



מגדל המילניום

רח' הארבעה 17

תל-אביב 64739

טלפון: 03-6844700

פקס: 03-6855002

E-mail: info@midroog.co.il

www.midroog.co.il

## תחום מימון מובנה דו"ח מיוחד

07/05/2006

ט/אייר/תשס"ו

### טכניקות למדידת סיכון האשראי בעסקאות מימון מובנה

#### מחברים:

אביגיל קוניקוב  
אנליסטית  
טל': 03-6844729  
avigail.k@midroog.co.il

דמיטרי שפסיוק  
אנליסט  
טל': 03-6844732  
dimitri@midroog.co.il

עינת טפר  
אנליסטית  
טל': 03-6844710  
einatt@midroog.co.il

#### אנשי קשר:

אלכסנדר דוזרט  
אנליסט בכיר  
טל': 03-6844709  
a.dozort@midroog.co.il

מידרוג בע"מ  
מגדל המילניום  
רח' הארבעה 17  
תל-אביב, 64739  
www.midroog.co.il  
info@midroog.co.il  
טל': 03-6844700

דוח זה עוסק במדידת סיכונים אשראי בגיוס חוב במסגרת עסקאות מימון מובנה (איגו"ח). עסקאות מימון מובנה מבוססות על תזרים מזומנים עתידי מנכסים פיננסיים הומוגניים, בידודו מסיכונים האשראי של היוזם והנפקת נייר ערך שפירעונו נובע מתזרים זה. תזרים המזומנים הצפוי מהנכסים הפיננסיים האמורים משמש מקור פנימי יחיד לתשלומי הריבית והקרן.

גישת מידרוג לדירוג מוצרי חוב מובנים מבוססת על מדידה סטטיסטית של סיכונים האשראי במונחים של הפסד צפוי למשקיעים במוצרי החוב. ההפסד הצפוי נגזר מההסתברות לכשל (Default Probability) וחומרת ההפסד הצפוי (Possible Loss Severity).

ההפסד הצפוי משמש מרכיב עיקרי בקביעת הדירוג, אם כי גם המבנה המשפטי, מאפייני נותני השירותים, שיקולי מס ופרמטרים איכותיים נוספים, עשויים להגביל את הדירוג ולעיתים את היכולת לדרג הנפקות חוב. המודלים הסטטיסטיים אינם מודדים סיכונים אלה<sup>1</sup>.

#### ההפסד הצפוי

מידרוג קובעת את הדירוג למוצרי חוב מובנים בהינתן ההפסד הצפוי הנאמד למחזיקי אגרות החוב ומשך החיים המשוקלל (Weighted Average Life) של אותן איגרות החוב. ההפסד הצפוי הוא פונקציה של סיכון אשראי אינהרנטי של הנכסים המגבים והיקף כריות הביטחון המפחיתות את הסיכון למחזיקי אגרות החוב.

$$EL=Dp*(1-RR)$$

EL – ההפסד הצפוי

DP – (Default Probability) הסתברות לכשל

RR – (Recovery Rate) שיעור השיקום בהינתן הכשל, כאשר:

$$1-RR=LGD$$

<sup>1</sup> ראה דוח מיוחד "ניתוח איכותי בעסקאות מימון מובנה", ינואר 2005

## LGD – (Loss Given Default) חומרת ההפסד בהינתן הכשל

### דוגמה:

ההפסד הצפוי המירבי באג"ח שדורגה Aa2 עם משך חיים צפוי משוקלל של 3 שנים אינו עולה על 0.014%  
 ההפסד הצפוי המירבי באג"ח שדורגה Baa2 בעל משך חיים משוקלל דומה אינו עולה על 0.259%

להלן מוצגת טבלה של הפסד הצפוי, לפיה נקבע סיכון האשראי:

משך החיים המשוקלל של איגרת החוב

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Aaa</b>	0.0000%	0.0000%	0.0005%	0.0010%	0.0020%	0.0020%	0.0030%	0.0040%	0.0050%	0.0060%
<b>Aa1</b>	0.0000%	0.0020%	0.0060%	0.0120%	0.0170%	0.0230%	0.0300%	0.0370%	0.0450%	0.0550%
<b>Aa2</b>	0.0010%	0.0040%	0.0140%	0.0260%	0.0370%	0.0490%	0.0610%	0.0740%	0.0900%	0.1100%
<b>Aa3</b>	0.0020%	0.0100%	0.0320%	0.0560%	0.0780%	0.1010%	0.1250%	0.1500%	0.1800%	0.2200%
<b>A1</b>	0.0030%	0.0200%	0.0640%	0.1040%	0.1440%	0.1820%	0.2230%	0.2640%	0.3150%	0.3850%
<b>A2</b>	0.0060%	0.0390%	0.1220%	0.1900%	0.2570%	0.3210%	0.3910%	0.4560%	0.5400%	0.6600%
<b>A3</b>	0.0210%	0.0830%	0.1980%	0.2970%	0.4020%	0.5010%	0.6110%	0.7150%	0.8360%	0.9900%
<b>Baa1</b>	0.0500%	0.1540%	0.3080%	0.4570%	0.6050%	0.7540%	0.9190%	1.0840%	1.2490%	1.4300%
<b>Baa2</b>	0.0940%	0.2590%	0.4570%	0.6600%	0.8690%	1.0840%	1.3260%	1.5680%	1.7820%	1.9800%
<b>Baa3</b>	0.2310%	0.5780%	0.9410%	1.3090%	1.6780%	2.0350%	2.3820%	2.7340%	3.0640%	3.3550%
<b>Ba1</b>	0.4790%	1.1110%	1.7220%	2.3100%	2.9040%	3.4380%	3.8830%	4.3400%	4.7800%	5.1700%
<b>Ba2</b>	0.8580%	1.9090%	2.8490%	3.7400%	4.6260%	5.3740%	5.8850%	6.4130%	6.9580%	7.4250%
<b>Ba3</b>	1.5460%	3.0310%	4.3290%	5.3850%	6.5230%	7.4200%	8.0410%	8.6410%	9.1910%	9.7130%
<b>B1</b>	2.5740%	4.6090%	6.3690%	7.6180%	8.8660%	9.8400%	10.5220%	11.1270%	11.6820%	12.2100%
<b>B2</b>	3.9380%	6.4190%	8.5530%	9.9720%	11.3910%	12.4580%	13.2060%	13.8330%	14.4210%	14.9600%
<b>B3</b>	6.3910%	9.1360%	11.5670%	13.2220%	14.8780%	16.0600%	17.0500%	17.9190%	18.5790%	19.1950%
<b>Caa1</b>	14.3000%	17.8750%	21.4500%	24.1340%	26.8130%	28.6000%	30.3880%	32.1750%	33.9630%	35.7500%
<b>Caa2</b>	28.0446%	31.3548%	34.3475%	36.4331%	38.4017%	39.6611%	40.8817%	42.0669%	43.2196%	44.3835%

### טכניקות המדידה של ההפסד הצפוי

המודלים בהם משתמשת מידרוג לצורך אמידת ההפסד הצפוי הם כלי מדידה כמותיים לאמידת הסיכון האינהרנטי שבבסיס הנכסים המניבים והקצאתו בין ההתחייבויות על פי רמות בכירותן (אג"ח עיקרית, אג"ח נחותה ו/או הון עצמי).

הפרמטרים הבסיסיים הבאים לידי ביטוי בהפעלת המודלים הם: ההסתברות לכשל, חומרת ההפסד לאחר הכשל, בהתייחס לשיעורי השיקום הצפויים, התפלגות הכשלים על-פני זמן, לוחות הסילוקין של החוב המדורג והתאמתם לתזרים הנובע מהנכסים המגבים, שיעורי ריבית ומרכיבים נוספים ע"פ הרלבנטיות.

השיקולים העיקריים לבחירת המודל לבחינת סיכון האשראי בעסקאות מימון מובנה הם מידת ההטרוגניות של הנכסים המגבים וכמות הנכסים בבסיס האיגוח.

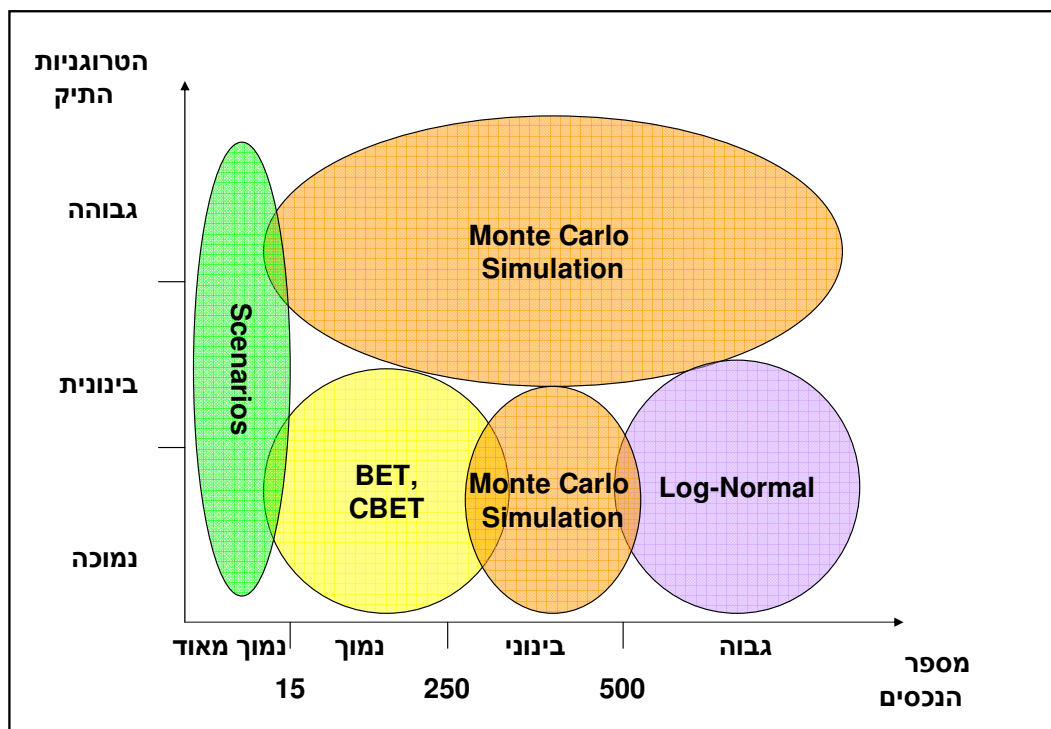
בעסקאות בהן מספר הנכסים המגבים קטן מאוד, מידרוג נהגת לבצע סימולציות ע"פ תרחישים המביאים לידי ביטוי את ההידרדרות בטיב הנכסים המגבים ובתזרים הנובע מהם. דוגמה לעסקאות מסוג זה היא איגוח התזרים הצפוי מנדל"ן מניב.

בעסקאות בהן מספר הנכסים המגבים נמוך והטרוגניות התיק נמוכה, מידרוג נהגת להפעיל מודל BET (Binominal Expansion Technique) או (Correlated BET) CBET. דוגמאות לעסקאות מסוג זה הן

איגוח התזרים הצפוי מתיקי ליסינג מרוכזים או אגרות חוב מגובות בתיק אגרות חוב מדורגות (CDO). כלי מדידה נוסף שעומד לרשות מידרוג הוא סימולצית מונטה קרלו (Monte-Carlo Simulation), הניתן לשימוש בין אם קיים מתאם בין נכסי הבסיס, לדוגמה עסקאות Synthetic CDOs, ובין אם לאו, כגון עסקאות מגובות בתיקי ליסינג גדולים ומפוזרים.

בעסקאות בהן מספר הנכסים המגבים גדול מאוד והטרוגניות התיק נמוכה, מידרוג נהגת להפעיל מודל Log-Normal. דוגמה לעסקאות מסוג זה היא איגוח הכנסות מכרטיסי אשראי.

להלן שרטוט המדגים את השימוש במודלים השונים:



מידרוג התאימה מספר מודלים, שפותחו במשך השנים על ידי מודיס לשוק ההון הישראלי.

## מודלים

### Monte-Carlo Simulation

הרעיון העיקרי בסימולציה מונטה-קרלו, הוא בניית תרחישים של תזרימי מזומנים והשוואתם לתזרים מזומנים תיאורטי, בהינתן ההתפלגות של חדלות הפירעון של נכסי הבסיס ופונקציה ההפסד. הנחות היסוד לגבי התפלגות חדלות הפירעון קובעות את אופן בניית סימולציה מונטה-קרלו. במקרים שניתן להניח אי-תלות בין נכסי הבסיס, כל נכס מוגרל באופן עצמאי ונבנה עבורו תזרים נובע. לאחר מכן מחושב תזרים מצרפי לתרחיש. אורטוגנליות (אי-תלות) בין נכסי הבסיס היא הנחת יסוד מרכזית ובדרך כלל היא תקפה לגבי תיקי נכסים מפוזרים, החשופים לחדלות פירעון של לקוחות פרטיים (תיק הלוואות, תיק משכנתאות). כמו כן ניתן להגריל באופן בלתי תלוי את חדלות הפירעון של נכסי הבסיס. במקרים של קורלציה אמיתית הנובעת ממחזור עסקים כולל, להבדיל ממחזורי עסקים ענפיים, נקבעים שיעורי חדלות פירעון היסטוריים המוכפלים במקדמים של תרחישי קיצון (Stress Factor). במידה והונחה אי-תלות בין נכסי הבסיס ניתן לבנות, בצורה פשוטה יחסית, סימולציה מונטה-קרלו דינמית, כלומר בניית תזרימים על פני מספר תקופות. במקרים של תלות בין נכסי הבסיס, ניתן להגריל את חדלות הפירעון של נכסי הבסיס בהתבסס על הנחות הקורלציה. מודלים מסוג זה מיושמים ב-Synthetic CDOs, בהם ניתן לדמות את התנהגות הנכסים המגבים במודל חד-תקופתי.

באופן כללי, ההפסד הצפוי (EL) בסימולציה מוגדר כמיצוע של ההפרש המהוון בין התזרים התיאורטי לבין התזרים בתרחיש, חלקי התזרים התיאורטי מהוון:

$$EL = E_s \left[ \text{Max} \left( \frac{PV_{base} - PV_s}{PV_{base}}, 0 \right) \right]$$

$E_s$  - תוחלת ההפסדים על פני כל התרחישים

$PV_{base}$  - ערך נוכחי של תזרים בסיסי (ערך נוכחי של התזרים התיאורטי הצפוי להתקבל מנכסי הבסיס ללא כשלים או פיגור בעסקה כלשהי)

$PV_s$  - ערך נוכחי של תזרים בתרחיש s (תזרים הצפוי להתקבל לאחר שקלול הכשלים)

## שיטת ה-BET (Binomial Expansion Technique)

אלטרנטיבה לסימולציות היא שיטת ה-BET, המשלבת את הטוב של שני עולמות: רמה גבוהה של דיוק במדידה ופשטות יחסית בבניית המודל ויישומו. ההפסד הצפוי בתיק הנכסים ניתן לחישוב גם בשיטות אחרות מלבד שיטת ה-BET, אך השימוש בהן לעתים מורכב יותר ולעיתים מדויק פחות. שיטת ה-BET מתחשבת בתרחישי קיצון, היות והניתוח בודק את כל התרחישים האפשריים לכשל. השיטה מנוצלת בעיקר בעסקאות בהן מספר הנכסים המגבים נמוך והטרונגניות התיק נמוכה, לדוגמה - בניתוח של אגרות חוב מגובות בתיקי אג"ח (CDO), בתיקי הלוואות (CLO) ובתיקי ליסינג בעלי ריכוז נכסים גבוה. דירוגם של התחייבויות ברמות בכירות שונות משקף תוחלת הפסד שונה לכל שכבת התחייבות. גזירת הדירוגים מתבססת על אמידה של הסיכון הגלום בתיק והקצאתו בין רובדי ההתחייבויות השונים. השיטה מבוססת על מדד ב-Diversity Score, המשקף מספר נכסים בלתי תלויים הומוגניים (בעלי משקל וסיכון זהים). על בסיס ה-Diversity Score נבנה מאגר נכסים המדמה את התנהגותו של מאגר הנכסים המקורי.

ה-Diversity Score מתחשב במתאמים בין הנכסים, כגון קורלציה בין ענפית ותוך ענפית, של 3% וכ- 15% בהתאמה<sup>2</sup>. בנוסף, תתכן קורלציה בין הנכסים המגבים, אשר נובעת מהשפעות אחרות, כגון קשרי בעלות, סיכונים גאו-פוליטיים וכו'.

כאמור, במאגר המדמה את התנהגות מאגר הנכסים המקורי קיימים  $D$  נכסים, כמו כן לכל הנכסים הללו אותה הסתברות לכשל אשר נקבעת על פי ההסתברות הממוצעת המשוקללת לכשל של תיק הנכסים המקורי. את התיק המדמה ניתן לתאר באופן מלא על ידי  $D$  תרחישי כשל אפשריים: נכס אחד כושל, שני נכסים כושלים וכן הלאה. ההסתברות ( $P_j$ ) להתרחשותו של תרחיש  $j$ , כלומר התרחשותם של  $j$  כשלים, ניתנת לחישוב על ידי הנוסחה הבינומית:

$$P_j = \frac{D!}{j!(D-j)!} p^j (1-p)^{D-j}$$

$j$ -מספר נכסים שווי ערך שנכשלים מתוך  $D$ . ( $j = 0, 1, \dots, D$ )  
 $p$ -ההסתברות הממוצעת המשוקללת לכשל בתיק הנכסים.

לצורך קביעת ההפסד הצפוי יש לחשב את ההפסד המתקבל בכל אחד מן התרחישים האפשריים, בהינתן הקצאת ההפסדים בין רובדי ההתחייבויות השונים. ההפסד מחושב על ידי השוואת הערך הנוכחי המתקבל על ידי מחזיקי האג"ח, בהנחה שאירעו  $j$  כשלים, לערך הנוכחי של התזרים התיאורטי ללא כשלים<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> מקור המתאמים וסיווג הענפים: Moody's Revisits Its Assumptions Regarding Corporate Default (and Asset) Correlations for CDOs.

<sup>3</sup> היוון תזרימי המזומנים של כל רובד מחושב לפי ריבית האג"ח הרלוונטית לאותו הרובד.

תוחלת ההפסד לכל רובד מחושבת כשקלול ההפסד הנובע בתרחיש בהסתברות התרחיש :

$$E(L) = \sum_{j=1}^D P_j L_j$$

$D$  - מספר נכסים שווי ערך בתיק

$j$  - מספר הנכסים הכושלים מתוך  $D$  ( $j = 0, 1, \dots, D$ )

$p_j$  - ההסתברות לכשל

$L_j$  - הפסד בתרחיש  $j$

### מודל Log-Normal

שיטה נוספת למדידת סיכוני אשראי שעומדת לרשות מידרוג מבוססת על התפלגות לוג-נורמאלית של ההפסדים הצפויים. שיטה זו מיושמת בעסקאות בהן מספר הנכסים המגבים גדול מאוד והומוגניות הנכסים המגבים גבוהה. תנאי נוסף ליישום השיטה הוא קיומו של מאגר נתונים היסטוריים מפורט לגבי ביצועי העבר. לדוגמה, שיעורי חדלות הפירעון בשנים קודמות יכולים לשמש אינדיקציה לגבי שיעורי חדלות הפירעון הצפויים: שיעורי חדלות הפירעון בשנים מסוימות יכולים להיות גבוהים מהממוצע ובשנים אחרות להיות מתחת לממוצע. לפיכך, התנודתיות הגלומה בכשלים ההיסטוריים היא פרמטר מרכזי בגישה זו.

השיטה לאמידת ההפסדים הצפויים למחזיקי אג"ח מגובות על ידי תיקי הלוואות היא כדלקמן :

1. הנחה של מאגר ביצועי העבר מאפשרת הסקה סטטיסטית לגבי התפלגות שיעורי חדלות הפירעון בעתיד.
2. מודל תזרים המזומנים של ההכנסות מתיק הלוואות בהינתן פרמטר שיעור חדלות הפירעון, תשלומי קרן וריבית לשכבות שונות של התחייבויות ומנגנון הדקים. עבור שיעור חדלות פירעון נתון מתקבל שיעור ההפסד לכל שכבת התחייבות.
3. חזרה על חישוב ההפסד לכל שכבת התחייבות עבור שיעור חדלות פירעון של מ- 0% עד 100%.
4. אמידת שיעור הפסד משוקלל (ההפסד הצפוי) עבור כל שכבת התחייבות, בהינתן ההסתברות לכל שיעור חדלות פירעון.

אמידה של התוחלת ( $M$ ) וסטיית התקן ( $\Sigma$ ) של שיעור חדלות הפירעון המצטבר. בהנחה ששיעור הכשל מתפלג לוג-נורמאלי, אזי לערך לוגריתמי של הכשל יש הסתברות לכשל המתפלגת נורמאלית עם תוחלת ( $m$ ) וסטיית תקן ( $\sigma$ ) כאשר :

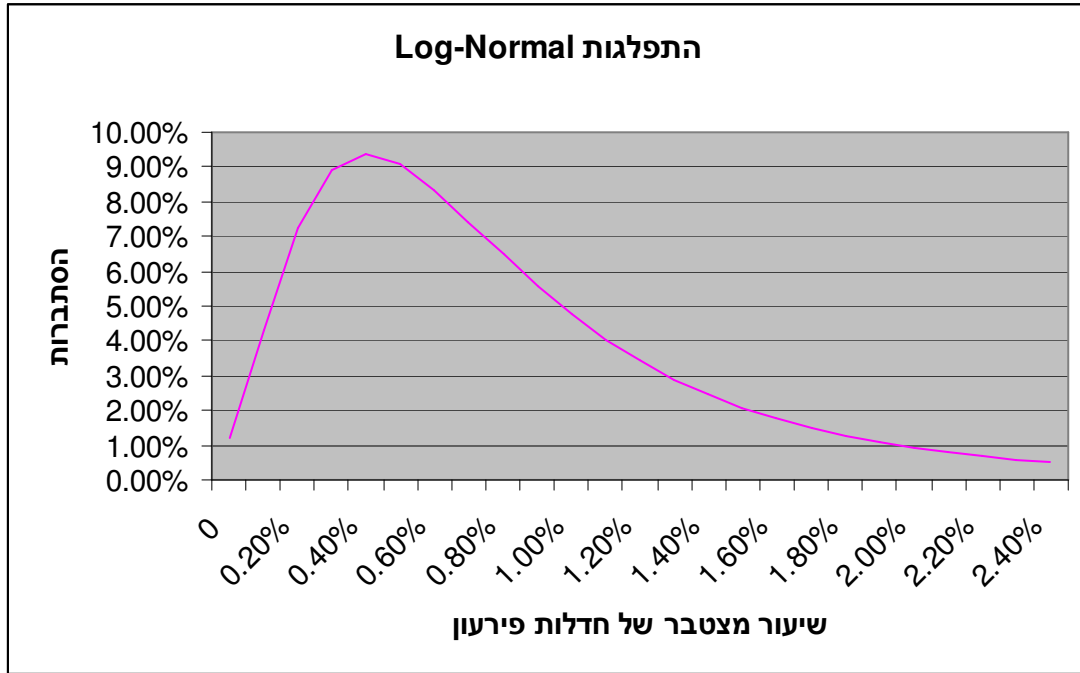
$$m = \log(M) - \frac{\sigma^2}{2} \quad \sigma = \sqrt{\log \left[ 1 + \left( \frac{\Sigma}{M} \right)^2 \right]}$$

ולכן ההסתברות בתרחיש  $j$  ( $p_j$ ) בו שיעור הכשל נע בין  $I_j$  לבין  $I_j + \Delta I$  יהיה שווה ל :

$$P_j = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{x_j}^{x_j+\Delta x} e^{-\frac{(u-m)^2}{2\sigma^2}} du$$

כאשר  $x_j = \log(I_j)$ .

לדוגמה, אם תוחלת שיעור חדלות פירעון  $M=1\%$  וסטיית תקן  $\Sigma=0.7\%$ , אזי התפלגות לוג-נורמאלית נראית בצורה הבאה:



מתוך גרף זה ניתן להסיק שההסתברות לכשל מצטבר בין 1.2% ל-1.3% מסך התיק היא 4.05%.

מס' דוח : SF-SR-06-05-01

© כל הזכויות שמורות למידרוג בע"מ (להלן: "מידרוג"). 2006

כל הזכויות שמורות למידרוג. אין להעתיק, לצלם, להפיץ או לעשות כל שימוש מסחרי ללא הסכמת מידרוג, למעט לצרכים מקצועיים תוך ציון המקור.