

## שימוש במודל ה-VaR בגישת מונטה-קרלו לאמידת סיכוני שוק, רועי פולניצר<sup>1</sup>

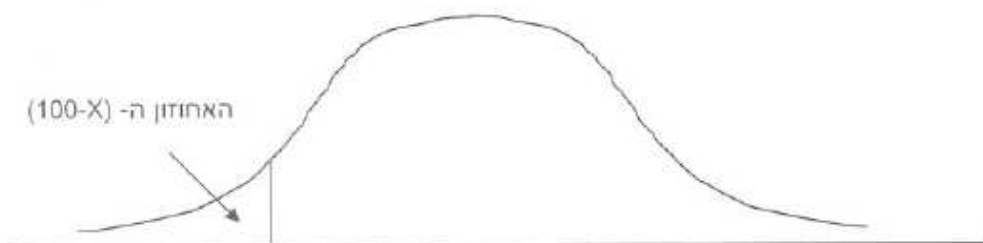
מאמר זה הינו הרביעי מתוך סדרת מאמרים בנושא VaR של סיכוני שוק. במאמרים אלו נסביר שלב אחר שלב כיצד לחשב את ההפסד הפוטנציאלי המקסימלי הצפוי מתיק השקעות. במאמר זה שני פרקים, הפרק הראשון מתאר בכלליות את מודל ה-VaR (Value at Risk) והפרק השני עושה שימוש בגישת מונטה-קרלו (Monte Carlo VaR) של המודל למדידת ההפסד הפוטנציאלי המקסימלי הצפוי מתיק השקעות.

### פרק ראשון - מודל ה-VaR

#### 1. כללי

הערך בסיכון (Value at Risk) מאפשר להעריך את היקף ההפסדים הצפוי למשקיע ברמת הסתברות מסוימת. למעשה הערך בסיכון מאפשר למשקיע לקבוע כי ברמת ביטחון של  $X\%$  ההפסד בתיק השקעות ב-  $N$  הימים הבאים לא יהיה גדול מסכום כספי מוגדר. למעשה הערך בסיכון הוא האחוזון ה-  $(100 - X)$  של התפלגות השינוי בערך התיק במשך  $N$  ימים. מדידת VaR מצריכה שימוש בהתפלגות מסוימת.

התרשים הבא מתאר את חישוב הערך בסיכון מהתפלגות השינוי בערך תיק הנכסים :



#### 2. גישת מונטה-קרלו

קיימות שלוש גישות לחישוב ה-VaR: הגישה האנליטית (Analytical VaR), הגישה ההיסטורית (Historical VaR) וגישת מונטה-קרלו (Monte Carlo VaR). במאמר זה נעסוק בגישת מונטה-קרלו בלבד.

גישת מונטה-קרלו הנקראת גם גישת התרחישים של מונטה-קרלו (Monte Carlo Simulation VaR) מניחה התפלגות מסוימת, שמשקפת את השינויים הצפויים בערכו של תיק ההשקעות. באמצעות לוח מספרים מקריים הבנוי על אותה התפלגות, יוצרים

<sup>1</sup> כלכלן, בעלים ומנהל משרד שווי פנימי - מעריכי שווי בלתי תלויים. לשעבר מרצה במכללה האקדמית אשקלון בבית הספר לכלכלה בקורסים בניתוח דוחות כספיים והערכות שווי ובמכללת אחוה בפקולטה לניהול בקורסים בנגזרות וניהול סיכונים.

תרחישים רבים ומהם גוזרים הפסדים ורווחים בתיק ההשקעות הקיים. לבסוף, בדומה לגישה ההיסטורית, מדרגים את הרווחים ואת ההפסדים מהגבוה לנמוך (מרווח להפסד) ומחשבים את הערך הנתון בסיכון על פי הערך הקיצוני, בהתאם לרמת ההסתברות הנדרשת.

לגישה זו יתרון הנובע מכך שהיא מטפלת בסיכונים מסוימים טוב יותר מהגישות הקודמות, כמו: שינוי בתנודתיות לאורך זמן, סיכון בנגזרים מורכבים, צורת ההתפלגות ועוד. חסרונות הגישה נובעים ממורכבותה, מהקושי להסבירה למנהלים ולדירקטורים ומעיתירות משאבי המחשב שהיא דורשת. כמו כן קיים בה סיכון, שההתפלגות שנבחרה אינה מתאימה להתפלגות בפועל. **בגישה זו משתמשים כאשר הגורמים והפרמטרים המשפיעים על התשואות בתיק ההשקעות ידועים.**

לצורך חישוב ה-VaR נדרש להחליט תחילה על שני פרמטרים – רמת הביטחון ואופק ההחזקה. מקובל להשתמש ברמות ביטחון של 95%, 97.5% ו-99%. אופק ההחזקה הוא פרק הזמן שעברו אומדים את ההפסד הצפוי. מקובל להשתמש ביום אחד, חמישה ימים (שבוע), עשרה ימים (שבועיים) ועשרים ואחד יום (חודש). בקביעת אופק ההחזקה יש להתחשב באופי המכשירים הנמצאים בתיק ובנזילותם.

### פרק שני - VaR מונטה-קרלו

#### 1. תנועה בראונית גיאומטרית

מחירי מניית גבעות יהש הצפויים בשוק, המשמשים לחישוב VaR בגישת מונטה-קרלו, נאמדו באמצעות תהליך סטוכסטי הכולל תנועה בראונית גיאומטרית (Geometric Brownian Motion) של הלוגריתם הטבעי של מחיר המניה בשוק. סטיות התקן ומאפייני המודל נאמדו על בסיס נתוני מדגם תצפיות היסטוריות למחירי מניית גבעות יהש בשוק על פני העשור שקדם למועד מאמרנו. חיזוי מחירי המניה העתידיים נעשה כאמור על סמך שיטה מקובלת המניחה התנהגות של מהלך מקרי (Random Walk) של מחירי המניה המבוסס על התהליך הסטוכסטי הכולל תנועה בראונית גיאומטרית. עבור נכסים כגון מט"ח ומניות נהוג להשתמש בתהליך הסטוכסטי שצוין לעיל. להלן נוסחת החישוב לתהליך הסטוכסטי<sup>2</sup> הכולל תנועה בראונית אשר שימש במאמרנו:

$$S_t = S_{t-1} \cdot e^{[(r-q-0.5\sigma^2)\Delta t + \varepsilon \cdot \sigma \cdot \sqrt{t}]}$$

<sup>2</sup> "Monte Carlo Simulation of Stochastic Processes" by Morco Antonio Guimaraes Dias, January 2004.

כאשר :

$$\varepsilon \approx N(0,1)$$

כאשר :

|               |                                           |
|---------------|-------------------------------------------|
| $S_{t-1}$     | - Spot price                              |
| $q$           | - Continuous dividend payout              |
| $\sigma$      | - The mean volatility                     |
| $\varepsilon$ | - Random shock to price from $t$ to $t+1$ |
| $t$           | - Time                                    |
| $r$           | - Risk free rate                          |

## 2. שיטת Monte Carlo

שיטת Monte Carlo הנה שיטה אלגוריתמית לפתרון בעיות חישוביות באמצעות הרצת פרמטרים סטוכסטיים, במספר רב של מצבי עולם וביצוע חישובים על התרחישים השונים אשר התקבלו. שימוש בשיטה זו נהוג במקרים בהם אין אפשרות דטרמיניסטית למדל את מושא המחקר.

## 3. סימולציית מונטה קרלו (MC)

ניתן לשערך תיק השקעות המורכב של 200,000  $\approx$  המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, למצבי טבע ותרחישים שונים באמצעות שימוש במודל Monte Carlo, המבוסס סדרות סימולציית משתני החלטה סטטיסטיים סטוכסטיים (5,000 איטרציות), המבוססים על סטיות תקן ותוחלת משתני החלטה (Variable Factors) קריטיים במודל. מודל זה משמש לשם בחינת התפלגות התוצאות ביחס לשונות ותוחלת משתנים פרוספקטיביים קריטיים לתוצאות שערך תיק ההשקעות וביחס לביצועים רטרופקטיביים של מחירי מניית גבעות יהש.

## 4. חישוב VaR מונטה-קרלו

בגישה זו, בדומה לגישה ההיסטורית, יוצרים מחירים חדשים של גורמי הסיכון באמצעות הוספת שינויים בגורמי הסיכון לרמתם הנוכחית ושערך תיק ההשקעות לפי מחירים אלה. ההבדל בין גישת מונטה-קרלו לגישה ההיסטורית הינו בדרך שבה יוצרים את השינויים. הגישה ההיסטורית גוזרת את השינויים בגורמי הסיכון מהמחירים ששררו בעבר, ואילו גישת מונטה-קרלו עושה זאת באמצעות שיטה מתמטית שפותחה בשנות ה-40 של המאה ה-20, שבה יוצרים סימולציות של משתנה מקרי בהתאם לתהליך המתאר את התנהגותו.

לאחר בחירת רמת הביטחון ותקופת ה-VaR, התהליך של חישוב ה-VaR מונטה-קרלו  
 יכלול את השלבים הבאים (במאמר זה אנו מחשבים VaR יומי):

השלב הראשון מורכב משלושה תתי-שלבים שאותם יש לבצע לפני שעוברים הלאה. ראשית,  
 יש לאפיין את התהליך הסטוכסטי של שינויים במחירי גורמי הסיכון הרלוונטיים – מאחר  
 ומדובר במניה הרי שהתהליך הסטוכסטי המתאים הוא תנועה גיאומטרית בראונית. לאחר  
 מכן, יש להגדיר את הפרמטרים – ממוצעים, סטיות תקן וקורלציות (הפרמטרים המשמשים  
 לחישוב ה-Monte Carlo VaR יוגדרו בהמשך).

בשלב השני יוצרים את השינויים היומיים (בדרך כלל באחוזים) בגורמי סיכון יחסית למחיר  
 ביום המדידה באמצעות תנועה בראונית גיאומטרית. כמות הסימולציות בגישה זו גדולה  
 בצורה משמעותית מזו של הגישה ההיסטורית. בגישה ההיסטורית מדובר בדרך כלל במאות  
 סימולציות, ובגישה מונטה-קרלו, לעומת זאת, כמות הסימולציות מסתכמת בכמה אלפים.  
 לאחר שנוצרו אלפי מחירים חדשים, משערכים את התיק לפיהם ומשווים את ערך התיק  
 לערכו הנוכחי, בדיוק כפי שנעשה בגישה ההיסטורית.

#### 5. חישוב VaR אנליטי עבור תיק השקעות של 200,000 ₪ המורכב ממניות גבעות יהש בלבד

בחלק זה של המאמר נאמוד ליום ה-25 באוקטובר 2010, VaR יומי בגישה האנליטית  
 (Analytical VaR) עבור 200,000 ₪ המושקעים בתיק השקעות המורכב מניות גבעות יהש  
 בלבד ביחס לרמות ביטחון שונות.

מאחר ושער הנעילה של מניית גבעות יהש בבורסה לניירות ערך בתל אביב ליום ה-24  
 באוקטובר 2010 הינו כ-7.20 אגורות למניה או 0.0720 שקלים חדשים למניה, הרי שתיק  
 של 200,000 ₪ צריך להיות מורכב מ-2,777,778 יחידות. בהינתן שסטיית התקן השנתית  
 של שערי מניית גבעות יהש עומדת על 134.16% על פי נתוני מדגם היסטוריים של מחירי  
 המניה בשוק בתקופה של כ-10 שנים שקדמה למועד המאמר.

(I) נחשב VaR יומי ברמת ביטחון של 99% עבור 200,000 ₪ המושקעים במניית גבעות  
 יהש. גורם הסיכון שאליו חשוף התיק הינו מניית גבעות יהש, בהינתן שסטיית התקן  
 השנתית הינה 134.16% הרי שסטיית התקן היומית הינה 8.45%.

$$\sigma_{daily} = \frac{\sigma_{yearly}}{\sqrt{252}} = \frac{134.16\%}{\sqrt{252}} = 8.45\%$$

$$VaR(daily, 99\%) = P_i \cdot \sigma_i \cdot \alpha = 200,000 \cdot 8.45\% \cdot 2.33 = 39,384.24$$

כלומר, ב- 24 השעות הקרובות הסיכון שנפסיד מעל ל- 39,384.24 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, קטן או שווה ל- 1%. לשון אחרת- ביממה הקרובה הסיכון שנרוויח או נפסיד פחות מ- 39,384.24 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, גדול או שווה ל- 99%.

(II) נחשב VaR יומי ברמת ביטחון של 97.5% עבור 200,000 ₪ המושקעים במניית גבעות יהש. גורם הסיכון שאליו חשוף התיק הינו מניית גבעות יהש, בהינתן שסטיית התקן השנתית הינה 134.16% הרי שסטיית התקן היומית הינה 8.45%.

$$VaR(daily, 97.5\%) = P_i \cdot \sigma_i \cdot \alpha = 200,000 \cdot 8.45\% \cdot 1.96 = 33,130.09$$

קרי, ב- 24 השעות הקרובות הסיכון שנפסיד מעל ל- 33,130.09 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, קטן או שווה ל- 2.5%. לשון אחרת- ביממה הקרובה הסיכון שנרוויח או נפסיד פחות מ- 33,130.09 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, גדול או שווה ל- 97.5%.

(III) נחשב VaR יומי ברמת ביטחון של 95% עבור 200,000 ₪ המושקעים במניית גבעות יהש. גורם הסיכון שאליו חשוף התיק הינו מניית גבעות יהש, בהינתן שסטיית התקן השנתית הינה 134.16% הרי שסטיית התקן היומית הינה 8.45%.

$$VaR(daily, 95\%) = P_i \cdot \sigma_i \cdot \alpha = 200,000 \cdot 8.45\% \cdot 1.65 = 27,890.13$$

דהיינו, ב- 24 השעות הקרובות הסיכון שנפסיד מעל ל- 27,890.13 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, קטן או שווה ל- 5%. לשון אחרת- ביממה הקרובה הסיכון שנרוויח או נפסיד פחות מ- 27,890.13 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, גדול או שווה ל- 95%.

## 6. חישוב VaR מונטה-קרלו עבור תיק השקעות של 200,000 ₪ המורכב ממניות גבעות יהש בלבד

בחלק זה של המאמר נאמוד ליום ה- 25 באוקטובר 2010, VaR יומי בגישת מונטה-קרלו (Monte Carlo VaR) עבור 200,000 ₪ המושקעים בתיק השקעות המורכב מניות גבעות יהש בלבד ביחס לרמות ביטחון שונות.

### פירוט הנחות העבודה:

#### א. מחיר נכס הבסיס

מחיר נכס הבסיס יהיה, בדרך כלל, מחיר השוק של המניה למועד החישוב. נכס הבסיס הינו מחיר הספוט של מניית גבעות יהש בשוק. דהיינו, שער הנעילה של מניית החברה בבורסה לניירות ערך בתל אביב למועד המאמר והינו כ- 7.20 אגורות למניה או כ- 0.0720 שקלים חדשים למניה.

#### ב. תנודתיות צפויה של תשואות נכס הבסיס (מחיר המניה)

התנודתיות הצפויה היא מדד לסכום שבו צפויות לחול תנודות במחיר במהלך התקופה. מדד התנודתיות המשמש במודל Monte Carlo הוא סטיית התקן השנתית של שיעורי התשואה של המניה בחישוב רציף על פני תקופת זמן. תנודתיות מבוטאת, באופן רגיל, במונחים שנתיים שהם בני השוואה מבלי להתחשב בתקופת הזמן ששימשה בחישוב, לדוגמה, תצפיות יומיות, שבועיות, או חודשיות. ככל שגדלה התנודתיות הצפויה כך גדל הפוטנציאל לעליית/ירידת מחיר המניה. באמידת התנודתיות הצפויה של תשואות נכס הבסיס יש לקחת את תנודתיות היסטורית של מחיר המנייה על פני משך הזמן שבו מניית החברה נסחרת בציבור.

סטיית התקן אשר ששימשה בחישובינו התבססה על נתוני מדגם היסטוריים של מחירי המניה בשוק בתקופה של כ- 10 שנים שקדמה למועד המאמר. השתמשנו במודל בסטיית התקן היומית (בחישוב שנתי) על התפלגות הלוג נורמלית של תשואות המניה היומיות שנאמדה על ידנו בכ- 134.16%.

#### ג. שיעור הריבית חסרת סיכון

שיעור הריבית חסרת סיכון הוא התשואה המשתמעת הזמינה באופן שוטף של אגרות חוב ממשלתיות, הנושאות ריבית נקובה בשיעור אפס, של המדינה שבמטבע שלה מבוטא מחיר המניה, בעלות משך חיים ממוצע של כ- 10 שנים.

כאומדן לשיעור הריבית חסרת הסיכון בארץ בחנו את שיעור התשואה לפדיון של אגרות חוב של מדינת ישראל מסוג ממשלתית שקלית (סדרה מספר 1026) אשר משך החיים הממוצע (מח"מ, Duration) שלהן עמד על כ- 10 שנים למועד המאמר. סדרה

זו נשאה במועד בדיקתנו תשואה לפדיון של כ- 4.82%. בחישובינו השתמשנו בשיעור זה כריבית נומינלית חסרת סיכון בישראל.

#### ד. שיעור תשואת דיבידנד צפוי על המניה

מכיוון שמחיר המניה משקף את עליית ערכה הפוטנציאלי של המניה וכן את תשלומי הדיבידנדים העתידיים, על השווי המניה לשקף את היעדר דיבידנדים אלו ("תשואת דיבידנדי"). במקרה של חברה שאינה מחלקת ואינה צופה חלוקת דיבידנדים ייקבע שיעור תשואת דיבידנד של אפס. על פי ניסיון העבר וכוונות החברה כיום, לא ידוע על כל כוונה לחלוקת דיבידנד בטווח הזמן הקצר, בשנה העוקבת למועד החישוב. לפיכך, הנחנו שיעור תשואת דיבידנד של 0%.

#### ה. תקופת הזמן

תקופת הזמן שעל פניה נוצרת הסימולציה. מאחר ובמקרה דגן מדובר בסימולציה יומית על כן תקופת הזמן הרלוונטית הינה יום אחד מתוך 252 ימי מסחר (1/252) או למתעקשים למיניהם כ- 0.003968253968 שנים.

השווי ההוגן של התיק לכל סימולציה מחושב באופן הבא :

$$P_t = \frac{S_t \cdot 2,777,778}{100}$$

כאשר :

$P_t$  - השווי ההוגן של התיק על פי סימולציה  $t$ .

$S_t$  - שער הנעילה (באגורות) של מניית גבעות יהש בבורסה לניירות ערך בתל אביב על פי סימולציה  $t$ .

נחשב את הרווח/ההפסד של 200,000 ₪ המושקעים בתיק השקעות המורכב מניות גבעות יהש בלבד, עבור כל אחד מ- 5,000 הסימולציות של שווי מניה עתידיים בהתבסס על 5,000 משתנים מקריים המפולגים נורמלית סטנדרטית.

הרווח/ההפסד (ה- Monte Carlo VaR) לכל סימולציה, חושב באופן הבא :

$$VaR_t = \left( \frac{S_t \cdot 2,777,778}{100} \right) - \left( \frac{0.0720 \cdot 2,777,778}{100} \right)$$

כאשר :

$VaR_t$  - הרווח/ההפסד (ה- Monte Carlo VaR) של התיק על פי סימולציה  $t$ .

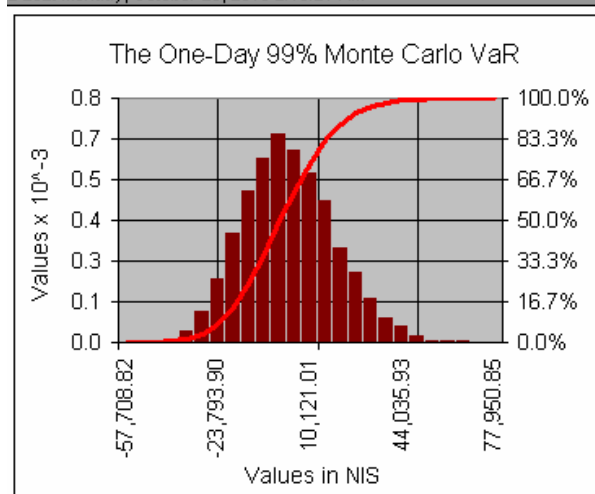
נקבל 5,000 תצפיות שונות שווים מניה עתידיים.

להלן התפלגות פונקצית ה- Monte Carlo VaR באמצעות סימולציית Monte Carlo מרובת תרחישים (5,000 איטרציות):

## Output Report for The One-Day 99% Monte Carlo VaR

Performed By: Roi Polanitzer

Date: Monday, October 25, 2010 2:19:21 AM

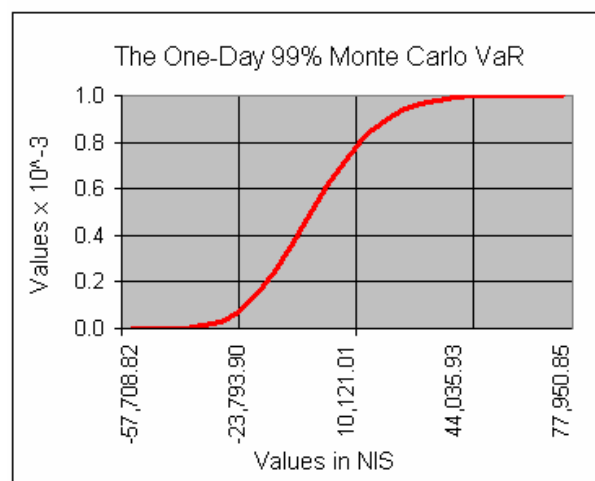


The One-Day 99% Monte Carlo VaR

|         |            |
|---------|------------|
| Minimum | -57,708.82 |
| Maximum | 77,950.85  |
| Mean    | -196.08    |
| Std Dev | 17,050.29  |
| Values  | 5000       |

### Simulation Summary Information

|                       |                                        |
|-----------------------|----------------------------------------|
| Workbook Name         | Givot Olam 2510 MC Simulations VaR.xls |
| Number of Simulations | 1                                      |
| Number of Iterations  | 5000                                   |
| Number of Inputs      | 6                                      |
| Number of Outputs     | 8                                      |
| Sampling Type         | Latin Hypercube                        |
| Simulation Start Time | 10/25/10 2:19:14                       |
| Simulation Duration   | 00:00:02                               |
| Random # Generator    | Mersenne Twister                       |
| Random Seed           | 1629562571                             |



The One-Day 99% Monte Carlo VaR

|         |            |
|---------|------------|
| Minimum | -57,708.82 |
| Maximum | 77,950.85  |
| Mean    | -196.08    |
| Std Dev | 17,050.29  |
| Values  | 5000       |

### Summary Statistics for The One-Day 99% Monte Carlo VaR

| Statistics       | Percentile      |
|------------------|-----------------|
| Minimum          | 1% -35,527.34   |
| Maximum          | 2.5% -30,448.24 |
| Mean             | 5% -26,523.40   |
| Std Dev          | 10% -21,312.01  |
| Variance         | 15% -17,791.45  |
| Skewness         | 20% -14,841.08  |
| Kurtosis         | 25% -12,126.25  |
| Median           | 30% -9,708.16   |
| Mode             | 35% -7,445.81   |
| Left X           | 40% -5,337.28   |
| Left P           | 45% -3,367.48   |
| Right X          | 50% -1,137.63   |
| Right P          | 55% 961.11      |
| Diff X           | 60% 3,378.28    |
| Diff P           | 65% 5,790.19    |
| #Errors          | 70% 8,130.33    |
| Filter Min       | 75% 10,767.86   |
| Filter Max       | 80% 13,755.05   |
| #Filtered        | 85% 17,393.87   |
|                  | 90% 22,266.29   |
| VaR(daily,99%)   | 95% 29,183.42   |
| VaR(daily,97.5%) | 97.5% 35,597.76 |
| VaR(daily,95%)   | 99% 42,679.22   |

(I) מתוך הפלט ניתן לראות שה- VaR היומי, בגישת מונטה-קרלו, ברמת ביטחון של

99% עבור 200,000  $\approx$  המושקעים במניית גבעות יהש הוא:

$$VaR(daily,99\%) = 35,527.34$$

כלומר, ב- 24 השעות הקרובות הסיכון שנפסיד מעל ל- 35,527.34 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, קטן או שווה ל- 1%. לשון אחרת- ביממה הקרובה הסיכון שנרוויח או נפסיד פחות מ- 35,527.34 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, גדול או שווה ל- 99%.

(II) מתוך הפלט ניתן לראות שה- VaR היומי, בגישת מונטה-קרלו, ברמת ביטחון של 97.5% עבור 200,000 ₪ המושקעים במניית גבעות יהש הוא :

$$VaR(daily,97.5\%) = 30,448.24$$

דהיינו, ב- 24 השעות הקרובות הסיכון שנפסיד מעל ל- 30,448.24 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, קטן או שווה ל- 2.5%. לשון אחרת- ביממה הקרובה הסיכון שנרוויח או נפסיד פחות מ- 30,448.24 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, גדול או שווה ל- 97.5%.

(III) מתוך הפלט ניתן לראות שה- VaR היומי, בגישת מונטה-קרלו, ברמת ביטחון של 95% עבור 200,000 ₪ המושקעים במניית גבעות יהש הוא :

$$VaR(daily,95\%) = 26,523.40$$

משמע, ב- 24 השעות הקרובות הסיכון שנפסיד מעל ל- 26,523.40 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, קטן או שווה ל- 5%. לשון אחרת- ביממה הקרובה הסיכון שנרוויח או נפסיד פחות מ- 26,523.40 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, גדול או שווה ל- 95%.

## 7. סיכום

במאמר זה השתמשנו בגישה האנליטית לחישוב ה- VaR יומי, ליום ה- 25 באוקטובר 2010, ברמת ביטחון של 99% עבור 200,000 ₪ המושקעים בתיק השקעות המורכב מניות גבעות

יהש בלבד. לצורך החישוב הנחנו שתשואות מניית גבעות יהש מפולגות נורמלית. התוצאה שקיבלנו הייתה שב- 24 השעות שבין ה- 25 ל- 26 באוקטובר 2010 הסיכון שנפסיד מעל ל- 39,384.24 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד קטן או שווה ל- 1%. זהו ה- Analytical VaR של התיק לאותו יום.

כמו כן השתמשנו בגישת מונטה-קרלו לחישוב ה- VaR יומי, ליום ה- 25 באוקטובר 2010, ברמת מובהקות של 99% עבור 200,000 ₪ המושקעים בתיק השקעות המורכב מניות גבעות יהש בלבד. לצורך החישוב הנחנו התפלגות מסוימת. בהמשך הגרלנו תרחישים רבים באמצעות לוח מספרים מקריים הבנוי על אותה התפלגות. מהתרחישים גזרנו רווחים והפסדים על התיק הקיים. לבסוף בחנו את הערכים הקיצוניים של ערך התיק בדומה לגישה ההיסטורית. התוצאה שקיבלנו הייתה שב- 24 השעות שבין ה- 25 ל- 26 באוקטובר 2010 הסיכון שנפסיד מעל ל- 35,527.34 ₪ בשל התממשות סיכוני מחיר במניית גבעות יהש בתיק השקעות המורכב של 200,000 ₪ המושקעים במניות גבעות יהש בלבד, קטן או שווה ל- 1%. זהו ה- Monte Carlo VaR של התיק לאותו יום.

אם נסכם את התוצאות שקיבלנו :

|                                                                   |                    |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Analytical VaR יומי של 200,000 ₪ רק בגבעות יהש ברמת ביטחון של 99% | 39,384.24 ₪        |
| <u>MC VaR יומי של 200,000 ₪ רק בגבעות יהש ברמת ביטחון של 99%</u>  | <u>35,527.34 ₪</u> |
| <b>ההפרש/הפער בין הגישות</b>                                      | <b>3,856.9 ₪</b>   |

קיימים הסברים רבים להפרש/הפער בין ה- VaR בגישת מונטה-קרלו ל- VaR בגישה האנליטית הנאמד בכ- 3,856.9 ₪. הסיבות לכך מגוונות ונובעות בין היתר מכך שהגישה האנליטית להבדיל גישת מונטה-קרלו מניחה התפלגות נורמלית של תשואות המניה ומתעלמת מאירועים קיצוניים ותנועות חריגות (Abnormal Fluctuations) בתשואות המניה וכיוצא בזה.

גישת מונטה-קרלו היא ה"יסודית" מבין שלוש הגישות. יתרונה על פני הגישה ההיסטורית הוא בכמות גדולה יותר של סימולציות המכסות יותר תרחישים אפשריים ובגישות בהגדרתן. יתרונה על פני הגישה האנליטית הוא בתמחור המדויק של מכשירים, בהם נדרש תמחור מחדש כדי לכמת את ההפסד הצפוי בגינם, ובאפשרות להגדיר תהליכים בעלי התפלגות לא נורמלית.

חסרונה הגדול של הגישה הוא זמן החישוב. לשם המחשת החיסרון הנ"ל, להלן זמן החישוב המותאם ל- (תחת Win XP (PIII 600 MHz כפונקציה של מספר האיטרציות בחישוב סימולציית Monte Carlo :

| <u>מספר איטרציות</u> | <u>זמן חישוב</u>  |
|----------------------|-------------------|
| 100                  | 0 שניות           |
| 500                  | 1.15 שניות        |
| 1,000                | 2.31 שניות        |
| 5,000                | 17.65 שניות       |
| 10,000               | 26.08 שניות       |
| 50,000               | 2 דקות ו- 5 שניות |
| 100,000              | 4 דקות ו- 9 שניות |
| 500,000              | לא ידוע           |
| 1,000,000            | לא ידוע           |

בתיקים גדולים, החשופים לכמות גדולה של גורמי סיכון, חישוב VaR מונטה-קרלו עלול לקחת כמה שעות. כדי לקצר את זמני החישוב פותחו גישות סימולציות מונטה-קרלו אחרות, שבהן יוצרים סימולציות, כפי שלמדנו בגישת מונטה-קרלו הרגילה, אך לא משערכים את התיק מחדש אלא משתמשים באומדנים אנליטיים – דלתא, גמא וכו'. גישות אלה הן למעשה שילוב של VaR מונטה-קרלו עם VaR אנליטי משופר. כמו כן בגישת מונטה-קרלו גלום סיכון מודל, קרי סיכון לטעויות בהגדרת התהליכים הסטוכסטיים.

חרף מגבלותיו של המודל והעלויות הגבוהות הכרוכות בשימוש במודל ובבניית מאגר נתונים כה גדול בעבורו עדיין הוא נתפס כמילה האחרונה בתחום ניהול הסיכונים ועל כן אני מאמין שיש מקום לכל משקיע לנסות ולעשות שימוש במודל זה לצורך ניהול הסיכונים שלו בצורה האופטימלית.

הערכת סיכון זו אמורה לשקף בצורה סבירה והוגנת מצב נתון בזמן מסוים, על בסיס נתונים ידועים (שערי מניית גבעות יהש בבורסה לניירות ערך בתל אביב בתקופה האמורה), תוך התייחסות להנחות מסוימות (תמהיל תיק נתון, אופק החזקה ורמת ביטחון סטטיסטית שנקבעו מראש) והינה רלוונטית למועד עריכתה בלבד. שינויים במשתנים העיקריים ו/או במידע, עשויים לשנות את הבסיס להנחות היסוד ובהתאם את מסקנותינו. לפיכך, אין לראות במאמר זה משום אימות כלשהוא לנכונותם, לשלמותם או לדיוקם של נתונים חזויים אלה, אלא הערכה סיכון אינדיקטיבית המבוססת על מודל כלכלי, כמפורט לעיל ובגוף המאמר.

הערכת הסיכון איננה מתייחסת למכלול ההיבטים הכלכליים הקשורים בקביעת הסיכון בלבד ואין בה משום המלצה לפעולה כלשהיא, לרבות המלצת השקעה ו/או מכירה של ניירות ערך כלשהם. בשל אי הוודאות הכרוכה בהחזקת פוזיציה במכשירים (נכסים והתחייבויות) פיננסיים (כגון מניות, ניירות ערך, איגרות חוב, אופציות וכו') בכלל ומניות גבעות יהש בפרט וריבוי הפרמטרים האקסוגניים והאנדוגניים העשויים להשפיע על שווי הפוזיציה בעתיד, הרי שאין כל ערובה או בטחון כי תוצאות המודל בו נקטנו במאמר זה יתקיימו בפועל ומטרתם לשקף את הידע הקיים, ככל שידוע, במועד כתיבת המאמר.

עוד הרינו להצהיר כי אין לנו כל עניין אישי במניות החברה, חברות מוחזקות בהן ובעלי מניותיהן, כמוגדר בדין ובפסיקה ולא מתקיימת בנו כל תלות או זיקה אליהם או לצדדים קשורים אליהם, כהגדרתם בסעיף 240 (ב) לחוק החברות, התשנ"ט – 1999.