



הוראה ומחקר



בצומת קבלת החלטות? הגעתם למקום הנכון

שגרת חיינו עטופה בחוסר וודאות. מה יהיו החדשות של מחר? איזה אירוע חריג יעכב סיום של משימה? האם מערך הבידוק הביטחוני אשר תכננו מכסה באופן הולם את כלל תרחישי החשיפה לסיכון? על מנת להתמודד באופן הולם ומושכל עם קבלת החלטות בצמתים אלו ורבים אחרים, פיתח פרופ' יעקב בן-חיים את תורת פער-ידע (Info-Gap Theory), שיטה מבוססת מודלים לקבלת החלטות ותכנון אסטרטגי תחת תנאי חוסר וודאות חמורים. השיטה כבר יושמה בהצלחה בין השאר במוסדות מחקר ובאוניברסיטאות ברחבי העולם, בחברות מובילות בארץ ובחו"ל כגון רפאל, חברת חשמל, GM, Los Alamos National Labs, ובחיל האוויר האמריקני. בצומת קבלת החלטות? הגעתם למקום הנכון.



בתמונה: פרופ' יעקב בן-חיים

פער-ידע הוא הפער בין מה שידוע לנו, לבין מה שעוד עלינו לדעת, על מנת לקבל החלטה מקיפה ואמינה תחת תנאי חוסר וודאות. פערי-ידע קיימים בכל תחום של עשייה, ותורת פער-ידע יכולה לעזור במידול ובניהול אי-וודאויות. להלן ארבע דוגמאות מיני רבות ליישום שיטת פער-ידע ע"י פרופ' בן-חיים.

בואו נניח ראשית מצב בו אתם מופקדים על גילוי מוקדם של תקלות במערך של מכונות יצור אוטומטיות. פריון המפעל מחייב קצב תקלה נמוך ביותר וגילוי אנומליות מהיר מאוד, ולפני התפתחותן לתקלות רציניות. את הבעיות שגורמות לתקלות "רגילות" כבר פתרתם לפני זמן רב, ולכן כאשר מתרחשת תקלה שאינה רגילה, מדובר באירוע ייחודי שכמותו עדיין לא ראיתם מעולם. כלומר, משימת גילוי תקלה שאינה רגילה הינה חיפוש מתמיד אחר דבר שמאפייניו לא ידועים. בנוסף, הגילוי צריך להיעשות מהר, אבל אסור להכריז על תקלות שווא.

במצב כזה הפער שבין מה שאתם כן יודעים – תקלות העבר – לבין מה שאתם צריכים לדעת – המהות של התקלה הבאה – הינו פער ידע גדול. בשנה האחרונה, פעל פרופ' בן-חיים בשיתוף עם פרופ"ח מרים זקסנהויז מן הפקולטה, ופיתח מענה לבעיה זו באמצעות תורת פער-ידע במסגרת פרויקט במימון חברת אינטל אשר התנהל במרכז הייצור של החברה בקריית גת.

בדוגמא השנייה נניח כי הצוות עליו אתם אחראים, מפתח סימולציה ממוחשבת של תהליך פיזיקלי, בו מעורבים תחומי מדע רבים, סקאלות זמן קצרות וארוכות, וממדים גיאומטריים קטנים וגדולים. אין פתרון אנליטי לתהליך הפיזיקלי, חלק מן התופעות הפיזיקליות אינן מובנות לגמרי, וקיים ויכוח בין המדענים על הדרך הנכונה למדל אותן. הסימולציה מתבססת על חישוב נומרי ענק, שהרצתו בפעם אחת דורשת שבועות או אף חודשים במחשב-על. זמן ההרצה תלוי בגודל הצעדים בזמן ובמרחב. צעדים קטנים יביאו לחישוב מדויק אבל ידרשו הרבה זמן מחשב. צעדים גדולים יביאו לחישוב מדויק פחות וזול יותר.

אמנם, קיימים אלגוריתמים שעושים אקסטרפולציה של תוצאות חישוב מצעדים גדולים לצעדים קטנים (למשל שיטת Richardson). ע"י כך ניתן לשערך את תוצאות החישוב שהיה מתקבל בצעדים קטנים, מתוך חישובים זולים יותר שיתבצעו במסגרת צעדים גדולים. הבעיה היא שערכי הפרמטרים באלגוריתם האקסטרפולציה אינם ידועים היטב, וכאן נמצא פער הידע. במהלך השנה האחרונה, מפתח פרופ' בן-חיים בשיתוף עם עמיתים ב-Sandia National Lab שבארה"ב, מענה לבעיה זו באמצעות תורת פער-ידע.

במעבר חד לדוגמא שלישית נניח כי אתם רופאים אפידמיולוגים במדינה אפריקאית, ואחראיים על מיגור מחלת השחפת. למחלה זו דינמיקת התפשטות מסובכת עם זמני תגובה איטיים מאד. כתוצאה מכך, רואים את השפעת ההתערבות הרפואית רק זמן רב אחרי התחלת ההתערבות, ולכן משתמשים במודלים מתמטיים לחיזוי השפעת ההתערבות. קיימים מודלים די מדויקים מנסיון מצטבר של שנים רבות ביבשות אחרות, אך הבעיה היא שבמדינתכם יש עומס רב של מחלת ה-AIDS, ומחלה זו משנה מן היסוד את האפידמיולוגיה של השחפת. מצד אחד, מחלת ה-AIDS מחלישה את עמידות הציבור מפני זיהום והדבקות, ולכן AIDS עלולה להגביר את קצב התפשטות השחפת, ומכך משתמע שיש צורך בהגברת ההתערבות נגד שחפת ע"י הקצאת יותר משאבים למיגור. מצד שני, באוכלוסייה עם עומס רב של מחלת ה-AIDS, התמותה מ-AIDS יכולה להאט את ההתפשטות של מחלות אחרות, כולל שחפת, ומכך משתמע שניתן להקטין את הקצאת המשאבים למיגור השחפת.

כלומר, קיים פער ידע עצום בכל הקשור לדינמיקה של שחפת בנוכחות AIDS, וזה מקשה מאד על קביעת התערבות רפואית למיגור השחפת. בשנה האחרונה, פיתח פרופ' בן-חיים מענה לאתגר זה באמצעות תורת פער-ידע, בשיתוף עם רופאים בבוטסוונה ובארה"ב.

בדוגמא האחרונה נניח כי אתם אחראיים על גילוי, זיהוי ומיגור של גורם ביולוגי זר, במקרה שיפלוש לבית הגידול המקומי. פלישת זנים זרים נובעת מתיירות, מסחר, או הסעה טבעית. זנים זרים עלולים לגרום נזק רב לזנים מקומיים, עם השלכות לא טובות לחקלאות, לתיירות, וליציבות בית הגידול. הבעיה דומה במקצת לגילוי תקלות חדשות במכונות יצור המתואר בדוגמא הראשונה. בשנים האחרונות חוקר פרופ' בן-חיים היבטים שונים של הבעיה הביולוגית בעזרת תורת פער-ידע, בשיתוף עם חוקרים מאוסטרליה, ארה"ב וישראל.

תחומי ישום עיקריים לשיטת פער-ידע:

- אמינות המוצר
- אמינות תהליכים
- תכן הנדסי
- החלטות כלכליות
- ביטחון לאומי
- החלטות רפואיות
- ניהול פרויקטים ולוחות זמנים
- שימור ביולוגי

סוגי השירותים אותם מעניק פרופ' בן-חיים במסגרת פעילותו:

- הרצאות רקע והעשרה לעובדי מחקר ופיתוח ולצוותי חשיבה
- קורסים קצרים ללימוד תורת פער-ידע ויישומה
- יעוץ בפתרון בעיות בכל תחומי היישום של תורת פער-ידע

דוגמאות לתמיכה בקבלת החלטות:

- הקצאת משאבים בין משימות או יעדים
- מדיניות ציבורית לאיכות הסביבה, בריאות הציבור, צמיחה כלכלית וכו'
- תכנון מערך פיקוח נגד חדירת גורם זר ולזיהוי פעילות עוינת
- תכן הנדסי לריסון רעידות
- הערכת אמינות מתוך נתוני כשל
- מידול מתמטי של מערכת טכנולוגית מורכבת

האם יש פערי ידע בעבודתכם? פרופ' יעקב בן-חיים מזמין חברות בתעשייה המעוניינות למסד שיתופי פעולה בתחום פעילותו ליצור קשר: yakov@technion.ac.il, מידע נוסף באתר: <http://info-gap.com>.