



שיעורי היוון מותאמי-סטטוס בפרויקט פינני-בינוי לעומת ריביות פורוורד במודל שרשרת מרקוב: ההבדל המתודולוגי

האקטואר **רועי פולניצר** מסביר מדוע שיעורי היוון המותאמים לסטטוס של פרויקט פינני-בינוי אינם שקולים למתודולוגיית הערכת שפיתח, המפרידה בין הסיכון העסקי, סיכון ההתפתחות וערך הזמן של הכסף.

שפיתחתי, לעומת זאת, פרויקט שבו טרם הושג הרוב הדרוש נמצא במצב "זיום והסכס". במצב זה הוא עשוי לעבור למצב "רוב דרוש" או למצב "כשל". במאמר נאמדה הסתברות של 35% למעבר מ"זיום והסכס" ל"רוב דרוש", ולצדה הסתברות של 65% לכשל. לכן, האיחשת הרוב הדרוש במודל הערכת השווי אינה מבטיחה אוטומטית לאיפוס שווי. הפרויקט. כל עוד קיימת הסתברות חיובית להשגת הרוב, ולשווי במצב הבא יש ערך חיובי הכולל על ההשקעות ועל העלויות הצפויות בדרך, עשוי להיות לפרויקט שווי כלכלי חיובי גם לפני השגת הרוב. זהו הבדל מתודולוגי יסודי. בגישת שיעורי ההיוון מותאמי-סטטוס, הסיכון מקבל ביטוי בשיעורי היוון הכוללים וגדלים עד לנקודה שבה הפרויקט אינו נכלל עוד בשווי. במודל שרשרת המרקוב, גם המצב המוקדם ביותר נבחן כנכס הסתברותי: השווי נגזר מן ההסתברות להתקדם, מן ההסתברות לכשל, מן השווי במצב הבא, מן ההשקעות הנדרשות ומערך הזמן של הכסף. ההבדל אינו אפוא רק בשאלה אם שיעור ההיוון המתאים הוא 21.3%, 27.0% או שיעור אחר. הוא נוגע לשאלה יסודית יותר: האם פרויקט שטרם השג את הרוב הדרוש הוא נכס ששווי אפס, או נכס בעל ערך הסתברותי שעשוי להתקדם למצב הבא.

שיעורי ההיוון ככלי לתיקוף המודל

למרות ההבדלים, שיעורי ההיוון מותאמי-סטטוס עשויים לשמש אמת מידה מקצועית לבחינת ההיוון הכלכלי של מודל שרשרת המרקוב. בשתי הגישות מתקבלת תוצאה נכונה כללית: בשלבים המוקדמים איחודאות גבוהה יותר, ואילו עם השגת הרוב הדרוש, אישור התביע, קבלת החלטה והמעבר לביצוע ולשווי פוחת הסיכון ושיווי הפרויקט עולה. אם שיעורי ההיוון הנהוגים בפרקטיקה יורדים באופן עקבי ככל שהפרויקט מתקדם, בעוד שהסתברות המעבר במודל עולה, שתי המתודולוגיות מספרות סיפור כלכלי דומה באמצעות כלים שונים. האחת מייצגת את הירידה בסיכון באמצעות הפחתת פרמיית ההיוון, והאחרת באמצעות השלמת אבני דרך והפחתת מספר המעברים הבלתי-רצויים שנתו. עם זאת, ההשוואה הנכונה אינה בין שיעור ההיוון מותאם-סטטוס לבין ריבית פורוורד בודדת. ריבית פורוורד של 24.4% אינה "שיעור ההיוון של פרויקט עם תביע" מאושרת, וריבית של 1.68% אינה "שיעור ההיוון של פרויקט עם היתר בנייה". הריביות הללו מודדות רק את ערך הזמן של הכסף, בעוד שסיכון ההתפתחות נמדד בנפרד באמצעות הסתברות המעבר. ההשוואה צריכה להיעשות בין השווי הכולל המתקבל באמצעות שיעור ההיוון מותאם-סטטוס לבין השווי המתקבל באמצעות מחיר ההון העצמי, הסתברות המעבר וריבית פורוורד. פער משמעותי בין התוצאות לאמדת על צורך בחינה של שיעורי ההיוון, את ההשקעות המעבר, את לוחות הזמנים, את תזרימי הכסף או את ההשקעות הנדרשות בכל מצב. שיעורי ההיוון אינם יכולים להחליף את הסתברות המעבר ואינם יכולים להיות מוצגים במטריצת המעבר. עם זאת, הם עשויים לשמש נקודת ייחוס לצורך בחינת הסבירות, הכיול והעקביות הכלכלית של המודל.

ליסיכום

שיעורי ההיוון מותאמי-סטטוס והמתודולוגיה שפיתחתי אינם שני ייצוגים של אותו משתנה. שיעור ההיוון מותאם-סטטוס מרכז במספר אחד את ערך הזמן ואת תפיסת הסיכון הכוללת של הפרויקט במצבו הנוכחי. במודל שלי, לעומת זאת, הסיכון העסקי מגולם במחיר ההון העצמי הריאלי במצב "ביצוע ושיווק", סיכון ההתפתחות מגולם בהסתברות המעבר, וערך הזמן מגולם בריביות פורוורד. לכל סטטוס, הבחירה אינה מתעלמת מהסיכון המשתנה, אלא מפרקת אותו לרכיבים המודדת כל רכיב בנפרד המתאים לו. ההבדל בולט בפרויקטים שבהם טרם הושג הרוב הדרוש. בגישת שפיתחתי הם אינם נכללים בשווי, תוצאה השקולה לתאורטית לשיעור ההיוון השואף לאיפוס. במודל שלי, היעדר רוב דרוש הוא מצב ביניים שממנו קיימת הסתברות של 35% להתקדם למצב הבא. לפיכך, שווי אפס מתקבלת לאמדת את שווי ההון הנוכחי של פרויקט שטרם הושג, אך עשויה זאת בדרכים שונות: האחת ע"ב שיעור ההיוון מותאם-סטטוס, עד להוצאת פרויקטים מסוימים מן השווי; והאחרת ע"ב מחיר הון עצמי, הסתברותי מעבר וריביות פורוורד. תרומת המודל היא הפיכת השווי בסיכון לאורך חיי הפרויקט למסגרת הסתברותית עקבית, שבה כל מעבר בנפרד, הסתברותי והתקדמות והסתברותי כשל מוצגים במפורש, והשווי הכלכלי נגזר משרשרת המצבים כולה.

באותו מצב, לעבור במסלולים חלופיים או להגיע לכשל, החישוב נעשה באמצעות מטריצת המעבר של שרשרת המרקוב.

שיעור משולב לעומת הפרדה בין רכיבי הסיכון

זהו ההבדל המתודולוגי המרכזי. שיעור ההיוון מותאם-סטטוס מרכז בתוך שיעור אחד את ערך הזמן של הכסף ואת פרמיית הסיכון המיוחסת לפרויקט במצבו הנוכחי. לעומת זאת, במודל שפיתחתי נעשית הפרדה בין שלושה רכיבים שונים. הסיכון העסקי מגולם במחיר ההון העצמי הריאלי המשמש להערכת שווי הפרויקט במצב "ביצוע ושיווק". בדוגמה שהוצגה נאמד שווי הפרויקט במצב "ביצוע ושיווק" הוא מביא בחשבון את הסיכונים העסקיים שנתו לאחר תחילת הביצוע, ובהם מחירי הדרוש, קצב המכירות, עלויות הבנייה, עלויות המימון והרווחיות היזימת. סיכון ההתפתחות במצבים שקדמו לביצוע ולשיווק מגולם באמצעות הסתברות המעבר של שרשרת המרקוב. ערך הזמן של הכסף באותם מעברים מגולם באמצעות ריביות פורוורד ריאליות חסרות סיכון המתאימות לתקופה שבין כל שני מצבים, לכן, במודל שלי לא קיים מחיר הון עצמי נפרד לכל סטטוס. קיים מחיר הון עצמי המשמש במצב שבו ניתן לאמוד את תזרימי המזומנים העסקיים, ולצדו הסתברות מעבר וריביות פורוורד המשמשות באינדוקציה לאחר למצבים המוקדמים יותר. בדוגמה המספרית שבמאמר שלי נאמד שווי הפרויקט במצב "ביצוע ושיווק" בכ-13.064 מיליון ש"ח. לאחר שקלול בהסתברות מעבר של 80% והיוון פורוורד ריאלי של 1.68%, נאמד שווי במצב "היתר בנייה" בכ-10.408 מיליון ש"ח. לאחר שקלול נוסף בהסתברות מעבר של 70% והיוון בריבית פורוורד של 2.44%, נאמד שווי במצב "תביע" מאושרת" בכ-7.155 מיליון ש"ח. מכאן שסיכון הפרויקט בשלבים המוקדמים אינו נעדר מן המודל. הוא פשוט אינו מרוכז בתוך שיעור ההיוון גבוה יותר, אלא מוצג במפורש באמצעות הסתברות המעבר.

שיקול דעת מקצועי לעומת מסגרת הסתברותית

גם שיעורי ההיוון מותאמי-סטטוס וגם הסתברות המעבר שלי מבוססים במידה מסוימת על שיקול דעת מקצועי. שיעורי ההיוון שבתוכם נקבעו בהתאם למצבו התכנוני והביצועי של כל פרויקט, למאפייניו הספציפיים ולסיכונים שבמצבו בו. גם הסתברות המעבר שלי נאמדה באמצעות שילוב של נתוני הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית, דוחות של חברות ציבוריות, ספרות מקצועית ואומדן מומחה (Expert Judgment), בהיעדר מאגר ישראלי מלא של מעברים בין מצבי הפרויקט. ההבדל אינו בעצם השימוש בשיקול דעת, אלא במשתנה שאותו מבקשים לאמוד. בגישת שיעורי ההיוון נאמדה התשובה הנדרשת בגין מכלול הסיכונים של הפרויקט במצבו הנוכחי. במודל מרקוב נאמדת הסתברות מותנית להתרחשות של מעבר מוד. נוסף על כך, הסתברות המעבר כפופה למסגרת מתמטית מפורשת. מכל מצב ביניים הפרויקט יכול להתקדם למצב הבא בהסתברות p_i או לעבור למצב "כשל".

בהסתברות $p_i = 1$, ולכן סכומן חייב להיות 100%. שיעורי ההיוון אינם חלק ממטריצת מעבר ואינם כפופים לקשר הסתברותי זה.

המקרה הקיצוני: פרויקט ללא רוב דרוש

ההבדל בין שתי המתודולוגיות בולט במיוחד בפרויקטים שבהם טרם הושג הרוב הדרוש. בהערכת השווי שפיתחתי, פרויקטים ללא רוב דרוש לא נכללו בתזרימים ולא יוחסו להם שווי. מבחינה כלכלית, משמעות הדבר היא שהפרויקטים העורכו בשווי אפס. בהערכת השווי לא נקבע לפרויקטים אלה שיעור היוון מפורש. אולם אם מבקשים לתאר את התוצאה באמצעות שיעור היוון בלבד, מדובר מבחינה תאורטית בשיעור היוון השואף לאינסוף. כאשר התזרימים העתידי חיובי: $V_0 = V_T(1+r)^T$. כדי שהשווי הנוכחי יתאפס לחלוטין נדרש: $r \rightarrow \infty$. מכאן שהמעבר מפרויקט לפני תביע"ע עם רוב דרוש, שהוון בטווח של 16.0%–27.0%, לפרויקט ללא רוב דרוש אינו רק עלייה נוספת בשיעור ההיוון. בנקודה זו המתודולוגיה מפסיקה להכיר בפרויקט כנכס בעל שווי: שיעור ההיוון התאומר קופץ למעשה לאינסוף והשווי יורד לאפס. אין להסיק מכך שההסתברות של פרויקט ללא רוב דרוש להשיג את הרוב היא אפס. בדומה למקדם ודאות של 0%, גם שווי של אפס הנובע מאי-הכללת הפרויקט בהערכת השווי אינו אומדן של הסתברות המעבר למצב הבא. במודל שרשרת המרקוב

פני שבועיים פרסמתי בלינקדאין את מאמרי "אמידת הסתברות המעבר בין מצבי פרויקט פינני-בינוי באמצעות שרשרת מרקוב", שפורסם בינוי 2026 ב"הערכת שווי ואקטואריה". היום התקשר אליי אנליסט המסקר חברות זיום נדל"ן למגורים ושאל אותי: "מדוע לא קבעת במאמר שיעור היוון שונה לכל סטטוס של הפרויקט, כפי שנעשה בהערכת שווי שפורסמה באתר הבורסה?" האמת שלא הכרתי אז את שיעורי ההיוון שאליהם תתייחס, ולכן ביקשתי ממנו לשלוח לי את העבודה. לאחר סקרתי אותה, חזרתי אליי עם תשובה. אותה שיחה והבדיקה שבאה בעקבותיה הולידו את הרעיון למאמר זה. בהערכת השווי שאליה הפנה אותי קולגה נאמד תחילה מחיר הון עצמי ריאלי בסיסי של 14.0%. לאחר מכן הותאם שיעור ההיוון לכל פרויקט בהתאם למידת הבשלות שלו ולרמת הסיכון הגלומה בו. לפרויקטים בבנייה או בשיווק נקבע שיעור היוון של 12.5%; לפרויקטים בייזום נקבע שיעור היוון של 13.0%; לפרויקטים בהתחדשות עירונית תביע"ע מאושרת נקבע טווח של 13.5%–14.5%; ולפרויקטים לפני תביע"ע, אך לאחר השגת הרוב הדרוש, נקבע טווח של 16.0%–27.0%. פרויקטים ללא הרוב הדרוש לא נכללו בשווי. לכאורה, שיעורי היוון אלה ממלאים את אותו תפקיד שמלאות הסתברות המעבר במודל שלי: ככל שהפרויקט מצוי בשלב מוקדם יותר, הסיכון גבוה יותר והשווי נמוך יותר. אולם שתי המתודולוגיות אינן מודדות את הסיכון באותו אופן.

מה מודדים שיעורי היוון מותאמי-סטטוס?

שיעור היוון מותאם-סטטוס משמש להפחתת תזרימי המזומנים הצפויים של הפרויקט בהתאם לרמת הסיכון המיוחסת למצב שבו הוא נמצא. ככל שהפרויקט מצוי בשלב מוקדם יותר, קיימת אידאות רבה יותר באשר להשגת הרוב הדרוש, לאישור התביע, לקבלת היתר בנייה, להסדרת הליווי הפיננסי ולתחילת הביצוע. לפיכך, משקיע עשוי לדרוש שיעור תשואה גבוה יותר. לאחר אישור התביע"ע פוחת חלק מן הסיכון התכנוני שיעור ההיוון יורד. לאחר קבלת היתר הבנייה והמעבר לביצוע ולשיווק פוחתים מרבית הסיכונים התכנוניים והרגולטוריים, ולכן ניתן להשתמש בשיעור היוון נמוך יותר. בהערכת השווי שנבחרה לא נקבע שיעור אחיד קשיח לכל סטטוס. בפרויקטים שלפני תביע"ע נבחן כל פרויקט לנפרד, בהתאם בסמכות המאשרת, במספר השלבים הפרוצדורליים שכבר הושלמו, באישורים קודמים, בהתאמת התוכנית למדיניות העירייה, בהיות יוון התוכנית ובאינדקסיות שהתקבלו מהגורמים הסטטוטוריים. לכן נקבע טווח רחב של 16.0%–27.0%. שיעור ההיוון המותאם מרכז אפוא בתוך מספר אחד את תפיסת הסיכון הכוללת של מערך השווי. הוא אינו מציג בנפרד את ההסתברות להשגת הרוב הדרוש, את ההסתברות לאישור התביע"ע, את ההסתברות לקבלת היתר הבנייה או את ההסתברות להגיע לסניגור פיננסי. כל אלה מקבלים ביטוי, במישור או בעקיפין, בפרמיה שנוספה לשיעור ההיוון.

מה מודדות הסתברות המעבר שלי?

במודל שפיתחתי, מחזור חיי של פרויקט פינני-בינוי מתואר באמצעות שרשרת מרקוב (Markov Chain) הכוללת את ששת המצבים הבאים: "זיום והסכס", "רוב דרוש", "תביע"ע מאושרת", "היתר בנייה", "ביצוע ושיווק", "מסירה ואכילוס" ו"כשל". כל הסתברות מתייחסת למעבר מוגדר בין שני מצבים עוקבים. ההסתברות לעבור מ"רוב דרוש" ל"תביע"ע מאושרת", לדוגמה, מתארת את הסיכון לקבל את אישור התביע"ע בהינתן שהרוב הדרוש כבר הושג. במאמר נאמדה הסתברות זו ב-60%. באותו אופן נאמדו הסתברות של 35% להשגת הרוב הדרוש לאחר בחירת היום והחיתום ההסכם; הסתברות של 70% לקבלת היתר בנייה לאחר אישור התביע"ע; והסתברות של 80% להשלמת הסניגור הפיננסי ולמעבר לביצוע ולשיווק לאחר קבלת היתר. הסתברות אלה אינן שיעורי היוון. הן אינן מייצגות תשואה נדרשת ואינן מביאות כשלעצמן בחשבון את ערך הזמן של הכסף. הן מודדות את סיכון ההתפתחות: הסיכון שהפרויקט לא יצליח לעבור מאגן הדרך הנוכחי לאגן הדרך הבאה. במסלול יחיד ופשוט מתקבלת הסתברות ההשלמה הכוללת ממכפלת הסתברות המעבר. במבנה מורכב יותר, הכולל אפשרות להישאר