



# השהיית המידע בניהול משבר הקורונה: משמעותה והדרכים להתמודד איתה



גדי אריאב

פרופ' גדי אריאב הוא חבר סגל (בדימוס) בפקולטה לניהול ע"ש קולר באוניברסיטת תל אביב. פרופ' אריאב פועל מקצועית, חוקר, יועץ ומרצה בתחום ניהול טכנולוגיה ומידע מאז 1967, וחבר סגל בהתמחות ניהול טכנולוגיה ומידע באוניברסיטת תל אביב מאז 1986. מתמחה בעיצוב מערכות מידע בכלל ומערכות תומכות החלטה בפרט, וכן בניהול חדשנות דיגיטלית. בעל דוקטורט בתחום מדעי ההחלטה מבית הספר Wharton באוניברסיטת פנסילבניה, היה חבר סגל באוניברסיטאות ניו יורק וקליפורניה וחוקר אורח באוניברסיטת Northwestern ובמכון הוודי לניהול (IIM) בבנגלור. היה מעורב בייזום וניהול תוכניות אקדמיות חדשניות בפקולטה – בין השאר, MBA למנהלים, תוכנית קלוג-רקנאטי, המנהל האקדמי המייסד של בית הספר לניהול היי-טק ע"ש זור' לאוואן, וההתמחות ביעוץ עסקי. מכהן מזה עשור כיו"ר ועדת השיפוט של תחרות מנמ"ר השנה שמקיימת מערכת "אנשים ומחשבים".

## תקציר

פער הזמן בין התרחשותם של אירועים ורישומם הפורמלי במערכת המידע (השהיית המידע) הוא מאפיין מוכר ובלתי נמנע של מערכות מידע, שלא זכה עד היום לדיון אקדמי מעמיק. הדיון העיצובי הפרקטי בהשהיית המידע אינו מפורש בדרך כלל אלא "תוצר לוואי" של השיח העיצובי הכללי שבוחן את העדכניות הנדרשת של נתונים לתמיכה בקבלת החלטות. אולם ניהול "משבר הקורונה" הציב קושי בלתי פתיר בהתמודדות עם השהיית המידע. השהיית המידע, שנובעת ממאפיינים מהותיים של המגפה, מחבלת באופן מובהק בניהול המשבר הרפואי והשלכותיו. האספקטים העיקריים של השהיית המידע בניהול Covid-19 מומחשים באמצעות נתונים שנאספו בפרובינציית חוביי בסין בתחילת המגפה. המאמר מציע עקרונות מארגנים לדיון בהשהייה המעוגנים בדיאגרמת מינקובסקי (מתחום תורת היחסות). מסגרת החשיבה שמתארת את "מצב הידיעה" במערכת המידע בכל נקודת זמן מציבה שלושה מענים לאתגר על רצף לוגי: בפרט (1) האצת לכידת הנתונים, (2) "עיבוי ההווה", (3) "הרחבת ההווה", על ידי השלמה ספקולטיבית של נתונים חסרים באמצעות הפעלת מודלים לוגיים/מתמטיים על נתוני עבר.



אחד ממקורות התסכול של מנהלי משבר הקורונה הוא המידע הרעוע שעל בסיסו הם צריכים לקבל החלטות. "בצורת המידע" בניהול המשבר מתסכלת במיוחד לאור מה שנראה כ"שיטפון נתונים" בדיווחים עיתונאיים ודוחות מחקר מטעם גופי מחקר וייעוץ. בצורת המידע נובעת מהיעדר מנגנונים מתפקדים ואמינים ללכידת הנתונים הרלוונטיים. מאחר שמגפת הקורונה - Covid-19 - היא בלתי מוכרת במהותה ובהיקפה, לא מובן מאליו מהם הנתונים המהותיים לתיאור מצב העניינים לאשורו ומהו הבסיס העובדתי הראוי לקבלת החלטות מושכלות בניהול המשבר הרפואי, הבריאותי, הכלכלי, הפיננסי והחברתי שההדבקה הנרחבת בניגף ה-SARS-Cov2 גרמה.

למען האמת, הסיטואציה האתגרית הזו מאפיינת את השלבים הראשוניים של העיצוב של כל מערכת מידע מורכבת. בעולם הפיתוח של מערכות המידע התגבשה ברבות השנים מתודולוגיה להתמודדות עם הסוגיה, מה שמכונה בעגה המקצועית *ניתוח מערכות*. ואכן, הגדרות חדות יותר ומועילות יותר של "מצב העניינים" התגבשו - ועדיין מתגבשות ומתייצבות - במהלך התפשטות המגפה. עם זאת, גם משהופעלו מערכות משופרות ללכידת הנתונים הנחוצים התחוויר קושי נוסף בדמות הפער בין מה שאפשר לכנות "זמן אמיתי", לבין "זמן הנתונים" ו"זמן המידע". הנסיבות המהותיות של מגפת ה-Covid-19, ההשגיה בלכידת המציאות מונעת בעצם את האפשרות לדעת "מה קורה ממש עכשיו" ומשבשת את תהליך קבלת ההחלטות בניהול המשבר. לכן במידה רבה מקבלי ההחלטות מגששים את דרכם באפלה. תיאור מחויך (ואין בסיטואציית המגפה יותר מדי סיבות לחיכום) של אתגר ההשגיה הנוכחי הוא "רוצה לדעת מה מצב הקורונה היום? תבוא בעוד שבוע, עשרה ימים או שבועיים".

ההתייחסות הפרקטית המקובלת להשגייית המידע בעיצוב מערכות מידע "נבלעת" בבחינת העדכניות הנדרשת של נתונים לצורך קבלת החלטות. הדיון העיצובי בהשגייית המידע אינו מפורש בדרך כלל ונותר ב"רקע" של השיח העיצובי הכללי. אולם משבר הקורונה מציג לחוקרי מערכות המידע דוגמה חדה ומובהקת של אתגר ההשגיה שהוא בלתי פתיר, אך בד בבד פוגע בצורה משמעותית וקריטית בערך של מערכות המידע התפעוליות ותומכות החלטה בשירות ניהול משבר הקורונה.

צירוף הנסיבות מציב קושי מושגי ופרקטי שדורש התייחסות מפורשת ומושכלת.

משבר הקורונה חשף וחושף חולשות מהותיות במערכות שונות, החל במערכות פוליטיות, דרך מערכות ניהוליות, תפעוליות ומודלים עסקיים, וכלה במערכות וידע מדעיים, כולל בתחום העיצוב של מערכות המידע. ניהול משבר הקורונה הציף את מורכבות הממד הנסתר של מערכות המידע - ההשגיה. ההשגיה, כלומר הפער בין זמן **התרחשותם** של אירועים וזמן **רישומם** המפורש במערכת המידע - אינה פרמטר עיצובי מפתיע או בלתי ידוע.

הטכנולוגיה באותן שנים WORM (כלומר, Write Once, Read Many). המחקר בחן את המבנים התיאורטיים של ממד הזמן במערכות מידע, עיצב הרחבה של שפת SQL לטיפול מכון זמן של נתונים, והציג אב טיפוס ראשוני להצגה (גרפית דינמית) של תוצאות של שאילתות מול בסיס נתונים מכון זמן.

בהמשך לפאנל המחקר התגבשה קבוצת מחקר שעסקה במגוון רחב של אספקטים טכניים בניהול נתונים מוכונוני-זמן, ובפרט בעיצוב שפת ניהול נתונים תואמת, TSQL2 (Snodgrass et al., 1992). בשלב מאוחר יותר התקיימו מספר כנסים וסדנאות והתפרסמו מאמרים בכתבי העת של קהילת המחקר של מערכות המידע (Ariav, 1992). ראוייה לציון ההתייחסות לנושא בתחום הרפואי (Combi et al., 2010), שהתמודדה עם הנסיבות העיתיות (Temporal) של נתונים רפואיים, בעיקר ברשומה הרפואית האינדיווידואלית. מסיבות שונות (מורכבות? חוסר קונקרטיות? אי רלוונטיות פרקטית?) הדיון הכללי בנושא דער גם בקהילה האקדמית וגם בקהילת היישום. ממד הזמן אומנם נוכח תמיד בהקשר של מערכות מידע וגם ההשגיה היא פרמטר בלתי נמנע שלהן, אך נראה שהבעייתיות שהדיון הזה הציף לא "הדהדה" מספיק בקהילה האקדמית והפרקטית של מערכות מידע.

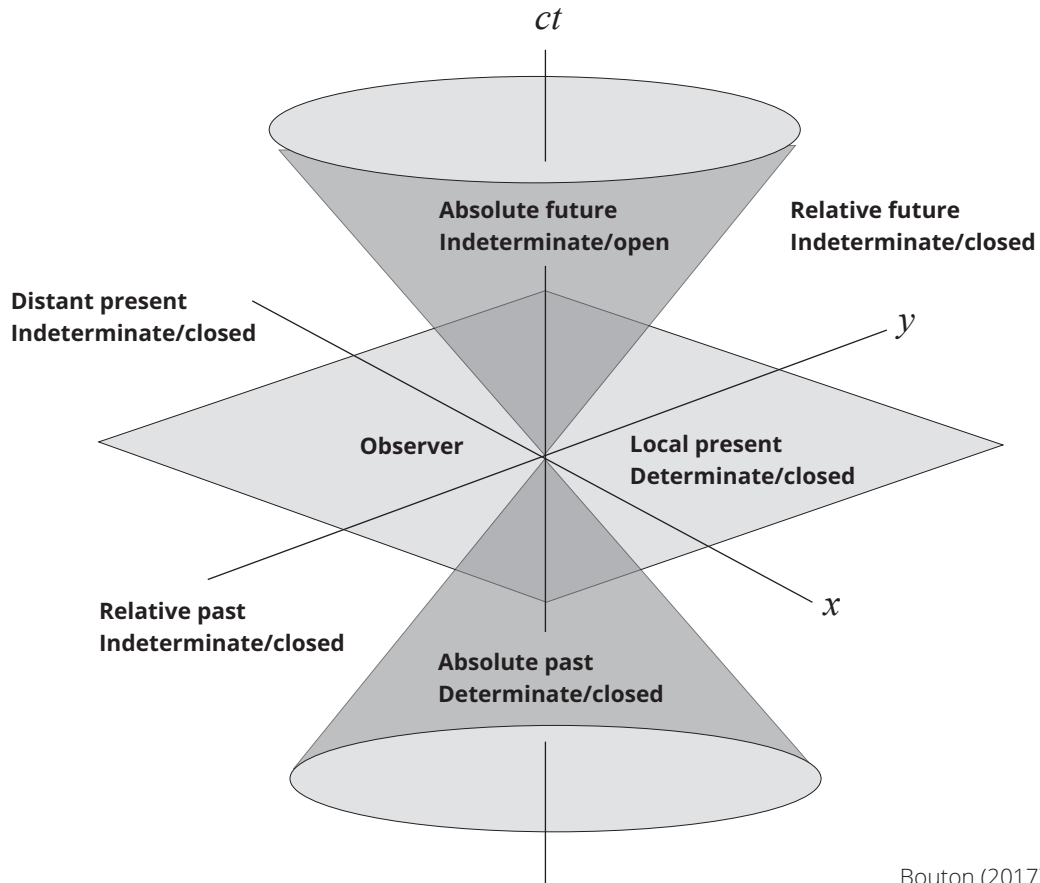
ממד הזמן הוא נושא מורכב שנדון בהרחבה במגוון תחומי דעת. במסגרת דיון שהתפתח בין פיזיקאים בעקבות הצגת תורת היחסות התגבש מודל שמקשר בין "מצב הידיעה" וממד הזמן (Bouton, 2017). הדיון כאן במושג ההשגיה במערכת מידע עושה שימוש מטפורי במה שמכונה *דיאגרמת מינקובסקי* שמציגה את המודל באופן גרפי (איור מס' 1). התרשים מבחין בנקודת התצפית בהווה המקומי (מסומן כ-צופה, Observer) ומחלק את מרחב התצפית (צירי ה- $x$  וה- $y$  ה- $space$ ) בציר הזמן האנכי (ct) לחרוט העבר המוחלט ולחרוט העתיד המוחלט. במילים אחרות, מנקודת התצפית שלה – בכל נקודת זמן נתונה – מערכת המידע "רואה" תמונת עבר שנהיית מקיפה, מלאה ונרחבת יותר ככל שמרחק הזמן בין נקודת התצפית וההתרחשויות גדול יותר. דיאגרמת מינקובסקי מזהה את "משטח" ההווה הרחוק (Distant present) שהוא "בלתי מוגדר" (Indeterminate), בניגוד לנקודת ההווה המקומי הצרה שבה ממוקם הצופה – שהיא מוגדרת היטב.

בסופו של דבר (או תחילתו) אין מערכת מידע שאין בה השגיה. כאמור, בדרך כלל נמצא לאתגר פתרון פרקטי מספק שבו ברוב המקרים נבחרת רמת ההשגיה בלי מודעות למסגרת התיאורטית לבחינת הנושא. מסלול ההתפתחות של מחלת ה-Covid-19 ותסמיניה המושהים יחד עם הידבקות המונית, יוצרים סיטואציית השגיה שמולה הפרקטיקה של מערכות המידע חסרת אונים, ומספקת (במקרה הטוב) פתרונות חלקיים בלבד.

המאמר מציף את השגיית המידע כממד מהותי בעיצוב מערכות מידע, והופך אותו מפרמטר רקע תוצאתי לנושא לדיון מפורש ומושכל, שמומחש בהקשר של ניהול משבר הקורונה. משבר הקורונה חושף באופן מכאיב למדי את החולשה המהותית הזו, ותורם להחזרת הדיון בממד הזמן במערכות מידע לקדמת הבמה של המחקר בתחום.

## ההשגיה בפרט וממד הזמן בכלל, במערכות מידע

בראשית שנות השמונים של המאה שעברה התקיים פאנל פורץ דרך בכנס SIGMOD (Ariav, Clifford & Jarke, 1983) שעסק בממד הזמן במערכות מידע. הפאנל זכה לתשומת לב רבה של חוקרי מדעי המחשב ומערכות מידע בעקבות עבודת דוקטורט שהתמקדה באספקטים שונים של הנושא (Ariav, 1986; Clifford, 1983). שלוש עבודות הדוקטורט שהתפרסמו בסמיכות זמן התייחסו לשאלת ממד הזמן בבסיסי נתונים מזוויות שונות ומטעמים שונים. ג'יימס קליפורד (Clifford, 1983) דן בעבודת דוקטורט במדעי המחשב בשאלת ממד הזמן בהקשר של הלוגיקה של Montague Grammar, והתייחס בעיקר לאספקטים תיאורטיים של שאילתות שמתייחסות לנתונים בזמן. עבודת הדוקטורט של יעקב (קובי) בן-צבי (במדעי המחשב ב-UCLA) שלא התפרסמה, התייחסה לאופן שבו אפשר להגדיר "מבני זמן" במערכות מידע כגון מערכות שכר וניהול משאבי אנוש. המחקר שלו סיכם את ניסיונו בבניית מערכת השכר באגף כוח אדם של צה"ל. הדוקטורט השלישי (Ariav, 1984) ניסה להעריך את המשמעות של ההתפתחות הדרמטית בתחום אחסנת הנתונים עם הופעתו של הדיסק האופטי, ובפרט הצניחה במחיר האחסנה והמאפיינים של



מקור: Bouton (2017)

המערכת הוא מגוון האירועים הרלוונטיים. הדיאגרמה מבטאת באופן גרפי את התובנה שמערכת המידע "ודעת" מעט מאוד על ההווה המידי והמקומי, ויודעת יותר ויותר על מה שכבר קרה ככל שהזמן חולף. תובנה משלימה, אבל פחות אינטואיטיבית ודורשת דיון נפרד, היא לגבי מרחב הידיעה של העתיד, וגם כאן ככל שמדובר בעתיד רחוק יותר, כך מרחב הידיעה הפורמלית של המערכת גדול יותר (גם אם הוא Indeterminate).

מכלול הרכיבים במערכת המידע ה"צופה" בנעשה בסביבתה הרלוונטית מכונה במודל הכלכלי של מערכות המידע לכידה (Capture). מכלול לכידת המציאות של מערכת מידע כולל פרוצדורות תוכנה, התקני קלט, חיישנים, טפסים, תהליכים ארגוניים, תקנות וחוקים, וגם בקרה ותגמול. הלכידה של אירועים מניבה את הנתונים

דיאגרמת מינקובסקי, שכאמור התגבשה בהקשר של תורת היחסות, מחדדת את ההכרה הרלוונטית בהקשר של מערכות המידע. באופן מהותי הצופה מבחין באירועים שמתרחשים במרחב רק לאחר שרישומם "מגיע" אליו. גם אם רישומם של אירועים זורמים אל הצופה במהירות האור – "זה לוקח זמן", ולכן נקודת הזמן שבה הצופה מבחין באירוע היא בהכרח אחרי שהאירוע באמת התרחש.

לצרכי ההמשגה של השהיית המידע מספיקה המטפורה הגרפית, ואין צורך להתעמק ברי תורת היחסות. האירועים שבהם "צופות" מערכות המידע הארגוניות והעסקיות הנפוצות הם נדושים לגמרי, כמו מסחר בנייר ערך, הגעה של משלוח חלפים למחסן או תשלום במסגרת עסקת רכישה של נכס קטן או גדול. כלומר, בדיון שלנו "הצופה" היא מערכת המידע (הפורמלית), ומרחב ההתבוננות של

נבחרים מוקדם יותר וברמת דיוק גבוהה יותר. בדיון מושכל תימצא נקודת האיזון בין עלות לכידה "זריזה" לתועלת התפעולית/כלכלית/שיווקית שנובעת מאותה לכידה "זריזה".

העובדה שבדרך כלל נמצאו פתרונות מספקים יותר את התמודדות המפורשת והישירה עם מושג ההשגה. כתוצאה מכך הדיון בהשגה כמושג עיצובי מפורש נותר ברקע. עד שפרץ משבר הקורונה... אירועי התחלואה שנובעים מהידבקות בנגיף הקורונה הציבו אתגר לכידה דרמטי במשמעותו, שלפחות כרגע, כשנה לאחר הופעת הנגיף, אין לנו דרך פרקטית אפקטיבית להתמודד איתו במלוא חומרתו והיקפו.

## אתגר ההשגה בלכידת "אירועי קורונה": חובי כמקרה מבחן

האירוע המרכזי במשבר הקורונה קל מאוד להגדרה. תיאורטית, אבל מבחינה פרקטית – בלתי ניתן ללכידה. האירוע הוא "הדבקה". מבלי להיכנס לתהליך הלמידה שאפיין את השלבים המוקדמים ("הסיניים") של המגפה, בשלב מסוים התחוויר שהנגיף אכן עובר מאדם לאדם. אם היינו יכולים ללכוד את האירוע בזמן התרחשותו, ניהול מנפת הקורונה היה הרבה יותר פשוט ויכול להיות שהמשבר היה בכלל נמנע.

הקושי בלכידה מהירה של אירוע ההדבקה הוא "אורגני", כלומר מאפיין מהותי של התנהגות נגיף הקורונה. בפרט, תסמיני ההדבקה מופיעים באיחור (בדרך כלל תוך ארבעה ימים, לפעמים יותר או אפילו אף פעם), וכאשר הם מופיעים עוצמתם ההתחלתית מתונה (ודומה להצטננות מוכרת) ורק בהמשך הם מחריפים. אפשר לומר שהביטוי של האירוע, שידעתו כל כך חשובה לניהול המשבר, מאופיין במה שניתן לכנות **השגיה מובנית**. הלכידה של אירוע ההדבקה מותנעת (עדיין, כשנה לאחר פרוץ המגפה) בעיקר על ידי אבחון עצמי של אנשים בנוגע לתסמינים שהם חווים. במקרה של חשש נערכת בדיקה רפואית לאיתור הנגיף במערכת הנשימה. חלק מהנבדקים נמצאים "חיוביים" ומכונים "חולים

שמערכת המידע שומרת ומשנעת. בדוגמאות שמוזכרות בפסקה הקודמת, הלכידה, למשל של אירוע "תשלום במסגרת עסקת רכישה", יכולה להיות באמצעות מילוי ידני של המחאה על ידי הקונה, המחאה שמועברת על ידי המוכרת לסניף הבנק שלה, שמעבד את המחאה ומשלים את ההעברה הכספית. ההשגיה במקרה (המיושן?) המתואר כאן נמדד בשעות רבות (ובדרך כלל מספר ימים). אם ההשגיה "ארוכה מדי" – ומיד נידרש למשמעות האמירה הזו – אפשר לשכלל את הלכידה כך שהמוכר יצלם את המחאה בטלפון החכם שלו וישלח לבנק את התצלום יחד עם קידוד הערך הכספי שנקוב בהמחאה, או אולי אפילו יבצע את התשלום באמצעות הוראה ישירה במערכת הבנקאית (באמצעות יישומן).

דוגמה אחרת להמחשת מושג ההשגיה ומשמעותו העסקית היא ההשגיה הטכנית במסחר האלגוריתמי בניירות ערך. בענף מסוים של המסחר בניירות ערך, אלגוריתמים ממוחשבים מזהים פערי ארביטראז' בין המחיר של נכס בזירות מסחר שונות, ומבצעים "באותו זמן" קנייה ומכירה בזירות השונות כדי לממש את הפער הרגעי. במערכות כאלה מיקומה הפיזי של המערכת משפיע על הביצועים הפיננסיים. בקצב העברת נתונים נתון, מערכת שקרובה יותר לזירת המסחר "תבחין" במחיר שבריר שנייה לפני מערכת מתחרה מרוחקת יותר – ותוכל לממש את הערך של ההבחנה הזו לפני המתחרים שלה. ואכן, לפני שההכרה בקיום אפקט ההשגיה נהפך לסוד גלוי, התחרו מפעילי המערכות הללו על מיקומן.

למרות המורכבות המושנית, האתגרים הפרקטיים של שליטה ברמת ההשגיה בלכידת אירועים ויצור הנתונים נפתרו – ונפתרים – בדרך כלל באופן מספק על ידי הגדרות תפעוליות הולמות ובעיקר מוסכמות. למשל, "יום ערך" בתנועות בנקאיות ממקם לצורך חישוב היתרות את כל התנועות הכספיות שמתרחשות במשך אותו יום כאילו התרחשו "סימולטנית", אף שייתכן ש"נודעו" למערכת המידע של הבנק בזמנים שונים במשך היום. אם רמת הדיוק הזו לא מוסכמת כ"מספיקה", נדרש בדרך כלל שכלול מנגנוני הלכידה והרישום בעזרת חדשנות טכנולוגית ויצירתיות מערכתית. הדיון ברמת ההשגיה נערך בדרך כלל בהקשר של התייעלות ועדכניות, והשיקולים מונחים על ידי ההערכה הכלכלית של "כמה שווה" לדעת על אירועים

התסמינים בחולים מאומתים, היו באותו יום "במציאות" כבר כ-2,500 חולי קורונה. התגובה "במציאות" לסגר הייתה כמעט מיידית, אבל מקבלי ההחלטות ראו לנגד עיניהם התפרצות בלתי נשלטת והמשיכו כאמור במדיניות סגר קפדנית. בלי להיכנס לשיקולים כמותיים נוספים (בעיקר של משך התסמינים ושיעורי החלמה), אפשר לראות שהטלת הסגר עשרה ימים קודם, כשרמת התחלואה הגיעה לכ-350 חולים – בדומה לרמה של חולים מאומתים שהזעיקה את מקבלי ההחלטות ב-23 בינואר במועד הטלת הסגר – הייתה יכולה לשמור על רמת הדבקה ותחלואה נמוכה. אם התגובה במציאות לסגר שהוטל ב-23 בינואר היא אמינה, מספר החולים בגל הזה בחוביי לא היה עובר את ה-500.

מתוך הניסיון להבין את הקשר בין התמונה שמתקבלת במערכת המידע ובין המציאות שהיא אמורה ללכוד, עולה באופן חד סוגיית ההשעיה. ההשעיה היא תוצאה משולבת של הנסיבות המיוחדות של המחלה שביסוד המגפה: סימפטומים ראשוניים לא מובהקים ("הצטננות"), סימפטומים מובהקים רק אחרי כארבעה ימים, א-סימפטומטיות נרחבת (הערכות שמרניות – כ-50%), וההשעיה הנובעת מתהליכי הבדיקה – הטכניים והארגוניים. אם שכיחות אירועי ההדבקה הייתה נמוכה אולי היה אפשר ללכוד את האירועים הללו על ידי פרישת רשת בדיקות רחבה, תכופה ומקיפה במוקדי ההדבקה. המאפיין הנוסף של הנגיף – היקף הדבקה נרחב מאוד – מכשיל את ההיתכנות של אפשרות זו. התוצאה העגומה היא היעדר אפשרות פרקטית ללכידה אמינה של "מציאות המגפה" בזמן אמיתי.

אם כך, מגפת הקורונה יצרה סיטואציה שבה חוסר הוודאות ביחס למצב האמיתי בכל רגע נתון היא רבה ובלתי ניתנת לצמצום משמעותי בגישות הפרקטיות המקובלות. מאחר שאין אפשרות שלא לנהל את המגפה וניהול מושכל שלה מחייב מדיניות ציבורית מבוססת נתונים (Evidence based), השאלה שניצבת בפני מקבלי ההחלטות ומעצבי מערכת המידע היא איך ניתן לעצב בכל זאת את מנגנון הלכידה בפרט ואת מערכת המידע בכלל, כדי להגדיל את ההלימה בין הנתונים והמציאות ולהקטין את ההשעיה בין התמונה שמתקבלת במערכת המידע ומצב העניינים בפועל.

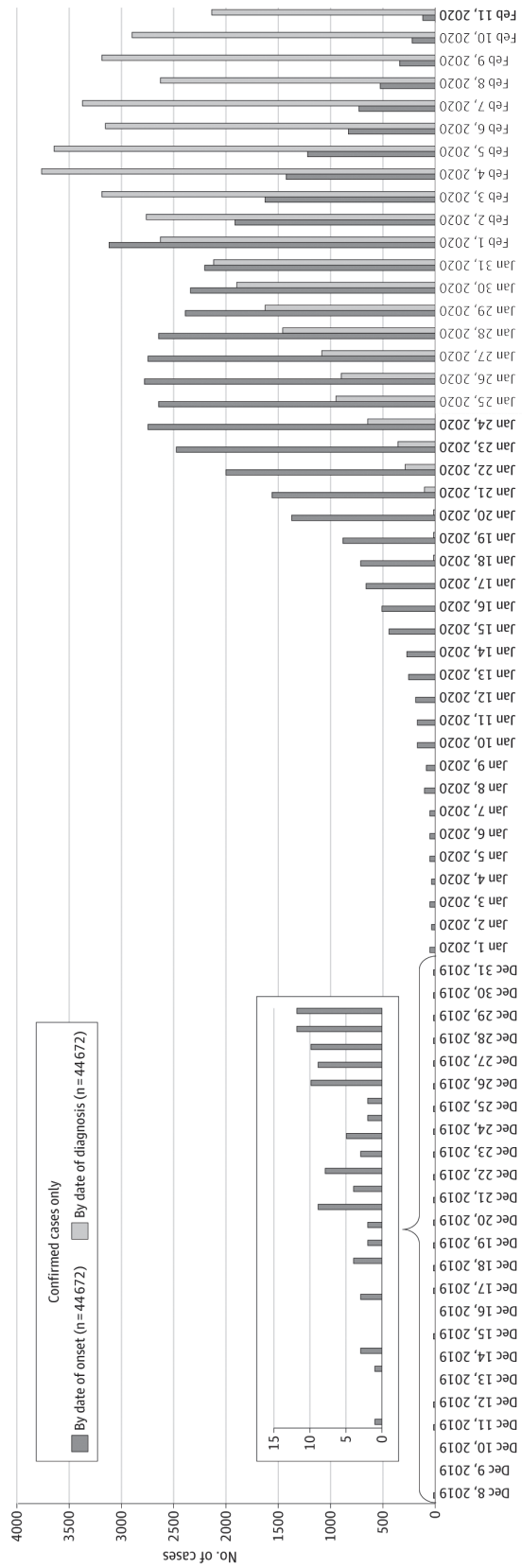
מאומתים". כשנה לאחר פרוץ המגפה כבר ברור שרק חלק מהנדבקים מפתחים תסמינים (המחקרים השונים מעריכים את אחוז מפתחי התסמינים מבין הנדבקים בין 10% ל-50%), ולכן מנגנון הלכידה הנוכחי של אירוע ההדבקה לוכד כבר מלכתחילה רק חלק קטן מאירועי ההדבקה בפועל, וגם את אלה שהוא לוכד – הוא לוכד בהשעיה קריטית.

חקירת הלכידה של אירועי ההדבקה בסין ממחישה את המשמעות של אפקט ההשעיה. בחוביי שבסין שינו בשלב מסוים את מנגנון הלכידה. המנגנון המקורי לכד בפועל את האירוע "קבלת תוצאה חיובית לבדיקת קורונה", כלומר את אימות ההדבקה (Diagnosis). בשלב מאוחר יותר שינו את מנגנון הלכידה והוסיפו תשאלו בדיעבד של חולים מאומתים לגבי מועד הופעת התסמינים (onset). אזור מס' 2 (Pueyo, 2020) מבוסס על עיבוד ב-JAMA של נתונים שפרסם ה-China CDCP (Wu, 2020) וממחיש את אפקט ההשעיה בעזרת הנגדת שתי "תמונות המציאות" שהניבו שני מנגנוני הלכידה השונים. נתוני אימות ההדבקה שנלכדו במערכת המידע מוצגות בעמודות האפורות-בהירות, עמודות שמתחילות "לצמוח" ב-21 בינואר. אלה הנתונים שהוצגו במערכת המידע ששימשה את ניהול משבר מחלת הקורונה בחוביי עד לשינוי מנגנון הלכידה. נתוני הופעת התסמינים שנלכדו במערכת המידע לאחר השינוי מוצגות בעמודות האפורות-כהות ש"מבצבצות" כבר ב-1 בינואר ומתחילות "לצמוח" כבר ב-11 בינואר.

תמונת המצב שמבוססת על לכידת הופעת התסמינים מניעה ב-14 בינואר לרמה שהביאה את השלטונות להטיל סגר בפועל רק כ-10 ימים (קריטיים) מאוחר יותר, בהתבסס על התמונה המושהית. התגובה להטלת הסגר הייתה מיידית, אך מקבלי ההחלטות ראו לפנייהם תמונה שונה לחלוטין והמשיכו בסגר עם כל ההשלכות הכלכליות והחברתיות הנובעות מכך.

התרשים מאפשר להעריך בדיעבד את התועלת מבחינת מדיניות הבריאות הציבורית של קיצור ההשעיה המגולמת במערכת המידע שעל פיה היא מתנהלת. הסגר בחוביי הוכרז ב-23 בינואר עם גילוי של כ-350 חולים מאומתים. אולם בפועל, על פי הלכידה של מועד הופעת

אזור מס' 2: ציר הזמן של האירועים בניהול משבר הקורונה בחובי"



תקווה: Puyo (2020)

# הדרכים להתמודדות עם השהיית המידע בניהול משבר הקורונה

מסלול השיפור הטכנולוגי הניב וממשיך להניב הזדמנויות למעבר מתהליכים טכניים מורכבים כמו מתודת ה-RT-PCR המקובלת כ-Gold standard של בדיקות הקורונה, לטכנולוגיות חדשניות המבוססות CRISPR שזכה לאחרונה להכרה מיוחדת בהענקת פרס נובל בכימיה. זמן התגובה של בדיקת ה-PCR נמדד בין מספר שעות למספר ימים עד לקבלת תוצאת האבחון, בעוד האבחון שמבוסס על מנגנון עריכת הגנים CRISPR אמור לספק אבחון אמין למדי תוך דקות ובעזרת ציוד זול וחישוב בטלפון חכם.

במקביל, המאמץ ללכוד באופן אמין ומהיר את אירוע ההדבקה ממוקד במה שמכונה "חקירות אפידמיולוגיות". תיאורטית, מרגע שהתקבלה אבחנה חיובית (עם ההשהיה המובנית שלה), זיהוי כל המגעים של המאובחן החיובי במהלך 4-5 ימים מתחילת הופעת הסימפטומים (ה-Onset) "מכסה", לפחות תיאורטית, את כל האירועים הרלוונטיים האפשריים, "לאחור" ו"קדימה". בפרט, החקירה יכולה לזהות את מקור ההדבקה של המאובחן החיובי וכל מי שאולי נדבק בהמשך ממנו או ממנה. מבחינה תיאורטית, החקירות האפידמיולוגיות מניבות רשת של "מסלולי הדבקה" אפשריים ומנסות להזהיר את מי שאולי נדבקו ולבודד אותם כדי לשבור את שרשרת ההדבקה. לכאורה גם אם מנגנון הלכידה הזה הוא בעל אופי סטטיסטי, הוא "מעדיף" שולי טעות רחבים ולכן לוכד את כל האירועים בפועל וגם את האירועים הפוטנציאליים – שלא קרו.

באופן פרקטי, החקירות האפידמיולוגיות באופן שיושמו במדינות המערב (אם יושמו) נמצאו במידה רבה כמנגנוני לכידה בלתי אפקטיביים. מחקירה של תהליך החקירה נראה שהתהליך עצמו מורכב, חלקי מבחינת הכיסוי שלו ואיטי בביצועו. התלות בשיתוף הפעולה מצד הנדבקים מכשילה את החקירה – היכולת האנושית לשחזר מנון מגעים עם פוטנציאל הידבקות במהלך שבוע קודם היא מוגבלת מלכתחילה, מה גם שהתמריצים לשיתוף פעולה כזה – למשל בישראל – הם שליליים. זיהוי המגעים מביא לפנייה אל הנדבקים הפוטנציאליים וכולא אותם לתקופת בידוד של כשבועיים, עם השלכות כלכליות וחברתיות שלפעמים קשות מנשוא.

המאמצים לשכלל את החקירות האפידמיולוגיות כללו ניסיונות ללכידה דיגיטלית של אירועים פוטנציאליים על ידי איכון סלולרי, הקמה של "מערכות תומכות תשוא" ובעיקר מתודות החישה עצמן.

ניתוח המשמעויות של ההשהיה במערכות מידע לניהול הקורונה בעזרת דיאגרמת מינקובסקי מציף מגוון תובנות תיאורטיות שיש להן משמעות פרקטית לגבי מה שאפשר לכנות "מרחב הידיעה" הפורמלי כתלות בממד הזמן. בהקשר של מאמר זה, הדיון האנליטי מציף את השאלה מה יודעת מערכת המידע של ניהול משבר הקורונה – כפונקציה של מרחק הזמן בין "זמן התצפית" וזמן התרחשות האירועים.

ההבניה של הדיון בהשהיית המידע בניהול משבר הקורונה בעזרת מודל הזמן התיאורטי שמבוסס על תיאור "מצב הידיעה הזמני" במערכת המידע, מארגנת את הבחינה של המענים לאתגר על פני רצף לוגי, בפרט (1) האצת לכידת הנתונים, (2) "עיבוי ההווה", ו-(3) "הרחבת ההווה" על ידי השלמה ספקולטיבית של נתונים חסרים באמצעות הפעלת מודלים לוגיים/מתמטיים על נתוני עבר.

## 1. האצת לכידת הנתונים

כאמור, השהיה במערכות מידע היא נושא מוכר בעולם הפרקטי של עיצוב מערכות מידע. המאמץ הכי ישיר ומקובל לקצר את ההשהיה במערכות מידע מכוון לעיצוב מחדש של התהליך הארגוני והרכיבים הטכניים שמגולמים במנגנון הלכידה. בניתוח מערכות מידע "קלאסי" מגבשים תיאור ("מודל") סכמתי של הצעדים הכרוכים בלכידה ומפעילים שיטות אופטימיזציה לקיצור השלבים השונים בתהליך. בניהול משבר הקורונה התמקד המאמץ הזה בקיצור ההשהיה מתחילת תהליך האבחון ועד לסיומו. בפרט, צעדים שננקטו או באו בחשבון הם ייעול השינוע של אובייקטים פיזיים (למשל מבחנות ומטושים בבדיקות רפואיות), שינוי מיקום של צמתים קריטיים בתהליך (למשל, המעבר משינוע הבדיקה במסלול פיזי איטי למסלול דיגיטלי מהיר על ידי ביזור השלב הכימי של האבחון), שדרוג מנגנוני הדיווח של תוצאות הבדיקות, שימוש בשיטות שונות לאיגום הבדיקות כדי לקצר את שלב החישה של נוכחות הנגיף – ובעיקר מתודות החישה עצמן.



## 2. עיבוי ההווה – אינטרוול זמן במקום נקודה

תובנה מרכזית ממודל הזמן מתייחסת למושג ה"עכשיו". תובנה זו מנחה את ההגדרה של "עכשיו פרקטי" שמאזן בין ערך העדכניות ומאפייני ההשגיה במערכת, וקובע את יחידות הזמן שעל פיהן מתנהל בסיס הנתונים. זאת לאור התוצאה הלא מפתיעה של הדיון התיאורטי, שככל שאנחנו מתבוננים במצב ששרר בעבר רחוק יותר, כך התמונה שלו שלמה יותר ואמינה יותר כי השפעת ההשגיה כבר "התפוגגה". מקרה המבחן בחיובי המחישה את מה שמאפיין את מצב הידיעה המתסכל בניהול המשבר. בגלל ההשגיה המובנית בלכידת אירועי ההדבקה, הצופה יודע עכשיו, במגבלות מנגנון הלכידה, מה היה מצב ההדבקה של בעלי תסמינים לפני כשבעה-תשעה ימים ומצב ההדבקות לפני כ-12-14 ימים. הצופה יכול להתייחס אל הידיעה החלקית והמושגית הזו כאינדיקציה למגמות שינוי במצב העניינים – ולבסס את החלטותיו על תצפיות אלו. המענה הראשון דן באפשרות לשכלל את מנגנון הלכידה "להרחיב את החרוט" כך שיכסה חלק גדול יותר במרחב ההתרחשויות ויעשה זאת מהר יותר.

גישת עיבוי ההווה מציגה התייחסות מורכבת יותר להגדרת נקודת הזמן "עכשיו". כאמור, בעולם הבנקאות "עכשיו" במשמעות של סימולטניות של אירועים בחשבונות עו"ש למשל, מתייחסת ליחידת זמן "יום עסקים". לכן הפקדה ומשיכה של כספים מהחשבון "יתאוו" ברישומי הבנק גם אם המשיכה בוצעה לפני הפקדה. ההרחבה של יחידות הזמן היא תפעולית ונשענת על מערכת כללים שמסדירה אותה. בפועל, כל מערכת מיידע נדרשת להגדיר את יחידות הזמן שעל פיהן מוגדרת **סימולטניות**, כלומר היחידה שעל פיה השעון של המערכת "מתקתק". בניתוח מבנה ההשגיות בסביבת הקורונה נראה שיחידות הזמן הרלוונטיות למערכת המידע הן בין 10 ימים לשבועיים. כלומר, הגדרה של תקתוק שעון הקורונה בפעילות של תקופות בנות 10-14 ימים מנטרלת את השפעת ההשגיות השונות והן מוכנסות בה.

ההכרה בהגדרת "משך העכשיו" דורשת משמעת בעיקר בתחום קבלת החלטות. בפרט, מגמות צריכות להיות מוגדרות במונחי ה"פעירה", יחידת הזמן הרלוונטית, והחלטות לא יכולות להתקבל במרווחי זמן קצרים מהפעילה

מתוחכמות יותר או פחות ליעול הפעילות של מוקדי התשאול – בדומה למערכות CRM מסחריות, הגבלת מרחב החקירה על ידי ביצועה במסגרת מקומיות (על ידי הרשויות המקומיות, בהנחה שמרבית המגעים האנושיים מתרחשים בסופו של דבר בסביבת המגורים), או התמקדות במה שהתגלה כמרכיב דומיננטי בהדבקות – "מפיצי על" ("Super spreaders"). הדוגמה המובהקת לחקירה אפידמיולוגית אפקטיבית היא המערכת שהוקמה בטאיוואן כחלק מהלקחים של מגפת הסארס, בעקבות התפשטות נגיף ה-SARS-Cov1 (כאמור, רשמית נגיף הקורונה הנוכחי הוא SARS-Cov2). המערכת מבוססת ישומן ודיווח עצמי נרחב של המשתמשים. היכולת להפיץ ולהפעיל ישומן כזה היא כנראה מוגבלת בתרבות המערבית. הניסיונות של משרד הבריאות בישראל לפעול באופן דומה נכשלו כישלון חרוץ.

המשמעות של המאמצים (בגישות המוכרות) להאצת הלכידה של אירועים היא "הרחבת" זווית הפתיחה של *חרוט העבר המוחלט* בדיאגרמת מינקובסקי. הרחבת זווית הפתיחה חושפת בפני הצופה יותר נתוני עבר ובהשגיה קצרה ("מוקדם יותר"), אך לא משנה את העובדה המהותית שבנקודת הצפייה, ידיעת ההווה המקומי נותרה צרה מאוד.

הבחינה של האצת הלכידה בסיטואציה של ניהול הקורונה תוך שימוש במגוון הזדמנויות שהודגמו היא בסופו של דבר שאלה של עלות ותועלת. התועלת נמדדת בשוני בין התוצאות האפשריות של התחלואה והמגפה אם אפשר היה להקדים את נקודת החלטה ו/או לקבל אותה על בסיס נתונים מעודכנים יותר. במקרה של חוביי שנסקר במאמר, אפשר להעריך מה הנזק שנגרם מאיחור של יום בקבלת החלטה על הטלת סגר למשל. במקרה הישראלי אפשר להעריך על פי הנתונים של הגל הראשון (שכבר מצויים בידינו) את הנזק של יום איחור כדי לבחון את ההרחבה או הצמצום של מערך החקירות האפידמיולוגיות (לדוגמה). בניתוח רגישות ספקולטיבי של מרחב החלטות והתוצאות בניהול המשבר, נראה שהעלויות הגבוהות של האצת הלכידה מתגמדות מול הנזק המקיף של סגר, למשל. האופי המורכב והרב-ממדי של המגפה מקשה על ניתוח רגישות מושכל וכולל ממדים לא כמותיים מתחום הכלכלה הפוליטית.

המוגדרת, כי מבנה ההשקיות במערכת לא מאפשר לדעת מה הייתה ההשפעה של ההחלטה הקודמת. בתיאור הגרפי נקודת ההשקה של החרוטים מתארכת ומתרחבת למעין "צינור" באורך הפעימה, בדרך כלל של שבועיים. הצורך (הענייני, התפעולי, הפוליטי, הציבורי) לקבל החלטות "מהירות" מקשה על מקבלי ההחלטות לתחזק את המשמעת המתבקשת.

### 3. הרחבת ההווה - השלמת משטח ההווה מסביב לנקודת ההווה המקומי

המבחן הפרקטי של מערכות המידע ובסיסי הנתונים בניהול המשבר הוא ביכולת שלהם לתמוך בהחלטות המתבקשות. מאחר שההחלטות הן בלתי נמנעות ואי הוודאות מכשילה את קבלת ההחלטות המושכלת, נוצר הצורך להשלים את הנתונים החסרים סביב "נקודת ההווה המקומי" במונחי דיאגרמת מינקובסקי, לא על ידי לכידת האירועים עצמם אלא על "ייצור" באמצעות מודלים מתמטיים ולוגיים של תמונת מצב שמבוססת על "מיטב הנתונים", כלומר הערכה שיטתית של "איך היו נראים הנתונים אם לא היינו תחת מנבלת ההשגיה".

השילוב של מודלים ונתונים הוא ביסוד הארכיטקטורה הגנרית של מערכות מידע תומכות החלטה (Ariav & Ginzberg, 1985). אותה "ארכיטקטורה גנרית" מכירה בשלושה רכיבים הכרחיים בכל סיוע צייתי החלטה - ולכן גם במערכות תומכות החלטה (Decision Support Systems), ובפרט בסיס נתונים, בסיס מודלים שמכיל את מגוון המודלים האפשריים - במקרה שלנו מודלים אפידמיולוגיים של התפתחות המגפה והשפעת התערבויות שונות, וממשק אדם-מכונה - להצגה תומכת החלטה של הנתונים וההערכות. התפקיד והפונקציונליות של שלושת הרכיבים הגנריים - נתונים, מודלים, תצוגות - נדרשים במינוחים שיכולים להשתנות בסיטואציות החלטה שונות, בדרך כלל בהתאם לרמת המורכבות שמאפיינת אותן. בסיטואציות פשוטות יחסית, הדגש הוא מן הסתם על הנתונים ובסיס הנתונים, בעוד שבסיטואציות החלטה מורכבות - כמו ניהול הקורונה - רכיב המודלים ובסיס המודלים הוא בדרך כלל בעל משקל רב, לפעמים דומיננטי. סיוע צייתי ניהול הקורונה מאופיינת במורכבות יתרה - גם

בגלל חוסר ההיכרות עם הנגיף, עם המחלה, עם התפתחות התסמינים, עם דרכי הטיפול בחולים ובמחלימים, וגם בגלל ההיקף הגלובלי הנרחב של התופעה. אם כך, אין פלא שמודלים מתמטיים שבדרך כלל נותרים בשולי הדיון הפכו בזמן הקורונה לזירת התגוששות אינטלקטואלית, פרקטית - ואפילו פוליטית.

הדיון במקומם של מודלים בתהליכי קבלת החלטות והתמיכה בקבלת החלטות חורג הרבה ממסגרת הדיון הנוכחית, גם לגופם של טכנולוגיות מידול (כמו שימוש בטכניקות של בינה מלאכותית ולמידת מכונה כדי לנתח את בסיס הנתונים), וגם בשימוש במודלים - חליפיים ומתחרים - להשלמת נתוני המגפה ליצירת ה"עכשיו המורחב" ולתחזיות לגבי מצב העניינים והתפתחות המגפה בעתיד. המודלים בנויים במהותם מאותן אבני בניין מתמטיות ולוגיות, וההבדל ביניהם הוא בעיקר בנוגע לאפשרות לבחון את ההשפעה של "התערבויות".

הדיון הנוכחי מתמקד בהשלמת "נתוני העכשיו". הדגש הוא על אקסטרפולציה של המגמות שמגולמות בנתונים יחד עם הפעלה של "מודל התופעה" - כשהתופעה הממודלת לקוחה מעולם התוכן של המגפה. אמידת מספר החולים בפועל כרגע, למשל, מתבססת על מספר המאומתים אתמול ושלשום ועל היחסים הכמותיים בין "מאומתים" למספר החולים בפועל, כפי שנצפו במחקרים משלימים.

מספר הנפטרים הוא נתון שהשייית המידע שלו קצרה, בדרך כלל במהלך יממה. תחזית מספר הנפטרים "אם לא נעשה כלום" או אם יופעל חיסון בהיקף כזה או אחר מבוססת על מודל במבנה דומה, כשהפרמטרים שלו הם יחסים כמותיים בין מספר המאומתים (נקודתית או היסטורית), למספר החולים, למספר המאושפזים, למספר המטופלים ביחידות לטיפול נמרץ, למספר המונשמים - ואולי גם לפרמטרים נוספים. בדיון הציבורי הישראלי מככבים מספר מודלים שונים (ה"ברומטר" של הצוות המייעץ לפרויקטור הקורונה, המודל של מכון ויצמן, המודל של האוניברסיטה העברית - ואחרים). בסופו של דבר ההבדל המהותי בין המודלים הוא בהנחות היסוד לגבי התנהגות התופעה הממודלת.

למרות הדמיון המבני של המודלים להרחבת תמונת ההווה והמודלים לתמיכה בהחלטות, המודלים שנועדו לתמוך בהחלטות הם מורכבים יותר, כי בנוסף על אמידת

התשתית המושגית והפילוסופית להערכה מושכלת של מערכות מידע בכלל ובסיסי נתונים בפרט. מי שנשענים על נתונים בניהול וקבלת החלטות חייבים להיות מודעים באופן מתמיד ומעמיק לפער בין הנתונים והמציאות בכלל, ולפער הזמן (ההשהיה) בפרט.

המודעות המתמדת והמעמיקה של מקבלי החלטות לפער בין התמונה שמערכת המידע מציגה למציאות שהיא אמורה לשקף, מחייבת אותם להיות מעורבים בבחינה של עיצובים חליפיים בנוגע לרמת ההשהיה שמגולמת במערכת שמשרתת אותם, ולהעריך באופן מושכל את העלות והתועלת של עיצובים חליפיים. עם זאת, בסופו של דבר מקבלי החלטות צריכים לקבל את המגבלה הפיזית והפרקטית על קיצור ההשהיה במערכת המידע ולחיות איתה.

עד מתי? נתבונן שוב בדיאגרמת מינקובסקי (איור מס' 1 לעיל). שני החרוטים שיוצרים יחד תבנית דמוית שעון חול מייצגים כאמור את "מרחב הידיעה" של הצופה עכשיו. החרוט התחתון מייצג גרפית את מרחב הידיעה לגבי העבר. בגלל ההשהיה הבלתי נמנעת, הצופה עכשיו לא יודע מאומה לגבי מה שקורה עכשיו במרחב הרלוונטי שלו.

התוצאה הלא-אינטואיטיבית המפתיעה של הדיון בבסיס דיאגרמת מינקובסקי – כפי שהיא מבטאת גם גרפית – היא הסימטריה בין ידיעת העבר לידיעת העתיד, כשהסימטריה מתייחסת ל"מה שבאמת קורה". מנקודת מבטו של הצופה לגבי העבר, ככל שמרחק הזמן גדול יותר, כך הסינגלים הרלוונטיים לגבי מצב העניינים אז בהירים ואמינים יותר. מנקודת מבטו של הצופה לגבי העתיד, במרחק קצר היכולת לצפות מוגבלת בגלל ה"רעשים" ואי הוודאות, אבל התצפית לטווח ארוך בהירה יותר. ככל שאנחנו מעריכים מצב שישחרר בעתיד רחוק יותר, כך התמונה שלו שלמה יותר ואמינה יותר, כי השפעת הכוחות האינוריינטיים מתחזקת בהשוואה לרעשים ("הרעש מתפוגג"). בהקשר של משבר הקורונה קשה לצפות את מצב העניינים (האוסף הכמותי של אינדיקטורים) בטווח הקרוב, אבל מאחר שהפתרון המהותי של המשבר תלוי בפיתוח חיסון אפקטיבי וזמן, הצופה שמכיר את הפרמטרים האינוריינטיים של פיתוחי חיסונים וההתנהגות של מגפות, "יודע" שמתישוה בעתיד יש סיכוי סביר שמשבר הקורונה כבר יהיה בשליטה.

gadia@tauex.tau.ac.il

פרופ' נדי אריאב

היקף התופעה הממודלת (למשל מספר החולים, מספר המחלימים, מספר העסקים הקטנים שפשטו את הרגל, גודל החוב הלאומי) שמשלימה את בסיס הנתונים, המודל אומד גם את ההשפעה של התערבויות שנשקלות. למשל, ההשפעה הכמותית של הטלת סגר הדוק בן שבועיים על מספר העסקים שייסגרו, מספר החולים, מספר המחלימים, מספר הנפטרים – לעומת (למשל) "סגר נושם" בן שלושה שבועות.

מודלים "צופי עתיד" שמשולבים בהם התערבויות, כלומר החלטות לגבי ניהול המשבר כמו הטלת סגר מלא או "מודרך רמזור", מדגישים גם את הרכיב הגנרי השלישי בתמיכה בהחלטות – הממשק שמאפשר את האינטראקציה בין מקבלי החלטות, הנתונים והמודלים כדי לחקור את אפשרויות ה-What if, ובסופו של דבר את ניתוחי הרנישות.

השימוש במודלים בניהול של סיטואציות מורכבות זכה לעדנה במשבר הקורונה, והמודלים נוכחים בדיון המקצועי והציבורי ברמה חסרת תקדים. הדיון האקדמי בבניית מודלים נדחק במהלך השנים לשולי השיח הניהולי (למשל בלימודי ה-MBA), אבל הוא חוזר לקדמת הבמה עם העניין הגובר ביישומי בינה מלאכותית לתמיכה בהחלטות. הערכת הפוטנציאל של טכנולוגיות מתקדמות כפיתוח נתונים (כמו למידת מכונה) לשיפור בניהול משבר הקורונה היא מעניינת, אבל כרגע ספקולטיבית וחורגת מגבולות הדיון הנוכחי.

## סיכום, מסקנות וההקשר הרחב של המחקר

המסקנה הפרקטית מהדיון המובנה בהשהיית המידע במערכות המידע לניהול מגפת הקורונה, היא שקיימת מגבלה מהותית בלתי פתירה באופן מלא ביסוד הניסיון לנהל את משבר הקורונה באופן מושכל ומבוסס נתונים. בסופו של דבר, אחרי שכלול לכידת אירועי ההדבקה, ניחושים ברמות שונות של תחכום ו"משחק על זמן", רק חיסון אפקטיבי יביא להשתלטות על המגפה.

ומה עד אז? הספר "נתונים ומציאות" (Data and Reality) במהדורתו המקורית ב-1978, ובמהדורה השלישית המעודכנת (Kent & Hoberman, 2012), מציג את

- Ariav, G. (1984). Preserving the Time Dimension in Information Systems. Doctoral Dissertation. The Wharton School (Decision Sciences), University of Pennsylvania.
- Ariav, G. (1986). A Temporally Oriented Data Model. *ACM Transactions on Database Systems*, 11(4), 499-527.
- Ariav, G. (1992). Information Systems for Managerial Planning and Control: A Conceptual Examination of Their Temporal Structure. *Journal of Management Information Systems (JMIS)*, 9(2), 77-98,.
- Ariav, G., Clifford, J. & Jarke, M. (1983). Time and Databases. *ACM SIGMOD Record*, 13(4), 243-245, 1983.
- Ariav, G. & Ginzberg, M.J. (1985). DSS Design – A Systemic View of Decision Support. *Communications of the ACM*, 28(10):1045-1052, October 1985.
- Bouton C. (2017). Is the Future already Present? The Special Theory of Relativity and the Block Universe View. In: Bouton C., Huneman P. (eds) *Time of Nature and the Nature of Time*. Boston Studies in the Philosophy and History of Science, 326. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-53725-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-53725-2_6)
- Clifford, J. (1983). A Logical Framework for the Temporal Semantics and Natural-Language Querying of Historical Databases. Doctoral Dissertation. State University of New York at Stony Brook.
- Combi, C., Keravnou-Papailiou, E. & Shahar, Y. (2010). *Temporal Information Systems in Medicine*. Springer. [https://www.academia.edu/12579023/Temporal\\_information\\_systems\\_in\\_medicine](https://www.academia.edu/12579023/Temporal_information_systems_in_medicine)
- Kent, W. & Hoberman, (2012). *Data and Reality: A Timeless Perspective on Perceiving and Managing Information in Our Imprecise World*, 3rd Edition. Technics Publications, LLC.
- Pueyo, T. (2020), Coronavirus: Why You Must Act Now. *Tomas Pueyo Personal Blog*, <https://tomaspueyo.medium.com/coronavirus-act-today-or-people-will-die-f4d3d9cd99ca>. Published on March 7, 2020 (Updated on March 19, 2020).
- Snodgrass, R.T. et al. (1994). TSQL2 Language Specification. *ACM SIGMOD Record*, 23(1), 65-86.
- Wu, Z. (2020), Characteristics of and Important Lessons from the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China Summary of a Report of 72 314 Cases From the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *Journal of the American Medical Association*, 323(13), 1239-1242.