ניתוח כמותי: שיטות מונטה קרלו / מאמר מס' 9 בסדרה

מאת: רועי פולניצר

מודלים של סימולציה הינם כלים רבי-עוצמה בניהול סיכונים בשל גמישותם. מודלים של סימולציה משמשים בפרקטיקה ליצירת התפלגות תשואות של תיק על מנת לחשב את ה- VaR (הערך הנתון בסיכון, Value at Risk). עם זאת, שיטות מונטה קרלו המסורתיות הינן עתירות מחשוב, כך שהדגש בענף הינו על פיתוח שיטות סימולציה מהירות יותר וזורמות יותר שלא על חשבון רמת הדיוק. מודלים לדינמיקה של שערי הריבית כוללים את המודל של קוקס, אינגרסול ורוס; המודל הדו-גורמי של ברנן ושוורץ; ומודל תיקון הטעות (קואינטגרציה).

תנועה בראונית גיאומטרית (GBM- Geometric Brownian motion) ממדלת שינויי מחירים על פני מרווחי זמן אינפיניטסימליים (קצרצרים), באמצעות המשוואה

$$dS_t = \mu_t S_t dt + \sigma_t S_t dz$$

חלוקת אופק ההשקעה למרווחי זמן קטנים אך בדידים בגוכה Δt יוצרים למעשה נוסחה קלה יותר לשימוש

$$\Delta S_t = S_{t-1}\left(\mu\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t}\right).$$

שיטת הטרנספורמציה ההפוכה משמשת לסימלוץ (simulating, הדמיה) התפלגויות שונות. השיטה כרוכה במיפוי ערכים מקריים לתוך עקומה נורמלית סטנדרטית.

גישת הבוטסטראפ (bootstrap) מגרילה תשואות מקריות מתוך מדגם נתונים היסטוריים. הגישה משמשת כדרך ליצירת מספרים מקריים עבור סימולציית מונטה קרלו.

ישנם ארבעה שלבים ליצירת התפלגות של ערכי תיק מסומלצים למועד סיום אופק ההשקעה ויצירת VaR באמצעות סימולציית מונטה קרלו:

1. בחירת התהליך הסטוכסטי והפרמטרים שלו (למשל, קירוב לתנועה בראונית).
2. יצירת רצף מדומה (pseudo sequence) של משתנים מקריים (באמצעות מחולל מספרים מקריים או ע"י בוטסטראפינג) ושימוש בהם כתשומות במודל לסימלוץ מסלול מחירים.
3. חישוב שווי הנכס עבור מסלול מחירים אחד ממועד ההערכה ועד מועד סיום אופק ההשקעה.
4. הרצת אלפי איטרציות של שלבים 2 ו- 3.

שיטת מונטה קרלו משתמשת בכמה שלבים להערכת שווי אופציה. תחילה, השיטה בוחרת תהליך עם סחיפה (drift, מגמה) השווה לשיעור הריבית חסרת הסיכון ומסמלצת מסלול מחירים. לאחר מכן, השיטה מחשבת את התזרים מהאופציה בפקיעה ומאטרצת מחדש (reiterate) את התהליך פעמים רבות. לבסוף, השיטה מהוונת כל אחד מהערכים הסופיים שסומלצו וממצעת את הערכים המהוונים על מנת להגיע לערך הנוכחי

ביצוע סימולציית מונטה קרלו יכול להיות מאוד תובעני מבחינה מיחשובית ככל שמספר הנכסים בתיק גדל או אם התיק מכיל ניירות ערך מורכבים כמו אופציות. לפיכך, המיקוד העדכני בענף הינו על יצירת שיטות סימולציה יעילות יותר מבלי להקריב את רמת הדיוק.

קיימת תחלופה בין רמת הדיוק של הרצות סימולציית מונטה קרלו הצורכות זמן רב לבין העלאת המהירות ככל שמספר ההרצות קטן יותר. ככל שמספר הרצות הסימולציה גדול יותר, כך טעות התקן מסביב לערכי סטיות התקן הנאמדים קטנה יותר.

נציין כי פותחו מספר שיטות להאצת מהירות החישובים. אחת השיטות כרוכה בשינוי הסימן של כל המשתנים המקריים. טכניקה אחרת מתמקדת בדגימה מאזור הדאגה הגדול ביותר, היות ובדרך כלל האירועים החריגים שבזנב ההתפלגות כרוכים בעלויות גבוהות.

ישנן מספר שיטות הזמינות לטיפול במשתנים מתואמים. שיטה אחת יוצרת התפלגות מסומלצת. שיטה אחרת מיישמת את הפירוק לגורמים של צ'ולסקי.

ישנן שתי טכניקות המשמשות להאצת תהליך הסימולציה כאשר עוסקים בריבוי משתנים. הראשונה היא סימולציה דטרמיניסטית, הכרוכה בבחירה זהירה של המדגם באופן לא מקרי. השנייה היא סימולציה תרחישית, המעלה את מהירות החישובים על ידי הורדת מספר הסימולציות הנדרשות.

מודלים של GBM מתאימים למניות, שערי חליפין, אך לא עבור מכשירי חוב. נציין כי פותחו מודלים אלטרנטיביים התופסים את המאפיינים הייחודיים של דינמיקת שערי הריבית, לרבות המודל של קוקס, אינגרסול ורוס ; המודל הדו-גורמי של ברנן ושוורץ ; ומודל תיקון הטעות.

<u>להלן פרטי המשרד:</u>

משרד הייעוץ הכלכלי שווי פנימי הינו בוטיק ייעוץ והדרכה המתמחה בביצוע ניתוחים כמותיים במכשירים פיננסיים ובמדידת סיכונים לצורכי יישום הוראות רגולטוריות ותקינה חשבונאית, פיתוח, יישום ותיקוף מודלים בתחומי ניהול הסיכונים ובנושאים נוספים, וכן בהעברת סמינרי הדרכה בארגונים הכוללים את הנושאים המתקדמים והאקטואליים ביותר בשוק ההון ובניהול סיכונים. בין לקוחות המשרד נמנים, בין היתר, חברות ציבוריות ופרטיות בישראל, משרדי רואי חשבון, משרדי ייעוץ כלכלי וגופים פיננסיים.

<u>להלן פרטי השכלת מעריך השווי מטעם שווי פנימי: מר רועי פולניצר</u>

בעל תואר MBA (בהצטיינות) במנהל עסקים, תואר BA (בהצטיינות) **מאוניברסיטת בן גוריון** בכלכלה עם התמחות במימון, מחזיק בהסמכה כמעריך שווי מימון תאגידי (CFV), בהסמכה כמעריך שווי מימון כמותי (QFV), הסמכה כמודליסט פיננסי וכלכלי (FEM), הסמכה כאקטואר סיכוני שוק (MRA), הסמכה כאקטואר סיכוני אשראי (CRA), הסמכה כאקטואר סיכונים תפעוליים (ORA), הסמכה כאקטואר סיכוני השקעות (IRA), הסמכה כאקטואר סיכוני חיים (LRA) והסמכה כאקטואר סיכונים פנסיוניים (PRA) כולן מטעם **לשכת מעריכי השווי והאקטוארים הפיננסיים בישראל (IAVFA)**, ובעל הסמכה בינלאומית כמנהל סיכונים פיננסיים (FRM) מטעם **האיגוד העולמי למומחי סיכונים (GARP)** והסמכה כמנהל סיכונים מוסמך (CRM) **מטעם האיגוד הישראלי למנהלי סיכונים (IARM).**

<u>להלן פרטי ניסיונו המקצועי של האקטואר הפיננסי כאמור</u>

בעלים של משרד הייעוץ הכלכלי שווי פנימי – מעריכי שווי בלתי תלויים. לשעבר מרצה בהערכת שווי תאגידים ומגזרים **במט"י חיפה**, מרצה בסטטיסיטקה ותהליכים סטוכסטיים **ביחידה ללימודי חוץ של אוניברסיטת אריאל**, מרצה בנגזרות וניהול סיכונים בפקולטה לניהול **במכללה האקדמית אחווה**, מרצה בניתוח דוחות כספיים והערכות שווי בבית הספר לכלכלה **במכללה האקדמית אשקלון**, עוזר מחקר בתחום ניהול הסיכונים בבנקאות הישראלית של **ד"ר שילה ליפשיץ**, ראש תחום הערכות השווי במשרד רואי החשבון **רווה–רביד** (כיום **Russell Bedford** ישראל), מנהל סיכונים וראש תחום שווי הוגן של חברת **עגן יעוץ אקטוארי פיננסי ועסקי בע"מ**, מנהל סיכונים ומודליסט ראשי של ועדת השקעות **באוניברסיטת בן גוריון** ומרצה בקורסים בתחום ניתוח ניירות ערך ומכשירים פיננסיים ובניהול תיקים בקורס הכנה פרטי לבחינות הרשות לניירות ערך לרישיון מנהל תיקים בישראל.