



בע"ה, יום רביעי ט"ז טבת תשע"ה  
07/01/2015

ניווט במורכבות  
ד"ר שי בן יוסף  
יועץ ומנחה

## מורכבות - הגדרות מושגים – שי בן יוסף,

במונחון שלפניכם ריכזתי הגדרות של אחרים ושלי למונחים תחום מדע המורכבות. במקרים בהן ההגדרה אינה שלי מצויין המקור בסוגריים, בסוף המונחון הוספתי רשימת מקורות להרחבת הידע בתחום המורכבות.

ראשית אביא כאן הגדרות נפוצות לתופעת המורכבות ובהמשך מופיעים המושגים לפי סדר הא"ב

### מורכבות

- מערכת מורכבת היא התנהגות המתהווה מתוך השפעות גומלין בין רכיבים רבים שאינה יכולה להיות מוסברת בקשרי סיבה תוצאה, אלא בהשפעתם של עקרונות פעולה, דפוסים והתאמה מתמדת לשינויים בתוכה ובסביבתה ( Santa Fe Group).
- מערכת בה היקף אפשרויות הפעולה עולה על היקף השחקנים ( Bar Yam).
- **מצב מורכב** – מצב חברתי בו מתקיימות השפעות גומלין רבות ותכופות, בין סוכנים מסתגלים המחוללות תוצאות בלתי צפויות. (הגדרה שלי)
- מדע המורכבות – חקר תופעות המתהוות מאוסף של השפעות גומלין בין אובייקטים ( Johnson 2007).
-

**אבולוציה במשותף** co-evolution - ההתפתחות של כל שחקן בשדה משפיעה על שאר השחקנים ולכן על המערכת האקולוגית כולה. מערכות מורכבות אינן נמצאות בשיווי משקל עם הסביבה; הן משתנות כל הזמן, ובעשותן זאת הן משנות גם את סביבתן. (אלטמן וכ"ץ<sup>1</sup>)

**אגן משיכה** (Basin of Attraction) – מרחב המסמן את האיזור בו מצויים גורמים הנמשכים לאותו מושך. לדוגמא: חברות הנמשכות לעבר חדשנות טכנולוגית בתחום התקשורת.

**דפוסים** – Patterns – תופעות חברתיות המקיימות דמיון עצמי מתמשך. דפוסים יכולים לתאר התנהגות דומה לאורך זמן או התנהגות דומה על ציר מיקרו-מאקרו. לזין מצא כיצד "שיתופי פעולה, קואליציות ורשתות מתהוות מתוך התנהגות הפרטים וחוזרת להשפיע על התנהגות זו" (Levin 2003:3), כך פעולה המחוללת שרשרת תגובות חברתיות שבסופה חוזרות ומשפיעות על אותה הפעולה עצמה. כך למשל תהליכי טעינת משמעות חברתית לתופעות כמו 'מנהיגות', 'ארגונים', מיתוסים יוצרות זיקה בין תופעות אובייקטיביות הנחוות במקביל כתחושה סובייקטיבית ולהיפך (הברמס 1991), בארת (1998).

**הסתעפות** - Bifurcation – כאשר במערכת כאוטית יש למעלה ממושך אחד, המערכת יכולה להגיע לנקודה שבה קיימות אלטרנטיבות התנהגותיות שונות. נקודה כזו היא נקודת הסתעפות. (אלטמן וכ"ץ) פרוג'ין (Ilya Prigogine) טוען כי במקרים בהם רמת או כמות הגירויים הנכנסים עוברת את יכולת המערכת לשחרר עודפים, המערכת מגיעה למה שמכונה "נקודת ההתפלגות" או רגע האמת. במצב בו המערכת אינה מסוגלת לשחרר את כמות האנרגיה הנדרש על מנת לשמר את האיזון הפנימי, רמת אי הסדר הפנימי עולה ובפני המערכת ניצבות שתי אפשרויות עיקריות: להתפרק או להתעצב ולהתייצב מחדש במתכונת יעילה יותר.

**התארגנות עצמית** (Self-Organizing) – סדר במערכת הנוצר מתוך השפעת גומלין בין סוכנים מסתגלים ולא כתוצאה ישירה של תכנון או הפעלת כח. רוב המצבים החברתיים במערכות מורכבות הם תוצאה של התארגנות עצמית

**התהוות** Emergence – הופעת דפוסים חברתיים מורכבים, כתוצאה של אינטראקציות חברתיות פשוטות ביותר (Wiley 1988).

**זנב ארוך** (Long Tail) - התפלגות אופיינית למצב מורכב. מבחינה מתמטית זו התנהגות עפ"י חוק החזקה (ברבאשי 2003). מצב בו למעטים מאד יש הרבה מאד ולרבים מאד יש מעט מאד. כך למשל אתרי Google, Facebook לעומת אתרי חברות אחרות הנסחרות בבורסה. או התפלגות העושר בחברה קסיטליסטית.

**זרז** (קטליזטור) – סוכן מסתגל הפועל בדפוס מסויים ומניע סוכנים מסתגלים אחרים להרחיב את הדפוס. לדוגמא: בסרט 'תעבירו את זה הלאה' מתוארת התנהגות מיטיבה של ילד הסוחפת אחריה רבים אחרים, נוצרת תופעה חברתית 'פרקטלית' רחבה. דוגמא נוספת פעולת שינוי מכוון בגישת ה'ספירלה' מתחילה בשינוי קטן בכיוון המבוקש ומתרחבת בהמשך.

**מושכים** attractors – מוקדי התגבשות המהווים מוקד משיכה לפעילות המערכת, מעין 'ברירת מחדל' כוון הפעולה שיקרה אם המערכת תשמור על האינרציה שלה. ניתן לראות בגורם הכלכלי עפ"י מרקס תכונה של מושכן, נוכל לייחס לבורדייה את הפיכת מושג ה'הון' (כלכלי, תרבותי, חברתי) למושכן. הגישה הובריאנית רואה ב'משמעות' מושכן.

<sup>1</sup> במקום בו מצויין הגדרות שנכתבו ע"י: [אבי אלטמן וד"ר ישראל כ"ץ](#) הורדו מאתר 'כינון חברתי' מערכתי בין אישי'

**מושך נקודתי** – מושך המצוי במיקום מוגדר. כך למשל יעד המוגדר בכמות, זמן ואיכות. דוגמה נוספת ארוע רחב השפעה המחולל תנועה רבה במרחב החברתי כגון: נפילת שוק המשכנתאות בארה"ב 2008.

**מושך קוי** – מושך הנע במגמה יציבה. כך למשל מטרה באירגונים, כגון: שיפור מצב הנוער. דוגמה נוספת היא שרשרת של ארועים הנעים במגמה זהה כגון: שרשרת המהפכות בחברה הערבית.

**מושך מוזר** (strange Attractor) – מושך הנע במגמה משתנה. כך למשל 'שוק האופנה' או 'מדד מניות'.

**מחברים** – מושג מעולם הרשתות, **צמתים** המקשרים בין **צבירים**. כך למשל 'סלב' חרדי המקושר לעולם התקשורת או יחידה של לוחמי חי"ר המשתייכת לחיל האויר.

**מערכת בהתארגנות עצמית** Self Organized System - מערכת המושתת על 'סוכנים מסתגלים' נמצאת במצב מתמיד של התארגנות אל מול שינויים בסביבה הפנימית והחיצונית (הסגל(2004): 33-36, Lansing(2003), Gilchrist (2000)). גידנס (Giddens 1994) מתאר מערכות חברתיות בתקופת המודרניות המאוחרת כבעלות מבנה דואלי, כל פעולה היא בעת ובעונה אחת גם שיעתוק של מבנים קיימים וגם הבנייה של מבנה חדש. הדינמיות המאפיינת את החברה מורכבת הופכת כל מערכת למערכת בהתארגנות עצמית מתמדת.

**מערכת מורכבת** - ההגדרה המתמטית למערכת מורכבת היא - מערכת שכמות אפשרויות הפעולה שלה גדולה מכמות השחקנים בתוכה. במובן זה ככל שהיחס בין כמות השחקנים (פרטים או יחידות ארגוניות) לכמות התפקידים (פורמליים / לא פורמליים; פוטנציאליים / ממשיים) קצב האינטראקציות ביניהם ואפשרויות הפעולה, גדול יותר כך עולה רמת המורכבות של מערכות אנושיות. כמעט כל המערכות האנושיות המוכרות לנו הן בעלות רמת מורכבות גבוהה.

**מערכת מורכבת מאפיינים - מבנה** – דפוסים מתהוים (שדות/פרקטלים / אטרקטורים/רשתות/צבירים), גבולות חדירים ורחבים כאיזור ליחסי גומלין. **פעילות** – שינוי מתמיד, מוכוונות, הסתגלות, פיתוח משאבים / יכולות, ניהול ממשקים, יצירת סביבת פעולה מאפשרת, **תרבות** – מתח על הגבול בין סדר לכאוס, ארגון לומד, תקשורת פתוחה, נגישות למידע, יצירת 'תודעת מערכת'

**נקודת ההתפלגות** או רגע האמת. על פי פרוג'ין (Ilya Prigogine) במקרים בהם רמת או כמות הגירויים הנכנסים עוברת את יכולת המערכת לשחרר עודפים, המערכת אינה מסוגלת לשחרר את כמות האנרגיה הנדרש על מנת לשמר את האיזון הפנימי, רמת אי הסדר הפנימי עולה ובפני המערכת ניצבות שתי אפשרויות עיקריות: להתפרק או להתעצב ולהתייצב מחדש במתכונת יעילה יותר.

**סוכן מסתגל** Adaptive agent - כל שחקן במערכת מתנהל בעת ובעונה אחת לצורך מילוי מטרותיו ומבצע הסתגלות מתמדת לשינויים בסביבתו (הסגל(2004): 33-36, Lansing(2003):197-198). ההתנהלות הכפולה היא כמעט תנאי להשרדות היכולת להסתגל היא כרטיס כניסה למערכת

**ספירלה** – גישה להנעת שינוי במערכת מורכבת במקום לבצע שינוי מדורג מבצעים שינוי קטן המייצג את מאפייני השינוי הרחב (פרקטל) ומרחיבים אותו בהתמדה

**פרקטלים** Fractals – מערכת בעלת דמיון עצמי בקני מידה שונים. כך תת-מערכות המכילות בתוכן ייצוג למערכת כולה, המסוגלות להגיב באופן עצמאי לסביבתן. כך למשל, תהליכי שיעתוק יוצרים תמונה מוקטנת של המאקרו חברתי ביחידות המיקרו ולהיפך. כך המונח 'חברה פטריארכלית' משעתק מבנה משפחתי מסויים, לרמת הקבוצה, הקהילה, החברה הרחבה וכו'.

**צמתים (Nodes)** – מפגש בין קישורים ברשתות. כך למשל כל אדם הוא צומת במערך קשרים בין אישיים וכל ארגון הוא צומת במערך קשרים בין ארגוניים.

**צבירים, (cluster)** - מערכת **צמתים** המקיימת בתוכה מקדם התקבצות (כמות קשרים קיימת חלקי כמות אפשרית) גבוה מאשר עם סביבותיה. כך למשל מחלקה בארגון או בני מחזור בבית ספר.

**רגישות גבוהה לתנאי ההתחלה** - תופעה הידועה גם כ"אפקט הפרפר". הבדלים זעירים במצבה ההתחלתי של המערכת (בנקודת זמן מסוימת) יכולים להוביל הבדלים משמעותיים בהמשך התהליך, לאחר זמן והצטברות השפעות.

**רשת Hub** – צומת בעלת כמות קשרים העולה במידה ניכרת על כמות הצמתים האחרים ברשת.

**רמת מורכבות** - על הרצף שבין אקראיות מוחלטת לבין סדר מושלם ישנן רמות מורכבות שונות. לוחמן תאר כיצד מערכת מעלה את רמת המורכבות הפנימית שלה על מנת להתאים למורכבות גוברת של סביבותיה, עד כדי חשש לאבדן יכולת לקיים קוהרנטיות פנימית. בר-ים מצא כי **כשלים בפעולה של מערכת אל מול סביבה נובעים מחוסר התאמה של רמת מורכבות**. כך למשל פירמה המשווקת לשוק מקומי ואמריקאי, עלולה להפסיד בתחרות במרחב גלובלי אם אינה מפתחת יכולות לשווק באירופה ואסיה. מוכר המשפט: מי שהכלי היחיד שיש לו זה פטיש, כל בעיה נראית לו כמסמר' או המושג 'פיל בחנות חרסינה'.  
**סנאודון ובון** (2007) הגדירו ארבע רמות מורכבות הדורשים התייחסות ניהולית שונה.

1. **סביבה פשוטה** – יחסי סיבה ותוצאה ברורים, פתרונות יעילים לבעיות מוכרות, ניהול מבוסס עובדות, תהליך סדור, תוצאות. תפקיד המנהל להגדיר היטב את הבעיה לאפיין פתרון ולוודא ביצוע.
2. **סביבה מסובכת** – היכולת לאבחן 'סיבה-תוצאה' נמצאת מחוץ למערכת (מומחים/ארגונים אחרים), יש יותר מתשובה נכונה אחת. ניהול מבוסס על הגדלת הידע, ותפירת פתרון מתאים לאתגרים יחודיים.
3. **סביבה מורכבת** – אין יכולת לאבחן יחסי 'סיבה-תוצאה', שינוי מתמיד, ריבוי קשרי גומלין מקשה על האפשרות לחזות את השפעת הפעילות. תפקיד המנהל – לאפשר לפתרונות להיווצר, ליצור סביבת עבודה אשר תאפשר פעולה משולבת תוך התאמה מתמדת לסביבות משתנות על מנת להשיג יעדים ברורים.
4. **סביבה כאוטית** – מצב בלתי ברור, צורך בקבלת החלטות רבות בזמן קצר, מחיר גבוה לכישלון. תפקיד המנהל להגדיר 'איי סדר', לאתר דפוסים, ליצור הפרדה בין סביבות פעולה פשוטות/מסובכות / מורכבות. לפעול במקביל בסגנונות שונים אל מול מטרות שונות.

**קישורים** – ברשתות, חיבור בין צמתים.

**קישוריות** – רמת הנגישות לתקשורת במערכות חברתיות / רשתות, בין צמתים. משמעותה של המלה קישוריות (Connectivity) היא תקשורת המידע. קישוריות גבוהה מתאפיינת בזמינותו של מידע, אמין, בזמן ובאופן המאפשר שימוש בו. שקיפות המידע מאפשרת ליצור קשרים מועילים ולגבש תמונת מצב משותפת מה שמכנה ווייק : "Collective sense making" (Weick 1996:21).

**רשת** – מערך של קישורים בין צמתים.

**רשת ערך** - גישה, עקרונות פעולה ושיטות פעולה המקדמות יצירת יחסי גומלין המאפשרים לסוכנים ברשת להביא ערך מירבי אלו לאלו ולסביבתם.

**שילוביות** – שילוב מירב בעלי העניין להשגת משימות ביעילות, אפקטיביות ורלוונטיות תוך התאמה מתמדת לסביבה הפנימית והחיצונית. שילוביות במיטבה היא היכולת של כל סוכן להשתמש ביכולתם של סוכנים אחרים כאילו הייתה שלו.

כלים לקידום שילוביות - ניהול מושכל של **ממשקים** פנימיים וחיצוניים (מידע, התייעצות, תיאום, שותפות, העצמה). שיפור **התקשורת הפנימית**: בעיקר טיפוח רשתות לא פורמליות מאפשר להתגבר על הקושי למפות סביבה חיצונית ופנימית. יצירת תהליכי **הכלה** (הנגשה, דיאלוג, העצמה) תאפשר לארגון לנהל טוב יותר את השונות. פעולה מתמדת של הרחבת וגיוון **ההון החברתי** על ידי: **חיבור** (Bonding), **גישור** (Bridging) ו**קישור** (Linking) תאפשר התאמת משאבים – משימות מיטבית.

**שיווי משקל מקוטע** punctuated equilibrium - תופעה מתמשכת של מחזורים לא קבועים של יציבות יחסית במערכת הנקטעת, מתיצבת שוב וקטעת שוב. מערכת מורכבות המצויות תחת השפעת מושך נתון, מפתחות דפוסים יציבים ותאימות מסויימת עם סביבותיהם, נראות כקרובות לשיווי משקל, מגיעות מפעם לפעם 'נקודת קיטוע' מקום בו חל שינוי חד של דפוסים, חויה של חוסר תאימות ולעיתים אף מעבר לאגן משיכה חדש. כך למשל מפעל הנכנס לשוק עם מוצר חדש מגדיל במהירות את נתח השוק, לאחר זמן מתייצבות המכירות לתקופה ארוכה. כאשר משתנה השוק יורדות המכירות (נקטע שיווי המשקל המדומה)

**תאימות** – אופן שבו מערכת מייצרת התאמה לסביבותיה. רמת התאמה בין רכיבים במערכות מורכבות משפיעה על הקישוריות והשילוביות ומחוללת השפעות גומלין. כך למשל ככל שמערכת השיווק תעלה את רמת התאימות בין מוצרי החברה לשוק, כך יגדל היקף הלקוחות ונאמנותם.

ארבעת יסודות התאימות: משאבים חומריים, דפוסי התארגנות, יחסים קשרים ותקשורת, תרבות. לוחמן (Luhmann 1995:26) מתאר מצב מתמשך בו הצורך של מערכת חברתית להתאים לעליה ברמת המורכבות של הסביבה החיצונית מחייב אותה להגדיל רמת מורכבות פנימית, ומאתגר את יכולת האינטגרציה הפנימית.

מושג קרוב - **הלימות פני השטח** (fitness of landscape) -

**תוצא מתהווה** (Emergent Property) – תופעה הנוצרת מצירוף רכיבים ואיה בהמשך רציף עם תכונתם הקודמת. במקרה זה ניתן לאתר הסברים 'לאחור' על הסיבות שגרמו לתופעה אך קשה לחזות את היווצרותה מראש. כך למשל טעמו של הסלט לאחר הוספת רוטב, או היווצרות אשד המים בנהר או מפולת בנקי המשכנתאות.

**תלות נתיב ותשואה עולה** (path dependence, increase return) - (במערכות כלכליות) כאשר שחקן מסוים משיג יתרון קטן במצב התחלתי יכול השוק להינעל על הפתרון שאותו הוא מציע, ואז הוא ישיג תשואה הולכת וגוברת עד להשגת דומיננטיות (ואפילו הגמוניה) על השוק כולו. זהו תמיד מצב זמני עד להופעתו של שינוי מסדר שני (מעבר שלב). (אלטמן וכ"ץ)

## מקורות

- באומן, זיגמונט. 2007. *מודרניות נזילה*. ירושלים: מאגנס.
- בן יוסף, שי, (2010) מודל ממש"ק – הערכות ופעולה בסביבה מורכבת, *אנליזה ארגונית* 15,
- בן יוסף, שי (2005) הנהגת שינוי במערכות מורכבות, משאבי אנוש 211
- בן יוסף, שי (2010) "תאורית המערכות ממבניות למורכבות" בתוך בן יוסף, שי (2010) היבטים קהילתיים של שיקום מפוני גוש קטיף, עבודה לתואר שלישי, אוניברסיטת בר אילן רמת גן עמ' 36-45
- בראבשי, אלברט לאסלו. 2004. *קישורים-המדע החדש של הרשתות*. ת"א: ידיעות אחרונות.
- גליק, גיימס. 1991 [1987]. *כאוס מדע חדש נוצר*. ספריית מעריב, תל-אביב.
- גרץ-שמואלי, ח. (2010). התקרבות אל מורכבות. *אנליזה ארגונית - כתב עת לייעוץ ארגוני*, (15), 7-17.
- האמר, מייקל 2002. *על סדר היום*, תל אביב: מטר והמיי"ל.
- יחזקאלי, פנחס. (2014) עוצמה בארגונים, [נדלה מאתר ייצור ידע](#) בתאריך 9/1/15
- לוי, עמיר. 2008. *ניהול ומנהיגות*. רמת גן: רימונים.
- לניר, צבי. 2007. "למה צריך את המושג שילוביות?" *מערכות* יוני 2005: 20-27.
- סנג'י, פיטר. (1990) הארגון הלומד, תל אביב, מטר
- סנואודן, דיויד ג'. ומרי א. בון. 2008. "המדריך לקבלת החלטות מסודרת בכל מצב" בתוך: *אקזקיוטיב*, פברואר-מרס 2008. (המקור: Snowden, David & Mary, E, Boone. 2007. "A leader Framework (for Decision Making)". In: *Harvard Business Review*, November 2007: 1-8.
- עפרון, רזי ופנחס יחזקאלי. 2007. *העולם איננו לינארי*, המכללה לבטחון לאומי צה"ל.
- פרידמן, תום, 2006. *העולם הוא שטוח - העולם הגלובלי: חיים במציאות חדשה*. תל אביב: אריה ניר
- קופר, ראמו ג'ושוע 2010 *עידן הלא יעלה על הדעת*, בן שמן: מודן.
- קציר, אהרון. 1972. *בכור המהפכה המדעית*, תל אביב: עם עובד
- Batram, Arthur. 1998. *Navigating Complexity*. London: The industrial society.
- Bertalanffy, Ludwig 1968, *General System theory: Foundations, Development, Applications*, New York: George Braziller.
- Bar-Yam, Yaneer. 1997. *Dynamics of complex systems*. MA: Addison-Wesley inc
- Bar- yam, Yaneer. 2004. *Making things work*. MA: NECSI Knowledge press.
- Bushe, Gervase R. and Robert J. Marshak 2009 "Revisioning Organization Development" in: *The Journal of Applied Behavioral Science*. Volume 45 Number 3: 348-368
- Castellls, Manuel. 1996, *The Rise of the Network Society*. Oxford: Blackwell

- Davidson S. (1998) Spinning the wheel of empowerment. *Planning* 1262(3 April) 14-15
- Gharajedaghi, Jamshid. 2006. *Systems Thinking, Managing Chaos and Complexity*, MA: Elsevier.
- Gilchrist, Alison. 2000. "The Well-connected Community: Networking to The Edge Chaos". *Community Development Journal*, vol. 33, Issue 3, :264-275, Oxford Press.
- Johnson, Neil 2007. *Two's Company, Three is Complexity*. Oxford UK: Oneworld.
- Luhmann, Niklas. 1984. "Complexity and meaning" : 99-104 in: Aida S. et al. *The science and the praxis of complexity*. Tokyo: UN University.
- Luhmann, Niklas. 1995. *Social systems* California : Stanford university press.
- Masson, C. (2010). "Building dynamic value networks". *Manufacturers' Monthly*,  
Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/954612153?accountid=40023>
- Peppard J. 2010 "From Value Chain to Value Network:: Insights for Mobile Operators"  
*European Management Journal* 24(2-3): 128-141
- Moeller, Hans-Georg. 2006. *Luhmann Explained*. Chicago: Open court
- Owen, H 1997. *Open Space Technology*. San Francisco: Berret & Koehler
- Sertl, J. & Huberman K. 2010 *Strategy, Leadership and the Soul* Devon UK: Triarchy Press
- Stacey, Ralph. D. 2000. *Strategic Management & Organizational Dynamics*. , London :  
Financial Times. Prentice Hall, Pearson Education LT
- Stones, Rob. 2006. "Complexity Theory" in: Turner, Bryan, S. (Ed.) *The Cambridge Dictionary of Sociology*. Cambridge: university press.
- Tierney, katherine. 2003. *Conceptualizing and measuring organizational and community resilience: Lessons from the emergency response following the September 11, 2001 attack on the world trade center*, preliminary paper 329, Colorado: DRC University of Delaware.
- Urry, John. 2003. *The Global Complexity* Cambridge UK: Polity press
- Urry, John 2005. "The Complexity Turn." Special Issue of *Theory, Culture and Society* 22(5):1-14



Watts, Danken, J.& Strogatz, Steven. H. 1998. " Collective dynamics of 'small-world' networks" In: Nature 393 (6684):409-410.

Weick, Karl, E. 2001. *Making Sense of Organization*. Oxford,UK: Blackwell Business.

Wolfram, Stephan. 2002. *A new kind of science* Canada: Media, Inc

Urry, John 2005. "The Complexity Turn." Special Issue of *Theory, Culture and Society* 22:1- 270