

## “התשמע קולי”

### היבטים מדעיים - טכנולוגיים בתקשורת

WILL YOU HEAR MY VOICE

SCIENTIFIC & TECHNOLOGICAL ASPECTS OF COMMUNICATION

ד"ר עמוס כהן

Dr. Amos Cohn

[Amos\\_c@oranim.ac.il](mailto:Amos_c@oranim.ac.il)

“תעבורת הדואר, תעבורת הקול האנושי, תעבורת תמונות מרצדות - במאה הזאת כמו באחרות - כל מטרתה היא להביא את האנשים להיפגש זה עם זה.”  
אנטואן דה סנט אקזופרי, מחברו של “הנסיך הקטן”, 1939

“התשמע קולי?” - פרק ראשון מתוך הספר: **תקשורת - היבטים מדעיים-טכנולוגיים**  
מאת: ד"ר יהודית ברנסקי, ד"ר עמוס כהן, ד"ר מיכל נוימן, ד"ר יהודה רוט. מכון מופ"ת, 2004.

#### מבוא

התרבות האנושית כולה מבוססת על תקשורת בין בני אדם: היכולת של אדם למסור מסר לחברו או לקבל הודעה מזולתו - מבוססת בראש ובראשונה על קיומו של ערוץ תקשורת ביניהם. לשם כך פיתחו בני האדם כבר בתקופות קדומות, מערכת עשירה ומגוונת של **אמצעי תקשורת** המאפשרים להעביר מסרים מורכבים ביותר. אמצעי תקשורת כאלה הם למשל: השפה המדוברת, שפת סימנים בתנועות גוף ובהבעות פנים, שפת ציורים וסמלים, ומעל לכל **הכתב**. הפרק מפגיש את הקורא עם כמה ערוצי תקשורת, בודק את איכות התקשורת שהם מאפשרים - ואף מציע כלי בחינה לאפיון והערכה של סוגי התקשורת השונים. כלי הבחינה המוצע בחיבור זה הינו: **מדד-התקשורת**. מעניין לגלות כי **כללי הנימוס הנהוגים בתקשורת הבין אישית - דומים במידה רבה מאוד לכללי ההתקשורת המחמירים ביותר בין מחשבים, בין מערכות פקס ומערכות תקשורת אחרות!** החידוש בפרק זה, טמון באנלוגיה שאנו עורכים בין נוהלי התקשורת המודרניים - לבין ההתנהגות התקשורתית שלנו כבני אדם. מתוך אנלוגיה זו עולות אבני דרך מרכזיות ביסודות התקשורת ואף לקחים חשובים לתקשורת הבין-אישית של כולנו, בחיי-היומיום.

#### הרציונל:

1. כל תהליך של תקשורת בין בני אדם, או בין מכוונות שנבנו על ידי בני אדם ולמענם - מבוסס על כמה עקרונות יסוד. הצורך **בבחינת יסודות התקשורת** הוא מרכיב אחד של עבודה זו.
2. עקרונות היסוד הללו, החלים על תקשורת מודרנית בין מחשבים ובין מערכות ממוחשבות, מרתיעים לעיתים את המתבונן. לפיכך, חשוב לנו להראות כי למעשה אותם עקרונות בדיוק מתקיימים אצלנו בחיי היומיום: אנו נוהגים על פי עקרונות אלה מבלי משים - בכל פעם שאנו מתקשרים עם זולתנו. בכך התוכנית מקרבת את הנושא הפורמלי, המרתיע - אל הקהל הרחב. תוך כדי כך אנו גורמים לקהל היעד שלנו **להתיידד עם מושגים מופשטים ובסיסיים מעולם התקשורת המודרנית**.

המונחים העיקריים המהווים את הבסיס לדיון :  
**מסר - מידע** הוא אוסף של אותות הניתנים לפיענוח, באופן שיהיה בעל משמעות.  
להלן נקצר את המונח החדש למילה : **מידע**. מכאן ואילך תשמש המילה מידע באופן שבו הוגדרה כאן.  
הערה : חיפשנו הגדרות פשוטות ומובנות ועם זאת מדויקות דיין. כיוון שמושג המידע הוא מושג מוגדר באופן נוקשה ומחייב, אך הגדרתו המתמטית אינה מתאימה לענייננו, בחרנו להגדיר מושג חדש, שיקרא **מסר - מידע** וכיל בדיוק את המשמעות הדרושה לנו בקורס זה.

**תקשורת** היא תהליך בו עובר מידע בין מספר גורמים (שניים ומעלה).  
המידע צריך להישלח כך, שיהא ניתן לפיענוח על ידי הקולט. המידע צריך להישלח באופן שיתאים ל**מוֹעֵן** (המְשַׁדֵּר, השולח) ויתאים ל**הַנְּמָעָן** (הקולט, המקבל), הן בזמן השיגור והן בכל שאר מאפייני המשלוח (סוג הַמְשַׁדֵּר - מקלט, קצב השידור, אופי ההצפנה והפיענוח ועוד) לשם כך יכולים שותפי הקשר, לעתים, לתאם ביניהם דרכים מוסכמות להעברת המידע.

הצפנה, העברה, פיענוח  
**המוֹעֵן** (המְשַׁדֵּר, השולח) <----- **הַנְּמָעָן** (הקולט, המקבל)

בחלק מהמחשבים המשוכללים, מציגים את תהליך ההתקשורת בין מחשבים או מכשירי פקס על ידי סמלילים (בלועזית : לוגו, logo) כמו :




סמלילים אלה ממחישים היטב את האנלוגיה בין ההתנהגות התקשורתית שלנו - לתקשורת בין מחשבים.

**תרחישים תקשורתיים** משמשים כמעין ניסוי מעבדה המיועדים לחקור את ההתנהגות התקשורתית שלנו, בני האדם. אנו מנתחים כל תרחיש כזה - כפי שמנתחים ניסוי מעבדה, ומנסים לזהות בו את מרכיבי **מדד-התקשורת**.

**פרוטוקול תקשורת** הוא **הסכם** בדבר נוהלי התקשורת - העברת המידע בין המוֹעֵן לבין הַנְּמָעָן. בהסכם זה מחליטים השותפים לתקשורת על מערכת של כללים לשיגור המידע, לאבטחתו, וכן כללים לביקורת איכות ההעברה. התהליך שבו מבררים המחשבים ביניהם את ההסכמות לגבי אופן

ההתקשורת - מכונה בלשון בעלי המקצוע : "לחיצת ידיים" - "hand - shaking"

ובחלק מהמחשבים אף מציגים :  יש לציין כי אפילו שמו של התהליך נבחר מתוך אנלוגיה טבעית להסכמה בין אישית . . . בתקיעת כף . . .

**מדד-התקשורת** שפותח בפרק זה, מהווה כלי לבחינה ולאפיון רמות שונות וסוגים שונים של תקשורת. בעזרת מדד-התקשורת נוכל לקבוע מתי התקשורת היא פרימיטיבית ומתי היא משוכללת ויעילה.

מדד-התקשורת בנוי משני חלקים: **מדד נוהלי התקשורת ומדד מאפייני התקשורת.**

## **I. מדד נוהלי התקשורת (פרוטוקול התקשורת):**

- א. זיהוי המוען והנמען.
- ב. לדוגמה בנייר מכתבים: אל: ... - מאת: ... או במכשיר הקשר: "טיול נוער 7 - כאן חילוץ 3, עבור!"
- ג. האם מוכן לקבל הודעה? כן / לא, מתי? ("אם לא עכשיו - אימתי?").
- ד. הסכמה על אופן ההתקשורת: דו-שיח בעניין תהליך התקשורת, אופן העברת הנתונים, קצב השידור, מהלך אישורי קבלה וכו'. איך לפעול בעת שיבושים. "לחיצת ידניים" לאישור ההסכמות.
- ה. שיגור המידע על פי המוסכם ומעקב אחר תגובות הצד האחר. בלשון הצבאית: "... רות עד כאן".
- ו. בקרה על תהליך קליטת המידע: תיתכן בקשה לשיגור חוזר של חלק מהמידע או כולו - בשל שיבושים בתקשורת. זהו מנגנון של "תיקון שגיאות", בלשון הצבאית: "נקטעת, הקרא שנית ...".
- ז. אישור קבלת המידע בשלמותו, האם הכול נתקבל ברור?
- ח. האם מוכן לסיים את ההתקשורת? "לחיצת ידניים" והסכמה על סיום ההתקשורת. ניתוק.

## **II. מדד מאפייני התקשורת**

- א. **טווח** - המרחק המרבי המאפשר תקשורת בין המוען לנמען.
- ב. **כְּמִטְחָנִי-קֶשֶׁת**, **כְּמִטְחָנִי-תוֹתַח**, **טווח מגע**, **טווח שמיעה**, **כאורך החוט המקשר**, **טווח ראייה וכו'.**
- ג. **מהירות** העברת המידע: המרחק שהאות עובר ביחידת זמן. מהירותו של השליח, של רץ המרתון, של הדורך, של יונת הדואר. מהירות הקליע, מהירות הטיל, מהירות הקול, מהירות האור.
- ד. **קצב** שיגור האותות: מספר האותות המשוגרים ביחידת זמן. מספר הסימנים העוברים בשנייה הוא הקובע כמה זמן נמתין מראשית קבלת ההודעה ועד סופה, על מנת שתתברר התמונה כולה.
- ה. התקשורת היא חד-פעמית או תקשורת רציפה. אפשרות של "דחיסה" של האותות לשיגור מהיר.
- ו. **אמינות** המשלוח: היכולת להבטיח שהמסר שנשלח יתקבל בשלמותו. אמינות גבוהה של המשלוח מחייבת מנגנון בקרה על תעבורת המידע ויכולת "תיקון שגיאות". בלשון צבאית: מנגנון חמיקה מהפרעות ומניעת שיבושים.
- ז. **סודיות** (דיסקרטיות) המשלוח: הצורך להבטיח כי רק הנמען המיועד יקבל את המידע שנשלח. אפשרות **הצפנה** של האותות ו**פיענוח** ההודעות ("... לעיניך בלבד ...").
- ח. **תפוצה** - קהל היעד שאליו מכוונת התקשורת: יחיד, קבוצה מסוימת, רבים, או כל העולם, דהיינו לכל המעוניין.

מכאן ואילך, בכל תהליך תקשורת שננתח ובכל תהליך פיזיקלי וטכנולוגי של תקשורת - נבדוק את נוהלי התקשורת ומאפייניה - על פי מדד-התקשורת שפותח בפרק זה. במהלך הפרק נבחנים תהליכי התקשורת על ידי ניתוח של 'תרחישים תקשורתיים' שונים, ותוך כך נבנים מושגי היסוד המדעיים טכנולוגיים של התקשורת. בכל תרחיש מופנה הקורא לדיסק המולטימדיה ובו הרחבות בתמונה ובצליל, המשלימות את הטקסט.

התרחישים התקשורתיים המנותחים בפרק :

**מרי והשף** - הגברת מרי רוצה לקבל מתכון לעוגה מידידה הטוב, השף ניקולאי. בתרחיש זה מודגשת חשיבותה של השגת ההסכמות לגבי אופן יצירת ההתקשרות:  
הסכמה על מועד מתאים לביצוע ההתקשרות, על אופן המשלוח של המתכון, ועל אופן מתן ההמלצות. כמו כן מודגם בתרחיש הצורך בתהליך של תיקון שגיאות והצורך בהסכמה על סיום ההתקשרות.

**שיחה ממתינה** - באמצע שנות התשעים של המאה ה-20, החל בארץ השימוש בשירות "שיחה ממתינה" (call waiting). שיחה ממתינה היא הודעה, תוך קיום שיחה, על שיחה נוספת הממתינה למשוחח בטלפון. בפני המשוחח עומדת האפשרות לבחור בין כמה אלטרנטיבות:

- א. להתעלם מההפרעה ולהמשיך לשוחח עם בר-שיחו הראשון.
- ב. לעבור לשיחה החדשה, תוך השארת בר-השיח הראשון בהמתנה.
- ג. לנהל שיחה עם שני המשוחחים לסירוגין, תוך שמירה על פרטיותו של כל אחד מהם.
- ד. או למהר ולסיים את השיחה הראשונה על מנת לענות למתקשר החדש.

שירות השיחה הממתינה – הוחדר לשימוש בארץ ללא כל דיון ציבורי וללא יצירת הבנות והסכמות מקובלות. כל אחד מאיתנו עמד פעמים רבות מול השאלות: מתי מותר למשוחחים להתעלם משיחה ממתינה? מתי מותר לאחד המשוחחים להשאיר את חברו "תלוי על הקו" ולעבור לשוחח עם המתקשר האחר - ה"מתפרץ" לשיחה המתנהלת? בעזרת מדדי התקשורת ניתן לברר היכן בדיוק נמצאת הבעיה במערכת ההסכמות המקובלות, וכיצד מתנגשת "השיחה הממתינה" בהסכמות הללו. תרחיש זה מצביע על כך כי כל שינוי באופני התקשורת (פיתוח הטכנולוגיה של שירות שיחה ממתינה, למשל) מחייב שינוי והתאמה מחודשת של מערכת ההסכמות לתקשורת הבין-אישית.

**טריקת הטלפון** – מה כל כך פוגע בנו כאשר מישהו "טורק את הטלפון בפנינו" ומסיים כך את השיחה? פעולה כזו נחשבת במקומותינו לעלבון צורב. אנו בודקים בעזרת מדד-התקשורת שלנו, מהו השלב הלקוי בנהלי השיחה, וכיצד ניתן לנהוג אחרת. שלב ההסכמה על סיום השיחה - שלכאורה יכול היה להיחשב כשלב מיותר ומסורבל - מוצג ומומחש כאן, כמרכיב חשוב ביותר בהסכמות על ביצוע תקשורת תקינה. סיום השיחה ללא ביצוע שלב ההסכמה - יכול להיחשב כפגיעה חמורה בשותף לקשר. בעת משלוח פקס בין מכשיר שולח למכשיר מקבל - סיום הקשר ללא הסכמה משותפת - יביא להודעת שגיאה.

**השיר: "סיגליות"** – מילים ולחן: א. סוברדו E. Sobredo, תרגום: יהונתן גפן. ביצוע: דויד ברוזה.  
השיר מנותח ניתוח תקשורתי על פי מדד-התקשורת. **לכאורה** מתוארת כאן אידיליה משפחתית: הבעל כותב לאשתו שירי אהבה וזוכר תמיד להעניק לה זר פרחים (סיגליות) ליום הולדתה ... האפשר לרצות יותר מכך? גם **מבחינה תקשורתית, לכאורה** הכול נראה כשורה: המסר (מכתבי אהבה, זר פרחים) נשלח מהמוען אל הנמען, בזמן. המסר מתקבל במצב תקין וכשיר. ממש אידיליה תקשורתית. **למעשה** מתוארת בשיר **טרגדיה משפחתית** הסובבת כולה (איך לא? ...) סביב **נושא התקשורת בין בני הזוג**. בעזרת מדד-התקשורת, אנו בוחנים את ההיבטים התקשורתיים בתרחיש המתואר בשיר, ומבררים היכן הפֶּשֶׁל התקשורתי בין בני הזוג, וכיצד ניתן היה לנהוג אחרת. בעיית **"הידע המשותף"** (Common Knowledge), היא חלק **מתורה מתמטית חדשה העוסקת בידע ובתקשורת**. בעיה זו עוסקת ברמת הידע שיש לכל אחד משותפי הקשר. לכל אחד מהשותפים לקשר

חשוב לדעת, מה יודעים שאר שותפיו בעניין המסר והעברתו. למעשה נחוצה כאן "לחיצת ידיים" לאישור הידע המשותף. התורה הזו מכונה: **תורת הידע** והיא קשורה לענפי המתמטיקה הבאים: **ידע אינטראקטיבי והלוגיקה של הידע**. תחום זה הולך ומתפתח בקצב מהיר מאוד בשנים האחרונות.

### **התשמע קולי, רחוקי שלי**

מעניין לשים לב להיבטים הקשורים בנוהלי התקשורת בשירה המרגש של רחל: "זמר נוֹגָה". ובהקשר המודרני, המשמעות התקשורתית של שיר זה - קבלה היבט נוסף, טרגי: רונה רמון שלחה את השיר הזה לבעלה אילן רמון, האסטרונוט הישראלי הראשון, שטס במעבורת החלל קולומביה. כזכור, בעת הטיסה חזרה ארע אסון: מעבורת החלל התרסקה.

### יתרשישים תקשורתיים' נוספים הנדונים בפרק

**נח והיונה – דגם של תהליכי תקשורת**: הקלו המים? עלה הזית; חרבו המים.

**הקשת בענן – אות התקשורת.**

**רובינזון קרוזו ולוחית התקשורת של פיוניר 10 ופיוניר 11**: מסר של שלום מכדור הארץ.

**הדלקת המשואות בארץ ישראל.**

**הפצת מידע**: זה נהנה וזה לא חסר (תלמוד בבלי, מסכת בבא קמא, דף כ' עמוד ב').

**א. א. אישה אחת אמרה**: הפצתה של שמועה כמודל של תהליך תקשורת.

**הסימפוזייה החמישית של בטהובן – "הגורל"**: רוח האדם והשאיפה לחופש הם יסודות התקשורת.

### **ביבליוגרפיה**

ברנסקי, י'; כהן, ע'; נוימן, מ'; רוט, י' (2004). *תקשורת – היבטים מדעיים-טכנולוגיים*. תל אביב: מכון מופ"ת.

כהן, ע' (2001). *טוב מעשה במחשבה תחילה: מדריך ללמידה באמצעות פרויקטים מדעיים יצירתיים*. תל-אביב: מכון מופ"ת - הוצאת כליל.

כהן, ע' (1987). *הקשת בענן - ים של טיפות ואור*. מדע, ל"א - 2, עמ' 74 – 79.

### על הדלקת המשואות:

המשנה, סדר: מועד, מסכת: ראש השנה, פרק ב', משנה: ב', ג', ד'.  
דיון עם פרופ' חננאל מאק - תחקיר: עמוס כהן.

על התורה המתמטית החדשה העוסקת בידע ובתקשורת ו"הידע המשותף": Common Knowledge  
Fagin, R., Halpern, J. Y., Moses, Y. & Vardi, M. Y. (1995). *Reasoning About Knowledge*. Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press.

Fagin, R., Halpern, J. Y., Moses, Y. & Vardi, M. Y. (1996). Common Knowledge revisited. In Y. Shoham (Ed.). *Theoretical Aspects of Rationality and Knowledge: Proc. Sixth Conference*, pp. 283 - 298. San Francisco, Calif.: Morgan Kaufmann.

Halpern, J. Y. & Moses, Y. (1990). Knowledge and common knowledge in a distributed environment. *Journal of the ACM*, 37(3), pp. 549-587.