



טכניקות חיזוי אקטואריות: שיטות מְרָבּוֹת 5 'os' – כתבה מס' (Composite Methods)

בכתבה זו האקטואר רועי פולניצר בכובעו כדאטה סיינטיסט יסביר על קבוצת טכניקות חיזוי אקטואריות המכונה "שיטות מְרָבּוֹת".

$$P(G|U) = \frac{0.42}{0.5} = 0.84 = 84.0\%$$

נציין שה- 0.5 שבמכנה הוא בסך הכל ה- $P(U)$.

הסבר מלא של שיטות חיזוי בייסיאני חורג ממסגרת כתבה זו, אך המחשה ברורה של שיטות אלה ניתן למצוא במאמרם של Geweke ו-Whiteman משנת 2004 שכותרתו Bayesian Forecasting שפורסם ב- The Handbook of Economics Forecasting. את פרטי שיטות אלו ניתן גם לראות בספרם של West ו- Harrison שכותרתו Bayesian Forecasting and Dynamic Models. הוצאת Springer.

שיטות מורכבות (Ensemble Methods)

שיטות מורכבות משתייכות אף הן לקבוצת טכניקות החיזוי האקטואריות הקרויה "שיטות מְרָבּוֹת". שיטות אחרות הן למעשה קומבינציות של שיטות חיזוי.

שיטות מורכבות על פי רוב מתפקדות טוב יותר בתחרויות חיזוי. השימוש בשיטות מורכבות ילך ויגדל ככל שמקבלי החלטות ישלבו יותר ויותר את האינטואיציות שלהם עם קבלת החלטות מבוססות-נתונים על סמך מודלים של חיזוי. שיטות אלו על פי רוב אינן מצויות בשימוש לא בקרב אקטוארים ולא בקרב כלכלנים.

הסבר מלא של שיטות מורכבות חורג ממסגרת כתבה זו, אך המחשה ברורה של שיטות אלה ניתן למצוא בספרם של Makridakis, Wheelwright ו-Hyndman שכותרתו Forecasting: Methods and Applications בהוצאת John Wiley & Sons. את פרטי שיטות אלו ניתן גם לראות הן בספרו של Armstrong שכותרתו Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners והן במאמרו של Llapide משנת 2008 שכותרתו Composite Forecasting The Journal of Business Forecasting שפורסם ב-.

האקטואר רועי פולניצר הוא כלכלן אמפירי בעל תארי B.A ו-M.B.A מאוניברסיטת בן-גוריון בנגב, אקטואר ביטוח חיים-פנסיה ובריאות (F.I.L.A.V.F.A.) מטעם לשכת מעריכי השווי והאקטוארים (IAVFA), אקטואר ביטוח כללי מוסמך (CRM) מטעם האגודה הישראלית לאקטוארים (IARM), אקטואר פיננסי מוסמך (FRM) מטעם האגודה העולמית לאקטוארים (GARP) ומדען נתונים מקצועי (PDS) מטעם האיגוד הישראלי למדעני נתונים מקצועיים (PDSIA). תחומי התמחותו הם פיתוח בשפות פייתון ו-R, ניתוח נתונים, מדע נתונים, אקונומטריקה, מידול סטטיסטי, למידת מכונה, למידה עמוקה וראייה ממוחשבת (הן על תמונות והן על רצועות קול).

$$\text{updated probability} = \frac{\text{probability of new information for a given event}}{\text{unconditional probability of new information}} \times \text{prior probability of event}$$

נסביר זאת באמצעות דוגמה מספרית. נניח לרגע שאקטואר פיננסי מוסמך (FRM) מטעם אגודת האקטוארים העולמית (GARP) קבע שישנו סיכוי של 60% שהמשק הישראלי יצמח בשנת 2025 (G) וכי קיים סיכוי של 40% שהמשק הישראלי יכנס למיתון בשנת 2025 (R), בעוד שמדען נתונים מקצועי מוסמך (PDS) מטעם האיגוד הישראלי למדעני נתונים מקצועיים (PDSIA) מצא קורלציה חיובית בין שיעור הצמיחה הרבעוני של המשק הישראלי לבין שיעור התשואה הרבעוני של הביטקוין. עוד נניח שאקטואר ביטוח כללי מוסמך (CRM) מטעם האגודה הישראלית לאקטוארים (IARM) קבע שאם המשק הישראלי יצמח בשנת 2025 (G), אז יש סיכוי של 70% שהביטקוין יניב תשואה שנתית חיובית בשנת 2025 (U) ו-30% שהביטקוין יניב תשואה שנתית שלילית בשנת 2025 (D), בעוד שאקטואר ביטוח חיים-פנסיה ובריאות מוסמך (F.I.L.A.V.F.A.) מטעם לשכת מעריכי השווי והאקטוארים הפיננסיים בישראל (IAVFA) קבע שאם המשק הישראלי יכנס למיתון בשנת 2025 (R), אז יש סיכוי של 20% שהביטקוין יניב תשואה שנתית חיובית בשנת 2025 (U) ו-80% שהביטקוין יניב תשואה שנתית שלילית בשנת 2025 (D).

כעת אקטואר מוסמך (Fellow) מטעם האיגוד הישראלי לאקטוארים (AIA) בא ושואל אם בהינתן שידוע לנו שהביטקוין אכן הניב תשואה שנתית חיובית בשנת 2025 (U) אז מהי ההסתברות שהמשק הישראלי אכן צמח בשנת 2025 (G)? כלומר, אותו אקטואר רוצה שנחשב עבורו באמצעות נוסחת בייס את $P(G|U)$ שהיא למעשה ההסתברות המותנית (intensity) לכך שהמשק הישראלי צמח בשנת 2025 בהינתן שידוע לנו שהביטקוין אכן הניב תשואה שנתית חיובית בשנת 2025.

אז מה אנחנו כן יודעים מכל הסיפור הזה?
 $P(G) =$ ההסתברות שהמשק הישראלי יצמח בשנת 2025 = 0.60
 $P(R) =$ ההסתברות שהמשק הישראלי יכנס למיתון בשנת 2025 = 0.40
 $P(U|G) =$ ההסתברות שהביטקוין יניב תשואה שנתית חיובית בשנת 2025 בהינתן שהמשק הישראלי צמח בשנת 2025 = 0.70
 $P(U|R) =$ ההסתברות שהביטקוין יניב תשואה שנתית חיובית בשנת 2025 בהינתן שהמשק הישראלי נכנס למיתון בשנת 2025 = 0.20

אם ניצוק לתוך נוסחת בייס את הנתונים לעיל, נקבל שההסתברות שחיפשנו היא 84%:

$$P(G|U) = \frac{P(G) \times P(U|G)}{P(G) \times P(U|G) + P(R) \times P(U|R)}$$

$$P(G|U) = \frac{(0.60) \times (0.70)}{(0.60)(0.70) + (0.40)(0.20)}$$

מעט כל האקטוארים מבצעים חיזוי או ניבוי. כך למשל, אקטוארים של ביטוח חיים (העוסקים בקביעת פרמיות של חוזי ביטוח חיים ורזרבות של חוזי ביטוח חיים עבור חברות ביטוח) חוזים תמותה של אוכלוסייה ונכסי החברה לאורך חייהם; אקטוארים של ביטוח פנסיה (העוסקים בתכנון תנאי הפנסיה, קביעת עלותה ובהכנת מאזנים אקטואריים של קרנות פנסיה) חוזים את תשלומי תכנית פנסיה ונכסי התכנית במהלך הפרישה; אקטוארים של ביטוח בריאות חוזים הוצאות רפואיות והכנסות פרמיות למשך שנתיים או שלוש; אקטוארים של ביטוח כללי (העוסקים בקביעת פרמיות של חוזי ביטוח אלמנטרי ורזרבות של חוזי ביטוח אלמנטרי עבור חברות ביטוח) חוזים את ההסתברות לתאונה/גניבת רכב, לחילופין לשריפה/פריצת דירה או לחילופין לחילופין לתביעת רשלנות מקצועית/נוק פיוז לעסק. כתבה זו מספקת הצצה לטכניקות חיזוי אקטואריות.

טכניקות החיזוי האקטואריות שבהן אעסוק בכתבה זו משתייכות לקבוצה שיטות המכונה "שיטות מְרָבּוֹת". שיטות מְרָבּוֹת הן שיטות הכוללות שילוב של שיטות אקטואריות (שיטות המבוססות על דפוסי נתונים ולא על משתנים מסבירים) ו/או שיטות של משתנים מסבירים (שיטות המשלבות משתנים מסבירים סיבתיים לניבוי/להסבר של משתנים תלויים) ו/או שיטות מידול סימולטניות (שיטות המשתמשות במחשב לתרחוש/סימולוך סוכנים, התנהגויות ואירועים ב"עולם האמיתי") ו/או שיטות של שיקול דעת (שיטות המבוססות על חוות דעת של מומחה או על אינטואיציה).

שיטות חיזוי בייסיאני (Bayesian Forecasting)

שיטות חיזוי בייסיאני משתייכות לקבוצת טכניקות החיזוי האקטואריות הקרויה "שיטות מְרָבּוֹת". שיטות חיזוי בייסיאני זוהי משפחה של שיטות המשלבות מתודולוגיה סטטיסטית ביחד עם אינטגרציה מובנית של שיקול דעת אנושי, כלומר, ראיות (נתונים/מידע) חדשות משמשות לעדכון תחזית סטטיסטית כלשהי, בהתבסס על יישום משפט בייס (Bayes' Theorem).

שיטות אלה טובות במיוחד עבור נתונים עונתיים מאוד עם היסטוריה קצרה יחסית. שיטות אלו על פי רוב אינן מצויות בשימוש לא בקרב אקטוארים ולא בקרב כלכלנים.

נוסחת בייס משמשת לעדכון מערך הסתברויות אפרוריות (לפני הגעת מידע חדש) לקרות מאורע מסוים בתגובה להגעת מידע חדש. הכלל לעדכון הסתברות אפרורית של מאורע מסוים הנו כדלקמן: