

8 באפריל 2020

האם התפשטות הקורונה היא אקספוננציאלית?

יצחק בן ישראל

תמצית

המאמר הבא נועד לבחון במספרים את התפתחות המחלה בישראל בכ-50 הימים שעברו מאז התגלתה ועד היום. מתברר ששיא ההתפשטות כבר מאחורינו מזה כשבוע, וככל הנראה היא תדעך כמעט לגמרי בתוך שבועיים בערך. השוואה למדינות אחרות, מראה כי זו תבנית קבועה בכולן. למרבה ההפתעה היא כוללת גם מדינות שנקטו סגר חמור, כולל שיתוק המשק, וגם מדינות שהמשיכו בחיים הרגילים. הנתונים מצביעים על כך שניתן לבטל תוך מספר ימים מועט את מדיניות הסגר, ולהחליפה במדיניות של ריחוק חברתי מתון.

נתונים

מושג חדש הדר לחיינו: **גידול אקספוננציאלי**, דהיינו גידול לפי טור גאומטרי. אם אכן הקורונה מתפשטת לפי גרף גידול אקספוננציאלי, היינו צריכים לקבל הכפלה במספר החולים כל מספר ימים קבוע. התוספת הייתה צריכה לגדול בקצב קבוע. האם זה קורה במציאות? הבה ונבדוק.

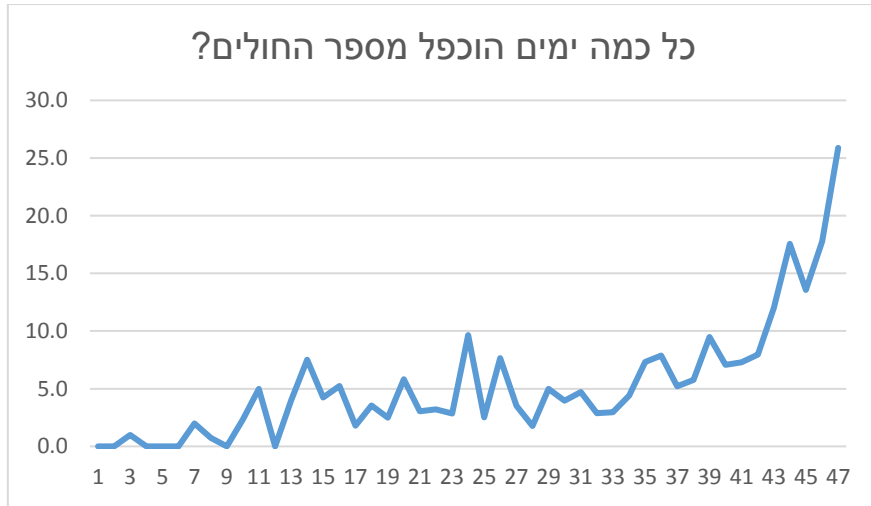
נכון לתאריך כתיבת מסמך זה, שהוא היום ה-48 מאז התגלה החולה הראשון בישראל, מספר החולים שהתגלו עלה מ-1 ב-20 פברואר 2020 ל-9,404 ב-8 אפריל. האם העלייה הייתה אכן אקספוננציאלית?

בשרטוט הבא מובא תיאור גרפי של העלייה היומית במספר החולים בישראל (הציר האופקי הוא ציר הזמן בימים מאז התגלה החולה הראשון). גם מי שמתמטיקה אינה המקצוע שלו, יכול ללמוד מעיון בגרף שתוספת מספר החולים ליום אינה עולה בקצב קבוע:



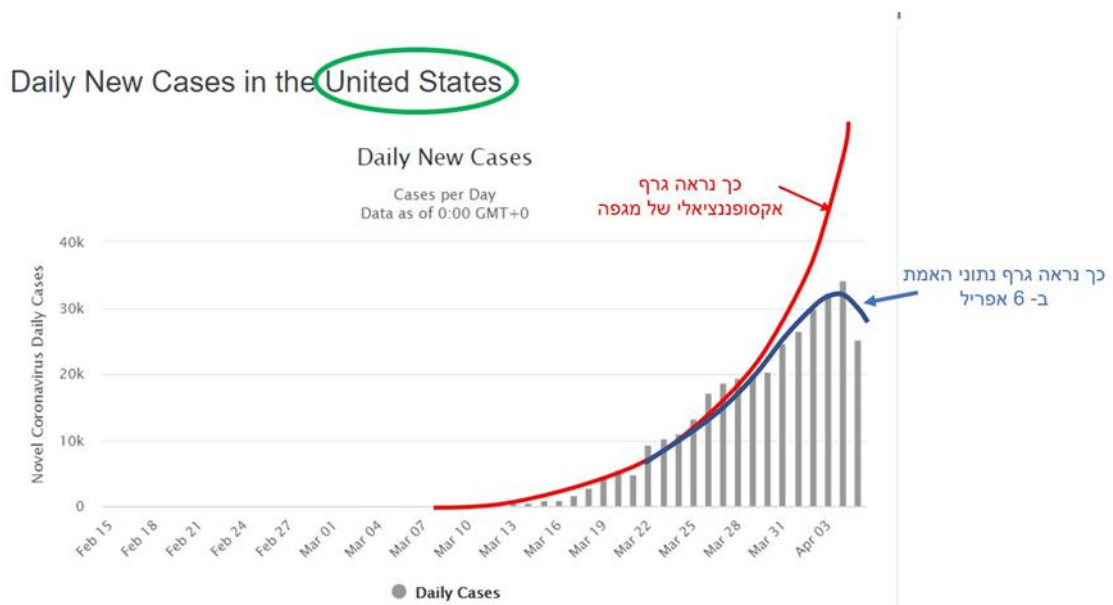
מהגרף לעיל ניתן לראות כי תוספת החולים ליום שהגיעה בשיא (סביב היום ה-41) לכ-700 חולים נוספים ביום, החלה מאז לדעוך.

הזמן הדרוש להכפלת מספר החולים ירד מ-4-2 ימים בשיא ליותר משבועיים כיום, והוא ממשיך לרדת (ראו השרטוט הבא):



סיכום עד כאן: ב-4-5 השבועות הראשונים מאז התגלתה המחלה בישראל, הייתה אכן עליה אקספוננציאלית המתאימה להידבקות בנגיף חדש, אולם מאז היא החלה להתמתן. מספר החולים היומי הנוסף הגיע לשיאו כשישה שבועות אחרי גילוי המחלה ומאז הוא בירידה מתמדת.

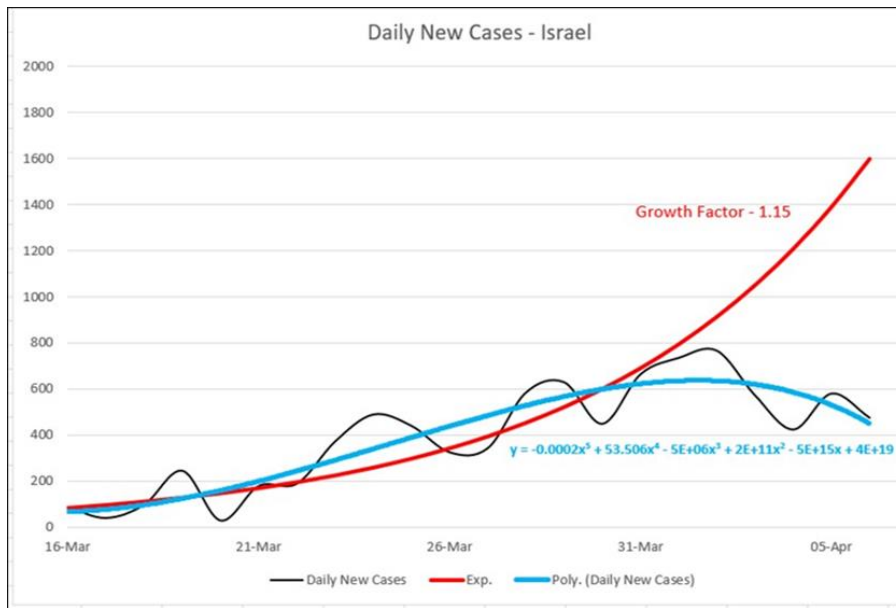
מהבחינה הגרפית, התופעה הזו ניתנת להדגמה באופן יוצא מן הכלל כמעט בכל מדינה בה יש נתונים. כך למשל, לשם השוואה, הבה ונראה מה קורה בארה"ב¹. המספרים גדולים יותר (בארה"ב יש כ-330 מיליון איש!) אבל תופעת הירידה ברורה:



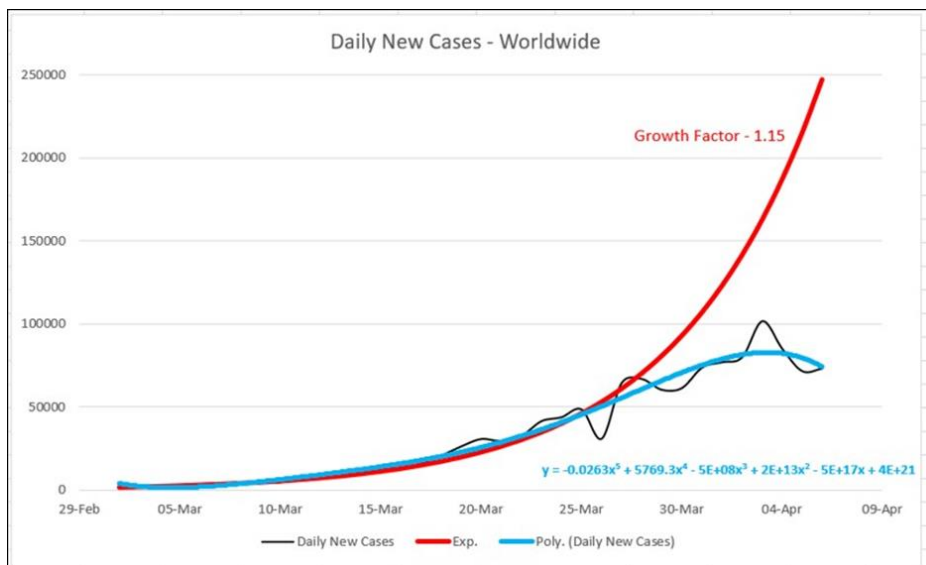
התנהגות ההדבקה אינה ייחודית רק לישראל או ארה"ב והיא תופעה עולמית, כפי שמשקף בשרטוט הבא, בו מובאת תוספת החולים היומית בעולם כולו (או ליתר דיוק במדינות שמפרסמות נתונים):

¹ תודתי נתונה לידידי רוני (אהרון) יפרח אשר הגרפים הבאים והתאמת העקומות נעשו על ידו.

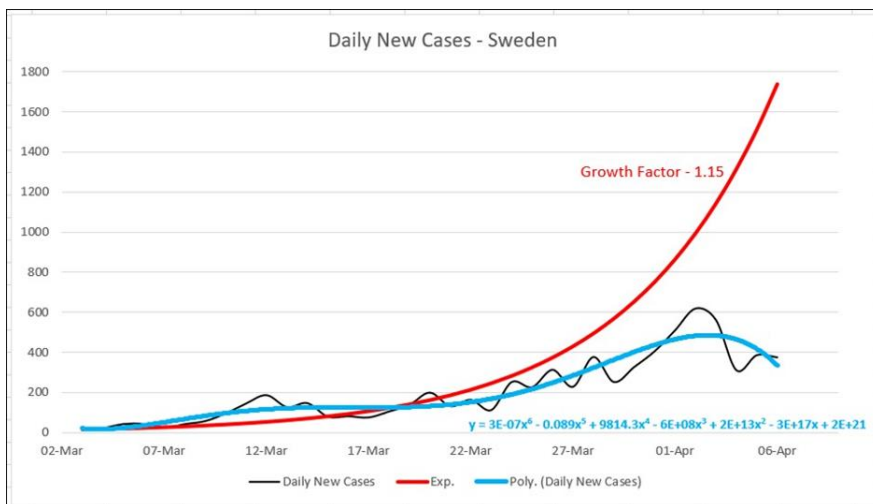
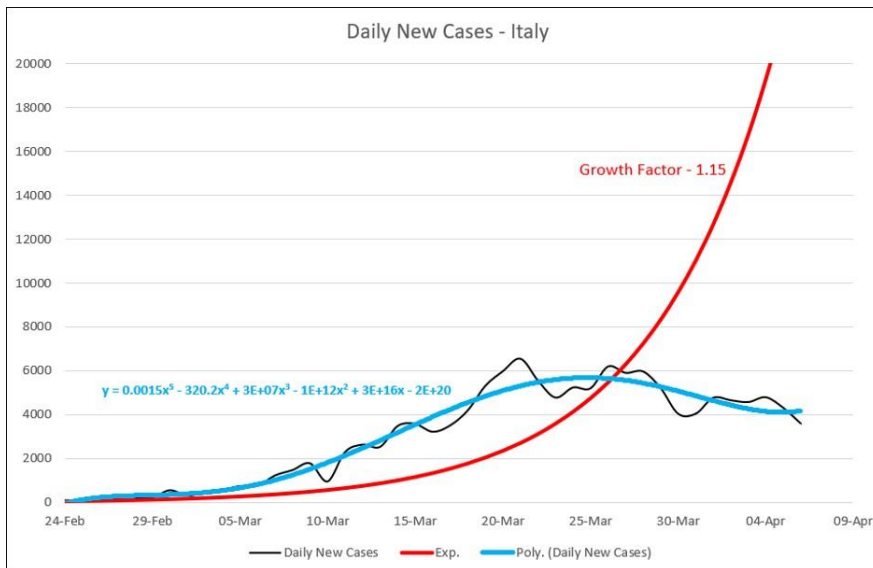
בישראל, המספרים האבסולוטיים קטנים יותר אך התופעה דומה:



זו למעשה תופעה כלל עולמית, כפי שניתן לראות בברור מהשרטוט הבאת בו מצורפים הנתונים של כל המדינות המפרסמות נתונים:



תבנית העלייה בהתחלה והדעיכה במספר החולים אחרי כמה שבועות, משותפת גם למדינות השונות לחלוטין בהתנהגות שלהן במהלך המשבר (כמו איטליה שהטילה סגר מוחלט, כולל שיתוק המשק או שבדיה שעדיין לא נקטה בצעדים כאלו), כמודגם בשני השרטוטים הבאים:



הבה נחזור לשאלה בכותרת: האם התפשטות הקורונה היא אקספוננציאלית?

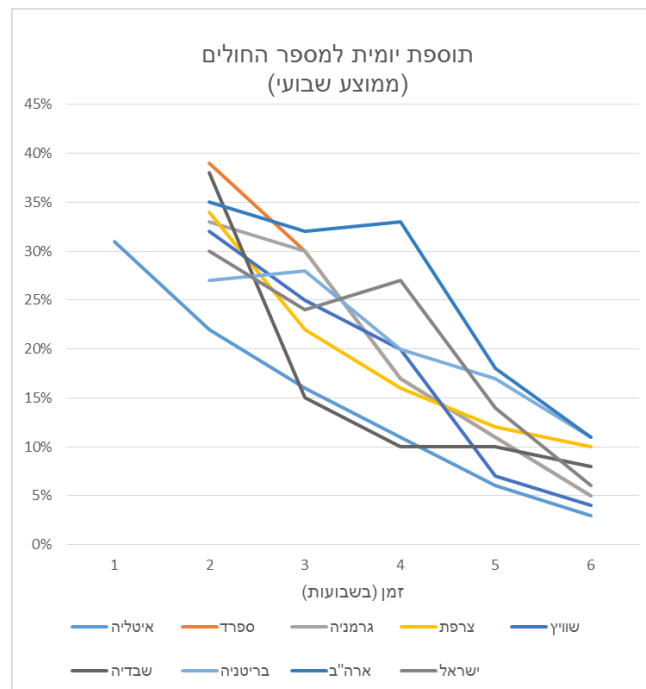
התשובה הנובעת מהמספרים היא פשוטה: לא. ההתפשטות מתחילה בעליה אקספוננציאלית אך מתמתנת ודועכת מהר לאחר כ-8 שבועות מפריצתה.

ניתוח: מה גרם לדעיכה במספר הנדבקים החדשים?

יש שיאמרו כי הדעיכה במספר החולים הנוספים כל יום היא תוצאה של הסגר ההדוק שהוטל ע"י הממשלה ורשויות הבריאות. האומנם?

עיון בגרפים דומים ששורטטו על פי נתונים של מדינות אחרות בעולם, מטיל סימן שאלה כבד על הקביעה לעיל. מתברר כי התנהגות דומה של עליה בהידבקות - הגעה לשיא בשבוע השישי ודעיכה מהירה מהשבוע השמיני - משותפת כמעט לכל המדינות בהן התגלתה המחלה, כמעט ללא תלות בהתנהגותן: חלקן הטילו סגר חמור שכלל לא רק "ריחוק חברתי" ואיסור התקהלויות אלא אף עצירת העבודה במשק (כמו ישראל); חלקן "התעלמו" מההדבקה והמשיכו בחיים כמעט רגילים (כמו טאיוואן, קוריאה או שבדיה), וחלקן התעלמו בהתחלה אולם שינו במהלך ההידבקות את התנהגותן עד כדי סגר מוחלט ושיתוק המשק (כמו איטליה או מדינת ניו יורק). למרבה ההפתעה, עלייתה ודעיכתה של המחלה, עם אותם קבועי זמן, הייתה משותפת לכולן.

כך למשל, החישוב מראה כי הממוצע השבועי של תוספת החולים ביום, שהיה בתחילת ההתפשטות כמה עשרות אחוזים, ירד בכל מדינות העולם והגיע לגידול של 10%-5% אחרי 6 שבועות, כפי שמודגם בשרטוט הבא לגבי כמה מדינות נבחרות:²



הבחנה חשובה: יש להבחין בין **מדיניות של סגר**, המשתקת את המשק (בפועל – איסור על עבודה או צמצומה, כמו בישראל ל-15% בלבד מכוח העבודה, עם אובדן תוצר של כ-100 מיליארד ש"ל לחודש) ובין מדיניות של רחוק חברתי (איסור על התקהלויות גדולות, שמירת מרחק בין בני האדם, וכיוצא בזה).

אין ספק שסגר מקטין את ההדבקה. אולם כפי שהנתונים לעיל מראים, יש דעיכה במספר הנדבקים גם ללא סגר, והיא דומה לזו של מדינות עם סגר. נכון לזמן כתיבת מסמך זה אין לנו מספיק נתונים כדי להבין את הסיבה המדויקת לכך.

מסקנות ביניים: אפשר לבטל את אותם צעדי הסגר העולים למשק בצורה הפוגעת לא רק בכלכלה אלא גם במספר המתים האחרים (לא מהקורונה) הצפוי לעלות כתוצאה מכך. במקביל, אפשר כמובן להמשיך בצעדים שעלותם אינה גבוהה (כמו חבישת מסיכות, הרחבת מערך הבדיקות ובמיוחד לאוכלוסיות מוגדרות, איסור התקהלויות המוניות וכיוצא בזה). אי לכך אנו ממליצים כי למחרת הפסח (או ב-19 אפריל בהתחשב בשבת) תגדל מכסת ההשתתפות במעגל העבודה ל-50% וכשבוע עד 10 ימים אחר כך היא תגדל ל-100% מלבד במספר מצומצם של מוקדי מחלה מאותרים היטב, בהם יבחן מצב הגידול בקצב ההדבקה. הסרתו שם תותנה גם היא בהגעה למצב בו קצב ההדבקה יירד מתחת לרמה של חמישה אחוז ליום.

במקביל יש להסיר באופן מידי את צוואר הבקבוק המונע הרחבה ניכרת של מערך הבדיקות (לרמה של 20-30 אלף בדיקות ביום), כפי שמתחייב מהחלטת הממשלה בנושא, ולעשות מאמץ מהיר להספקת מטושים, ערכות בדיקה, ריאגנטים וכדומה, גם מייצור עצמי. מגמת הבלימה בקצב הגידול של מספר החולים בכלל והחולים הקשים, מקטינה את הסיכוי שנגיע לכשל של יכולת הטיפול בחולי הקורונה (כמו שקרה באיטליה,

² תודתי נתונה לפרופסור צבי ציגלר מהטכניון, ששלח אלי את חישוביו לגבי קצב ההדבקה השבועי הממוצע בישראל ובעשרים מדינות אחרות, החישובים והניתוחים שלו מצביעים בברור על התופעה שתוארה לעיל. גם השרטוטים להלן מבוססים על החישובים שלו.

ספרד ואולי גם במדינת ניו-יורק). עם זאת, הסכנה של מחסור אפשרי במכונות הנשמה. עדיין לא חלפה ויש לעשות מאמץ לסגירת הפער.