תמחור אג"ח
(Fixed Income)

ד"ר כורש גליל

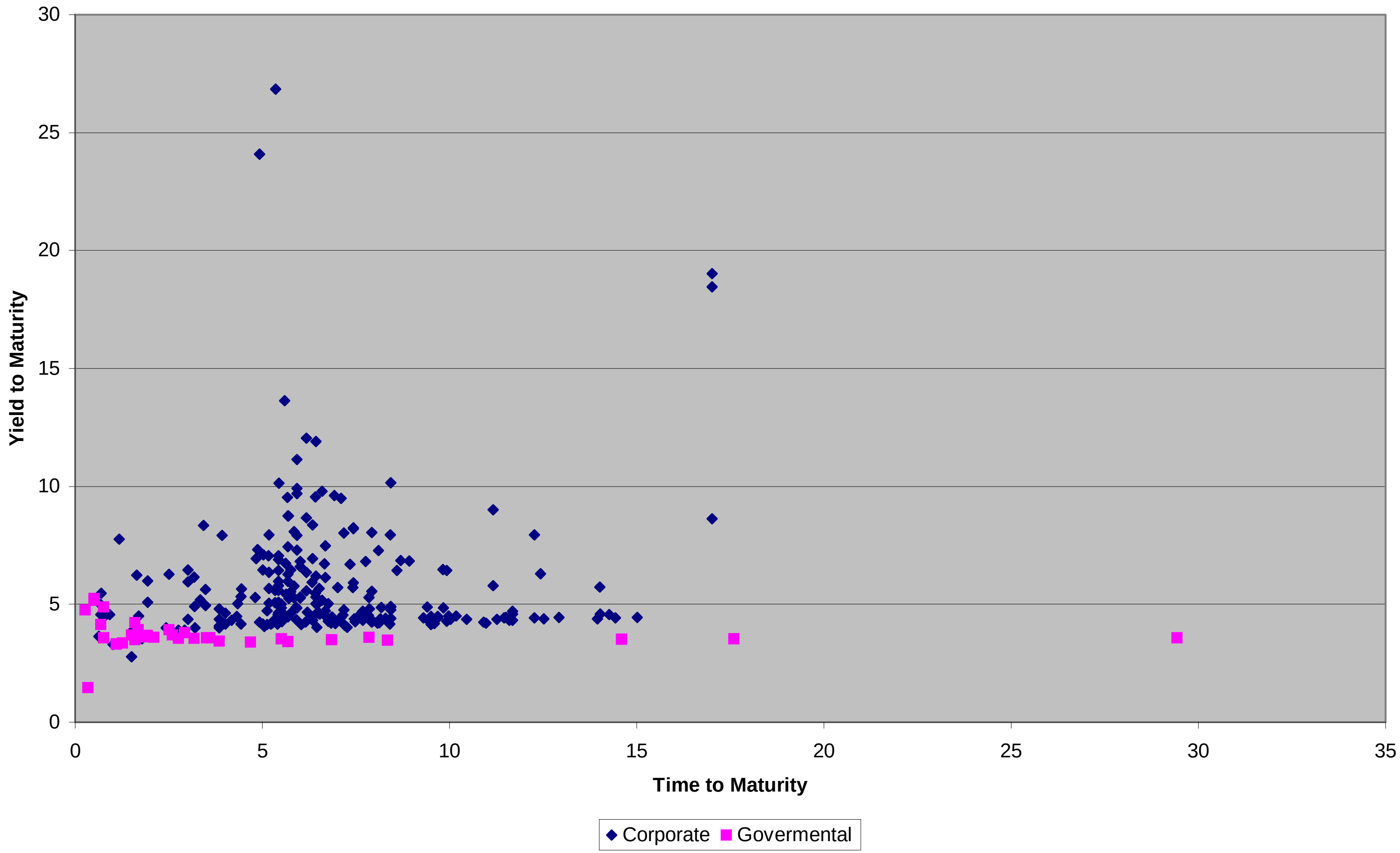
הרצאה 8: מרווחי אשראי

תוכנית הפגישה

- מבוא – מרווחי אשראי
- הגישות השונות לתמחור מרווחי אשראי
- מודל מרטון לתמחור אג"ח קונצרניות.
- הגישה המצומצמת לתמחור אג"ח קונצרניות.

בפגישה הבאה נמשיך את הדיון בגישה המצומצמת, נדון במחקרים אמפיריים שבחנו את מרווחי האשראי ונציג את הגישה הפרקטית ביותר – גישת ההשוואות תוך הצגת היתרונות והחסרונות שלה.

תשואה לפדיון של אג"ח צמודות למדד – דצמבר 2006



מרווח אשראי

- אנו רואים כי לא רק שלאג"ח קונצרניות יש תשואה לפדיון גבוהה יותר מלאג"ח ממשלתיות אלא גם שלאג"ח קונצרניות שונות בעלות אותו זמן לפדיון יש תשואה לפדיון שונה.
- לפער הקיים בין התשואה לפדיון של אג"ח קונצרנית לזו של אג"ח ממשלתית (בעלת אותו זמן לפדיון) נהוג לקרוא מרווח אשראי (Credit spread).
- מרווח האשראי אמור להעניק למשקיע פיצוי על חשיפתו לסיכון האשראי שבאג"ח.
- בפועל מרווח האשראי כנראה מפצה גם על סיכונים נוספים כגון סיכון סחירות/נזילות.

הגישות השונות לתמחור אג"ח קונצרניות

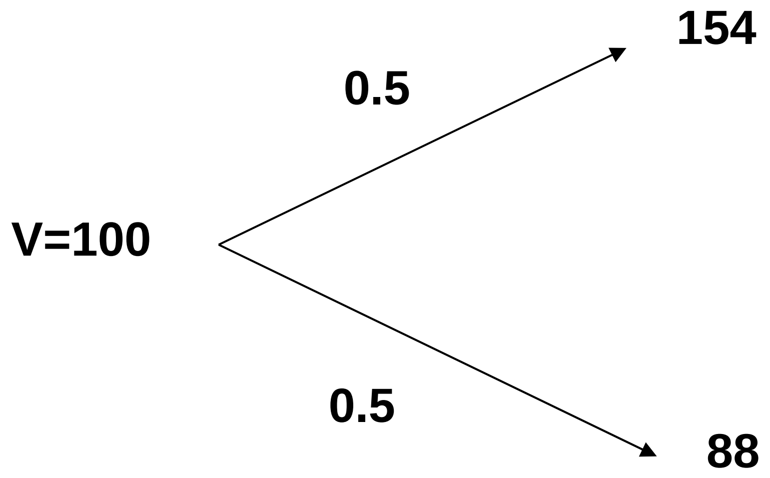
- הגישה המבנית (מודל מרטון) – על-פי הגישה הזו מניות ואג"ח קונצרניות מהוות נכסים נגזרים על השווי הכולל של החברה. כאשר המניות נסחרות בשווקים, ניתן להשתמש בנתון שווי המניות התכונות הסטטיסטיות שלו בכדי לחשב את שווי אג"ח קונצרניות.
- הגישה המצומצמת – ניתן להשתמש בנתונים סטטיסטיים על הסתברויות לחדלות פירעון ושיעורי התאוששות (במקרה של חדלות פירעון) בכדי להעריך את תוחלת ההפסד מחדלות פירעון מאחזקת אג"ח ובכך להעריך את שווי אג"ח.
- גישת ההשוואות – נשתמש בנתונים על שווי אג"ח בעלות מאפיינים דומים בכדי להעריך שוו של אג"ח אחר.

תמחור אג"ח קונצרניות – הגישה המבנית
STRUCTURAL MODELS

- כפי שהצגנו בהרצאה הקודמת – Merton (1974) הציג לראשונה את הגישה המבנית לתמחור אג"ח. על-פי גישה זו ניתן להתייחס לשווי הכולל של החברה כנכס הבסיס ולמניות החברה כאופציה CALL על נכסי החברה ולחוב החברה כמכירה של אופציה PUT על נכסי החברה + אג"ח ממשלתי.
- הייחוד בגישה זו היא שהיא מנסה להסביר מדוע ומתי חדלות הפירעון מתרחשת – כאשר השווי הכולל של החברה יורד מתחת לסף מסוים. זו גישה מאוד אמביציוזית.
- בשיעור שעבר דיברנו על כך שהמודל מאפשר להשתמש בנתוני המסחר על מניות בכדי להעריך את סיכון האשראי של החברה. בשיעור זה נציג כי לפחות באופן תיאורטי ניתן להשתמש במחיר מניות החברה בכדי להעריך את שווי החוב שלה.
- אנו נמחיש את מודל Merton באמצעות המודל הבינומי.

המודל הבינומי

- נניח שריבית חסרת הסיכון היא $r=10\%$.
- נסמן ב-V את השווי הכולל של החברה, ב-D את גובה התחייבויות החברה לפירעון בשנה הבאה וב-E את שווי הון המניות.
- להלן עץ המתאר את ההתפתחות הצפויה של V:



המודל הבינומי - *המשך*

- הסתברויות מנוטרלות סיכון (risk-neutral probabilities):

$$100 = \left(P \cdot 154 + (1-P) \cdot 88\right)/1.1$$

$$P = 1/3 \qquad 1-P = 2/3$$

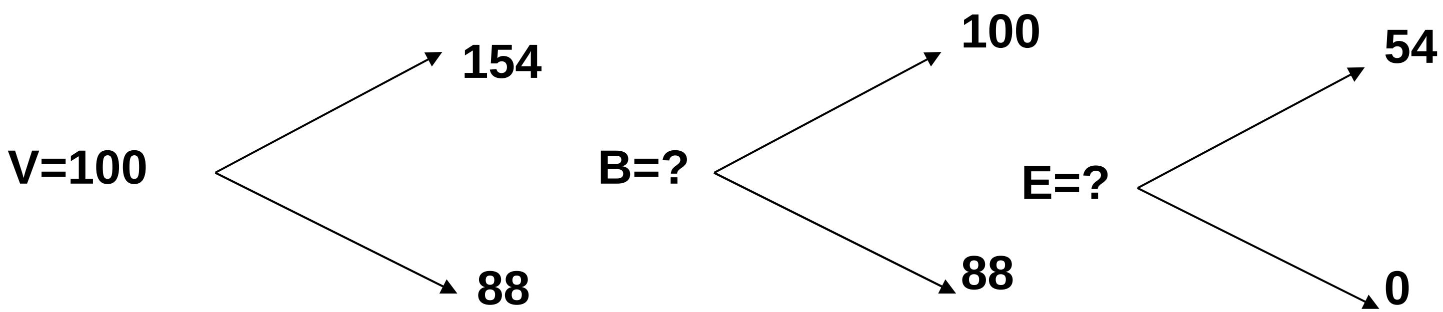
- כעת ניתן לתמחר את הון המניות ואג"ח של החברה.
- במודל פשוט זה אנו נניח שלחברה יש חוב בדמות אג"ח אפס עם ערך נקוב של D=0 והחברה הולכת להיות מפורקת בעוד שנה.
- במצב זה בעלי החוב יקבלו בשנה הבאה 100 אם יש לחברה סכום זה. ואם לא (חדלות פירעון) הם יקבלו את יתרת נכסי החברה (88).
- בעלי המניות יקבלו את יתרת נכסי החברה לאחר תשלום לבעלי האג"ח.

המודל הבינומי - המשך

- בעת הפירעון (בעוד שנה)

$$E_T = \max\left(0, V_T - D\right)$$

$$B_T = \min\left(D, V_T\right)$$



המודל הבינומי - המשך

- אנחנו יכולים להשתמש בנתוני ההסתברויות מנוטרלות הסיכון בכדי להעריך את שווי הון המניות ושווי אג"ח.

$$E=\left[P\cdot 54+(1-P)\cdot 0\right]/1.1=\tfrac{1}{3}\cdot 54/1.1=16.36$$

$$B=\left[P\cdot 100+(1-P)\cdot 88\right]/1.1=\left[\tfrac{1}{3}\cdot 100+\tfrac{2}{3}\cdot 88\right]/1.1=83.64$$

$$B+E=83.64+16.36=100=V$$

המודל הבינומי – הסדר הנכון

- בפועל אנו משתמשים במודל זה כאשר מניית החברה נסחרת בשווקים (ולא כל החברה כולה). לכן עלינו לחלץ את ההסתברויות מנוטרלות הסיכון ממחירי המניות ולהשתמש בהן לתמחור אג"ח.
- נציג דוגמה – נניח ששיעור ריבית חסר סיכון הוא $r=8\%$ ושווי הון המניות של החברה הוא 20. לחברה יש חוב בדמות אג"ח אפס עם ערך נקוב 100. העצים הבא מתאר את התנהגות שווי המניות ואג"ח:

- מנתוני הון המניות ניתן לחלץ את ההסתברויות מנוטרלות הסיכון – (0.45,0.55) ובאמצעותם נתמחר את שווי אג"ח –

$$B=[0.45\cdot 100+0.55\cdot 36]/1.08=60$$

מודל מרטון – יישום בפועל

- אנו נשתמש בנתונים על שווי הון המניות של החברה (E) וסטיית התקן של תשואת מניות החברה (σ_E) בכדי לחלץ את השווי הכולל של החברה (V) וסטיית התקן של השווי הכולל של החברה (σ_V). באמצעות נתונים אלו, ניתן:

1. לאמוד את ההסתברות (האמיתית) לחדלות פירעון של החברה.
2. להעריך את שווי אג"ח של החברה - long על אג"ח ממשלתי ו-short על אופציית מכר (Put) על נכסי החברה על מחיר מימוש D. את שווי האופציה ניתן להעריך באמצעות מודל Balck-Scholes.

בעיות בגישה המבנית

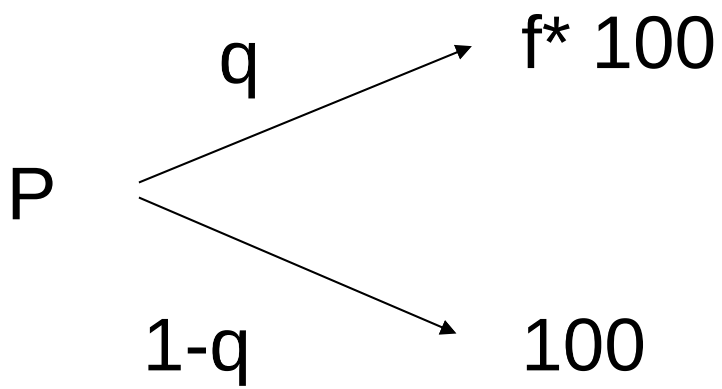
- בגישה זו בעיות רבות –
  - בפועל חדלות פירעון לא מתרחשת כאשר ערך נכסי החברה יורד מתחת לשווי החוב. חברת KMV שמשתמשת בגישת Merton משתמשת בערך אחר עבור נקודת חדלות הפירעון – חוב לטווח הקצר + מחצית חוב לטווח ארוך. אך בפועל חברות הופכות לחדלות פירעון גם בנסיבות אחרות.
  - לחברה סוגים שונים של חוב לטווחי זמן שונים. חדלות הפירעון לא תמיד מתרחשת בעת התשלום הסופי אלא לעיתים לפני-כן: בעת תשלומי הקופון. לכן המודל המבני צריך להשתכלל ולא רק להעריך את הסבירות לחדלות לפירעון אלא גם את עיתויה. בנוסף המודל צריך להשתכלל ולהסביר מה ההפסד בהינתן חדלות הפירעון (LGD) לכל סוג של אג"ח.
  - בישראל, בחירות נמוכה של חלק מהמניות הופך את היישום לקשה אף יותר.
  - גישה מסובכת, לעיתים לא אינטואיטיבית – במיוחד בהשוואה לגישה האחרות – reduced form models.
  - יחד עם זאת חשובה – היא עומדת בבסיס האיגוח (Securitization).

הגישה המצומצמת
Reduced form models

- בגישה זו לא מנסים להסביר מדוע חברה הופכת לחדלת פירעון אלא רק מניחים הסתברויות להתרחשות של חדלות פירעון (PD) ואת ההפסד בהינתן חדלות הפירעון (LGD).
- נתחיל בדוגמה פשוטה – אג"ח לשנה ולאחר מכן נדבר על אג"ח לטווחי זמן ארוכים יותר.

מודל בינומי לתקופה אחת

- נניח שיעור ריבית חסר סיכון לשנה הוא y.
- נדון באג"ח עם ע"נ = 100 לשנה.
- בהסתברות q (=PD) החברה לא תוכל לעמוד בהתחייבותה ותשלם רק $f \cdot 100$. כלומר f הוא recovery rate ו- LGd=1-f.
- ניתן להשתמש בעץ –



מודל בינומי - המשך

- מה צריך להיות המחיר האג"ח – P ושיעור התשואה לפדיון שלה – y^* ?

נניח אחת משתי ההנחות הבאות (שנבהיר את משמעותן המעשית בהמשך):

1. משקיעים אדישים לסיכון.
2. כל סיכון האשראי הוא ספציפי (ניתן לביזור אם מכלילים את הנכס בתיק גדול).

במצב זה אנו יכולים להשתמש בהסתברויות האמיתיות בכדי להעריך את שווי אג"ח באופן הבא:

המודל הבינומי - המשך

- במקרה זה:

$$P = \frac{100}{(1+y^*)} = q \cdot \frac{f \cdot 100}{(1+y)} + (1-q) \cdot \frac{100}{(1+y}$$

- נפתח מעט –

$$P = \frac{100}{(1+y^*)} = \frac{100}{(1+y)} - q \cdot \frac{(1-f) \cdot 100}{(1+y)}$$

- כלומר מחיר אג"ח קונצרני שווה למחיר אג"ח ממשלתי (חסר סיכון אשראי) פחות הערך הנוכחי של תוחלת ההפסד –

$$\frac{q \cdot (1-f) \cdot 100}{(1+y)}$$

המודל הבינומי - המשך

- פיתוח נוסף:

$$P=\frac{100}{(1+y^{*})}=\frac{100\cdot[1-q\cdot(1-f)]}{(1+y)}$$

- ומכאן:

$$q\cdot(1-f)=1-\frac{1+y}{1+y^{*}}\approx y^{*}-y$$

- כלומר מרווח האשראי (ההפרש בין תשואה לפדיון של אג"ח קונצרנית ואג"ח ממשלתית מקבילה) הוא פשוט שיעור תוחלת ההפסד.
- לדוגמה – אג"ח קונצרנית עם תשואה לפדיון של 8% בעוד שתשואה לפדיון של אג"ח ממשלתית מקבילה 5% - מרווח האשראי הוא 3% - זהו שיעור תוחלת ההפסד (באג"ח לשנה).

הגישה המצומצמת - ישום

- לצורך ישום הגישה אנו צריכים להשתמש בהערכות לגבי ההסתברות לחדלות הפירעון של אג"ח (PD) + הערכה לגבי LGD.
- לשם כך, נהוג להשתמש בנתון דירוג האשראי של החברה/החוב ונתונים היסטוריים עבור אותו דירוג אשראי.
- נציג קודם כל, כיצד מעריכים את PD.

דוגמה

- נניח חברה K הנפיקה אג"ח לשנה עם ע"נ 100. נתון PD=2%, f=40% ו-y=3%. מה יהיה מחיר האג"ח ושיעור התשואה לפדיון?

$$P=\frac{100}{1.03}-0.02\cdot\frac{0.6\cdot 100}{1.03}=97.09-1.17=95.92$$

$$\frac{100}{\left(1+y^{*}\right)^{1}}=95.92 \longrightarrow y^{*}=4.25\%\approx 3\%+2\%\cdot 60\%$$

- ומה יהיה המחיר והתשואה לפדיון של אג"ח לשנתיים אם גם בשנה השנייה מתקיימים תנאים דומים?

דוגמה - המשך

- כעת $PD_1=PD_2=2\%$, $f=40\%$ ו-$y=3\%$.

$$P=\frac{100}{1.03^2}-0.02\cdot\frac{0.6\cdot 100}{1.03}-0.02\cdot\frac{0.6\cdot 100}{1.03^2}=94.26-1.17-1.13=91.96$$

$$\frac{100}{\left(1+y^*\right)^2}=91.96 \longrightarrow y^*=4.28\%\approx 3\%+2\%\cdot 60\%$$

- כלומר שיעור התשואה לפדיון נשאר דומה, כי מרווח האשראי של 1.25% הוא ממוצע שנתי.

דוגמה - המשך

- ומה אם בשנה השנייה ההסתברות לחדלות פירעון עולה ל-4%?
- כעת $PD_2=4\%$, $PD_1=2\%$ (ממוצע 3%), $f=40\%$ ו-$y=3\%$.

$$P=\frac{100}{1.03^2}-0.02\cdot\frac{0.6\cdot 100}{1.03}-0.04\cdot\frac{0.6\cdot 100}{1.03^2}=94.26-1.17-2.26=90.83$$

$$\frac{100}{\left(1+y^*\right)^2}=90.83 \longrightarrow y^*=4.93\%\approx 3\%+3\%\cdot 60\%$$

- שיעור התשואה לפדיון עולה, כי מרווח האשראי עבור שנה שנייה גבוה משל שנה ראשונה.

הערכת ההסתברות

- נניח כי דירוגי האשראי הם בסולם A, B, C ו-D כאשר A הוא הדירוג הטוב ביותר ו-D זה מצב של חדלות פירעון.
- נביט באג"ח של חברה שמדורגת B.
- מה ההסתברות הכוללת שהחברה תהפוך לחדלת פירעון במשך השנה הקרובה? בשנתיים הקרובות? ב-3 שנים הקרובות? ב-10 השנים הקרובות?
- לשם כך נסתכל בהיסטוריה של חברות שמדורגות B. בכדי לפשט את שיטת הערכת ההסתברות לחדלות פירעון עבור כל טווח זמנים בעתיד, נשתמש במטריצת מעבר.

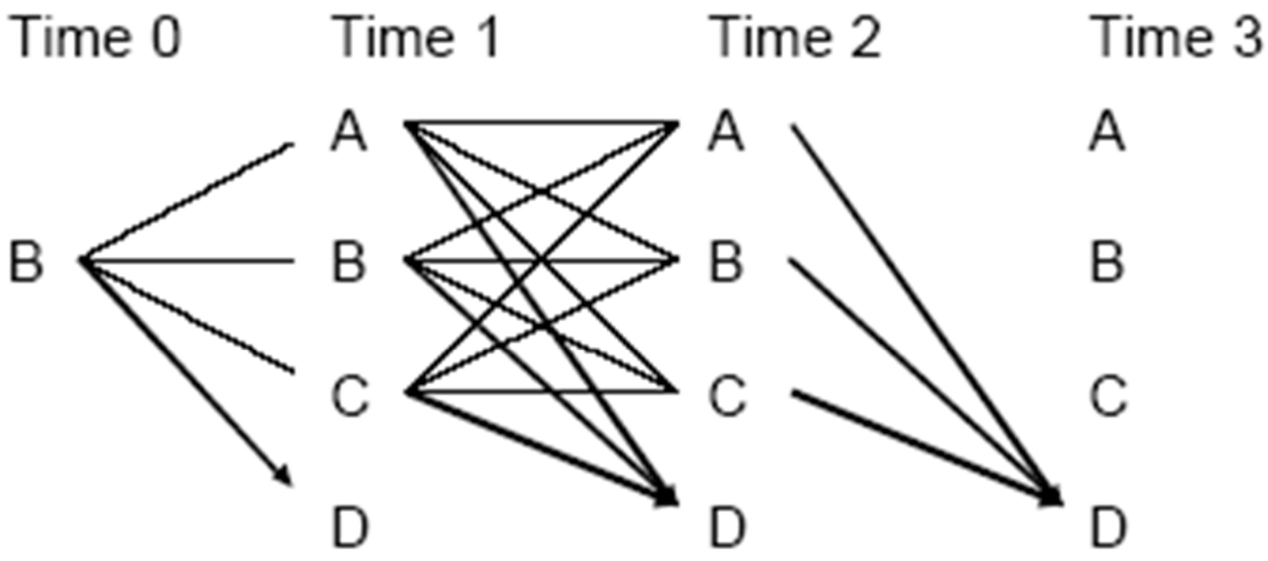
מטריצת מעבר – TRANSITION MATRIX

- מטריצה זו מציגה מה ההסתברות למעבר מדירוג מסוים לדירוג אחר בפרק זמן נתון (בד"כ שנה). דוגמה –

This Period	Next Period				
	A	B	C	D	Total
A	97%	3%	0%	0%	100%
B	2%	93%	2%	3%	100%
C	1%	12%	64%	23%	100%
D	0%	0%	0%	100%	100%

הסתברות מצטברת לחדלות פירעון

- ישנם מספר מסלולים שיובילו חברה שמדורגת B לחדלות פירעון:



הסתברות מצטברת לחדלות פירעון

- הסתברויות לחדלות פירעון:
  - תוך שנה (במעבר מזמן 0 עד זמן 1):
    - B ← D = 0.03
    - סה"כ = 0.03
  - בתום שנתיים (במעבר מ-0 עד זמן 2):
    - B ← A ← D $0.0000=0.00\times0.02$
    - B ← B ← D $0.0279=0.03\times0.93$
    - B ← C ← D $0.0279=0.23\times0.02$
    - סה"כ = 3.25%
- לכן ההסתברות הכוללת לחדלות פירעון במשך שנתיים היא

$3\%+3.25\%=6.25\%$

הסתברות מצטברת לחדלות פירעון

- באמצעות שימוש במטריצת מעבר ותחת ההנחה שדירוג האשראי של חברה מקיים תהליך מרקובי (ההסתברויות לעלייה בדירוג וירידה בדירוג אינן תלויות בהיסטוריית הדירוגים אלא רק בדירוג הנוכחי), ניתן לחשב את ההסתברות המצטברת לחדלות פירעון. החישוב דווקא אינו מסובך אלגברית – כל שיש לעשות הוא להעלות את המטריצה בחזקת n בכדי לקבל את הסתברויות המעבר מדירוג לדירוג תוך n שנים.
- Jarrow, Lando & Turnbull (1997) הציגו מודל להערכת מחירי אג"ח תוך שימוש במטריצות מעבר בין דירוגי אשראי.
- גישה זו של מודלים מצומצמים (מבלי להתייחס לדירוגי אשראי) מיוחסת גם ל-Duffie & Singleton (1999) ואפילו לאחד המאמרים של Merton (1976).

שיעור ההתאוששות (RECOVERY RATE)

- שיעור ההתאוששות ניתן להערכה מנתוני העבר. שיעור ההתאוששות ההיסטורי הממוצע בארה"ב עומד על 40%. אך שיעור זה כמובן איננו קבוע ותלוי בגורמים רבים נוספים שלרוב משפיעים גם ההסתברות לחדלות הפירעון:
  - ביטחונות/ערבויות בעבור אג"ח,
  - הקדימות בעת פירוק של בעלי סדרת אג"ח A יחסית לבעלי סדרות אחרות
- המאפיינים הנ"ל נלקחים בחשבון בעת מתן הדירוג ואף מתואמים איתו. יוצא אם כך ששיעור ההתאוששות מתואם גם עם דירוגי האשראי.
- איגרות חוב שונות של אותה חברה עשויות לכלול מרווח אשראי שונה בשל הבדלים בערבויות/ביטחונות וקדימות בעת פירוק.
- אין עדיין סטטיסטיקה מהימנה בנוגע לשיעורי התאוששות באג"ח ישראליות.

מחירי אג"ח ונתונים היסטוריים על חדלות פירעון – הניסיון הגלובלי

- נתבונן באג"ח מדורגות A בארה"ב. אלו נסחרות בד"כ במרווח אשראי של כ-50 נקודות בסיס (0.5%).
- המשמעות היא שיעור תוחלת הפסד של $5\cdot0.005=2.5\%$ באג"ח ל-5 שנים.
- תחת הנחה של שיעור התאוששות של 40%, מדובר בהסתברות לחדלות פירעון ב-5 שנים של $2.5\%/0.6=4.16\%$
- בפועל ההסתברות הממוצעת לחדלות פירעון תוך 5 שנים לקבוצה זו בשנים 1920-2009 עמד על כ-0.5%!
- על-פי סטטיסטיקה זו מרווח האשראי הממוצע לדירוג A בארה"ב היה צריך להיות כ-4 נקודות בסיס בלבד!
- אם כך, מרווח האשראי מגלם בתוכו כנראה פרמיות נוספות.

דוגמאות מישראל

- להלן נתונים על שלוש אג"ח צמודות למדד.

		ה-17 בינואר 2008	ה-8 בינואר 2009	ה-18 בדצמבר 2009	ה-15 ביוני 2010	ה-23 בדצמבר 2010
גליל 5472 30/04/2015	שת"פ	3.49%	2.94%	1.52%	0.69%	0.87%
פועלים אג25 20/05/2015	שת"פ	4.37%	4.16%	2.61%	1.52%	1.79%
	מרווח	0.88%	1.22%	1.09%	0.83%	0.88%
	דירוג	AAA	AAA	AA+	AA+	AA+
לאומי אג176 31/07/2016	שת"פ	4.31%	4.03%	2.62%	1.32%	1.68%
	מרווח	0.82%	1.09%	1.10%	0.63%	0.81%
	דירוג	AAA/Aaa	AAA/Aaa	AA+/Aaa	AA+/Aaa	AA+/Aaa

המשך הדוגמה

- אם מקבלים את הגישה המצומצמת כפי שהיא המחירים בשווקים משקפים -
  - תוחלת הפסד מחדלות פירעון ממוצעת שנתית של כ-0.6%-0.8%.
  - תוחלת הפסד מחדלות פירעון של כ-6%-8% (לפי המחירים בשנים 2008-2009) וכ-3% (לפי מחיר לאומי בשנת 2010) עד לפדיון.
  - תחת הנחה של שיעור התאוששות של 40%, מדובר בהסתברות לחדלות פירעון (עד לפדיון) של כ-10%-13% לפי התמחור בשנים 2008-2009 וכ-6% לפי המחיר בשנת 2010.
- נראה כי מתקיים אחד מהשניים:
  - אג"ח אלו מסוכנות יותר ממה שחשבנו.
  - **שיעור התשואה לפדיון מגלם בתוכו פרמיות מעבר לתוחלת ההפסד מחדלות פירעון. ← על כך בפדיישה הבאה.**
- חשוב לציין שגם התבוננות במחירי אג"ח קונצרניות שנסחרות במדינות אחרות מתגלה תמונה דומה.

סיכום ומסקנות עד כה

- הגישה המבנית של מרטון מספקת תובנות מעניינות בונגע לסיכון האשראי של חברה ומהווה נקודת בסיס להבנת סיכון האשראי הגלום באג"ח מובנות. יחד עם זאת, המודל איננו טוב לצורכי תמחור וניהול תיקי אג"ח. יישומו בארץ כמעט בלתי אפשרי.
- הגישה המצומצמת מניחה אחת מהשניים:
  - פרטים אדישים לסיכון.
  - כל סיכון האשראי הוא סיכון ספציפי (ניתן לביזור אם מחזיקים תיק מספיק גדול)
- המודל מסיק כי מרווח האשראי באג"ח אמור לגלם את תוחלת ההפסד מחדלות פירעון בממוצע שנתי עד לפדיון.
- המחירים בשווקים מגלים שמרווחי אשראי מגלמים כנראה פרמיות מעבר לתוחלת ההפסד סגין חדלות פירעון.
- המשך בפגישה הבאה...