



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

מאת: רועי פולניצר

מודלים של תרחישים הינם כלים רבי-עוצמה בניהול סיכונים הודות לגמישותם. מודלים של תרחישים משמשים בפרקטיקה ליצירת התפלגות תשואות של תיק כלשהו (למשל תיק ני"ע או תיק הלוואות) על מנת לחשב את ה-VaR (הערך הנתון בסיכון, Value at Risk). עם זאת, שיטת התרחישים של מונטה קרלו דורשת משאבי מחשב אדירים, כך שהדגש בענף כיום הוא על פיתוח שיטות תרחישים מהירות ויעילות, דהיינו, כל זמן שהמהירות לא באה 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 בגודל של Δt יוצרים למעשה נוסחה קלה יותר לשימוש

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

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

גישת הבוטסטרפ (bootstrap) מגרילה תשואות מקריות מתוך מדגם נתונים היסטוריים. הגישה משמשת כדרך ליצירת מספרים מקריים עבור שיטת התרחישים של מונטה קרלו.



ישנם ארבעה שלבים ליצירת התפלגות של ערכי תיק מתורחשים למועד תום ההשקעה ויצירת VaR באמצעות שיטת התרחישים של 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 בוטסטרפינג) ושימוש בהם כתשומות במודל לתירחוש מסלול מחירים.
3. חישוב שווי הנכס עבור מסלול מחירים אחד ממועד ההערכה ועד מועד סיום אופק ההשקעה.
4. הרצת אלפי תרחישים של שלבים 2 ו-3.

שיטת התרחישים של מונטה קרלו משתמשת בכמה שלבים להערכת שווייה ההוגן של אופציה. תחילה, במסגרת השיטה, אנו בוחרים תהליך עם סחיפה (drift, מגמה) השווה לשיעור הריבית חסרת הסיכון ומתרחשת מסלול מחירים. לאחר מכן, אנו מחשבים את התזרים הצפוי מהאופציה בפקיעה ומתרחשים (reiterate) את התהליך פעמים רבות. לבסוף, אנו מהווים למועד ההערכה את כל אחד מהשוויים הסופיים שתורחשו ומחשבים את הממוצע שלהם על מנת לקבל את שווייה ההוגן של האופציה.

ביצוע סימולציית מונטה קרלו יכול להיות מאוד תובעני, מבחינה מיחשובית כמובן, ככל שמספר הנכסים בתיק גדל או ככל שמספר הנכסים המורכבים (כגון: אופציות, אג"ח להמרה, CDS, MBS, TRS, CLN, CDO) בתיק עולה. לפיכך, המיקוד כיום בענף הינו על יצירת שיטות תרחישים יעילות יותר מבלי "להקריב" את רמת הדיוק.

קיימת תחלופה בין רמת הדיוק של תרחישי מונטה קרלו הצורכים זמן רב לבין העלאת המהירות ככל שמספר התרחישים קטן יותר. ככל שמספר התרחישים גדול יותר, כך טעות התקן מסביב לערכי סטיות התקן הנאמדים הינה קטנה יותר.

נציין כי פותחו מספר שיטות להאצת מהירות החישובים. אחת השיטות כרוכה בשינוי הסימן של כל המשתנים המקריים. טכניקה אחרת מתמקדת בדגימה מאזור הבעייתיות העיקרי, הואיל ועל פי רוב 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 ציולסקי.



ישנן שתי טכניקות המשמשות להאצת תהליך התירחוש כאשר עוסקים במשתני החלטה רבים. הראשונה היא תירחוש דטרמיניסטי, הכרוכה בבחירה זהירה של המדגם באופן לא מקרי. השנייה היא תירחוש סטוכסטי, המעלה את מהירות החישובים על ידי הורדת מספר התרחישים הנדרשים.

מודלים ה-GBM מתאימים למחירי מניות, שערי חליפין, מדדי מחירים, אך לא עבור שערי ריבית ומחירי סחורות. נציין כי בשנתו ה-70 וה-80 של המאה הקודמת 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.

שווי פנימי

משרד הערכות השווי **שווי פנימי** מספק שירותי הערכות שווי של תאגידים, נכסים בלתי מוחשיים ומכשירים פיננסיים מורכבים למטרות מס, עסקאות, דוחות כספיים ולצרכים משפטיים ומתמחה בביצוע ניתוחים כמותיים במכשירים פיננסיים ובמדידת סיכונים לצורכי יישום הוראות רגולטוריות, תקינה חשבונאית, פיתוח, יישום ותיקוף מודלים בתחומי הניהול הסיכונים ובנושאים נוספים.





רועי פולניצר

בעלים של "שווי פנימי" המתמחה בהערכות שווי בלתי תלויות. בעשור האחרון היה רועי אחראי על אלפי עבודות הערכות שווי ואקטואריה פיננסית אשר בוצעו עבור משרדי רואי חשבון, משרדי ייעוץ כלכלי, חברות פרטיות וציבוריות בישראל.

רועי נמנע על רשימת היועצים של רשות המסים בישראל הן בתחום הערכות שווי בנושא שינוי מבנה עסקי והן בתחום הערכות שווי בנושא נכסים בלתי מוחשיים בעסקאות מקרקעין. בנוסף, רועי נמנה על רשימת המומחים הכלכליים של מספר בתי משפט בישראל (שלום ומחוזיים כאחד) בתחומי הערכות השווי והאקטואריה הפיננסית והוא משמש כמנכ"ל ויו"ר לשכת מעריכי השווי והאקטוארים הפיננסיים בישראל (IAVFA).

רועי הינו מרצה מבוקש בתחומי הערכות השווי והאקטואריה הפיננסית, המופיע בפני חברי הנהלה ודירקטורים והוא עמד בראש צוות המשימה שגיבשה את כללי האתיקה והסטנדרטים המקצועיים של IAVFA כמו גם בראש פורום הפרקטיקנים שקובע את גילויי הדעת של IAVFA. רועי משמש גם כיו"ר הוועדה לקביעת קווים מנחים עבור עובדי רשות המסים בישראל לביצוע, פיקוח וניהול הערכות שווי של תאגידים, נכסים בלתי מוחשיים ומכשירים פיננסיים (וועדת פולניצר). בעברו שימש רועי כמרצה בקורסים מתקדמים בניתוח דוחות כספיים והערכת שווי חברות במכללה האקדמית אשקלון ובמוסדות אקדמיים שונים.

רועי הינו אקטואר בעל תואר שני במנהל עסקים (התמחות במימון) ותואר ראשון בכלכלה (התמחות במימון) מאוניברסיטת בן-גוריון ועבר בהצלחה רבה את כל ששת בחינות הרשות לניירות ערך לרישיון מנהל תיקים בישראל. כמו כן, רועי מוסמך כמעריך שווי מימון תאגידי (CFV), כמעריך שווי מימון כמותי (QFV), כמודליסט פיננסי וכלכלי (FEM), כאקטואר סיכוני שוק (MRA), כאקטואר סיכוני אשראי (CRA), כאקטואר סיכונים תפעוליים (ORA), כאקטואר סיכוני השקעות (IRA), כאקטואר סיכוני חיים (LRA) וכאקטואר סיכונים פנסיוניים (PRA) מטעם לשכת מעריכי השווי והאקטוארים הפיננסיים בישראל (IAVFA), כמומחה לניהול סיכונים (CRM) מטעם האיגוד הישראלי למנהלי סיכונים (IARM) וכמנהל סיכונים פיננסיים (FRM) מטעם האיגוד העולמי למומחי סיכונים (GARP). רועי עבר בהצלחה רבה את שני מבחני ההסמכה הבינלאומית הכמותיים-אינטגרטיביים של GARP (EXAM PART I ו-EXAM PART II), כאשר בשניהם ציוניו דורגו באחוזון ה-99 מבין 11,500 כלכלנים וסטטיסטיקאים שנבחנו ב-90 מדינות ברחבי העולם באותן הבחינות באותם המועדים. בנוסף, רועי בוגר קורסים מתקדמים במתמטיקה וסטטיסטיקה במסגרת לימודי תעודה באקטואריה באוניברסיטת חיפה ובוגר קורסים מתקדמים במתמטיקה ומימון לתואר שני בכלכלה באוניברסיטת בן-גוריון.