

17.92x26.28	31	24	עמוד	אופק ירוק - הדף הירוק	31/12/2009	20920493-9
המכללה הטכנולוגית חולון מכללה טכנולוגית חולון - 83313						



חשיבת על ירוקה

פרופ' גדי גולן

פתרונות אקולוגיים יצירתיים

ב"חשיבה המצאתית שיטתית"



האם קיימת דרך ניתוח מסודרת ושיטתית שאינה שגרתית להולדת רעיון המצאתי? כיצד ניתן ליישב את הסתירה הטמונה במילות הכותרת: "חשיבה המצאתית שיטתית"? קורס אקדמי חדש מנסה לתת מענה לפיתרון בעיות אקולוגיות הנדסיות בדרך לא שגרתית. התבלבלתם? תקראו!

חדשה המכונה בשם: "חשיבה המצאתית שיטתית", שכאמור, נלמדת היום במסגרת הפקוד לטה להנדסת חשמל אלקטרוניקה ותקשורת ב-H.I.T, [מכון טכנולוגי חולון](#).

דוגמת הנוזל במערבל

תורה זאת מהווה גישה חדשנית וייחודית לת" הליך הולדת המצאות. היא מקנה בסיס תיאוריטי ומעשי להתגברות על בעיות בלתי פתירות על-ידי שימוש ברעיונות המצאתיים. התורה החדשה בונה לוגיקה אחרת, השונה מהלוגיקה השגרתית בכך שביכולתה לנתח סתירות פנימיות הקיימות בבעיות הנחקרות ולהתגבר עליהן בסופו של תהליך. בעוד שבלוגיקה

חשיבה המצאתית שיטתית

האם קיימת דרך אחרת לעשיית המצאות - דרך רציונאלית להולדת רעיון המצאתי? התשובה הצפויה לשאלה זו היא כמובן שלילית. לא תיתכן כל דרך רציונאלית שתוליד המצאה (אחרת, לשם מה לכנותה המצאה?). ואילו התשובה שלנו לשאלה זו היא חיובית!!!

אכן, קיימת דרך ניתוח מסודרת ושיטתית המביאה לפתרונות המצאתיים. לכאורה, קיימת כאן סתירה, שהרי פתרון שהתקבל בדרך שיטתית הוא פתרון שיגרתית, ואילו פתרון המצאתי, בניגוד לו, חייב להתקבל בדרכים לא שגרתיות. התשובה לשאלה זו טמונה בחורה

רבים מן הרעיונות המזהירים, הידועים לנו כיום, נולדו לא כתוצאה מניתוח רציונאלי, אלא בדרכים מוזרות של צירוף מקרים והברקות. די אם נזכיר את התפוח של ניוטון, או האמבט של ארכימדס.

זו עובדה היסטורית. האם כך חייבים להיות פני הדברים גם בעתיד?

[במכון הטכנולוגי חולון](#) נפתח קורס חדש תחת הכותרת: "חשיבה המצאתית שיטתית", הבאה לתת מענה לפיתרון בעיות אקולוגיות הנדסיות בדרך לא שגרתית.

כיצד ניתן ליישב את הסתירה הטמונה במילות כותרת זו: "המצאתית ושיטתית"? על כך ועל תורה חדשה זו בכתבה הבאה.

17.89x23.86	32	24	עמוד	הדף הירוק - אופק ירוק	31/12/2009	20920500-8
המכללה הטכנולוגית חולון מכללה טכנולוגית חולון 83313						

של השיטה. אנטנת תקשורת, שאמורה הייתה לשמש לשילוח ולקבלת תשדורות אלחוט - הוצבה מטבע הדברים על פסגת הר גבוה. לאחר פעולה ממושכת של האנטנה נתגלתה בעיה, כשהתברר כי ברקים הפוגעים מדי פעם בפסגת ההר פוגעים באנטנה וגורמים נזק רב לציוד הקצה האלקטרוני, המחובר לאנטנה זו בתחתיתה. על-מנת להתגבר על הבעיה הותקנו כליאי ברק מארבעת עבריה של האנטנה, קרוב אליה ככל האפשר. כך אמורה הייתה להיפתר הבעיה.

תקופה קצרה לאחר התקנת כליאי הברק נתגלה, שבאותם אזורים קליטה בהם הותקנו כליאי הברק נוצר "צל אלקטרומגנטי", שמנע מתשדורות להישלח ולהיקלט בגזרות אלו - של כליאי הברק - ובכך נפגמה יעילות המערכת. כאן התקבלה הסתירה, שהולידה פתרונות רבים של "ניסוי וטעייה", שאופיינו כולם בחו"ס רלוונטיות ואי היותם ישימים בשטח.

ההצעות היו: א. להזיז את האנטנה מפסגת ההר לעמק, ובכך להקטין את חשיפתה לברקים (ההצעה נדחתה, כמובן, על-ידי אנשי המבצעים). ב. לחפש מרחק אופטימאלי לכליאי הברק, שימנע את "הצל" ובכל זאת יגן על האנטנה מפני ברקים (ההצעה נדחתה, מאחר והיוותה פשרה לא מספקת). ג. לרתך את כליאי הברק לאנטנה עצמה (ההצעה נדחתה על-ידי אנשי ההנדסה, מאחר וכל שינוי במבנה האנטנה גורע מיעילות תפקודה), ועוד כהנה וכהנה הצעות שונות ומשוונות.

הקו המקשר בין כל ההצעות הללו הוא: אי היותו של קו מקשר ביניהן!

כאשר אדם פותר בעיה בדרך חדשה ולא שגרתית, הרי שהוא עובר לרמת חשיבה גבוהה יותר: חשיבה יצירתית. רמת חשיבה זו שונה מהחשיבה הלוגית בכך שיעדה הוא ליצור דבר מה חדש (גישא) מוצר חדש וכן (הלאה).

הצינור הפלסטי כפתרון המצאתי שיטתי

הפעלתה של החשיבה ההמצאתית השיטתית הולידה פתרון, שבו הושארו כליאי הברק על כנם ובסמוך לאנטנת התקשורת ותפקדו כנדרש - ובכל זאת הוסר ה"צל" האלקטרומוגנטי מעם האנטנה.

במקום ליצור את כליאי הברק ממתכת

נלמדות שיטות שונות לפתרון בעיות מתמטיות, גיאומטריות, כימיות וכד'. ולכן, כאשר נתקלים בבעיה מחפשים אוטומטית מסגרת שלתוכה ניתן יהיה לשייך אותה. אם ניתן לשייך את הבעיה ל"חזוק חומרים" למשל, הרי שהיא לא תוכל להיפתר באמצעות התיאוריות התאימות לחזוק חומרים! ואולם, לא כל הבעיות ניתנות למיון באופן שישייך אותן למסגרת כלשהיא. זאת ועוד, לא כל הפתרונות תואמים את התיאוריות.

כיצד ניתן לגרום לנוזל, המסתובב במערבל סגור, להפעיל לחץ על מרכזו של המערבל? לכאורה, מכילה דרישה זו סתירה פנימית, מאחר וידוע שסיבוב הנוזל יוצר לחץ כלפי דפנותיו החיצוניות של המערבל. בפתרון ההמצאתי נכניס צמד נוזלים, האחד כבד והאחר קל, כך שסיבובם בו זמנית יוביל להפעלת לחץ על המערבל. ללא תוספת של מנגנונים מורכבים ומתחכמים, ובכך, קיימת לוגיקה של המצאתיות!!!

פתרון בעיה "בלתי פתירה"

כאשר אדם פותר בעיה בדרך חדשה ולא שגרתית, הרי שהוא עובר לרמת חשיבה גבוהה יותר: חשיבה יצירתית. רמת חשיבה זו שונה מהחשיבה הלוגית בכך שיעדה הוא ליצור דבר מה חדש (גישא) מוצר חדש וכן (הלאה). בניגוד לבעיה לוגית, אותה יש לסווג למדור מסוים, הרי שכאן מעצם הגדרת הבעיה (ליצור מוצר חדש) ברור, שיש להשתמש בגישה שאינה לוגית. כמה שיטות שאינן לוגיות פותחו במאה העשרים, כאשר אחדות מהן היו: "סיעור מוחות", "אנליזה מורפולוגית" ועוד... ב"חשיבה המצאתית שיטתית", לעומת זאת, איננו מעמידים לנגד עיננו את המטרה של ליצור "דבר מה חדש", אלא לפתור בעיה. בעיה הדורשת חשיבה המצאתית נראית מלכתחילה כבעיה רגילה הניתנת לפתרון בדרך לוגית, אך לאחר שמנסים לפתרה מגלים, שהשיטות הקיימות אינן מסייעות בפתרונה. כאן נכנסת לשימוש הגישה החדשה: האם ניתן להזמין המצאה, האם ניתן לפתור בעיה "בלתי פתירה"?

התשובה לפי כללי החשיבה המצאתית השיטתית היא: כן! הלכה למעשה.

דוגמת האנטנה על הר

אחד פתרונות האחרונים, שהושג באמצעות השיטה, ממחיש בעליל את יעילותה וחוסנה

השיטתית לא יתכנו סתירות של "כן ולא", הרי שבלוגיקה החדשה סתירות אלה דווקא מנחות את תהליך הפתרון ומביאות אותו לתוצאה המצאתית.

לדוגמה: כיצד ניתן לגרום לנוזל המסתובב במערבל סגור, להפעיל לחץ על מרכזו של המערבל? לכאורה, מכילה דרישה זו סתירה פנימית, מאחר וידוע שסיבוב הנוזל וסיחורו במערבל יוצר לחץ כלפי דפנותיו החיצוניות של המערבל. ואכן, בלוגיקה שגרתית המסקנה הייחודית המתבקשת היא שאין דרך לפתרון הבעיה. מסקנה זו תוביל את איש המקצוע, הפותר את הבעיה, להוספת מנגנון מורכב של בוכנות, קפיצים וצינורות למימוש המטרה (שאינה מסוגלת להתממש בעצמה).

למרות זאת קיים פתרון לדרישה לא אפשרית זאת, וניתן להגיע אליו בלוגיקה אלגוריתמית של "חשיבה המצאתית שיטתית". בפתרון ההמצאתי נכניס למערבל צמד נוזלים, האחד כבד והאחר קל, כך שסיבובם בו זמנית יוביל להפעלת לחץ של הנוזל הקל לעבר מרכזו של המערבל. הפתרון הזה מתגבר על הסתירה, מאחר והוא מבצע בדיוק את הנדרש ללא עק"יפת חוקי המכניקה, ולכן, ללא תוספת של מנגנונים מורכבים ומתחכמים.

בכך, קיימת לוגיקה של המצאתיות!!!

התורה החדשה בונה לוגיקה אחרת, השונה מהלוגיקה השגרתית ביכולתה לנתח סתירות פנימיות הקיימות בבעיות הנחקרות ולהתגבר. בעוד שבלוגיקה השיטתית לא יתכנו סתירות של "כן ולא", הרי שבלוגיקה החדשה סתירות אלה דווקא מנחות את תהליך הפתרון ומביאות לתוצאה המצאתית

פתרונות שלא תואמים את התיאוריות

אין ספק, שעובדה מהפכנית זאת מביאה לגירוי אינטלקטואלי של ממש. אולם, אין די בכך! היא גם מביאה לשינויים מעשיים בתהליך הכשרתם של מהנדסים צעירים, או בעלי מקצועות סמוכים להנדסה, ובגישת חשיבתם לפתרון בעיות המצאתיות.

בתהליך הכשרתו המקובל של מהנדס מודגשת הרמה הבסיסית של חשיבה הגיונית רגילה, הנרכשת מן הניסיון בחיי היום יום ומפרקי הלימוד במסלול הכשרתו. ברמת חשיבה זו

20920508-6	31/12/2009	הדף הירוק - אופק ירוק	עמוד 24	33	17.92x26.29
המכללה הטכנולוגית חולון מכללה טכנולוגית חולון - 83313					



תע"ש, תעשיה אווירית, תנובה וקיבוצים). הם יישמו בהצלחה את עקרונות השיטה, איש איש בבעייתו הספציפית.

חידה לא שגרתית לקוראים

החשיבה ההמצאתית השיטתית הינה תורה המביאה לתוצאות מעשיות בינתחומיות, שאינן קשורות דווקא לתחומים שבהם נולדה הכע"יה - בכך ייחודה של השיטה!

לחיווק דברנו, נביא בעיה שפתרון שיגרתית לא יצלח לה!

נסו לפתור בעיה זאת ושילחו תשובותיכם למזכירות הפקולטה להנדסה **במכון הטכנולוגי חולון** את המבריקות שבתשובותיכם נפרסם בגיליונות הבאים של העיתון.

והרי הבעיה: כדי להאיר אתר בניה בלילה משתמשים בזרקורים חזקים, המורכבים על-גבי עמודים גבוהים, מהם ניתן לכוון את האור למקומות הרצויים. על-מנת לקבל פיזור אור רחב ככל האפשר, על הזרקור להיות גבוה ככל האפשר. אלא, שהגבתו מקשה על תפעולו (כיוונונו, החלפת נורות שרופות וכד'). הציעו פתרון המאפשר לזרקור להישאר נמוך, בכדי להקל על תפעולו ואחזקתו, ובו זמנית שיימצא גבוה ככל האפשר כדי להגדיל את פיזור אורו!

לון, בקורס לחשיבה המצאתית שיטתית. זהו קורס חובה לבוגר כל אחד ממקצועות מדעי הטבע והמדעים המדויקים ומהווה תנאי

והרי הבעיה: כדי להאיר אתר בניה בלילה משתמשים בזרקורים חזקים, המורכבים על-גבי עמודים גבוהים, מהם ניתן לכוון את האור למקומות הרצויים. על-מנת לקבל פיזור אור רחב ככל האפשר, על הזרקור להיות גבוה ככל האפשר. אלא, שהגבתו מקשה על תפעולו השוטף (כיוונונו, החלפת נורות שרופות וכד'). הציעו פתרון המאפשר לזרקור להישאר נמוך, בכדי להקל על תפעולו ואחזקתו, ובו זמנית שיימצא גבוה ככל האפשר כדי להגדיל את פיזור אורו!

הכרחי ליישום מוצלח של מכלול הלימודים האקדמיים של המהנדס לעתיד.

ההדים הראשונים, שהתקבלו מבוגריו הראשונים של הקורס שהתקיים באביב שעבר, היו נלהבים. התלמידים שלקחו חלק בקורס הגיעו מכל קשת המקצועות הטכנולוגיים (רפא"ל,

בעיה הדורשת חשיבה המצאתית נראית מלכתחילה כבעיה רגילה הניתנת לפתרון בדרך לוגית, אך לאחר שמנסים לפותרה מגלים, שהשיטות הקיימות אינן מסייעות בפתרונה. כאן נכנסת לשימוש הגישה החדשה: האם ניתן להזמין המצאה, האם ניתן לפתור בעיה "בלתי פתירה"?

מוליכה, הותקן צינור פלסטי חלול ובתוכו גז המתייבן בעת פגיעת הברק ומאריק את האנרגיה החשמלית האדירה האצורה בו, לאדמה. כל זה קורה רק בעת קיום הברק! בכל עת אחרת, מהווה כליא הברק צינור פלסטי מבודד חשמלי שאינו משפיע על תפקוד האנטנה.

תוצאות מעשיות בין תחומיות

הלימוד האוניברסיטאי - התוחם את נושאי הלימוד ומגדירים כמקצועות ייעודיים ספציפיים בהנדסת חשמל - חסר קורס קישור נוסף, המקנה גישת על לאיחוד המקצועות הייעודיים הללו.

פער זה, שאיננו מושג במסלול הלימודים האקדמי, נסגר בפקולטה להנדסת חשמל אלקטרוניקה ותקשורת במכון הטכנולוגי חולון.

הכותב הוא זקאן הפקולטה להנדסת חשמל, אלקטרוניקה ותקשורת ב-H.I.T.

מכון טכנולוגי חולון