

# השקעה והחזרה

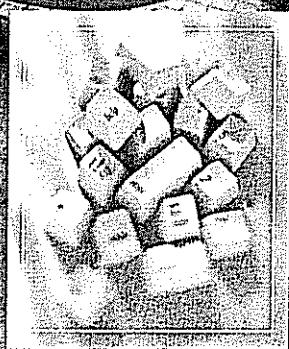
גיליון 50 ■ 2000



## לנהל סיכונים מהישגך

**אלקטרוניקה חדש**  
הקו הישיר למידע מהיר  
טו"ל 12, 13, 22, 30, 40, 44, 45, 52, 54, 56, 60, 61  
אינדקס מוצרים עמוד 62  
אינדקס מפרסמים עמוד 4

**ניהול ביקושים:  
למצוא את המפתח הנכון  
סחר אלקטרוני - גולשים לאן?**



# סיכון מחושב

מתודולוגיה יישומית לניהול  
סיכונים בפרויקטים בתחום  
הטכנולוגיה המתקדמת

מאת אבי שטוב<sup>1</sup>, שרי רגב<sup>2</sup> ויעקב בן חיים<sup>3</sup>

במאמר זה מוצגת מתודולוגיה יישומית לניהול סיכונים, המתמקדת בשלב כימות הסיכונים והבקרה על השתנותם במשך חיי הפרויקט. גישה זו מבוססת על ההנחה כי פרויקטים חדשניים, טכנולוגיים ואחרים, מאופיינים בפערי ידע גדולים בין הידע הקיים בעת קבלת החלטות לבין המידע המלא. בנוסף, קיימים גורמי סיכון אשר לא ניתן לכמת את שכיחותם או שלא ניתן למנות את רשימת האירועים האפשריים עבור כל גורם. מצב זה אינו מתאים לשימוש בתורת ההסתברות ומחייב לאתר מודל אחר המספק תוצאה אפקטיבית.

המתודולוגיה המוצגת בזה מתבססת על שימוש במודל בפער ידע, ועיקרה בהיותה effective-Cost. יתרונו של המודל הוא בכך שהמשתמש אינו נדרש להערכות חסרות בסיס של נתונים שאינם ידועים, ובכך שניתן להסתפק בגורמי הסיכון והסיכוי אשר אותרו על ידי יזם או מנהל הפרויקט כקריטיים ביותר. מודל פער הידע יספק הערכה באשר לסיכון ולסיכוי בפרויקט. הערך המתקבל מבטא את חסינות הפרויקט, כלומר את מידת החדיגה מהצפוי שהפרויקט יכול לספוג בלי להיכשל.

## מטרת המחקר

אחד ההיבטים הבעייתיים בניהול פרויקט הוא ניהול הסיכונים, והיכולת של מנהל הפרויקט להוביל להצלחה תוך התמודדות עם פערי הידע הקיימים בעת קבלת החלטות. ניהול הסיכונים כולל תהליכים המתמקדים ביהוי כימות, ניתוח, תגובה ובקרה על הסיכונים בפרויקט. מחקר זה התמקד בבניית מתודולוגיית Effective-Cost לכימות של חוסר ודאות בפרויקט, תוך שימוש בגישות מתמטיות שאינן מבוססות על תורת ההסתברות.

<sup>1</sup>הפקולטה להנדסת תעשייה וניהול, הטכניון, חיפה  
<sup>2</sup>הפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון, חיפה

מתודולוגיה זו חיונית לסביבה הפרויקטלית הנוכחית שיינויים בדרישות, חשיבות מהירות העבודה וחוסר היכולת של מנהל להקדיש מספיק זמן לתכנון הפרויקט, כל אלה מגדירים את מאפייני הפתרון הנדרש: שימוש במידע בכמות מינימלית, יכולת להשתמש נכון במידע סובייקטיבי, פשטות (המעוררת שימוש במודל בתחילת התהליך ומספר פעמים במהלכו), ויכולת להעריך ולהגביר את האמינות



בפרויקטים רבים, בפרט בתחום הטכנולוגיה המתקדמת, קיימים סוגים של חוסר ודאות שאינם מובנים, כלומר לפחות אחד מהחוקים המגדירים חוסר ודאות מובנה אינו מתקיים: לא ניתן למנות את רשימת האירועים האפשריים או שלא ניתן לכמת את שכיחות האירוע בדיוק או בקירוב כאשר חוסר הודאות אינו מובנה, לא ניתן להשתמש במודלים הסתברותיים, ויש לאתר מודל מתמטי מתאים, המספק מתודולוגיה אפקטיבית לכימות הסיכונים בפרויקט.

בעשורים האחרונים הורחב הניסיון ההנדסי של שימוש בתיאוריות ובגישות הלא-הסתברותיות של חוסר-ודאות. במאמר זה מוצגות שתי שיטות לא



הסתברותיות לכימות וניתוח של חוסר ודאות שאינו מובנה. השיטה הראשונה היא לוגיקה עמומה (Fuzzy-Logic). המדובר בענף של מתמטיקה, והיא נמצאת במיטבה כאשר אין די נתונים כדי להשתמש בגישות המסורתיות, אך ניתן לספק הגדרות מילוליות ליחסים בין העליות למאפייני הפרויקט השיטה השנייה, הרחוקה עוד יותר מהמסורת ההסתברותית (Ben Haim, 1994), היא שיטת פעד הידע, שעיקרה

הוא בפשטותה היא מאפשרת להשתמש במינימום נתוני קלט, בכפוף לידע הקיים, ללא הגדרת מסגרת המאלצת להזין נתונים שאינם קיימים בעת בניית המודל.

מגדירים מודל פער-ידע לאי-ודאות מתוך מידע חלקי על התופעות הלא ידועות, על ידי הגדרת משפחה של קבוצות אירועים. במודל פער-ידע אין צורך בפונקציות מידה על קבוצות האירועים. כלומר, אין פונקציית הסתברות או פונקציית חברות עמומה (Fuzzy membership function). בעזרת המודל בנוים שתי פונקציות הערכה: האחת מעריכה את מידת החסינות לאי-הודאות והשנייה מעריכה את מידת ההזדמנות שאי-הודאות מאפשרת. מקבל ההחלטה נעזר בשתי הפונקציות האלה להערכת החלופות העומדות לפניו, לבחינת ה-off's trade, לתכנון של איסוף המידע ולקבלת החלטות ניהוליות אחרות.

במסגרת מחקר זה נעשה ניסיון לבנות מתודולוגיה יישומית, המאפשרת שימוש בשיטות ניהול הסיכונים "מסורתיות" בשלב זיהוי הסיכונים, תוך התמקדות



בכימות ובקרת סיכונים על ידי מודל פער ידע בנוסף, ניתן לבדוק את האפשרות לשלב בין הגישות המתבססות על כימות הסיכונים באמצעים הסתברותיים לבין שתי הגישות הלא הסתברותיות.

### השיטות

ניהול הסיכונים כולל זיהוי, כימות, ניתוח, תגובה ובקרה של הסיכונים. שיטת המחקר היא ניתוח מקרים ושילוב מסקנות עיוניות. בשלב הראשון מוצג יישום של מערכת מידע, תוך ניתוח של שני גורמי סיכון קריטיים. אירוע זה מנותח בשיטות לא-הסתברותיות: שיטת Fuzzy-Logic ושיטת מודל פער הידע. ניתוח האירוע מתמקד בכימות הסיכונים, ואינו מנתח סיכויים. ההבדלים בין התוצאות המתקבלות מכל אחת מהשיטות הם בסיס להשוואה ראשונית של היתרונות והחסרונות של שתי השיטות. בשלב השני מוצג אירוע מורחב, המנותח בשיטת פער ידע והמשולב בגורמי סיכון שיש לכמת בשיטות שונות. האירוע הוא הצעה לפיתוח של מוצר חדש בתחום התקשורת הסלולרית. המוצר נדרש, השוק מבטיח, אך קיימים מספר גורמי סיכון קריטיים שלא ניתנים לחיזוי באופן מובנה כנדרש בתיאור הסתברותי.



במסגרת מאמר זה תוצג הדוגמה הראשונה בשתי הגישות הלא-הסתברותיות, ויוצגו ההבדלים המרכזיים ביניהן. הדוגמה תשולב בכל שיטה בתהליך בניית הבעיה, המודל ובפתרון נתוני הקלט בכל שיטה דומים אך לא זהים, בהתאם לדרישות.

### מודל FUZZY LOGIC

גישה המסורתית יש להגדיר כל גורם וכל תוצאה



באופן כמותי. בפועל, גם כאשר קיימות הנחות מילוליות באשר ליחסים בין הגורמים לבין התוצאה, לעיתים לא ניתן לכתוב את המשוואה, עקב חוסר בנתונים או בידע בפרויקט יישום של מערכת מידע, אפיון גורמי הסיכון, סיכויי ההצלחה של הפרויקט והקשר ביניהם ניתנים להגדרה באופן מילולי בלבד. בנסיבות כאלה, שיטת Fuzzy Logic עשויה לספק מענה בחיזוי סיכויי ההצלחה.

מקרה נוסף שבו השימוש בשיטה זו מספק ערך מוסף מתאפיין בשלבי הפרויקט שבהם רמת חוסר הודאות גבוהה, למשל בתחילת מחזור החיים, כאשר קשה להעריך את כל הגורמים (טכנולוגיה חדשה וחוסר יכולת לצפות מחויבות מההנהלה ומהמשתמשים).



בשיטת Fuzzy Logic לחיזוי סיכויי הצלחה של פרויקט, המודל נבנה בארבעה שלבים:

\* הגדרת גורמי הסיכון בפרויקט והערכתם באופן מילולי (ויגדרו שניים בלבד להפשטת הבעיה) זהו שלב של זיהוי הסיכונים הקיימים בפרויקט

\* הגדרת רמות ההצלחה השונות של הפרויקט, באופן מילולי: נמוכה, בינונית וגבוהה.

\* הגדרת חוקי המערכת: הערכת התלות בין גורמי

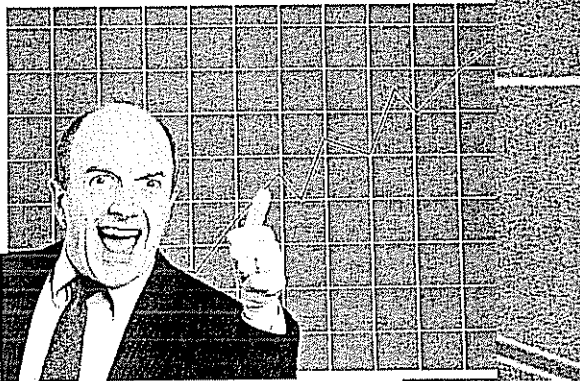
הקלט (גורמי הסיכון) לפלט (סיכויי ההצלחה) באופן מילולי

\* החלת תהליך ההסקה לצורכי הערכת סיכויי ההצלחה של יישום מערכת המידע בארגון וקבלת ערכים.

הפתרון הגרפי הוא משמעותי להבנת המסקנות ולניתוחן ניתן לייצג את טווח הפתרונות של הדוגמה שתוצג באופן גרפי, ולקבל תמונה מערכתית של התנהגות המערכת, כתלות בגורמים השונים. מגבלת הפתרון היא בהיותו תלת ממדי, ועל כן כאשר קיימים יותר משני גורמים, לא ניתן לבנות מרחב הכולל השתנות של יותר משני גורמים בו-זמנית (שאר הגורמים יקבלו ערך קבוע). פתרון גרפי מסוג זה אינו מאפשר לנתח פרויקט מציאותי, הכולל ממדים (גורמי סיכון) רבים ושונים.

### מודל פער ידע

Ben-Haim & Laufer (1998) מציעים גישה חדשה



לניהול סיכונים בפרויקט, על ידי שימוש בשיטת פער ידע, המאפשרת למדוד את רמת הסיכון ואת חסינות המערכת או הפרויקט במצבים של חוסר ודאות בלתי מובנה. רמת החסינות משקפת את הסטיות מהתכנון שהפרויקט יכול לספוג בהיבטים שונים, בלי להיכשל. מטרת המודל היא להשתמש בכמות מידע מינימלי, להשתמש נכון במידע סובייקטיבי, בפשטות (שימוש במודל בתחילת התהליך ומספר פעמים במהלכו), ולהעריך ולהגביר את חסינות המערכת או הפרויקט. בשלב זיהוי הסיכונים יש לסווג כל גורם סיכון על פי רמת "מובנות הסיכון".

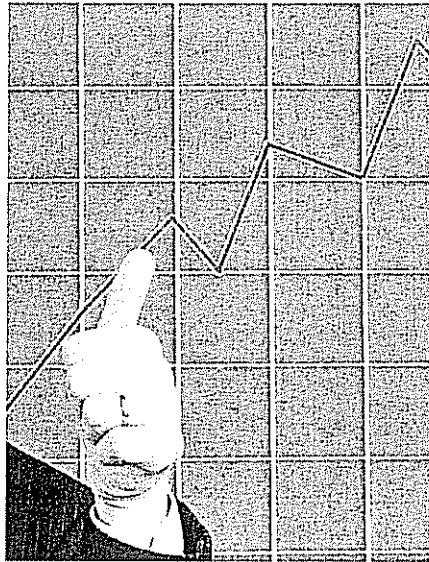
הסיבה לחוסר ודאות בלתי מובנה היא הפער בין הידע הקיים בעת קבלת ההחלטה לבין הידע שצריך לדעת במודל פער ידע, בונה המודל אינו נדרש לספק מידע הנוגע לשכיחות גורמי אי-הודאות. ההנחה היא כי מידע כזה אינו קיים. במקרים מסוימים, ניתן לספק ערכים מעדנים, כגון: רמת החשיבות היחסית של כל גורם, מידת התלות בין הגורמים השונים וטווח ערכים תקף קטן יותר על בסיס מידע נוסף שהתקבל. כימות הסיכון במודל פער ידע כולל את השלבים הבאים:

\* זיהוי של גורמי חוסר הודאות הקריטיים.

\* בניית מודל מערכת (System Model) המגדיר את

פער ידע	Fuzzy Logic	נתוני הקלט הנדרשים לייצוג הגורמים והתוצאה
הגדרת תחומי ההשתנות של גורמי אי-ודאות בצורת קבוצות של אירועים לא-ודאיים.	1 התנהגות הגורמים הנבדקים, כפונקציית Membership, נבנית כהערכה מילולית של תחומים נמוכים, בינוניים וגבוהים 2 פונקציית membership של הפלט, על בסיס הערכת תחומים מילולית.	
מודל המערכת מבטא את הקשרים בין הגורמים ובינם לבין התוצאה באופן מתמטי תוצג רמת החסינות של הפרויקט, כתלות במשקל היחסי של כל גורם.	חוקי מערכת המוגדרים מילולית עבור תחומי פלט אפשריים לדוגמה, אם מחויבות ההנהלה בינונית ומחויבות המשתמשים גבוהה, סיכויי ההצלחה בינוניים.	הקשר בין הגורמים לבין עצמם, ולתוצאה
מודל חוסר הודאות מבוסס על אוסף נתוני הקלט שהוגדרו בשלבים הקודמים פונקציית החסינות מחושבת כפתרון לבעיית אופטימיזציה.	קיימות שיטות שונות להחלת תהליך החסקה. בדוגמה נבחרו שיטת Min-Max והחציון, כערך משוקלל המייצג סט של ערכי קלט מסוים	שיטת הפתרון/בניית המודל
הפלט הנומרי מספק את רמת החסינות של המערכת, ולא את סיכויי ההצלחה הצפויים ברמת חסינות מסוימת. רמת החסינות משקפת את מידת חוסר הודאות שהפרויקט מסוגל לספוג בלי להיכשל יש לכייל את כל הגורמים הכיול אינו טריוויאלי בכל מצב.	הערך המתקבל מייצג את אוסף הערכים התקפים בדוגמה זו נעשה שימוש בשיטת Min-Max לחישוב הפלט, והחציון מייצג את ערך הממוצע המשוקלל המתאים.	נתוני הנומריים המתקבלים מהמודל
הפתרון הגרפי משקף את רמת החסינות של המערכת עבור ערכים נומריים שונים של כל גורם הצלחה. עבור מערכת של מספר גורמי הצלחה בלתי תלויים, לא ניתן לספק עקומה אחת המשקפת את התנהגות המערכת או את רמת החסינות שלה. כל צירוף ערכים מיוצג על ידי צירוף מיקומים מתאים על העקומות (=מספר גורמי הסיכון).	ניתן לקבל פתרון גרפי המשקף את אוסף החציונים (בדוגמה זו) של כל הצירופים האפשריים. הפתרון כולל חוסר רציפות, כתלות ברמת העידון של פונקציית ה-Membership שהוגדרו הפתרון הגרפי דורש לבנות תוכנה מתאימה שאליה ייוזנו כל פונקציות ה-Membership ולקבל את "עקומת החציונים".	פתרון גרפי
כמו בשיטה הראשונה, גם במקרה זה הפתרון המתאים ביותר הוא גרפי	הפתרון הגרפי משקף מספר ממדים לאורך ציר הזמן, ועל כן מתאים ביותר למטרה זו לפתרון זה מגבלה של מספר הגורמים הנבדקים.	בקרת שינויים על ציר הזמן

הפרויקט שתי הגישות הלא הסתברותיות מתאימות לשימוש כאשר קיים חוסר ודאות בלתי מובנה בשיטת Fuzzy Logic; נתוני הקלט כוללים אינפורמציה-פחות מפורטת מאשר תורת ההסתברות, ויותר מפורטת מגישה פער-ידע נדרשים חוקי-מערכת והערכות של הפרויקט באופן מילולי: התנהגות של גורמי הסיכון ושל סיכויי ההצלחה, ובהתאמה - גם המסקנות המתקבלות מעודנות יותר בשיטת פער ידע נדרש מידע מועט ביותר, והתוצאה היא הערכת החסינות של הפרויקט לשינויים, בהשוואה לציפיות שהוגדרו. טבלה 1 מספקת השוואה בסיסית בין שתי השיטות הלא הסתברותיות.



**מסקנה**

ההבדל המרכזי בין מודל Fuzzy Logic לבין מודל פער-הידע הוא בכמות המידע הנדרש ובסוג התוצאה המתקבלת יתרונו העיקרי של מודל פער הידע הוא באישור המתמטי של אינפורמציה, בלי להידרש להונת נתונים פיקטיביים או לביצוע של תהליך ניהול סיכונים הדורש משאבים רבים.

המתודולוגיה המוצעת מתבססת על מתודולוגיה מסורתית בשלב זיהוי הסיכון יש להתמקד על זיהוי הסיכונים הקריטיים, ולא על איתור של כל הסיכונים. בנוסף, יש לסווג את רמת מובנות הסיכון כימות הסיכון, וכן הניתוח והבקרה לאורך ציר הזמן, מתבססים על מודל פער הידע.

הדוגמה שהוצגה היא בסיסית, ואינה מייצגת מורכבות של פרויקטים מציאותיים בשלב הבא תנוחת דוגמה מורחבת, ויוצרו הרחבות למודל, שיאפשרו להשתמש ביכולותיו עבור פרויקטים מציאותיים רבי גורמים, אשר כמות הידע לגביהם נמוכה בתחילת הפרויקט, ומשתנה במהלכו יוצעו עידונים הכוללים כול הגורמים, פתרון גרפי (מתאים לסביבת Hi-Tech) ושיטות לשקלול רמת החסינות של גורמים שונים. ■

להיכשל (לפי קריטריון הכישלון) פונקציית ההזדמנות מוגדרת באופן דומה, והיא לא תוצג במסגרת הדוגמה המוצגת

**התוצאות**

השימוש בתורת ההסתברות מתאים ואפשרי כאשר ידועים כל האירועים האפשריים בכל מצב או פעילות, וידועה מידת שכיחותם. נדרשת הגדרה מדויקת של פונקציית המטרה. התוצאה של תהליך כימות ובקרת הסיכונים בפרויקט היא הערכת סיכויי ההצלחה של

הקשר בין הגורמים לתוצאה הצפויה.  
\* הגדרת קריטריון כישלון (Failure Model) של הפרויקט.  
\* בניית מודל של חוסר ודאות (Uncertainty Model) המגדיר את אופן ההשתנות של הגורמים הלא ידועים המודל מספק תיאור כמותי לרמת חוסר הודאות בפרויקט.  
\* חישוב של רמת החסינות (Robustness): זוהי רמת חוסר הודאות (המוגדרת במודל חוסר הודאות) שהמערכת יכולה לספוג (לפי מודל המערכת) בלי