-rT} N(-d_2) \end{aligned} \quad (7)$$

והמרווח התיאורטי על התחייבויות החוב של החברה הנגזר מהמודל שווה ל:

$$y_T - r = -\frac{1}{T} \ln\left(\frac{D}{B}\right) - r = -\frac{1}{T} \ln\left(\frac{D}{Be^{-rT}}\right) \quad (8)$$

כאשר y_T זו התשואה השנתית על החוב ל- T שנים לפדיון

לשם השוואה בין המרווחים התיאורטיים למחירי אג"ח בשוק השתמשתי במאגר הכולל את נתוני השוק של כל ה-אג"ח הסחירות בישראל בשנים ינואר 2005 עד יולי 2010. המדגם צומצם כך שיכלול רק אג"ח קונצרניות פשוטות (ללא אג"ח להמרה, אג"ח מרובה פדיונות וכו') הצמודות למדד או ללא הצמדה. לחישוב המרווח בפועל חושב ההפרש בין התשואה על האג"ח, לבין התשואה המתאימה עפ"י ה-מח"מ של האג"ח מעקום האפס המתאים – נומינלי או ריאלי בהתאם למאפייני ההצמדה של האיגרת. לאחר מכן, לכל חברה נלקח מרווח המהווה את הממוצע המשוקלל (ביחס לגודל ההנפקה) בין המרווחים על הסדרות השונות של החברה. לאחר השוואה עם המדגם של המודל נשארות 214 חברות. לקביעת הדירוג של התחייבויות החברה נבחר הדירוג הטוב ביותר מבין הסדרות של החברה. לשם ההצגה בטבלה למטה, ה-מח"מ של האיגרות עוגל למספר השלם הקרוב, כאשר כל האיגרות בעלות מח"מ גדול מארבע שנים נכללו בקבוצה של ארבע שנים.

לחישוב המרווח התיאורטי על החוב נעשה כמקודם שימוש בעקום האפס הנומינלי המחושב בבנק ישראל. יש לשים לב כי המרווח התיאורטי מתייחס לכל התחייבויות החברה בבת אחת – הוא אינו לוקח בחשבון את החלק היחסי של בעלי האג"ח מתוך סך התחייבויות החברה, ואת

מיקומם היחסי בסדר הקדימות בין הנושים. כך שהמרווח התיאורטי מהווה מעין ממוצע של המרווחים על החלקים השונים של החוב של החברה. הצגת המרווחים התיאורטיים לא חולקה לפח מח"מ כיוון שמח"מ זה אינו שווה ל-מח"מ האמיתי של החוב, או של האג"ח. הטבלה הבאה מציגה השוואה של החציון של המרווחים, בשוק ותיאורטיים, לפי קבוצות דירוג. כמו כן מוצגות סטיות התקן של התצפיות בכל קבוצת דירוג:

טבלה 5א – חציון מרווחי שוק ומרווחים תיאורטיים, ינואר 2005 עד דצמבר 2007

לא מדורגות	דירוג		
	מתחת ל A+	AAA - AA-	
4.72%	2.42%		חציון שוק 1 שנים לפדיון
3.19%	2.07%	0.69%	חציון שוק 2 שנים לפדיון
3.39%	1.62%	0.82%	חציון שוק 3 שנים לפדיון
3.27%	1.66%	1.08%	חציון שוק 4 שנים לפדיון
3.33%	1.69%	1.05%	סה"כ חציון
5.39%	0.98%	0.30%	סטיית תקן
0.12%	0.07%	0.01%	חציון Merton, $T_2 = 4$
12.90%	1.84%	0.78%	סטיית תקן Merton
3.51%	4.09%	1.12%	יכולת הסבר של המודל
0.07%	0.03%	0.00%	חציון Merton, $T_2 = 3$
0.18%	0.11%	0.02%	חציון Merton, $T_2 = 5$
0.46%	0.31%	0.08%	חציון Merton, $T_2 = 10$

טבלה 5ב – חציון מרווחי שוק ומרווחים תיאורטיים, ינואר 2008 עד יוני 2010

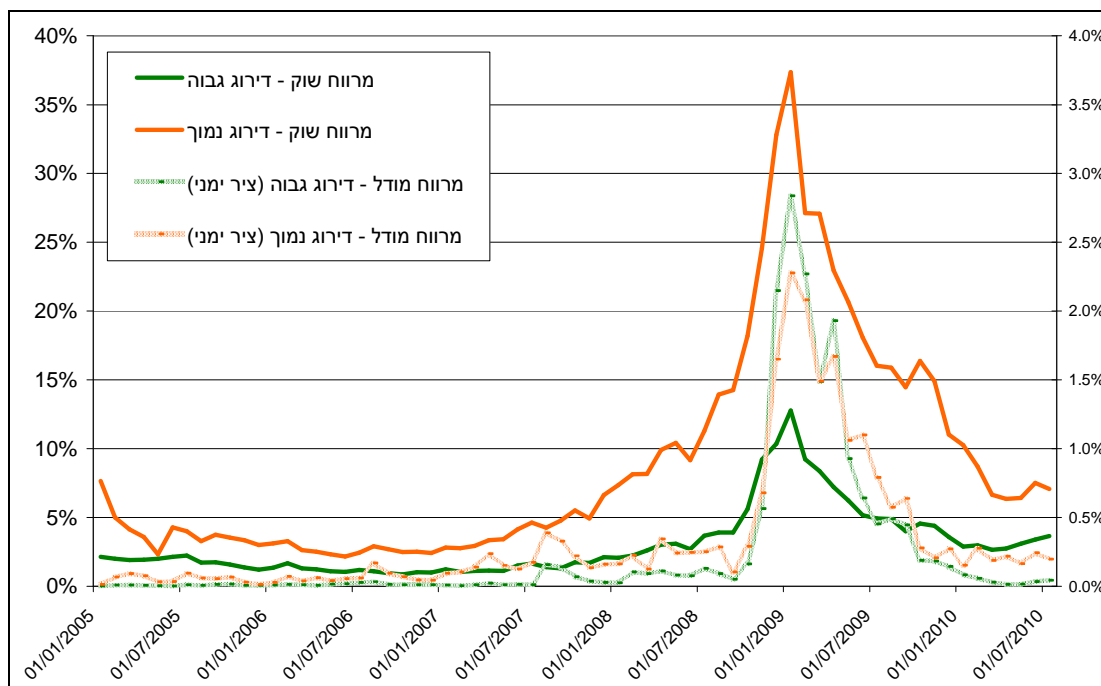
לא מדורגות	דירוג		
	מתחת ל A+	AAA - AA-	
13.82%	11.27%	1.70%	חציון שוק 1 שנים לפדיון
15.83%	5.62%	1.38%	חציון שוק 2 שנים לפדיון
13.89%	6.26%	1.68%	חציון שוק 3 שנים לפדיון
8.28%	3.99%	2.10%	חציון שוק 4 שנים לפדיון
13.69%	5.14%	2.05%	סה"כ חציון
26.80%	13.66%	2.23%	סטיית תקן
0.39%	0.25%	0.10%	חציון Merton, $T_2 = 4$
20.94%	10.95%	5.75%	סטיית תקן Merton
2.82%	4.92%	4.96%	יכולת הסבר של המודל
0.25%	0.16%	0.06%	חציון Merton, $T_2 = 3$
0.52%	0.34%	0.14%	חציון Merton, $T_2 = 5$
1.08%	0.74%	0.26%	חציון Merton, $T_2 = 10$

בפאנל הראשון רק עבור תצפיות בדירוג גבוה עקום המרווחים בשוק עולה עם ה-מח"מ, בעוד שביתר הקטגוריות העקום בעל מגמת ירידה. הצורה של עקום יורד בקבוצות הדירוג הנמוכות יותר תואמת לממצאים של Sarig & Warga (1989) הבודקים מרווחים של אג"ח קונצרניות

בארה"ב המונפקות ללא תשלומי קופון. מודל מרטון, כפי שמראים (Pitts & Selby, 1983), חוזה גם כן את התופעה הזו עבור חברות ממונפות – עבור חברות בעלות שיעור מינוף נמוך מ-1 מתקבל עקום תשואות העולה בתקופות הפדיון הקצרות ויורד לאחר מכן, בעוד שעבור חברות בעלות מינוף גבוה יותר, העקום יורד לכל אורכו. בפאנל השני, אחרי ינואר 2008, המגמה אינה חד משמעית, היות ובכל קבוצות הדירוג המרווחים לתקופה הקצרה גדלו מאד על רקע אי הודאות סביב המשבר ששרר בתקופה זו בשוק.

התרשים הבא מציג את התפתחות החציונים של המרווחים על פני זמן, הן בשוק והן מהמודל, לפי קבוצות דירוג. בקבוצת הדירוג הגבוה נכללו חברות אשר מרבית תקופת המדגם היו מדורגות מעל BB+, שזה למעשה כולל את כל החברות המדורגות (היו אמנם תצפיות מסוימות שבהן היה דירוג נמוך יותר). בקבוצת הדירוג הנמוכה נכללו כל שאר החברות, כלומר, חברות שבפועל היו ללא דירוג מרבית תקופת המדגם:

תרשים 5 – התפתחות המרווחים התיאורטיים ובשוק על פני זמן



ניתן לראות מהטבלה ומהתרשים כי המרווחים התיאורטיים הנגזרים מהמודל נמוכים באופן משמעותי מהמרווחים הנצפים בשוק. כמו כן, הפער בנקודות אחוז בין המרווחים התיאורטיים למרווחים בפועל גדל ככל שאיכות האג"ח יורדת. סטיית התקן גדולה הרבה יותר, באופן יחסי, בקרב התצפיות התיאורטיות והיא שווה ברמתה לזו של המרווחים בשוק, על אף ההבדל בערכים עצמם. כאשר בודקים איזה חלק מהמרווח בפועל מוסבר ע"י המרווח התיאורטי (איזה אחוז מסביר המרווח התיאורטי מתוך המרווחים בפועל) רואים כי הסבר זה אינו עולה על 5% במרבית העמודות, כאשר ההסבר הינו מעט יותר טוב בקבוצת הדירוג מעל ל A+ בפאנל השני, ונמוך במיוחד עבור קבוצת הדירוג הגבוהה ביותר בפאנל הראשון. מהתרשים עולה כי קיים קשר בהתפתחות המרווחים התיאורטיים והמרווחים בשוק על פני זמן (הקורלציה בשתי הקבוצות

עומדת על 0.9 בין המרווחים בשוק למרווחים התיאורטיים). בתקופת המשבר, ניתן לראות כי במרווחים התיאורטיים דווקא בקבוצת החברות המדורגות המרווח מגיע לשיא גבוה יותר מאשר בקבוצת החברות הלא מדורגות, בניגוד למרווחים בשוק.

(Elton et Al. (2001), בהסתמך על אחוזי חדלות פירעון היסטוריות בארה"ב, מוצאים כי המרווח הממוצע על חברות בדירוג A לתקופה של שנה לפדיון, הנגזר מסיכון פשיטת רגל בלבד, צריך להיות שווה ל-0.04%, בעוד שהמרווח על דירוג BBB (המקביל לדירוג AAA-AA בישראל לפי S&P) צריך להיות שווה ל-0.11%. כלומר, התוצאות המתקבלות ממודל Merton אינן שונות בסדרי הגודל שלהן ממרווחים הנגזרים מסיכון חדלות הפירעון ההיסטורי. ביצעתי סימולציה המחשבת את סטיות התקן הנדרשות בנכסים ובמניות כדי להסביר את המחיר בשוק, בהנחה שכל המרווח הנצפה בשוק נובע מסיכון אשראי בלבד. לשם כך השתמשתי במרווח על האג"ח בשוק בתור המרווח המתאים להיוון כל התחייבויות החברה, וקיבלתי ערך שוק תיאורטי של כל החוב. סכום שווי שוק התיאורטי של החוב ושווי השוק של המניות יוצר את שווי שוק הנכסים התיאורטי (לפי משוואה (1)). בעזרת משוואה (3) קיבלתי את סטיית התקן בנכסים הגלומה, σ'_V . לאחר מכן, ממשוואה (5) חישבתי את סטיית התקן הנדרשת במניות σ'_S . ממוצע סטיית התקן במניות המחושבת מנתונים היסטוריים - σ_S - לכל החברות במדגם שווה ל-57%, עם סטיית תקן של 42%. לעומת זאת, ממוצע סטיית התקן במניות הנגזרת מהחישוב התיאורטי המתואר לעיל, σ'_S , שווה ל-168% עם סטיית תקן של 107%. כלומר, מדובר בסטיות תקן גבוהות הרבה יותר ולא מאד סבירות.

6.1 החזר חלקי של החוב לבעלי האג"ח בעת פשיטת רגל

חישוב המרווחים התיאורטיים מסתמך על ההנחה כי כאשר החברה מגיעה למצב של חדלות פירעון, בעלי החוב משתלטים על החברה ומקבלים את מלוא השווי של הנכסים שנשארו, או את שווי הנכסים התואם לחלקם היחסי בחוב. בפועל, בעת פשיטת רגל של חברה, או במצב שבו נערך מו"מ על תנאי החזר החוב, מאבדים בעלי החוב חלק מסוים מנכסי החברה בתור "נטל עודף" – תשלומים לנאמנים ועורכי דין, שווי חברה בעת פירוק לעומת שווי חברה בעת פעילות. כמו כן, לעיתים הם אינם זכאים לקבל את הערך היחסי המלא מנכסי החברה כיוון שקיימות התחייבויות ללווים אחרים מסדר גבוה יותר, בעלי קדימות על פני בעלי האג"ח. לפי עדויות מהשוק האמריקני, במצב של מו"מ על תנאי החוב, מתפשרים בעלי החוב על שווי של 50-80% מההתחייבויות המקוריות (Franks and Torous (1994)).

לשם בדיקת ההשפעה של החזר חלקי של החוב במקרה של פשיטת רגל בדקתי כיצד מושפע מחיר החוב כאשר מוסיפים למודל עלויות פשיטת רגל או כאשר מניחים כי בעלי האג"ח הינם בעלי החוב הנחות ביותר ביחס ליתרת התחייבויות החברה.

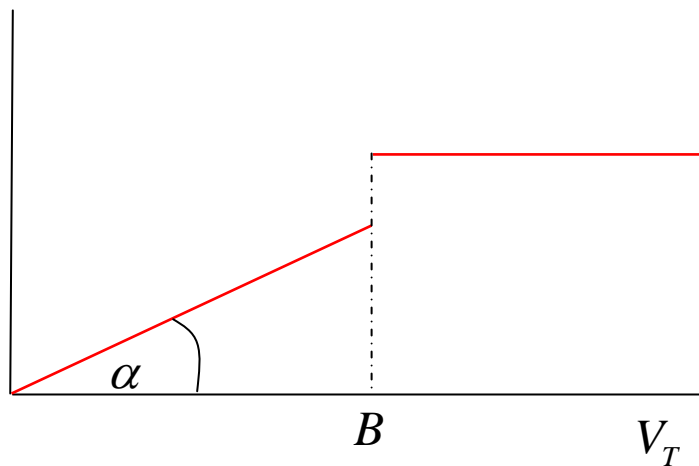
6.1.1 עליות פשיטת רגל

בהמשך למאמרם של (Delianedis and Geske (2001), נוסף למודל עלויות פשיטת רגל, C , המקבלות את האפיון הבא:

$$C = \begin{cases} 0 & V_T > B \\ (1 - \alpha)V & V_T \leq B \end{cases} \quad (9)$$

כלומר, התשלומים לבעלי האג"ח בהינתן עלויות פשיטת רגל נראים כך:

תרשים 6 – התשלום לבעלי האג"ח תחת הנחה של עלויות פשיטת רגל



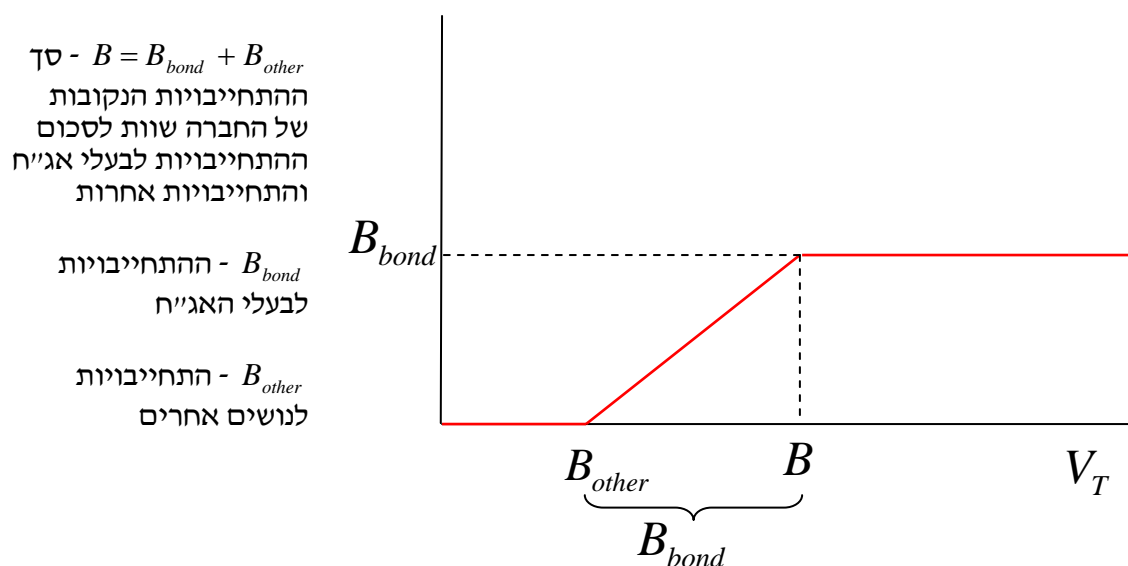
נטל עלויות פשיטת הרגל נופל על בעלי החוב בלבד ואינו משפיע על התשלומים לבעלי המניות ולכן גם לא על חישוב ערך החברה V וחישוב ההסתברות לחדלות פירעון שנעשה בחלק הקודם של המאמר. אולם, יש להן השפעה על שווי החוב:

$$\begin{aligned} D &= V - S - C = Be^{-rT} - P_\alpha \\ P_\alpha &= -\alpha VN(-d_1) + Be^{-rT} N(-d_2) \end{aligned} \quad (10)$$

6.1.2 סדר הקדימות של בעלי האג"ח

לחילופין, בהיעדר נתונים זמינים בדבר מבנה החוב של החברה, לרבות סדר קדימות הנושים השונים, נניח את האפשרות הקיצונית – בעלי האג"ח הם בעלי החוב הנחות ביותר ביחס ליתרת התחייבויות החברה. כלומר, גם כאשר החברה בפשיטת רגל אך שוויה חיובי, יכולים בעלי האג"ח להיוותר בלי כלום. התרשים הבא מתאר את התשלום לבעלי האג"ח במצב זה:

תרשים 7 – התשלום לבעלי האג"ח תחת הנחה של נחיתות החוב הציבורי ביחס לכל שאר הנושים האחרים



גם במקרה זה חישוב ערך החברה, V , אינו מושפע מהשינוי. ההשפעה על שווי החוב של בעלי האג"ח מחושבת באופן הבא:

$$D_{bond} = V - D_{other} - S = C(V, B_{other}) - S =$$

$$= VN(k_1) - B_{other} e^{-r_f T} N(k_2) - VN(d_1) + B e^{-r_f T} N(d_2) \quad (11)$$

$$k_1 = \frac{\ln(V / B_{other}) + (r_{f,T} + \frac{1}{2} \sigma_V^2) T}{\sigma_V \sqrt{T}}$$

$$k_2 = k_1 - \sigma_V \sqrt{T}$$

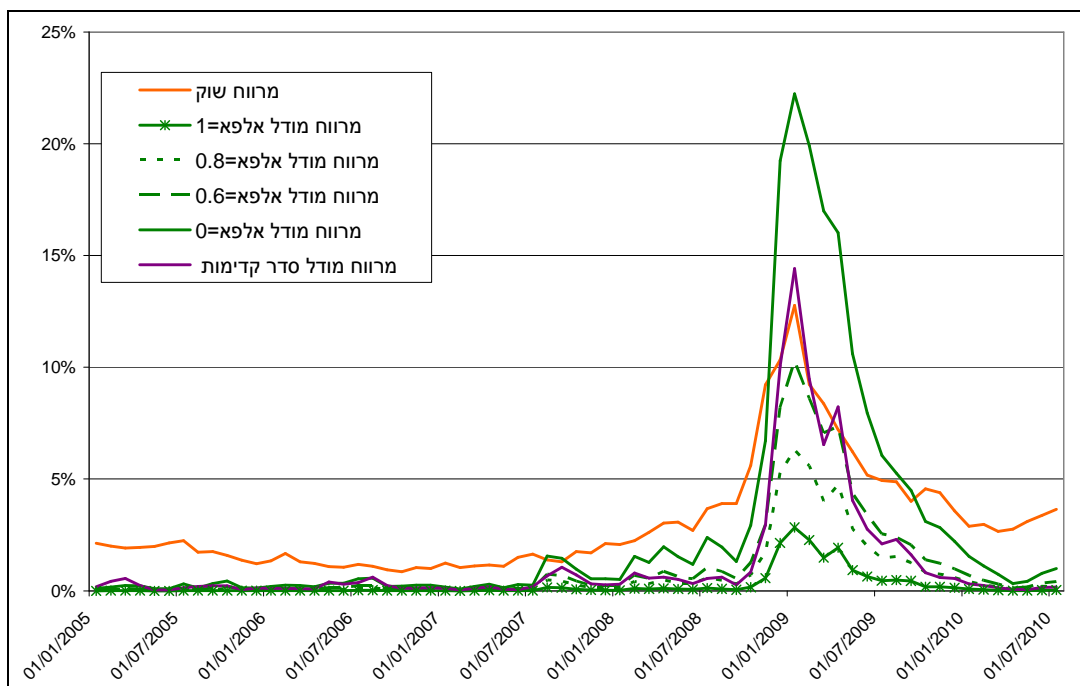
כאשר הסימון $C(V, B_{other})$ מתייחס לשווי של אופציית רכש על נכס הבסיס V עם מחיר

מימוש B_{other}

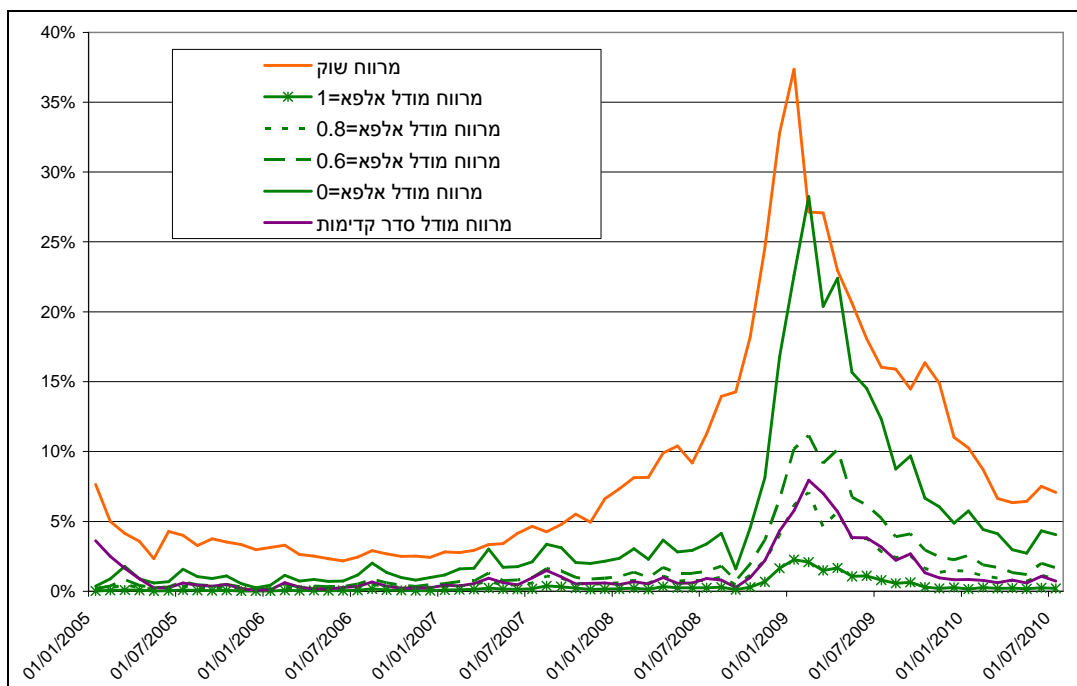
6.1.3 בדיקת ההשפעה של עלויות פשיטת רגל/סדר קדימות על המרווחים החזויים

בתרשימים הבאים מוצגת השוואה בין החציונים של המרווחים בשוק והמרווחים התיאורטיים המתקבלים כתוצאה מהוספת עלויות פשיטת רגל או תשלום לבעלי חוב אחרים. הוספת עלויות של פשיטת רגל מוצגת עבור מספר רמות של עלויות (α):

תרשים 8א – התפתחות המרווחים התיאורטיים ובשוק כתלות ב- α ובסדר קדימות הנושים, דירוג גבוה



תרשים 8ב – התפתחות המרווחים התיאורטיים ובשוק כתלות ב- α ובסדר קדימות הנושים, דירוג נמוך



בתרשימים 8א ו-8ב מוצגים המרווחים הנגזרים מהמודל עבור ערכים שונים של α , וכן עבור ההנחה כי בעלי האג"ח מחזיקים את החוב הנחות ביותר, כאשר במצב הקיצוני מוצגות התוצאות תחת ההנחה שבעת פשיטת רגל בעלי החוב לא מקבלים שום דבר, כלומר $\alpha = 0$ ועלויות פשיטת הרגל מגיעות ל-100% משווי הנכסים הנותרים. מצב של עלויות פשיטת רגל מקסימאליות מהווה חסם עליון במסגרת המודל למרווח השוק הנגזר; כלומר, גם אם היה בידינו מידע מדויק יותר לגבי סדר הקדימות של הנושים של החברה, המרווח על חלקי החוב השונים לא היה יכול לעלות על זה של המרווח התיאורטי במצב שבו $\alpha = 0$.

ניתן לראות כי הוספת הנחה בדבר החזר חלקי לבעלי האג"ח מביאה למסקנות שונות בין שתי קבוצות הדירוג; עבור קבוצת החברות הלא מדורגות, גם תחת הנחה של עלויות פשיטת רגל מקסימאליות, המרווחים מהמודל נותרים נמוכים ביחס למרווחים בשוק גם בשיאו של המשבר האחרון. לעומת זאת, בקבוצת הדירוג הגבוהה, תחת הנחה של עלויות פשיטת רגל מקסימאליות המרווחים הנגזרים מהמודל מגיעים במשבר לרמה של כ-23 נקודות אחוז, כ-10 נקודות אחוז מעל המרווחים בשוק. תוצאה דומה מתקבלת עבור ההנחה כי בעלי האג"ח מחזיקים בחוב הנחות ביותר. בקבוצת הדירוג הגבוהה הנחה זו מביאה למרווחים תיאורטיים הדומים ברמתם למרווחים בפועל בזמן המשבר ונמוכים יותר בתקופות אחרות, בעוד שבקבוצת הדירוג הנמוך, המרווחים בפועל עדיין גבוהים הרבה יותר מהמרווחים התיאורטיים.

במאמרם, בחרו Delianedis & Geske (2001) ערך α של 60%. ערך זה מייצג הפסד של 40% לבעלי האג"ח הנובע מהוצאות פשיטת רגל, הוצאות מו"מ וההתחלקות בנכסים עם נושים אחרים. הם מוצאים כי המרווחים התיאורטיים המחושבים עם עלויות פשיטת רגל בהיקף כזה מסבירים רק כ-5% מהמרווחים בשוק על אג"ח בדירוג גבוה, וקרוב ל-20% על אג"ח בדירוג בינוני. לפי החישובים שלהם, מרווח על דירוג BBB עם עלויות פשיטת רגל צריך להיות שווה ל-0.14% 0.26%. מהתרשימים לעיל ניתן לראות שהפסד של 40% מביא למרווחים הדומים בסדר הגודל שלהם למרווחים המתקבלים תחת הנחה כי החוב לבעלי האג"ח הוא החוב הנחות ביותר.

הגם שברור שסדרי הגודל של המרווחים הנחזים ע"י המודל קטנים באופן משמעותי מהמרווחים בפועל במרבית המקרים, גם אם מוסיפים עלויות פשיטת רגל, נרצה לבחון האם יש במרווחים התיאורטיים אינפורמציה רלוונטית להסביר את השינויים החלים במרווחים בשוק על פני זמן. לשם כך נעשו רגרסיות על התציונים של המרווחים בשוק. המרווחים התיאורטיים ששימשו לאמידה חושבו תוך הנחה של 40% עלויות פשיטת רגל. הן המרווח בפועל ששימש בתור המשתנה התלוי והן כל המשתנים המסבירים המסומנים ב-% הוכפלו ב-100 בכל הרגרסיות, כלומר הם מוערכים בנקודות אחוז. שיפוע ריבית עקום האפס מוגדר ברגרסיות כהפרש בין ריבית נומינלית לארבע שנים לבין הריבית הנומינלית לשנה מעקום האפס.

טבלה 6 – רגרסיה של חציונים לפי קבוצות דירוג⁶

לא מדורגות		מתחת ל A+		AAA - AA-		משתנה מסביר
1.76***	2.77***	0.86***	1.19***	0.18***	0.43***	מרווח חזוי (%)
1.67		-0.21		-0.32***		ריבית חסרת סיכון
0.01		0.52		-0.01		נומינלית לשנה (%)
						שיפוע עקום ריבית (%)
0.29***		0.07***		0.03***		סטיית תקן חודשית
						ממוצעת ת"א 25 (%)
-0.12*		-0.08***		-0.02***		תשואה חודשית מצטברת
-3.62	3.37***	1.2	2.06***	1.97***	1.41***	על ת"א 25 (%)
						חותך
67	67	67	67	67	67	תצפיות
0.87	0.79	0.93	0.85	0.90	0.68	R ²

יכולת ההסבר בכל הרגרסיות גבוהה למדי; גם כאשר לא כוללים שום משתנה מסביר נוסף מלבד המרווח החזוי יכולת ההסבר היא סביב האי בין 70% ל-80%, וכאשר מוסיפים משתני מקרו נוספים ה-R בריבוע עולה לרמה של 90%. בכל שלוש קבוצות הדירוג, הקורלציה בין המרווחים מהשוק למרווחים התיאורטיים נעה סביב 0.85 לכל התקופה. קורלציה זו קטנה במידה רבה כאשר מגבילים את המדגם לתקופה ינואר 2005-ינואר 2008 (ללא המשבר) ויורדת לרמה של 0.3 עבור קבוצת הדירוג הגבוה ביותר וקבוצת הלא-מדורגות ולרמה אפסית עבור קבוצת הביניים. תוצאה זו דומה ל-(Delianedis & Geske (2001) הבודקים את הקורלציה בין מרווחי שוק למרווחים תיאורטיים עבור ארה"ב בתקופה 1991-1998; הקורלציות המתקבלות במאמרם גבוהות כאשר מסתכלים על התקופה כולה, ונמוכות הרבה יותר כאשר מוציאים מהמדגם את משבר אסיה/LTC בסתיו 1998. ניתן לראות כי שיפוע עקום ריבית האפס אינו מובהק באף רגרסיה, לתשואת החודש האחרון בת"א 25 אין השפעה משמעותית על המרווח בשוק, אולם לסיכון בשוק המניית, כפי שבא לידי ביטוי בסטיית התקן הממוצעת באותו החודש במדד ת"א 25, יש השפעה מובהקת על המרווח, ובכיוון הצפוי, השפעה אשר גדלה ככל שירידים באיכות האג"ח. כמו כן, בקבוצות החברות בדירוג נמוך וללא דירוג, לאחר הוספת משתני השוק חותכי הרגרסיה מאבדים ממובהקותם. לעומת זאת, ברגרסיה של החברות בדירוג גבוה נותר רכיב קבוע שאינו מוסבר ע"י המשתנים המשתתפים ברגרסיה.

יכולת ההסבר של המודל למרווחים בשוק פוחתת במידה ניכרת כאשר עוברים להשוואה עבור תצפיות בודדות במקום חציונים. מתוך 214 החברות במדגם, קיימות 8,715 תצפיות בהן יש גם נתונים על מרווח שוק וגם נתונים על מרווח תיאורטי. מתוך 214 החברות המשתתפות בהשוואה, עבור 125 מהן (58%) יש קורלציה חיובית ומובהקת בין סדרת המרווחים התיאורטיים לסדרת המרווחים הלקוחים מהשוק. כמו כן, אחוזים אלה גבוהים יותר עבור החברות המדורגות (כולן כאמור מעל BB+) - 71%, בהשוואה לחברות לא מדורגות - 44%. בנספח 1 ניתן לראות את הקשר

⁶ בטבלה זו וכן בכל הטבלאות הבאות המציגות תוצאות של רגרסיות, ***, ** ו-* משמעותם שהמקדם מובהק ברמה של 1%, 5% ו-10% בהתאמה.

בין המרווח בשוק למרווח הנגזר מהמודל עבור מספר חברות (ללא חשיפתן בפרסום זה) המייצגות מגוון של ענפי תעשייה, גודל חברה והיקף התחייבויות.

טבלה א7 – רגרסיה של מרווח תיאורטי על מרווח שוק - השפעת סחירות המניה ודירוג החברה

משתנה מסביר	כל המדגם	סחירות נמוכה	סחירות בינונית	סחירות גבוהה	דירוג גבוה	דירוג נמוך או לא מדורגות
מרווח חזוי (%)	0.23***	0.09***	0.31***	0.43***	0.31***	0.22***
חותך	7.73***	10.63***	9.22***	2.66***	3.91***	11.68***
תצפיות	8,493	1,418	4,585	2,490	4,297	4,196
R^2	0.08	0.02	0.09	0.29	0.20	0.06
מחזור מסחר יומי ממוצע באג"ח (מיליוני ש"ח)	1.62	0.21	0.39	4.68	2.9	0.38

טבלה א7 מציגה את הרגרסיות של המרווח התיאורטי על המרווח בשוק. עבור כלל המדגם מתקבל R^2 נמוך למדי של 8%. אחת הבעיות המרכזיות ביישום המודל נובעת מכך שחישוב המודל נשען בצורה משמעותית על נתוני המסחר של מניית החברה. על כן קיים חשש כי במניות שאינן סחירות דיין תהיה הטיה בחישוב סטיית התקן של המנייה שיגרור טעות בחישוב סטיית התקן בנכסים. בנוסף להטיה האפשרית בחישוב סטיית התקן, סחירות נמוכה של המניה פוגעת באחת ההנחות התיאורטיות של המודל – היכולת לגדר את הסיכון הטמון באג"ח בעזרת מניית החברה. כדי לבצע גידור יעיל, יש צורך לבצע התאמה רציפה בין כמות האג"ח והמניות שבתיק (או אופציות על המניות). סחירות נמוכה של המניה מחלישה את הקשר בין מחיר המניה למחיר האג"ח המתואר במודל. על כן בדקתי האם למידת הסחירות של המניה יש השפעה על הקשר בין המרווחים התיאורטיים למרווחי השוק. לשם כך חילקתי את המדגם לשלוש קבוצות – חברות בעלות סחירות נמוכה במניות (ממוצע של פחות מעשרה ימים בחודש בהם היה מסחר במניה), חברות בעלות סחירות ממוצעת (10 עד 20 ימי מסחר בחודש) וחברות בעלות סחירות גבוהה (מעל 20 ימי מסחר בחודש, כלומר מסחר יומי). על רקע הסינון הראשוני שבוצע לנתונים אין במדגם מניות בעלות פחות מארבע ימי מסחר ממוצעים בחודש. כצפוי, ה- R^2 עולה באופן משמעותי עם העלייה בסחירות המניה. כמו כן, כפי שניתן לראות בשורה האחרונה בטבלה א7, קיים מתאם גבוה בין סחירות המנייה לסחירות האג"ח, וככל שעולים בקבוצת סחירות המנייה כך עולה גם מחזור המסחר הממוצע באג"ח של אותה חברה. על כן מלבד האמידה המדויקת יותר של סטיית התקן, יש כאן גם השפעות אפשריות נוספות, למשל, פרמיית נזילות נמוכה יותר במרווח על האג"ח או עלייה באיכות מחיר ה-אג"ח המשקף אינפורמציה עדכנית יותר.

הקשר בין המרווח התיאורטי למרווח בשוק חזק יותר עבור חברות בדירוג גבוה (מעל BB+), על פני חברות בדירוג נמוך או ללא דירוג. תוצאה זו אינה מפתיעה לאור העובדה שלאג"ח בקבוצת הדירוג הגבוה יש בממוצע מניות סחירות יותר, ומחזורי מסחר באג"ח גבוהים יותר בהשוואה לקבוצת הדירוג הנמוך והלא-מדורגות.

טבלאות 7ב ו7ג מציגות את הניסיונות להסביר את הפער בין המרווח התיאורטי למרווח בפועל, ע"י הוספת משתני שוק ומאפיינים של החברה לרגרסיה.

טבלה 7ב – הוספת משתנים ספציפיים לחברה

משתנה מסביר	1	2	3	4	5	6
מרווח חזוי (%)	0.24***	0.17***	0.23***	0.16***	0.16***	0.79***
מינוף		2.68***			2.48***	0.12
לוג שווי נכסי החברה			-1.04***	-1.06***	0.15	-0.82***
מח"מ					-3.07***	-2.36***
סטיית תקן בנכסים (%)						-0.41***
דמי דירוג נמוך	7.36***	7.34***	5.38***	5.33***	4.52***	3.57***
חותך	4.18***	2.50***	12.38***	10.83***	13.49***	24.43***
תצפיות	8,493	8,493	8,493	8,493	8,493	8,493
R^2	0.15	0.17	0.16	0.18	0.24	0.34

מהוספת המשתנים הייחודיים לחברה עולה מטבלה 7ב כי הוספת ה-מח"מ תורמת משמעותית לכושר ההסבר של הרגרסיה. ה-מח"מ משפיע באופן שלילי על המרווח מהשוק. הדבר הגיוני לאור העובדה שבמרבית קטגוריות הדירוג התקבל עקום מרווחים היורד עם הטווח לפדיון. יכולת ההסבר של ה-מח"מ יכולה לנבוע מכך שטווח הזמן לפדיון החוב בחישוב המרווח התיאורטי נבחר באופן שרירותי ובהינתן מידע מדויק יותר על טווחי הפדיון של התחייבויות החברה, יהיה ניתן לכלול השפעה זו בחישוב המרווח מהמודל. גודל החברה (לוג) משפיע בד"כ באופן שלילי על המרווח בשוק. יחס המינוף של החברה משפיע בד"כ באופן חיובי על המרווח בשוק. ההשפעה המובהקת והחיובית של מינוף החברה על ההסתברות לפשיטת רגל, נוסף להשפעה של RNDP על הסתברות זו, מתקבלת גם אצל Tudela and Young (2003). יחד עם זאת, כאשר מוסיפים לרגרסיה את סטיית התקן של הנכסים, משתנה זה מקבל מקדם שלילי מובהק והופך את יחס המינוף ללא רלוונטי. מודל Merton רגיש במיוחד למשתנה סטיית התקן בחיזוי ההסתברות לחדלות פירעון, בעוד שתוצאות הרגרסיה מצביעות על כך שרגישות השוק למשתנה זה נמוכה יותר. הוספת משתנה השולט על מחזור המסחר הממוצע באג"ח (ואינו מוצג כאן) אינו תורם לכושר ההסבר של הרגרסיות.

טבלה ג7 – הוספת משתני מקרו

משתנה מסביר	כל המדגם	דירוג גבוה	דירוג נמוך	סחירות גבוהה
מרווח חזוי (%)	0.62***	0.51***	0.65***	0.51***
מינוף	0.18	0.11	0.03	1.09*
מח"מ	-1.92***	-1.09***	-3.31***	-1.15***
סטיית תקן בנכסים (%)	-0.32***	-0.23***	-0.34***	-0.16***
ריבית חסרת סיכון נומינלית לשנה (%)	-0.89***	-0.54***	-0.65*	-0.08
שיפוע עקום ריבית (%)	-0.75*	-0.73**	-0.33	0.54
תשואה חודשית מצטברת על ת"א 25 (%)	0.02	0.02	0.06	-0.03
סטיית תקן חודשית ממוצעת ת"א 25 (%)	0.41***	0.23***	0.58***	0.09***
דמי דירוג נמוך	6.56***			
חותך	7.74***	7.32***	12.72***	6.55***
תצפיות	8,493	4,297	4,196	2,170
R^2	0.41	0.45	0.38	0.45

הוספת משתני שוק מגדילה באופן משמעותי את יכולת ההסבר של הרגרסיות למרווחים בשוק, בפרט עבור קבוצת החברות המדורגות גבוה, ועבור האג"ח בעלות המניות הסחירות ביותר. בכל הרגרסיות למח"מ יש השפעה שלילית ומובהקת. השפעת סטיית התקן בנכסים מובהקת ושלילית גם היא – עלייה בנקודת אחוז בסטיית התקן מקטינה את המרווח בשוק ביחס למרווח החזוי ב-0.32 נקודות אחוז כפי העולה מהרגרסיה על כל המדגם בטבלה ג7, כאשר השפעה זו קטנה יותר עבור חברות בדירוג גבוה, וגדולה יותר עבור חברות בדירוג נמוך.

לשינויים בסטיית התקן על מדד ת"א 25 יש משמעות כלכלית מובהקת על המרווחים – עלייה של נקודת אחוז בסטיית התקן בשוק המניות מגדילה ב-0.23 נקודות אחוז את המרווח בשוק של אג"ח בדירוג גבוה וב-0.58 את המרווח של אג"ח בדירוג נמוך. בדומה לתוצאות ברגרסיות על החציונים בטבלה 6, לשיפוע עקום הריביות אין השפעה מובהקת במרבית הרגרסיות, מלבד עבור אג"ח בדירוג גבוה. לריבית חסרת הסיכון לשנה יש השפעה שלילית ומובהקת כמעט בכל הרגרסיות. כלומר, כאשר הריבית חסרת הסיכון עולה, המרווח מול האג"ח הקונצרנית מצטמצם. גם (Longstaff and Shwartz (1995) ו-Duffee (1998) מצאו קשר שלילי בין מרווחי אג"ח בשוק לבין שיעורי הריבית.

מהרגרסיות עולה כי סיכונים המשפיעים על שוק המניות וסיכוני ריבית חשובים על מנת להסביר מחירי אג"ח. במסגרת התיאורטית של מודל Merton (ותורת האופציות בכלל), ניתן להעלים את סיכון חדלות הפירעון של החברה ע"י החזקת תיק השקעות בעל פרופורציות מתאימות של מניות וחוב והתאמה של פרופורציות אלה באופן רצוף, ובעזרת היכולת ללוות ולמכור בחסר בשוק משוכלל, ועל כן אין בתיאוריה הצדקה לקיומה של פרמיית סיכון. כמובן שהשוק בפועל אינו מקיים את ההנחות הללו, ובפרט, המסחר באג"ח ובמניות אינו רציף ולוקה בחוסר נזילות. על כן, ייתכן וחלק מהמרווח על האג"ח בשוק נובע מהפרמיה שדורשים מנהלי ההשקעות לאור אי יכולתם להעלים את סיכון חדלות הפירעון לחלוטין.

עוד עולה מהטבלאות כי למרווחי החוב הנגזרים מהמודל יש יכולת מסוימת להסביר את המרווחים של אג"ח בשוק. יחד עם זאת, במרבית הרגרסיות, הגם שהמקדם של המרווח החזוי מובהק, אין לו הרבה השפעה כלכלית על המרווחים האמיתיים בפרט כאשר חושבים על גודלם הקטן של המרווחים התיאורטיים ביחס למרווחים בשוק.

6.2 מה מאפיין את החברות עבורן מחיר החוב הנגזר מהמודל מתנהג באופן דומה

למחיר החוב בשוק?

בחלק זה של המאמר הפרדתי את קבוצת החברות עבורן הקשר בין מחיר החוב התיאורטי למחיר החוב בשוק חזק יותר, כדי לראות מה מאפיין קבוצה זו ומבדיל אותה משאר החברות.

לשם כך בחרתי חברות עבורן קיים מתאם גבוה בין מרווחי השוק על האג"ח בפועל, לבין המרווחים החזויים (קורלציה גבוהה מ-0.75). על הקריטריון ענו 43 חברות. בטבלה הבאה ניתן לראות מספר מאפיינים של החברות הללו ביחס לכלל אוכלוסיית המדגם:

טבלה 8 – מאפייני חברות עבורן המודל מתמחר את החוב דומה למחיר בשוק

ממוצע בקבוצה	סטיית תקן במדגם	ממוצע באוכלוסייה	
7,414.5	9,917.8	3,905.1	ערך הנכסים (מיליוני ש"ח)
7,342.6	9,673.1	3,133.7	סך התחייבויות נקובות (מיליוני ש"ח)
1,318.0	3,718.5	1,191.5	שווי שוק המניות (מיליוני ש"ח)
0.2	0.5	0.3	יחס חוב ציבורי לסך החוב
9.8 (BBB)	8.2	14.1 (B+)	דירוג ממוצע
2.3	3.4	1.7	מחזור מסחר ממוצע באג"ח (מיליוני ש"ח)
0.81	0.33	0.73	יחס מינוף
17.8	5.0	15.2	מספרי ימי מסחר במניה בחודש במוצע
45.2	17.8	38.7	מספר תצפיות ממוצע (מתוך 67)
1.1	1.0	0.9	מרווח שוק/מרווח תיאורטי

אחד הדברים הראשונים הבולטים הוא שמדובר בחברות גדולות יחסית לממוצע, עם היקף התחייבויות גבוה, גם באופן יחסי (מינוף) וגם באופן אבסולוטי. כמו כן, חברות אלה הן חברות בטוחות יותר – בעלות דירוג חוב גבוה, וניירות הערך שלהן נזילים יותר – הן המניות והן האג"ח. יחד עם זאת, באופן יחסי, יש להן פחות חוב ציבורי לעומת חוב אחר בהשוואה לכלל המדגם. בין חלק מהמאפיינים יש קשר חיובי – כלומר, באופן כללי חברות שהן גדולות יותר, הן גם בעלות התחייבויות גבוהות יותר, שווי שוק גבוה יותר, חלק חוב ציבורי לסך חוב נמוך יותר, דירוג גבוה יותר, מחזורי מסחר באג"ח גבוהים יותר, מניה סחירה יותר, ויחס מעט גבוה יותר בין המרווח בשוק לבין המרווח התיאורטי. סביר כי בשוק קיימת יותר אינפורמציה זמינה ועדכנית על החברות הללו, המשתקפת במחירים עדכניים, המושפעים פחות מפרמיית נזילות, ולכן בין היתר הצלחת המודל להסביר את המחירים קשורה לכך שהנתונים הינם אמין יותר, יש פחות תנודות חדות במחירים ופרמיית נזילות נמוכה יותר.

בשונה מהתוצאות המוצגות בטבלה עבור הקבוצה, באוכלוסייה לא נצפה קשר בין גודל החברה לבין רמת המינוף שלה. לחברות בעלות מינוף גבוה יש באופן יחסי סיכון חדלות פירעון גבוה יותר,

כלומר, גם מחיר השוק צריך להיות מושפע במידה רבה יותר משינויים בסיכון זה בהשוואה לסיכונים אחרים (כגון נזילות), מה שמסביר למה דווקא עבור חברות מסוג זה המודל מסביר טוב יותר את מחיר השוק שהרי הוא מתמחר את סיכון חדלות הפירעון בלבד.

7. סיכום

מאמר זה עושה שימוש במודל המבני לתמחור חוב של חברה ציבורית שהוצע ע"י Merton (1974) על נתוני חברות ישראליות לא פיננסיות בעלות אג"ח ומניות סחירות, בתקופה ינואר 2005-יולי 2010. המאמר בודק את יכולת הניתוח והחיזוי של המודל בשני אספקטים; הראשון הוא יכולתו של המודל להעריך את סיכון האשראי של החברה ולהפריד מכלל המדגם חברות שעמידות להיכנס לקשיים בהחזר חובן. השני הוא יכולתו של המודל להסביר את מחירי השוק של אג"ח קונצרניות.

מהתוצאות שהתקבלו בחלק החמישי של המאמר עולה כי המודל מצליח לזהות חברות העלולות להיכנס לקשיים בהחזר חובן, וזאת אף שנתיים-שלוש מראש. יכולת ההבחנה של המודל בין חברות שייכנסו לקשיים לכאלה שלא הינה מוגבלת והטעויות בזיהוי מסוג I ו-II מגיעות לשלושים אחוזים בערך. טעות בסדר גודל כזה אינה נופלת מזו של מודלים המבוססים על נתונים חשבונאיים בלבד, כגון מדד אלטמן המותאם לשוק הישראלי. מדדי הסיכון הנגזרים מהמודל יכולים להוות מבחן משלים, אם לא יחיד במקרים מסוימים, להערכת יציבותן של חברות. בפרט, את המדד ניתן לחשב לכל חברה ציבורית בהשוואה לכמות קטנה יחסית של חברות הזכות למעקב של חברות דירוג, והוא מתעדכן באופן רציף ולא אחת לרבעון כמו במדדים מבוססי נתונים חשבונאיים בלבד. כמו כן, בשונה מנתונים חשבונאיים המתארים את העבר, המדד הנגזר מהמודל הוא forward-looking. בנוסף, ניתן להשתמש במדד עבור חברות בעלות חוב לא סחיר עבורו אין אינפורמציה בנוגע לתשואות ולמרווחים בשוק. עם זאת, הוא מוגבל לחברות עבורן יש נתונים על המסחר במניה, ורצוי שזו תהיה כמה שיותר סחירה כדי לקבל אומדנים נכונים יותר.

המרווחים התיאורטיים המתקבלים מהמודל עבור מחיר השוק של התחייבויות החברה הינם קטנים בצורה משמעותית בהשוואה למרווחים בשוק, ומסבירים רק כחמישית מהמרווח בפועל, וגם זאת כאשר מניחים עלויות פשיטת רגל בגובה של 40% מערך החוב. תוצאה זו דומה לתוצאות שהתקבלו במחקרים שנעשו בחו"ל המצביעים על יכולתו הנמוכה של סיכון חדלות הפירעון להסביר את מחיריהן של אג"ח קונצרניות. בשונה מהגישה המקובלת בתיאוריה שהמרווח על מחירי אג"ח קונצרניות בהשוואה לאג"ח ממשלתיות נובע בראש ובראשונה מסיכון זה, בפועל, המרווחים בשוק גדולים יותר, והנחות סבירות בדבר סיכון האשראי אינן יכולות להסביר את רובו של המרווח. גורמים אחרים התורמים מאד להבנת המרווח קשורים לסיכונים השוק באופן כללי ובאים לידי ביטוי בהשפעה החזקה של סטיית התקן משוק המניות ברגרסיות. כמו כן, סיכון חדלות הפירעון מסביר חלק גדול יותר מהמרווח עבור חברות בעלות מניות ואג"ח סחיר – דבר הנובע הן מיכולת האמידה המדויקת יותר של המודל והן מפרמיית נזילות נמוכה יותר.

יישום המודל במאמר עושה מספר הנחות מקלות המשפיעות על תוצאות האמידה; חישוב מודל Merton נשען בצורה משמעותית על סטיות התקן של המניות. סטיית תקן זו אמורה לשקף את סטיית התקן הרגעית של הנכס. בהיעדר נתוני אופציות על מניות ספציפיות הדרך להעריך סטיית תקן זו היא ע"י נתונים היסטוריים. תחת השימוש במשוואה (5) לחישוב סטיית התקן על הנכסים, המתקיימת רק באופן רגעי, ניתן להשתמש בשיטה רקורסיבית הפותרת את הסדרה העיתית של נכסי החברה ואת סטיית התקן שלהם באופן סימולטאני (Crosbie & Bohn (2003), Bharath & Shumway (2008)). שיטה זו עשויה לשפר את אמידת המודל בצורה ניכרת, כיוון שהתנודתיות בסטיית התקן של הנכסים המתקבלת מאמידת המודל (והתנודתיות של המרווחים הנגזרים) גבוהה מאד באופן יחסי; ריבוי תוצאות חריגות (outliers) מקטין בצורה ניכרת את כוח ההסבר של המודל לכל חברה בנפרד בהשוואה לתוצאות המתקבלות מרגרסיית החציונים. קיומו של מידע מפורט יותר על התחייבויות החברה – כגון פירוט טווחי פדיון של מרכיבי החוב, בטוחות וסדר קדימות (priority rules) ישפר גם הוא את יכולת האמידה של המרווח התיאורטי ואת ההשוואה למרווחים בשוק.

מודל Merton הבסיסי מתמחר את החוב כ"אופציה אירופאית" – כלומר פשיטת הרגל אפשרית רק במועד החזר החוב הנקוב, T. בפועל, כשמצבה הפיננסי של החברה מיזדרר בעלי האג"ח לרוב דורשים להעמיד את החוב לפירעון מיידי, או שהחברה עצמה עושה מהלך יזום ונכנסת למו"מ מול בעלי האג"ח. על כן, תמחור התחייבויות החברה באופציות מסוג "חסם" (barrier options) עשוי לשפר את אמידת ההפסד הצפוי לבעלי החוב, כיוון שהוא מאפשר לאירוע חדלות הפירעון להתרחש בכל עת מרגע ההנפקה ועד T. Tudela and Young (2003) העושים שימוש באופציות מסוג זה מקבלים תוצאות המאפשרות הפרדה טובה יותר של חברות שעתידות להיכנס לקשיים פיננסיים.

בספרות היום קיים רצון לרתום את המודל כדי להעריך את יציבותם של ענפים שלמים בכלכלה, ובפרט את יציבותה של המערכת הפיננסית בשלמותה; ניתן לשלב את מדדי הסיכון הנגזרים מהמודל המבני עבור הגופים הפיננסיים במשק במסגרת מודלים מקרו כלכליים (Gray et al. (2009), או להעריך את ההפסדים הצפויים של המערכת הפיננסית במסגרת גזירת ההתפלגות המשותפת של מדדי סיכון אלה עבור מספר גופים (Gray et al. (2010)).

- זילברמן, ש., חכמון, ע., קהן, מ. וגור-גרשגורן, ג., (2010). "משבר שוק אג"ח החברות בישראל ותמחור הסיכונים בשוק הראשוני והמשני", *בנק ישראל, הרשות לני"ע ומכון מילקן*.
- Altman, E.I. (1968). "Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy", *Journal of Finance*, 23, 589-609.
- Bharath, S. T and Shumway, T., (2008). "Forecasting Default with the Merton Distance to Default Model", *Review of Financial Studies*, Vol. 21, No. 3.
- Black, F., and Cox, J., C., (1976). "Valuing Corporate Securities: Some Effects of Bond Indenture Provisions" *Journal of Finance* Vol. 31, Iss. 2.
- Black, F. and Scholes, M., (1973). "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," *Journal of Political Economy* (January/March 1973), pp. 637-659.
- Collin-Dufresne, P., Goldstein, S. R. and Martin, J. S., (2001). "The Determinants of Credit Spread Changes", *Journal of Finance*, 56, 2177-2207.
- Crosbie, P. and Bohn, J. (2003). "Modeling Default Risk", *Moody's KMV Company*.
- Crouchy, M., Galai, D. and Robert, M., (2000). "Risk Management" *New York: Mc Graw Hill*.
- Delianedis, G. and Geske, R., (2003). "Credit Risk and Risk Neutral Default Probabilities: Information about Rating Migrations and Defaults", *EFA 2003 Annual Conference paper No. 962*.
- Delianedis, G. and Geske, R., (2001). "The Components of Corporate Spreads: Default, Recovery, Tax, Jumps, Liquidity, and Market Factors", *Anderson School, UCLA, Working Paper 22-01*.
- Dufee, G. R., (1998). "The Relation between Treasury Yields and Corporate Bond Yield Spreads", *Journal of Finance*, Vol. 53, pp. 2225-2241.
- Elton E. J., Gruber M. J., Agrawal D., and Mann, C., (2001). "Explaining the Rate Spread on Corporate Bonds". *Journal of Finance* 56:247-278.
- Franks, J. R. and Torous, W. N., (1994). "A Comparison of financial Recontracting in Distressed Exchanges and Chapter 11 Reorganization", *Journal of Financial Economics*, Vol. 35, 3 pp 541-552.
- Geske, R. (1977). "The Valuation of Corporate Liabilities as Compound Options", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, pp. 541-552.
- Gray, D. F., Garcia, C., Luna, L and Restrepo, J. E., (2009). "Incorporating Financial Sector Risk into Monetary Policy: Application to Chile", *IMF Working paper*, June 2009.

- Gray, D. F., Jobst, A. A. and Malone S. W., (2010). "Quantifying Systemic Risk and Reconceptualizing the Role of Finance for Economic Growth", *Journal of Investment Management*, Vol.8, No. 2, pp90-110
- Hull, J. C., (2000). "Options, Futures and Other Derivatives", *Prentice-Hall*, Fourth Edition.
- Jones, E. P., Mason S.P., and Rosenfeld, E., (1984). "Contingent Analysis of Corporate Capital Structures: An Empirical Investigation," *Journal of Finance*, Vol. 39, No. 3.
- Kim, J., Ramaswamy, K., and Sundaresan, S., (1993). "Does Default Risk in Coupons Affect the Valuation of Corporate Bonds?: A Contingent Claims Model", *Financial Management* Vol. 22, Iss. 3, pg. 117.
- Leland, H. E. and Toft, K. B., (1996). "Optimal Capital Structure, Endogenous Bankruptcy, and the Term Structure of Credit Spreads", *Journal of Finance*, Vol LI, No. 3, July 1996.
- Longstaff, F. A. and Schwartz, E. S., (1995). "A Simple Approach to Valuing Risky Fixed and Floating Rate Debt", *Journal of Finance*, Vol. 50, pp789-819.
- Merton, R. C. (1973). "Theory of Rational Option Pricing," *Bell Journal of Economics and Management Science* (Spring 1973), pp. 141-183.
- Merton, R. C. (1974). "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates". *Journal of Finance* 29:449-70.
- Pitts, C. G. C. and Selby, M. J. P., (1983). "The Pricing of Corporate Debt: A further Notice", *Journal of Finance*, Vol. 38, pp1311-1313.
- Sarig, O. and Warga, A., (1989). "Bond Price Data and Bond Market Liquidity", *Journal of Finance and Quantitative Analysis*, Vol. 24, pp. 367-378.
- Tudela, M. and Young, G. (2003). "A Merton-Model Approach to Assessing the Default Risk of UK Public Companies". *Working paper no. 194*, Bank of England.

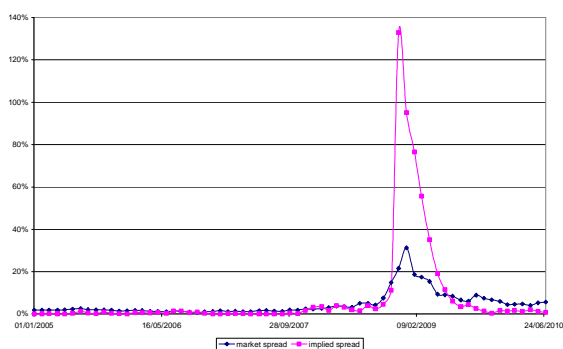
נספח 1 – מרווחים תיאורטיים ומהשוק עבור חברות נבחרות

החברות המוצגות מטה נבחרו כך שישקפו מגוון של ענפי תעשייה, גודל חברה, מרווחים בשוק ויחס חוב סחיר לסך התחייבויות. ניתן לראות כי עבור חברות מסוימות שני המרווחים מתנהגים באופן דומה לאורך התקופה, בעוד שעבור חברות אחרות לא קיים קשר כזה. כפי שנכתב במאמר, עבור החברות הגדולות במשק הקשר נוטה להיות חזק יותר.

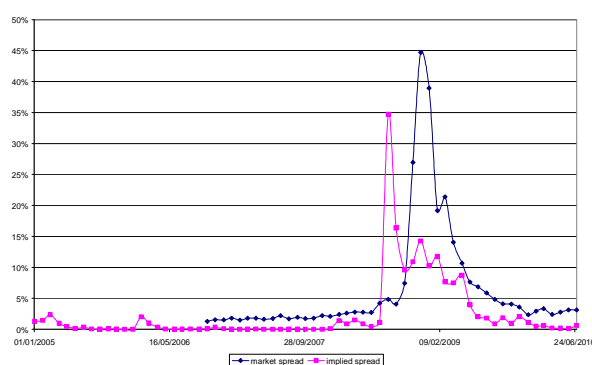
מאפייני החברות⁷

שם חברה	ענף	סך נכסים	סך התחייבויות	חוב סחיר	ערך שוק המניות	קורלציה עם המרווחים התיאורטיים
001	94	5,316	5,698	601	245	0.50***
002	95	2,139	2,445	493	287	0.86***
003	95	2,139	1,361	700	1,031	0.72***
004	95	16,312	27,728	5,299	2,776	0.66***
005	97	122	67	37	64	-0.18**
006	94	671	409	72	274	0.36
007	95	451	335	39	244	0.15**
008	95	15,894	21,776	2,211	644	0.64***
009	95	1,440	1,110	775	525	0.48***
010	97	12,014	8,977	3,972	3,926	0.55***
011	95	187	233	86	18	0.71***
012	96	84	77	34	14	0.19

002

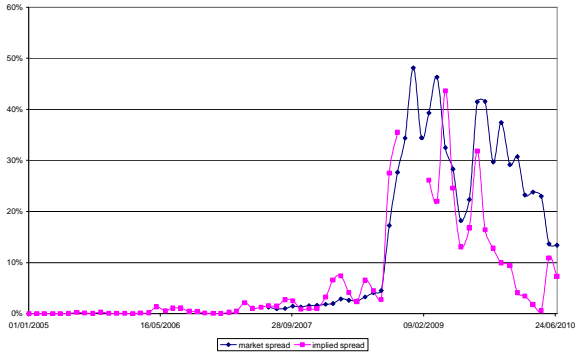


001

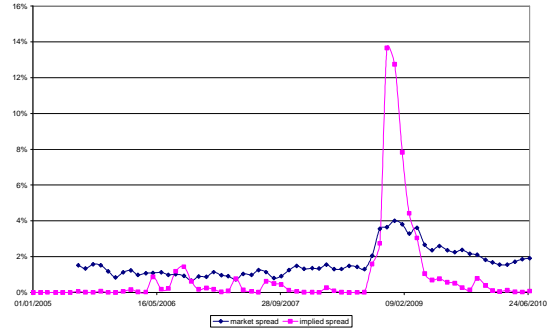


⁷ כל הנתונים במיליוני ש"ח. הנתונים בטבלה נדגמו באוגוסט 2008.

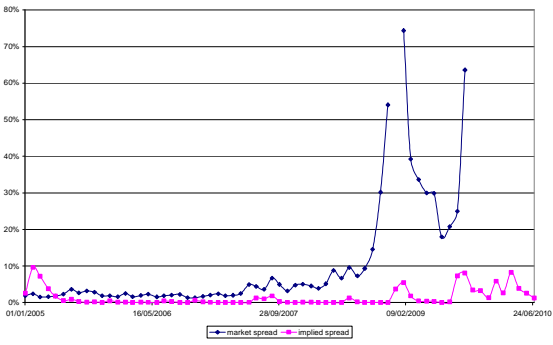
004



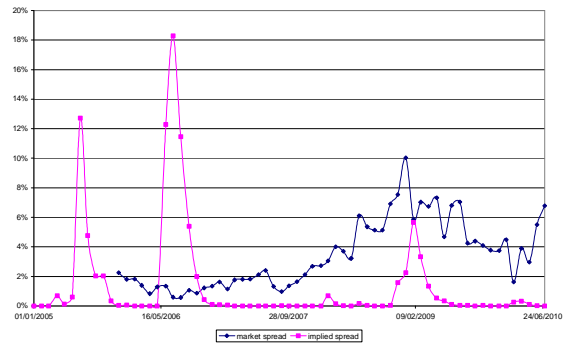
003



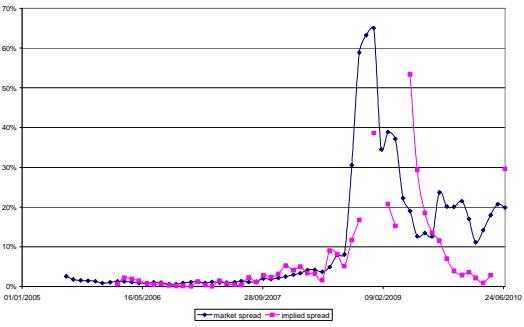
006



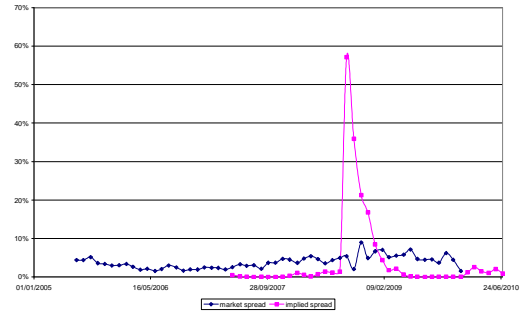
005



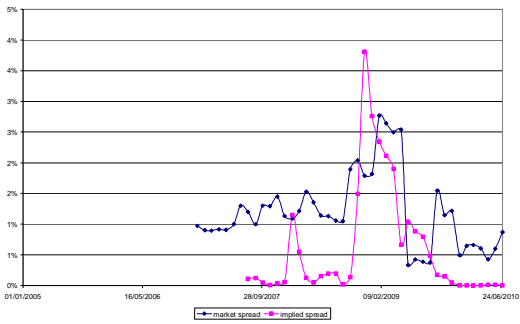
008



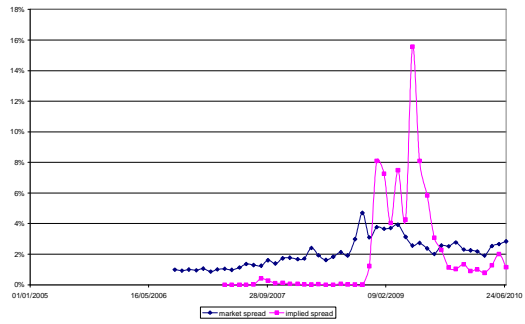
007



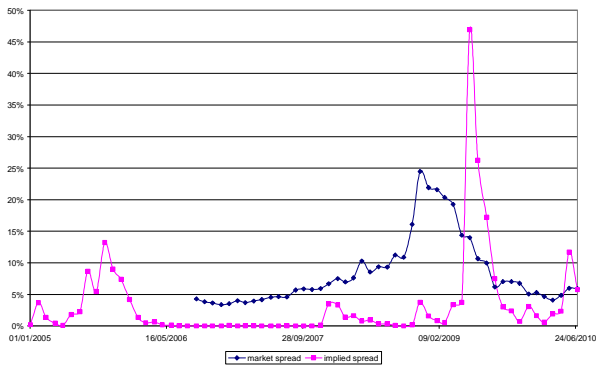
010



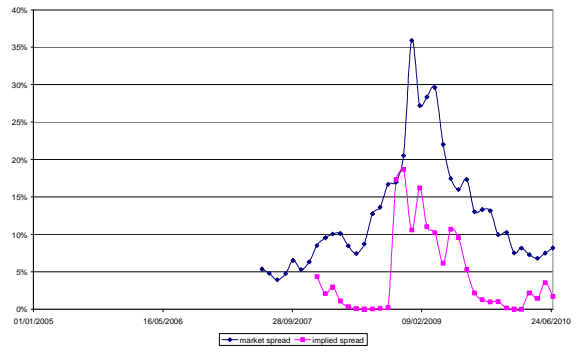
009



012



011



נספח 2 – רשימת החברות במדגם שנתקלו בקשיים פיננסיים

שם החברה	ענף	תאריך כניסה למו"מ	תיאור האירוע
ליטו גרופ	השקעות ואחזקות	19/08/2008	החברה הודיעה על רצונה בהסדר עם בעלי האג"ח
דירקט קפיטל	נדל"ן ובינוי	11/12/2008	בעלי האג"ח החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
וורלד קפיטל	השקעות ואחזקות	29/01/2009	בעלי האג"ח החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
ארזים	נדל"ן ובינוי	04/12/2008	בעלי האג"ח החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
לנדמארק גרופ	נדל"ן ובינוי	23/04/2009	בעלי האג"ח החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
אלדן טק	נדל"ן ובינוי	18/03/2010	החברה הודיעה כי אין ביכולתה לעמוד בהתחייבויותיה
רבינטקס	תעשייה	11/05/2009	החברה הודיעה על רצונה בהסדר עם בעלי האג"ח
אברות	תעשייה	09/03/2009	החברה הודיעה על רצונה בהסדר עם בעלי האג"ח
לידר השקעות	השקעות ואחזקות	07/05/2009	החברה הודיעה על רצונה בהסדר עם בעלי האג"ח
אלוני מיתר	נדל"ן ובינוי	26/01/2009	בעלי האג"ח החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
סובריין נכסים	נדל"ן ובינוי	08/09/2008	בעלי האג"ח החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
אופק נדלן	נדל"ן ובינוי	06/11/2008	בעלי האג"ח החליטו על כניסה להסדר או פירעון מידי
פלג ניא	תעשייה	13/10/2009	בעלי האג"ח החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
בוימלגרין קפיטל	נדל"ן ובינוי	19/03/2009	החברה הודיעה על רצונה בהסדר עם בעלי האג"ח
אנטר הולדינגס	השקעות ואחזקות	31/03/2009	החברה הגישה לבית המשפט צו להקפאת הליכים
דיגל	נדל"ן ובינוי	20/04/2009	בעלי האג"ח החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
פרופיט	נדל"ן ובינוי	13/05/2009	החברה הודיעה על רצונה בהסדר עם בעלי האג"ח
אפריקה השקעות	נדל"ן ובינוי	30/08/2009	החברה הודיעה על רצונה בהסדר עם בעלי האג"ח
אלרן השקעות	נדל"ן ובינוי	15/02/2009	בעלי האג"ח הסכימו לדחיית תשלומי קרן וריבית לאג"ח ב'
פולאר תקשורת	השקעות ואחזקות	26/07/2009	החברה הודיעה על רצונה בהסדר עם בעלי האג"ח
אוסוף השקעות	נדל"ן ובינוי	27/05/2009	החברה הודיעה על דחיית תשלום ריבית לאג"ח ד' וזימון אסיפה לבחינת הסדר
אנגל משאבים	נדל"ן ובינוי	25/05/2009	בעלי אג"ח ה החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
סינג'י כבלים	תעשייה	24/01/2010	החברה הודיעה על רצונה בהסדר עם בעלי האג"ח
אנגל אירופה	נדל"ן ובינוי	26/05/2009	בעלי אג"ח ג החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
אסים השקעות	נדל"ן ובינוי	07/04/2009	החברה הודיעה על רצונה בהסדר עם בעלי האג"ח
תשואה 10	נדל"ן ובינוי	22/04/2010	החברה הודיעה כי אין ביכולתה לעמוד בהתחייבויותיה
גמול השקעות	השקעות ואחזקות	09/12/2008	בעלי האג"ח החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
פולישק	תעשייה	25/01/2009	החברה הודיעה כי אין ביכולתה לעמוד בהתחייבויותיה
גלובליקום טרייד	מסחר ושירותים	15/12/2008	בעלי האג"ח החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
אינטרקולוני	נדל"ן ובינוי	22/04/2009	בעלי האג"ח החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
נידר בנין	נדל"ן ובינוי	22/08/2008	החברה הודיעה כי אין ביכולתה לעמוד בהתחייבויותיה
די אן אי ביומד/לייזר דטקט	תעשייה	15/12/2009	החברה הודיעה על רצונה בהסדר עם בעלי האג"ח
אינטרקויר	תעשייה	10/01/2010	בעלי האג"ח החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה
טופ אימג'	מסחר ושירותים	31/12/2009	החברה הודיעה על רצונה בהסדר עם בעלי האג"ח
לידקום	מסחר ושירותים	24/06/2009	בעלי אג"ח א החליטו על מינוי נציגות לשם מו"מ מול החברה