



הנדסה פיננסית באמצעות שפת Python : מודל בשלייה המתוקן (Modified Bachelier Model)

על ידי שימוש בטיעונים של בלק-שולס-מרטון אך עם שימוש בתנועה בראון אריתמטית (לפיו מחירי המניות מפולגים נורמלית), ניתן בקלות יחסית להתאים את מודל בשלייה (1900) כך שיביא בחשבון את ערך הזמן של הכסף בעולם נייטרלי לסיכון (risk-neutral world), עולם שבו תוחלת התשואה הצפויה על כל נכס סחיר שווה לשיעור הריבית חסרת הסיכון). מהתיקונים הללו נקבל ש-

$$c = SN(d_1) - Xe^{-rT}N(d_1) + \sigma\sqrt{T}n(d_1)$$
$$p = Xe^{-rT}N(-d_1) - SN(-d_1) + \sigma\sqrt{T}n(d_1)$$

כאשר :

$$d_1 = \frac{S - X}{\sigma\sqrt{T}}$$

S = מחיר המניה

X = מחיר המימוש של האופציה

T = משך חיי האופציה

σ = התנודתיות של מחיר נכס הבסיס

$N(x)$ = פונקציית ההתפלגות המצטברת הנורמלית סטנדרטית ממינוס אינסוף ועד לנקודה x

$n(x)$ = פונקציית הצפיפות הנורמלית סטנדרטית



דוגמא

תמחר על בסיס מודל בשלייה המתוקנן אופציית רכש לתקופה של שלושה חודשים, עם סטיית תקן של כ- 30%, בעלת מחיר מימוש של 100 ש"ח, על מנייה שמחירה 99 ש"ח כאשר הריבית נומינלית חסרת סיכון עומדת על 2.2% לשנה.

קוד ה-Python שפיתח האקטואר רועי פולניצר עבור אופציית רכש (Call)

```
import numpy as np
import scipy.stats as si
def PolanitzerModifiedBachelierCall(S,X,T,v,r):
    d1 = (S-X)/((v*100)*np.sqrt(T))
    PolanitzerModifiedBachelierCall = S*si.norm.cdf(d1,0.0,1.0)\
-X*np.exp(-r*T)*si.norm.cdf(d1,0.0,1.0)+(v*100)*np.sqrt(T)*si.norm.pdf(d1)
    print(PolanitzerModifiedBachelierCall)
```

```
PolanitzerModifiedBachelierCall(99,100,0.25,0.3,0.022)
```

```
5.757095561507644
```

קוד ה-Python שפיתח האקטואר רועי פולניצר עבור אופציית מכר (Put)

```
import numpy as np
import scipy.stats as si
def PolanitzerModifiedBachelierPut(S,X,T,v,r):
    d1 = (S-X)/((v*100)*np.sqrt(T))
    PolanitzerModifiedBachelierPut = X*np.exp(-r*T)*si.norm.cdf(-d1,0.0,1.0)\
-S*si.norm.cdf(-d1,0.0,1.0)+(v*100)*np.sqrt(T)*si.norm.pdf(d1)
    print(PolanitzerModifiedBachelierPut)
```

```
PolanitzerModifiedBachelierPut(99,100,0.25,0.3,0.022)
```

```
6.208605292399557
```



פירמת הייעוץ שווי פנימי מסייעת ללקוחותיה לפתח וליישם מודלים מתקדמים הדורשים הבנה עמוקה בתהליכים סטוכסטיים, ידע בשיטות נומריות ושליטה ברמה גבוהה בשפות תכנות כגון: Python ו-R.

הצוות שלנו כולל מומחה לשוק ההון וניהול סיכונים בעל תארים בכלכלה ומימון (BA ו-MBA) עם ניסיון רב הן בפיתוח, יישום ותיקוף מודלים כמותיים.

האקטואר רועי פולניצר, בעל הסמכות מתקדמות בניהול סיכונים פיננסיים (CRM ו-FRM), מייעץ לחברות בניתוחים כמותיים מתקדמים בתחומים של הנדסה פיננסית, יישום מודל מונטה-קרלו, תהליכים סטוכסטיים ופתרון בעיות כמותיות באמצעות שיטות נומריות מתקדמות.

לאקטואר פולניצר שליטה בשפת התכנות וניתוח הנתונים Python, השלטת כיום בעולמות ה-Data, הכוללת את יסודות השפה (מנושאי תחביר פשוטים ועד מודולים ייחודיים לשפה זו), מה שהופך אותו למפתח Python לכל דבר ועניין, ברמה הנדרשת בתעשייה בכלל ובעולמות ה-Data בפרט. בנוסף, האקטואר פולניצר הינו מרצה בקורסים והשתלמויות מקצועיות של לשכת מעריכי השווי והאקטוארים הפיננסיים בישראל (IAVFA) בשפת Python.

