



דו"ח וועדת חקר תמותה
מטעם אגודת האקטוארים בישראל (ע"ר)

בנושא : שיפורי התמותה בישראל

שבט תשע"ח – ינואר 2018

כי-בי ירבו ימיה ויזסיפו לך שנות חיים (משלי ט' י"א)

REPORT OF THE MORTALITY RESEARCH COMMITTEE
OF THE ISRAEL ASSOCIATION OF ACTUARIES
ON MORTALITY IMPROVEMENTS IN ISRAEL

January 2018

For English summary see page 71

דו"ח וועדת חקר תמותה מטעם אגודת האקטוארים בישראל (ע"ר)

בנושא : שיפורי התמותה בישראל

תוכן עניינים

3	1. חברי הוועדה
4	2. מטרת הוועדה
5	3. תמצית מנהלים
6	4. רקע
9	5. סקירת מחקרים אקדמיים בינלאומיים
15	6. שיטות סטוכסטיות
22	7. תופעת הקוהורטה: השוואה בינלאומית
25	8. הפרשים בשיפורי תמותה לפי מאפיינים סוציו-אקונומיים
29	9. המודל לתחזית התמותה של למ"ס לשנים 2016-2065
38	10. גישת דמוגרף הלמ"ס לחיזוי תמותה, על סמך ניסיון של כ-30 שנה
45	11. ישראל – סקירת מטרות מרכזיות בלשכת האקטואר של המוסד לביטוח לאומי
50	12. שיטות ה-CMI: תהליך בחירת המודל
54	13. Mortality Improvement Scale MP-2016 – Society of Actuaries
58	14. מודל שיפורי תמותה בישראל – Munich Re
64	15. השוואת מודלים
67	16. סיכום ומסקנות
70	נספח: פרטים טכניים של מודל MR
71	Executive summary and conclusions (English translation)

פרק 1: חברי הוועדה

ישעיהו אורזיצר
עופר ברנדט
הלל דמלין
ד"ר יניב זקס
דניאל כצמן
סלבה לטרגאוס
עמיר פלד
ארי פלטיאל (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)
מוטי פרנקל
דפנה קאופמן
רומן ריידמן
דב רפאל - יו"ר הוועדה

אנשים נוספים שהשתתפו בחלק מהדיונים:

Bernd Schedel, Richard Wendler (אנשי מיוניק רי, בשיחת ועידה)
ראובן מנדל (רשות שוק ההון ביטוח וחסכון)
נעמה רותם, ד"ר אחמד חליחל, ליאת רחבי איטלינו, סופיה פראן, אביעד קלינגר (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, אגף דמוגרפיה ומפקד)
רמי דניאל שלום (המוסד לביטוח לאומי, לשכת האקטואר)
דיויד האריס

גב' דנה הגר, מנהלת המשרד של האגודה, סייעה בניהול האדמיניסטרטיבי של הוועדה.

פרק 2 : מטרת הוועדה

חיזוי שיעורי השיפורים העתידיים בתמותה הינו נושא מורכב ושנוי במחלוקת ברחבי העולם מזה מספר שנים. ניסיון העבר מלמד כי הניסיונות לחזות את שיעור התמותה העתידי, אפילו בטווח הקצר, לא תמיד מצליחים, לרוב מפני שהיו "פסימיים" מידי (זאת אומרת – שיעור השיפור בפועל היה גבוה יותר). כיום קיימות שיטות מגוונות לחיזוי שיעורי השיפור, וההתמודדות עם החיזוי מתחלקת לשתי אסכולות עיקריות – מחד - תחזיות המבוססות על אקסטרפולציה של ניסיון העבר, ומנגד - ניסיון לנבא את ההתפתחויות העתידיות ברפואה ובנתונים סביבתיים והשפעתן על שיעורי התמותה העתידית. השיטה הראשונה ככל הנראה מתאימה יותר לחיזוי של השיפורים בטווח הקצר, ואילו השנייה יכולה להיות אינדיקטור לשיפורים בטווח הארוך יותר.

לאור חשיבות ומורכבות הנושא, פנה האקטואר הראשי של רשות שוק ההון ביטוח וחסכון לאגודת האקטוארים בישראל (ע"ר) להקמת וועדה מקצועית לעניין חקר התמותה בישראל. וועדה זו שכוללת צוות מגוון של אקטוארים ודמוגרפים, הוקמה מתוך מטרה למסד פרום מקצועי, שיאסוף וירכז חומרים באשר לשיטות ומודלים לעניין חיזוי שיפורי תמותה, ילמד ויבחן אותם, יקיים דיון בנושא ויוציא דוח מסכם של עבודתו.

יש לציין כאמור כי קביעת לוחות התמותה אינם חלק מעבודת הוועדה ובשל כך מסמך זה לא עוסק בנושא זה.

הוחלט שבועדה תהיה נציגות משלושת הגופים הנדרשים להשתמש בשיעורי תמותה ותוחלת חיים בעתיד: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, המוסד לביטוח לאומי, ורשות שוק ההון ביטוח וחסכון.

פרק 3: תמצית מנהלים

הרכב הוועדה כלל אקטוארים מתחומים שונים : ביטוח חיים, פנסיה, ביטוח משנה, ביטוח לאומי, רשות שוק ההון ביטוח וחיסכון וכן דמוגרף מהלמ"ס. הדיונים כללו סקירה מקיפה של שיטות וגישות לתחזיות (שיפורי) תמותה בארץ ובעולם, הנהוגות כיום וכאלו שהיו נהוגות בעבר. עיקרי הנושאים והמסקנות שעלו לדיון הינם:

- התקיימו מספר פגישות של הוועדה בהן הוצגו ונלמדו מודלים שונים, ובפרט: מודל שנבנה על-ידי מבטח המשנה Munich Re, מודל Lee-Carter ונגזרותיו, אשר אומץ על-ידי הלמ"ס, מודל הנהוג בבריטניה שפותח על ידי ה-CMI של ה-Institute and Faculty of Actuaries ומודל שפרסמה בארה"ב תת וועדה של ה-SOA. שני המודלים הראשונים נבנו על בסיס נתוני התמותה של האוכלוסייה בישראל. במסגרת דיוני הוועדה נבחנו היתרונות והחסרונות של המודלים ועל בסיסם עלה הרעיון לשלב בין מספר מודלים, כך שהמודל המשולב עשוי להתאים לתחזית בישראל. לא נעשתה עבודת תיקוף למודל המשולב.
- הדו"ח מתייחס לצרכים השונים של הגופים בישראל המשתמשים בתחזיות תמותה: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, המוסד לביטוח לאומי, רשות שוק ההון ביטוח וחיסכון, וכן חברות ביטוח וקרנות פנסיה הכפופות להוראות והנחיות של רשות שוק ההון ביטוח וחיסכון.
- במספר מדינות בעולם, כגון בארה"ב ובבריטניה, נצפתה בשנים האחרונות האטה בקצב שיפורי התמותה, עד כדי עצירה ואף גידול בשיעורי התמותה. בישראל נצפתה בשנים האחרונות האטה בקצב שיפורי התמותה, אך עדיין לא ניתן להסיק מכך שמגמת ההאטה תימשך.
- נמצא כי יש מקום לשקול מודלים שונים ואף גישות שונות לצורך תחזית דמוגרפית, תוך התחשבות בשימושים לשמם נעשות התחזיות. אין לצפות שמודל אחד יתאים לכלל מגוון הצרכים.
- נמצא שלאורך השנים התחזיות העריכו בחסר את השיפורים העתידיים בתוחלת החיים.
- קיים קשר בין מצב סוציו-אקונומי לאריכות חיים, אך לא ניתן כיום לשלב פרמטר זה בתחזיות בשל חוסר במודלים מתאימים.
- ההגירה לישראל מהווה גורם משפיע ובלתי צפוי על תחזיות דמוגרפיות ומדידת שיפורי תמותה. יתרה מזאת, בשנים הראשונות של המדינה היו אי-דיוקים ברישום גילים.
- בישראל, בדומה למדינות רבות, קיימת תופעה של "קוהורטות". כלומר, התנהגות שונה של שיפורי התמותה לפי שנת הלידה. עם זאת, לא נבחנו המשמעויות הכלכליות של תופעה זו.
- הוועדה מצאה לנכון לתת המלצות הנוגעות לנקודות שיש להתייחס אליהן בבחינה של מודל ופרמטרים לחיזוי שיפורי תמותה במסגרת העבודה האקטוארית.

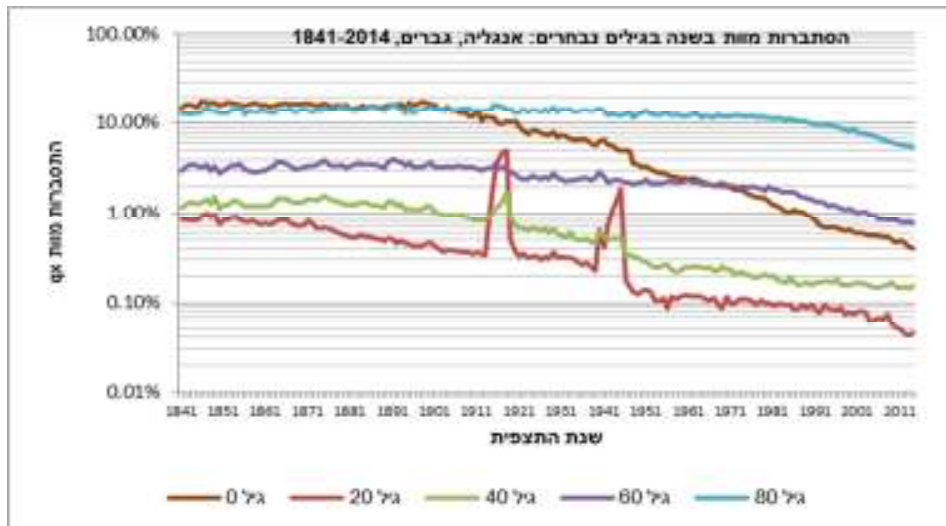
פרק 4: רקע

ערך: דב רפאל

מאז המאה ה-19 אנחנו עדים לירידה מתמדת בשיעורי תמותה. להלן תוחלת החיים בלידה באנגליה משנת 1841 ועד שנת 2013:



כפי שניתן לראות בגרף הבא (בסקאלה לוגריתמית), במאה ה-19 חלה ירידה בתמותת מבוגרים, בעיקר ממחלות זיהומיות, ובמאה ה-20 היה קיטון בתמותת תינוקות מכמעט 20% עד פחות מ-1%. לקראת סוף המאה ה-20, יש שיפורים משמעותיים בגילים המבוגרים.



למרות שהתופעה איננה חדשה, התייחסות אקטוארית התחילה רק בשלהי המאה ה-20. במסמך מטעם ה-CMI באנגליה משנת 1999¹, נקבעה נוסחה להתאמת לוחות תמותה לשיפורים העתידיים החזויים בתמותה:

$$q_x' = q_x \{ \alpha + (1-\alpha)(1-f)^{[u^{20}]} \}$$

כאשר $t =$ מספר השנים שחלפו משנת 1992, ו- α ו- f נקבעו לפי גיל המבוטח/גמלאי.

הפרמטרים היו אחידים לכל סוגי הטבלאות (גברים/נשים, אנשים/סכומים), והתייחסו רק לגיל ולא לשנת הלידה. משמעות הנוסחה היא שבטווח הארוך שיעורי התמותה יתקרבו ל- $q_x \alpha$ (אין שיפור "תמידי").

המפקח על הביטוח אימץ את מקדמי ה-CMI בהנחיות לקרנות הפנסיה ולחברות ביטוח בשנת 2002, אולם תאריך הבסיס היה 1999 ולא 1992.

כאשר המפקח הוציא חוזרים חדשים אודות שיעורי תמותה בתחילת 2007, היו כבר כמה התפתחויות:

1. הבנה שיש להתחשב ב-cohort effect (השפעת שנת הלידה על שיפורי תמותה – ר' פרק 6 להלן)
2. בדיקות שהראו שיפורי תמותה מהירים יותר מהתחזיות.
3. רצון לבסס את מקדמי השיפור על נתונים ישראליים.

אקטואר האוצר דאז, אלן פפרמן, ערך מחקר מעמיק, שפורסם כ"נייר עמדה" ב-2005. הוא החליט לפרסם פרמטרים חדשים על פי השיטה הקיימת (נוסחת α ו- f), אבל מבוססים על שינויים בשיעורי תמותה באוכלוסיית מדינת ישראל מ-1977 עד 1997. ה-cohort effect בא לידי ביטוי בפרמטרים נפרדים לגברים שנולדו בשנים 1931 ו-1949, אולם לגבי נשים לא נעשתה הבחנה מקבילה.

הפרמטרים נקבעו על פי שיטת ה-CMI כאשר הפרופורציה בין ה- α וה- f נשמרה לפי הפרופורציה בטבלת ה-CMI והערכים נקבעו כך שקצב שיפור התמותה במשך 20 השנים הבאות יהיה זהה לקצב שיפור התמותה שנמדד ב-20 שנות המחקר. בנוסף, שיעורי התמותה של הלמ"ס שעליהם התבסס נייר העמדה, קובצו בקבוצות של 5 שנות גיל, דבר המקטין את הדיוק של התוצאות.

בשנת 2012 נערכו מחקרים מעודכנים, שבאו לידי ביטוי בחוזרים 2013-3-1 ו-2012-3-4. השיטה הקודמת נשמרה, אולם המקדמים עודכנו על פי הממצאים החדשים. כבר אז היה ברור שפיתוח שיטות חדשות, בין השאר מודל חדש של ה-CMI. הדעה הרווחת הייתה ששיעורי השיפור יתמתנו לאורך זמן אבל לא יגיעו ל-0 (כפי שהמודל הישן מניח, אמנם באופן ארוך מאוד), אלא יתייצבו

¹ <https://www.actuaries.org.uk/documents/cmi-report-17-whole-volume>

The model adopted to allow for mortality improvement is essentially the same as that described in S4.3 of C.M.I.R. 10 (1990). At each age the rate of mortality is assumed to decrease exponentially to a limiting value. With the new factors, however, **the speed of convergence to the limit depends on age**

בשיעור חיובי. מניירות עבודה של ה- CMI², אפשר להבין ש- 0.8%-1% לשנה תיחשב כהערכה "סבירה".

לכן, בחוזר לחברות הביטוח בלבד, נקבע שבקביעת מקדמי שיפור לצורך חישוב עתודות, יש להניח שהשיפור השנתי לא יפתח מ- 0.75% לגברים ו- 1% לנשים.

במקביל, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה מפרסמת כבר מספר שנים תחזית דמוגרפית של מדינת ישראל, הנשענת על תחזיות ילודה, תמותה והגירה, כפי שיתואר בהמשך. גם המוסד לביטוח לאומי נעזר בתחזיות דמוגרפיות. במסגרת הוועדה, נערך דיון על השיטות השונות של הגופים הממשלתיים השונים העוסקים בנושא.

המצב היום

מאז המחקרים שצוינו לעיל, היו כמה התפתחויות:

- ה- CMI ממשיך לפתח מודלים מתוחכמים, עם פרמטרים ומשתנים רבים.
- גופים אקטואריים אחרים, כמו ה- SOA בארה"ב, נדרשו להמליץ על מקדמי שיפור תמותה.
- יש מחקרים חדשים של שינויים בתמותה ותוחלת חיים.
- בשנים האחרונות יש סימני האטה בקצב שיפורי תמותה, במיוחד באנגליה ובארה"ב, אולם כעת קשה לעמוד על טיבם ולקבוע אם זו תופעה חד-פעמית או תחילת מגמה³. מתוך נתוני הלמ"ס עד סוף שנת 2016, בישראל נצפתה האטה קלה בחמש השנים האחרונות בקצב השיפור של שיעורי תמותה.

המסמך הזה יתאר את ההיבטים השונים של נושא שיפורי תמותה.

² <http://www.actuaries.org.uk/research-and-resources/pages/cmi-working-papers-38-and-39>

³ <http://www.theactuary.com/features/2017/03/what-2016-told-us-about-death>

פרק 5: סקירת מחקרים אקדמיים בינלאומיים

עורך: ד"ר יניב זקס

פרק זה דן בגורמים ובמאפיינים הנפוצים, אשר משפיעים על תוחלת החיים ומתבסס על שלושת המאמרים הבאים:

- [1] *On the Heterogeneity in Longevity among Socioeconomic Groups: Scope, Trends, and Implications for Earnings-Related Pension Schemes*, 2016, Mercedes Ayuso, Jorge Miguel Bravo, Robert Holzmann
- [2] *Longevity The dark side*, 2016, Sam Gutterman
- [3] *What if there was a cure for cancer?* 2014, Jeroen Gielen and Anja de Waegenare

בפרק זה תעשה הפניה למאמרים הנ"ל בהתאם לסימון [].

מאפיינים המשפיעים על תוחלת החיים

תוחלת החיים ושיעורי התמותה מושפעים מגורמים רבים ושונים, כאשר על פי רוב מקובל ליצור הבחנה בניתוח לפי קבוצות גיל, מגדר, מצב משפחתי, סוג עבודה (בארץ מובדל ל"צווארון לבן" ו"צווארון כחול") וסטטוס עישון. עם זאת, מחקרים רבים מראים קשר בין שיעורי התמותה למאפיינים נוספים של האוכלוסייה, כגון: מצב בריאותי, השכלה, רמת חיים, סגנון חיים, מוצא/גזע, גיאוגרפיה. פעמים רבות קיים קושי לאמוד את שיעורי התמותה אגב השילובים בין הגורמים השונים וזאת בשל חוסר בנתונים מתאימים הנדרשים לאמידת הקורלציות בין הגורמים. יחד עם זאת, ההשפעה של המאפיינים הנוספים יכולה להיות משמעותית מאוד. כך נמצא ב [1] כי באנגליה קיים פער של כ 6 שנים בתוחלת החיים בין המחוזות העשירים לעניים, וקיימת הערכה שבארה"ב קיים פער של כ 13 שנים. שינויים בתוחלת החיים נמצאו גם מושפעים ממוצא/גזע ומקום המגורים כמתואר בטבלה 1.

טבלה 1: תוחלת החיים בלידה (בשנים) לפי מוצא/גזע, ארה"ב 2009 (מתוך [1])

Location	White	African-American	Latino	Asian-American	Native American
United States	78.9	74.6	82.8	86.5	76.9
Alabama	76.0	72.9	nsd	85.3	nsd
District of Columbia	84.3	71.6	nsd	nsd	nsd
Minnesota	81.2	79.7	87.3	83.5	70.2
Oklahoma	76.0	72.8	85.0	nsd	73.8
West Virginia	75.4	72.8	nsd	nsd	nsd
Wisconsin	80.3	74.0	86.0	86.4	nsd

Note: See <http://kff.org/other/state-indicator/life-expectancy-by-re/> for notes and sources. nsd = not sufficient data.

Source: Kaiser Family Foundation (<http://kff.org/other/state-indicator/life-expectancy-by-re/#>).

דיון מפורט על ההשפעה של המאפיינים הנוספים מופיע בפרק 8.

שינויים בגורמי תמותה

שני גורמי התמותה העיקריים במדינות מפותחות הינם מחלות לב וסרטן. גוטרמן [2] דן בשינויים בגורמי התמותה בארה"ב בין השנים 2000-2015, וכולל בנוסף למחלות הלב והסרטן גם מחלות נשימה כרוניות ותאונות/התאבדויות. מטבלה 2 ניתן להבחין כי כמחצית ממקרי המוות הינם כתוצאה ממחלות לב וסרטן. עם זאת, מתרשים 1 ניתן לראות שהתמותה משני גורמים אלו נמצאת בירידה. יש להבחין בין הירידה בתמותה מסרטן, לזו של מחלות הלב. בתרשים 2 ניתן לראות כי התמותה מסרטן נמצאת במגמה של ירידה לינארית במהלך 15 השנים האחרונות. לעומתה, מספר הנפטרים ממחלות לב ירד בצורה חריפה בין השנים 2000-2010 והתמתן לאחר מכן. ניתן אף לראות כי בשנת 2015 חלה עליה קלה במספר הנפטרים ממחלות לב, אך לא ברור עדיין אם הדבר מעיד על שינוי במגמה. במאמרו, גוטרמן [2] אינו מתייחס לסיבות האפשריות לשינוי בשיעורי התמותה ממחלות לב. ניתן לשער שיש לכך שתי סיבות עיקריות:

- א. הקשר שבין השמנת יתר ומחלות לב. כשליש מהאוכלוסייה בארה"ב (ילדים ומבוגרים) סובלים מהשמנת יתר והשלכותיה על התמותה מאירועי לב הולכת וגוברת.
- ב. מיצוי הטכנולוגיה הנוכחית ותופעות לוואי. החל מאמצע שנות התשעים נעשה שימוש הולך וגובר בסטנטים לטיפול בכלי דם חסומים בסביבות הלב. בתרשים 2, ניתן להבחין כי בעת כניסת דור חדש של סטנטים (בשנים 2002-2004), חלה ירידה חדה בתמותה ממחלות לב. ירידה זו הלכה והתמתנה לאורך השנים. מעבר למיצוי הפוטנציאל בהפחתה של מקרי המוות על-ידי מתן טיפול בסטנט, מתברר בשנים האחרונות כי התרופות הנמצאות על הסטנטים החדשים חושפים את האנשים שעברו טיפול זה למוות מקרישי דם. בישראל, שיעורי השימוש בסטנט, כטיפול בכלי דם חסומים, הינו בין הגבוהים בעולם.

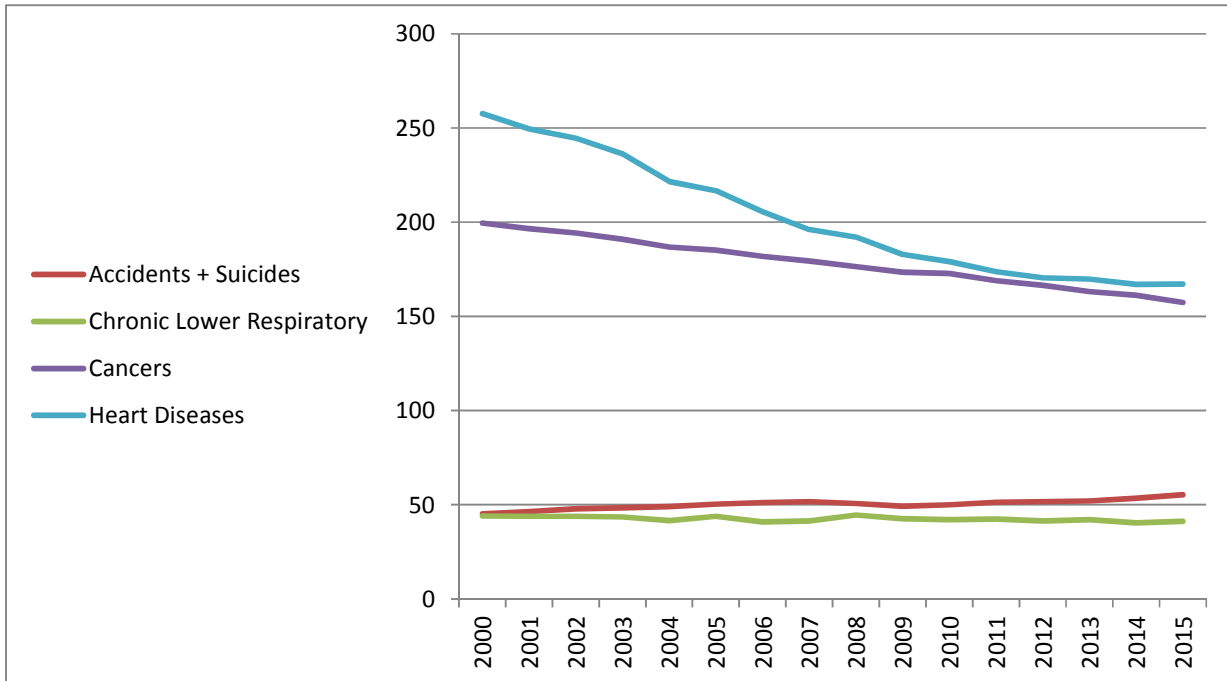
טבלה 2: Recent U.S. mortality experience (מתוך [2])

Source: NVSR "Deaths: Final Data for 2014" and Rapid Release for 2015

Age-adjusted rates	All causes	Heart Diseases	Cancers	Chronic Lower Respiratory	Accidents + Suicides	Other
2015	728.0	167.2	157.4	41.3	55.4	306.7
2014	724.6	167.0	161.2	40.5	53.5	302.4
2013	731.9	169.8	163.2	42.1	52.0	304.8
2012	732.8	170.5	166.5	41.5	51.7	302.6
2011	741.3	173.7	169.0	42.5	51.4	304.7
2010	747.0	179.1	172.8	42.2	50.1	302.8
2009	749.6	182.8	173.5	42.7	49.3	301.3
2008	774.9	192.1	176.4	44.7	50.8	310.9
2007	775.3	196.1	179.3	41.4	51.7	306.8
2006	791.8	205.5	181.8	41.0	51.2	312.3
2005	815.0	216.8	185.1	43.9	50.4	318.8
2004	813.7	221.6	186.8	41.6	49.1	314.6
2003	843.5	236.3	190.9	43.7	48.4	324.2
2002	855.9	244.6	194.3	43.9	48.0	325.1
2001	858.8	249.5	196.5	43.9	46.4	322.5
2000	869.0	257.6	199.6	44.2	45.3	322.3
					Average improvement	
2012-15/2008-11	0.81%	1.92%	1.63%	1.00%	-1.32%	0.07%
2008-11/2004-07	1.49%	3.65%	1.46%	-0.62%	0.10%	0.67%
2004-07/2000-03	1.76%	4.14%	1.61%	1.14%	-1.82%	0.82%

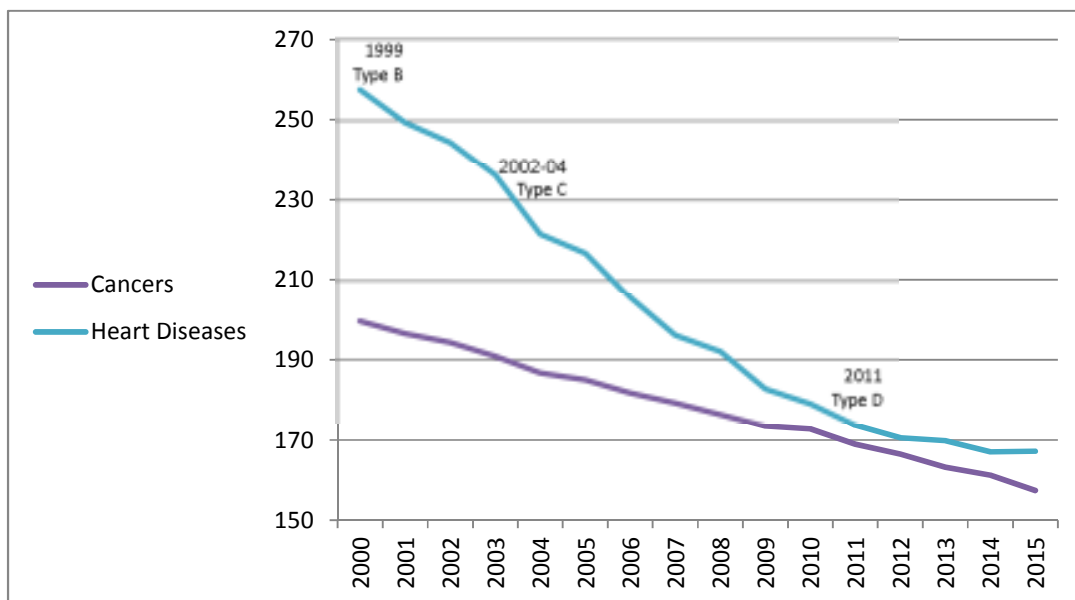
תרשים 1: Recent U.S. mortality experience (מתוך [2])

Source: NVSR "Deaths: Final Data for 2014" and Rapid Release for 2015



תרשים 2: Recent U.S. mortality experience (מתוך [2])

Source: NVSR "Deaths: Final Data for 2014" and Rapid Release for 2015

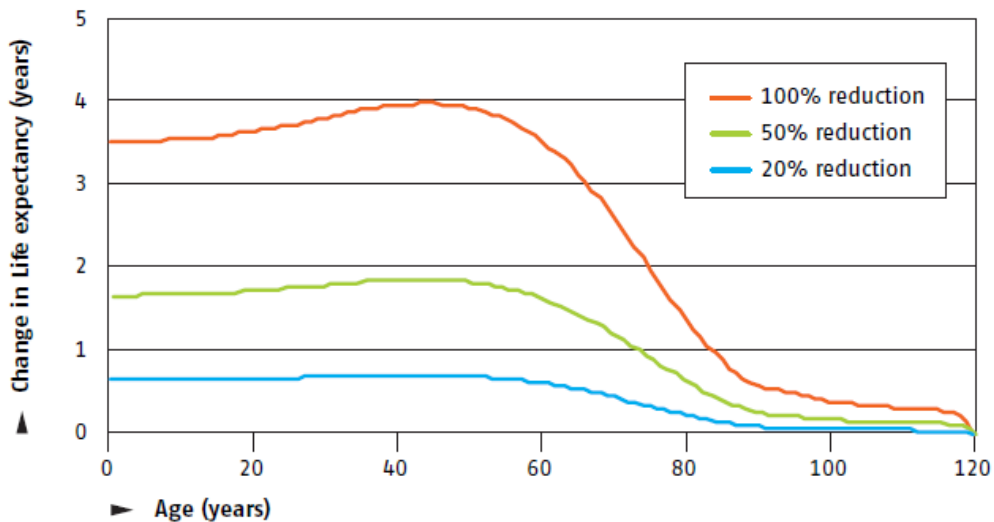


מה יקרה אם ימצא מרפא לסרטן?

מאמר [3] מנתח את האוכלוסייה בהולנד ומנסה לבחון את ההשפעה על תוחלת החיים ועל הרזרבות הנדרשות בקרן פנסיה תחת מספר תרחישים של ירידה בתמותה מסרטן. בתרחיש הקיצון ההנחה היא שהתמותה מסרטן תפחת ב 100% (ריפוי מלא מהמחלה), תרחיש הביניים מניח שהתמותה תפחת ב 50% והתרחיש השלישי מניח ירידה של 20%. נמצא, שתוחלת החיים של גברים בגילים 40-60 צפויה לגדול בכארבע שנים בתסריט הקיצון, בקרוב לשנתיים בתרחיש הביניים ובכ 0.8 שנים בתרחיש השלישי. עבור נשים בגילים 40-60 תוחלת החיים צפויה לעלות בכ 3.5 שנים תחת תרחיש הקיצון. השיפורים בתוחלת החיים של הגברים מובאים בתרשים 3.

חלקו השני של המאמר דן בדרישות ההון (SCR) שבהתאם למשטר סולבנסי 2 הנדרש תחת מודלים ותרחישים שונים: מודל סולבנסי 2 הסטנדרטי, שיטת VaR ושלושת התרחישים של ירידה בתמותה מסרטן שתוארו לעיל. התוצאות מסוכמות בטבלה 3. ניתן לראות שהתוצאה של מודל ה VaR מתאימה לתרחיש בו חל שיפור של 20% בתמותה מסרטן. המודל הסטנדרטי מביא לתוצאה הקרובה לתרחיש הביניים, בו חל שיפור של 50% בתמותה מסרטן. על-פי תרחיש הקיצון, דהיינו ריפוי מלא מסרטן, דרישות ההון כמעט ומוכפלות יחסית למודל הסטנדרטי. יש לזכור שהשוואה בין המודלים והתרחישים נעשתה רק בנוגע לירידה בתמותה מסרטן, כלומר תחת הנחה שיתר גורמי התמותה נשארים ללא שינוי.

תרשים 3: שינויים בתוחלת החיים, גברים (מתוך [3])



טבלה 3: דרישות ההון תחת מודלים ותרחישים שונים (מתוך 3)

Method	SCR (% of BE liabilities)
Solvency II SF	4.6%
VaR-method	1.7%
Scenario A: Cancer (100%)	7.9%
Scenario B: Cancer (50%)	4.0%
Scenario C: Cancer (20%)	1.6%

Table 1 Capital requirements following from the different methods: the Solvency II standard formula (SII-SF), the VaR method, and the scenarios.

פרק 6: שיטות סטוכסטיות

עורך: ד"ר יניב זקס

פרק זה מסביר את הגישה הסטוכסטית לבניה של לוחות תמותה ומביא כדוגמא את ההשפעה של שימוש בלוחות תמותה סטוכסטיים על מקדמי ההמרה בקרנות הפנסיה החדשות. פרק זה מבוסס על הספר

Modelling Longevity Dynamics for Pensions and Annuity Business, 2009 Ermanno Pitacco, Michel Denuit, Steven Haberman, Annamaria Olivieri

מקובל כי לוח תמותה נתון כסדרת ערכים התלויים בגיל ובעזרתו ניתן לבצע חישובים אקטואריים התלויים בסיכוני החיים, כדוגמת קצבה המשולמת לכל החיים. לוח תמותה כזה, הינו לוח דטרמיניסטי במובן שהוא מציג תרחיש אפשרי יחיד וקבוע של הסתברויות תמותה. תרשים A4 ממחיש באופן גרפי לוח תמותה דטרמיניסטי. תחת לוח תמותה דטרמיניסטי החישוב האקטוארי נותן תוצאה יחידה. מנגד, ניתן להגדיר קבוצה של לוחות תמותה, כאשר כל לוח תמותה מייצג תסריט שונה אשר עשוי להתממש בהסתברות שונה. קבוצה זו של לוחות תמותה מאפשרת בניה של לוח תמותה סטוכסטי. דרך נוספת להסתכל על לוח תמותה סטוכסטי הינה שהסתברות למוות בגיל נתון הינה משתנה מקרי ולא ערך קבוע כפי שנקבע בלוח תמותה דטרמיניסטי. תחת לוח תמותה סטוכסטי החישוב האקטוארי אינו מוביל לקבלת ערך יחיד כי אם לטווח ערכים אפשריים. הסיכוי שיתקבל ערך בטווח מסוים תלוי בהסתברויות של התרחישים תחתם מתקבל הטווח המבוקש. זאת אומרת, שהערך האקטוארי הוא כעת משתנה מקרי ולא קבוע. המקרה הדיסקרטי והמקרה הרציף של לוח תמותה סטוכסטי מתוארים באופן גרפי בתרשימים C4, B4 בהתאמה. חשוב לשים לב, כי ערך אקטוארי מסוים יכול להתקבל תחת מספר תרחישים שונים. כלומר, בהינתן ערך אקטוארי לא בהכרח ניתן לזהות את התרחיש שנבחר. הדבר עשוי לבוא לידי ביטוי כאשר מבקשים לבחור תסריט מייצג יחיד (דטרמיניסטי) ללוח התמותה הסטוכסטי, למשל בהתאם לתוחלת הערכים האקטואריים. תרשים 5 מציג מקרה בו הערך האקטוארי (קצבה לכל החיים) מתקבל עבור יותר מתרחיש אחד. כל בחירה באחד התרחישים (האדום או הירוק) לשימוש כלוח תמותה דטרמיניסטי עשויה להוביל לערכים שונים אם נבצע חישוב אקטוארי השונה מקצבה לכל החיים, לדוגמא קצבה לתקופה מוגבלת. במושגים מתמטיים, הקשר בין התרחישים לערכים האקטואריים בלוח תמותה סטוכסטי הינו קשר חד-ערכי ולא חד-חד ערכי.

תרשים 4 : תרחישי תמותה וערכים אקטואריים (מתוך [4])

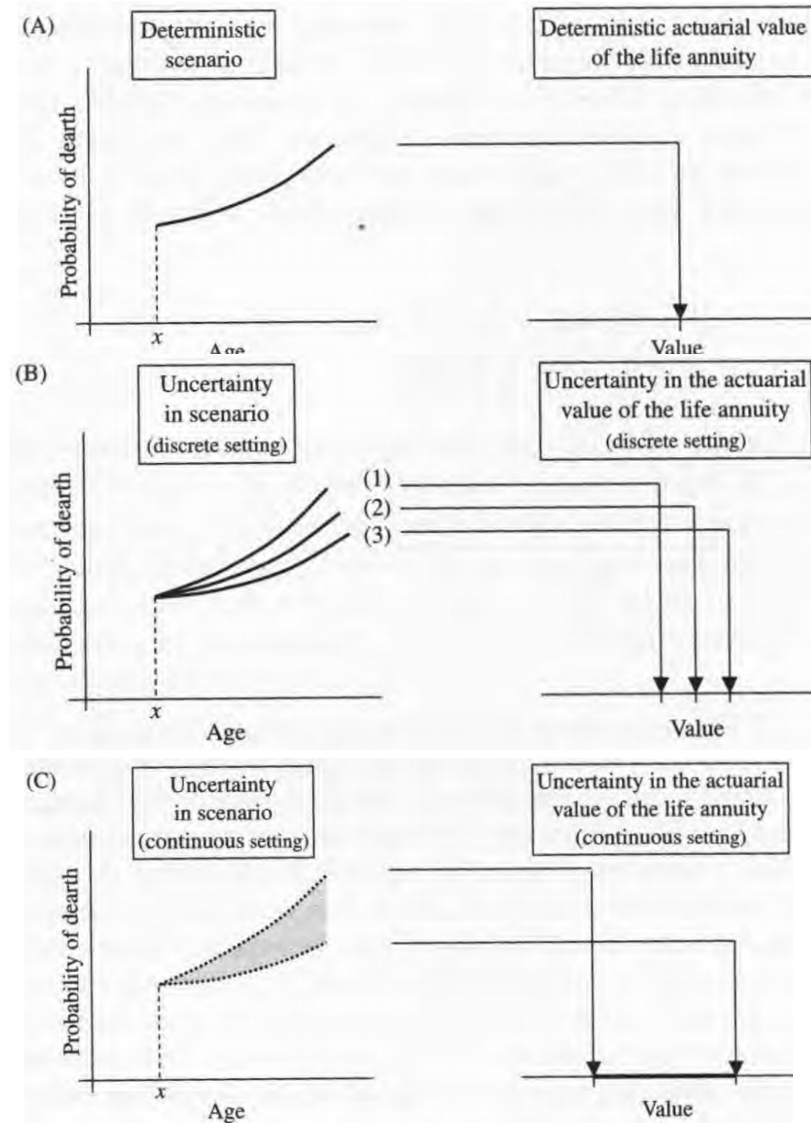
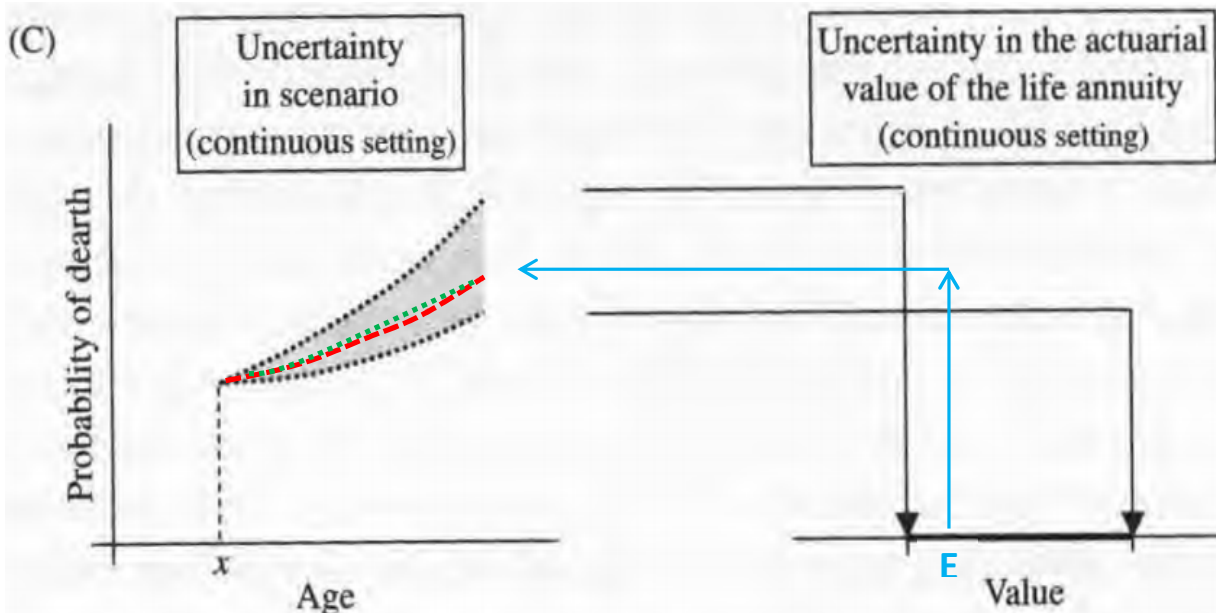


Figure 1.15. *Mortality scenarios and actuarial values.*

תרשים 5: הקשר החד-ערכי בין התרחישים והערכים האקטואריים



בלוח תמותה סטוכסטי ההסתברות לשרוד הינה משתנה מקרי, על-כן לגודל הקבוצה יש משמעות רבה. למעשה, ככל שהקבוצה גדולה יותר, כך השונות של ההתפלגות לשרוד הינה קטנה יותר. הנחת היסוד היא שהסתברות השרידות של מבוטחים בני גיל נתון מתפלגת אחיד ובאופן בלתי תלוי בין המבוטחים. תחת הנחה זו, לגיל מסוים ולגודל נתון של קבוצה, התפלגות השרידות הינה בינומית. שימוש בקירוב הנורמלי להתפלגות בינומית עשוי להיות לא מעשי. בשל האופי של ההתפלגות הנורמלית, קיים סיכוי חיובי לכך שהאוכלוסייה תגדל ולאן דווקא תקטן. תרשים 6 מציג התפלגות בינומית של אוכלוסייה המונה 100 מבוטחים בני 65 לאחר 5 ו 20 שנים.

תרשים 6: התפלגות של 100 מבוטחים בני 65 לאחר 5 ו- 20 שנים (מתוך [4])

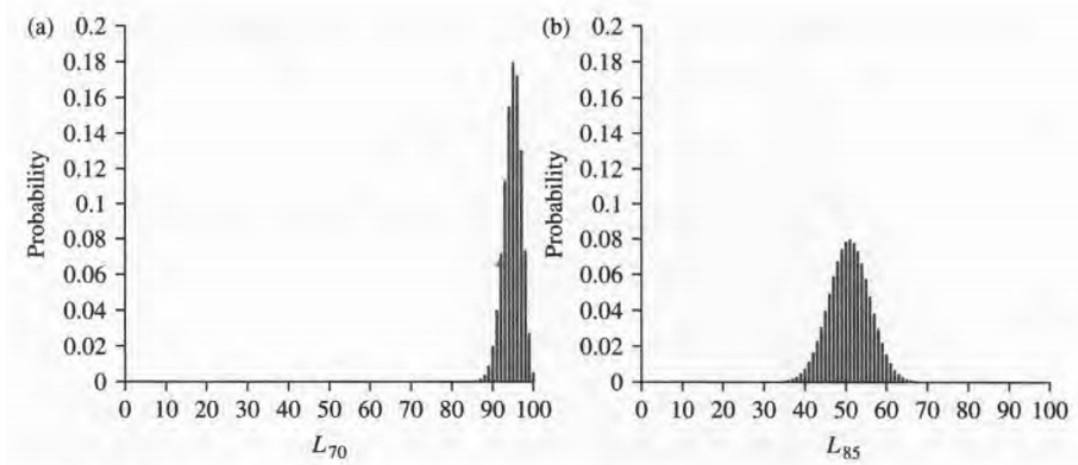


Figure 1.8. Probability distributions of L_{70} and L_{85} .

את ההשפעה לגודל הקבוצה תחת שימוש בלוח תמותה סטוכסטי נמחיש תוך חישוב מקדמי ההמרה בדומה לנהוג בקרנות הפנסיה החדשות וחישוב תוחלת החיים למבוטחים בגיל 67. מכיוון שאנו דנים בחישוב קצבה למקרה חיים, הרי שנסתכל על תרחיש קיצון של לדוגמא 95%, כעל האחוזון ה-95 של ההתפלגות לשרידות (או האחוזון ה-5 של ההתפלגות לתמותה). באם היינו דנים בתמחור ביטוח למקרה מוות, הרי שתרחיש קיצון של 95% היה בא לידי ביטוי כאחוזון ה-5 של ההתפלגות לשרידות (או כאחוזון ה-95 של ההתפלגות לתמותה). לפני שנמשיך ונציג את התוצאות, יש להסביר את המושג של "תרחיש קיצון 95%". מושג זה יכול להתפרש בשתי גישות: הראשונה, מספר השורדים בשנה ה- n שווה לאחוזון ה-95 של התפלגות השורדים בשנה ה- n מכלל האוכלוסייה שהתחילה בזמן 0. השנייה, מספר השורדים בשנה ה- n שווה לאחוזון ה-95 של התפלגות השורדים בשנה ה- n מתוך האוכלוסייה של תחילת השנה. הגישה השנייה הינה גישה מחמירה, מאחר והיא דורשת שלאורך כל השנים התרחיש לוקח בחשבון את האחוזון ה-95 של התפלגות השורדים.

חישבנו את מקדמי ההמרה תחת שתי הגישות, בהתאם לאחוזונים 90, 95 ו-99.5, ולקבוצות בגודל שונה בין 50 מבוטחים ועד 2500 מבוטחים גברים בגיל 67. לוח התמותה הבסיסי הינו לוח 39 כפי שמפורסם בקודקס הרגולציה (מקור חוזר פנסיה 1-3-2013) וריבית הבסיס 3.74%. החישוב נעשה על בסיס תשלום שנתי ולא חודשי. טבלאות 4א, 4ב מציגות את מקדמי ההמרה ואת תוחלת החיים בהתאמה, לפי הגישה הראשונה. טבלאות 5א, 5ב מציגות את מקדמי ההמרה ואת תוחלת החיים בהתאמה, לפי הגישה השנייה.

בטבלאות 4,5 ניתן לראות בבירור את ההשפעה של גודל הקבוצה. לפי הגישה הראשונה (טבלה 4), ניתן לראות שבקבוצות קטנות בתרחיש של 90% יש גידול של קרוב ל-10% במקדם ההמרה, לעומת גידול של עד 2% בקבוצות גדולות. יתרה מזאת, בתרחיש קיצון של 99.5% הגידול בקבוצות קטנות יגיע למעל ל-15%, לעומת גידול של עד כ-4% בקבוצות גדולות. הדבר בא לידי ביטוי גם

בתוחלת החיים. בעוד שבקבוצה קטנה תחת תרחיש הקיצון של 99.5% משך החיים של גבר בן 67 גדל בכ 4.5 שנים (מגיל 86.6 לגיל 91.2), הרי שבקבוצות גדולות הגידול הוא של פחות משנה. בנוסף, ניתן לראות שהאחוזון של המקדם בחישוב הרגיל (מופיע בטבלאות בשורת ה"בסיס") נמצא קרוב מאוד לחציון של ההתפלגות לכל גודל של קבוצה.

בטבלה 5, ניתן לראות את ההשפעה של התנאי המחמיר אשר בגישה השנייה. כאן הגידול במקדם ההמרה נע בין 25%, בתרחיש של 90%, לקרוב ל 50% בתרחיש של 99.5% אצל קבוצות קטנות. בקבוצות גדולות קיימים שינויים מהותיים גם כן, גידול בשיעור של 5%-15%. ההבדלים ניכרים גם בתוחלת החיים, בה נרשם גידול של 7-17 שנים בקבוצות הקטנות, ובקבוצות הגדולות גידול של 1-4 שנים. בנוסף, האחוזון של המקדם בחישוב הבסיסי מתרחק מהחציון של ההתפלגות ככל שהקבוצה קטנה יותר, אחוזון 45 בקבוצה בגודל 50 לעומת אחוזון 49 בקבוצה מעל 1000.

טבלה 4: חישובים לפי הגישה הראשונה

א4

מקדמי המרה - גברים, גיל 67

גודל הקבוצה

	50	100	500	1000	2500
בסיס	162.58	162.58	162.58	162.58	162.58
	(49%)	(49%)	(49%)	(50%)	(50%)
90.0%	177.3	172.82	167.29	165.91	164.68
	9.10%	6.30%	2.90%	2.00%	1.30%
95.0%	180.8	175.98	168.61	166.83	165.28
	11.20%	8.20%	3.70%	2.60%	1.70%
99.5%	189.95	182.83	171.9	169.18	166.79
	16.80%	12.50%	5.70%	4.10%	2.60%

ב4

מקדמי המרה - גברים, גיל 67

גודל הקבוצה

	50	100	500	1000	2500
בסיס	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6
	(86.6)	(86.6)	(86.6)	(86.6)	(86.6)
90.0%	21.9	21.2	20.3	20.1	19.9
	(88.9)	(88.2)	(87.3)	(87.1)	(86.9)
95.0%	22.5	21.7	20.6	20.3	20
	(89.5)	(88.7)	(87.6)	(87.3)	(87.)
99.5%	24.2	22.9	21.1	20.6	20.3
	(91.2)	(89.7)	(88.1)	(87.6)	(87.3)

טבלה 5: חישובים לפי הגישה השנייה

א5

מקדמי המרה - גברים, גיל 67
גודל הקבוצה

	50	100	500	1000	2500
בסיס	162.58	162.58	162.58	162.58	162.58
	(45%)	(45%)	(48%)	(49%)	(49%)
90.0%	214.93	203.13	179.49	174.69	170.05
	32.2%	24.9%	10.4%	7.4%	4.6%
95.0%	223.63	209.73	184.22	177.89	172.19
	37.6%	29.0%	13.3%	9.4%	5.9%
99.5%	240.61	225.53	195.79	186.39	177.53
	48.0%	38.7%	20.4%	14.6%	9.2%

ב5

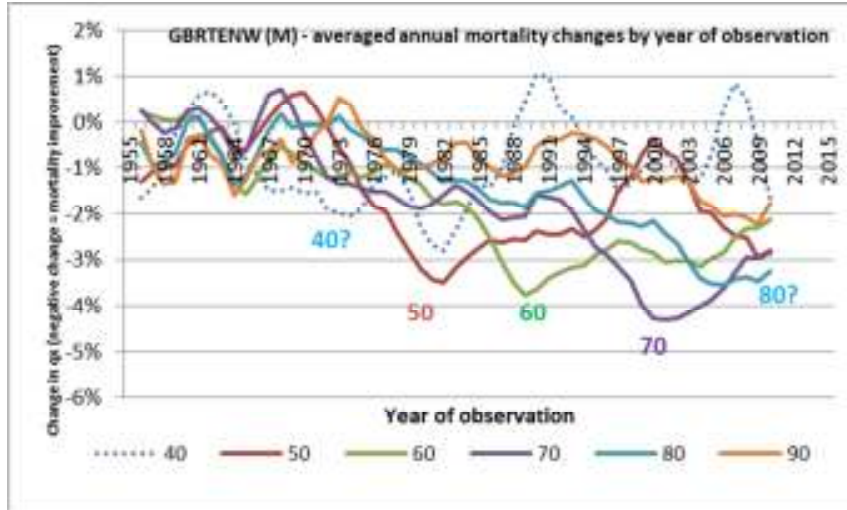
מקדמי המרה - גברים, גיל 67
גודל הקבוצה

	50	100	500	1000	2500
בסיס	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6
	(86.6)	(86.6)	(86.6)	(86.6)	(86.6)
90.0%	29.6	26.9	22.5	21.7	20.9
	(96.6)	(93.9)	(89.5)	(88.7)	(87.9)
95.0%	31.8	28.4	23.4	22.2	21.2
	(98.8)	(95.4)	(90.4)	(89.2)	(88.2)
99.5%	36.7	32.3	25.5	23.8	22.2
	(103.7)	(99.3)	(92.5)	(90.8)	(89.2)

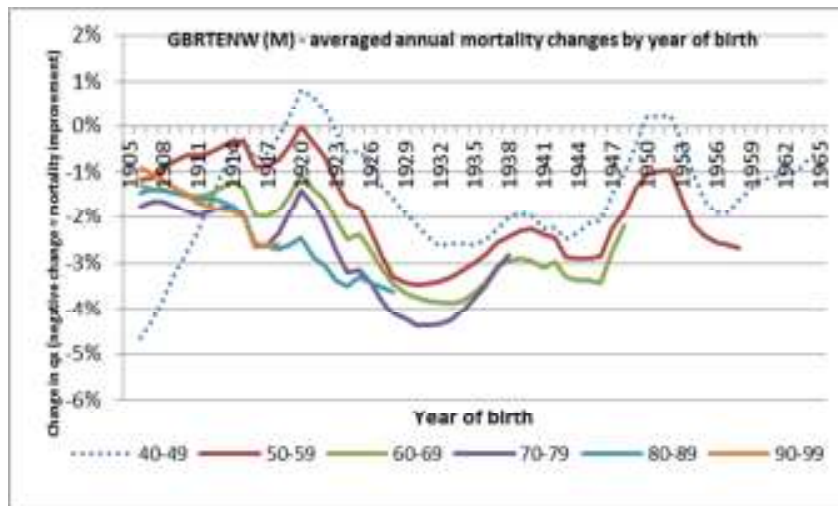
פרק 7: תופעת הקהורטה: השוואה בינלאומית

ערך: דב רפאל

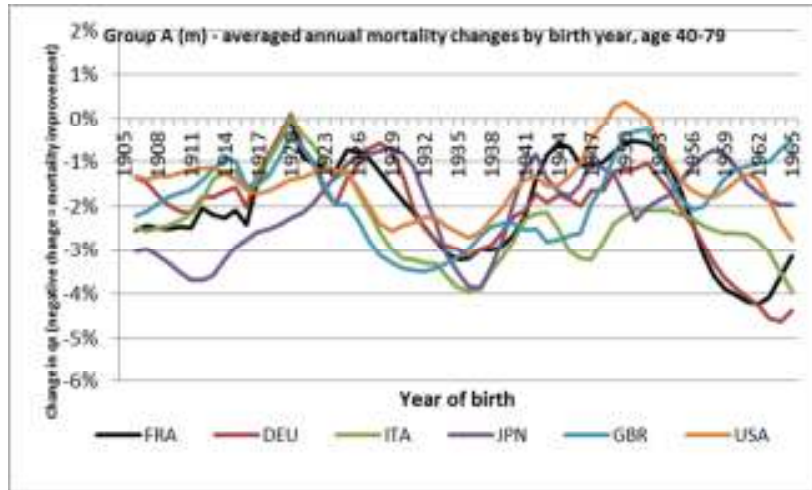
לכאורה, שינויים בשיעורי תמותה תלויים בגיל ובשנת האירוע. אולם, ב-1999 החוקר פרופ' ריצ'רד וילטס הצביע על גורם נוסף. להלן גרף המציג את השינויים השנתיים בשיעורי תמותה באנגליה, בגילים נבחרים:



השיפורים המשמעותיים ביותר (3-4% לשנה!) מתרחשים במועדים שונים, ולמעשה מתרכזים אצל אנשים שנולדו בשנות ה-30 של המאה הקודמת. אפשר לראות זאת ביתר קלות אם מציינים בציר ה-x את שנת לידה:

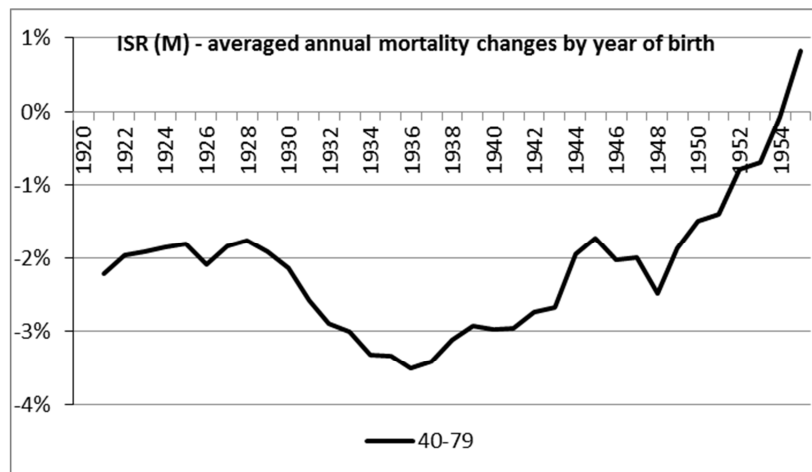


תופעה זו נקראת "תופעת הקוהורטה" (the cohort effect). סיבות משוערות לשיפורי תמותה חזקים יותר אצל ילידי שנות ה-30 כוללים: בריאות טובה יותר מגיל צעיר, ירידה במספר המעשנים, ואפילו השפעה חיובית של תקופת הצנע אחרי מלח"ע השנייה! הדבר המעניין הוא שקיימת תופעה דומה ברוב המדינות המפותחות (מערב אירופה, צפון אמריקה ויפן):



בנוסף לקוהורטה החיובית, במדינות רבות ניתן לראות תופעה של קוהורטה שלילית סביב שנת לידה 1950. מאחר ומדובר בשיעורי שינוי משנה לשנה, אפשר לפרש זאת כתגובת-נגד לשיפורים החיוביים החריגים אצל הקוהורטה הקודמת.

גם בארצות עם בסיס נתונים מצומצם יותר, כמו למשל בישראל, אפשר לראות תופעות דומות. יחד עם זאת בשל היקף הנתונים, נדרשת זהירות בהבנת התוצאות, אולם הדמיון לתמונה הבינלאומית מחזק את התחושה שזה לא עניין של מקריות. הגרף הבא מבוסס על נתונים מהשנים 1983-2014.



קיום קוהורטה חיובית אצל גברים זוהה בנתונים הישראליים ב- 2005 ונלקח בחשבון בבניית מקדמי השיפור. מחקר נוסף ב- 2011-12 הצביע על קוהורטה גם אצל נשים (על פני תקופת שנות לידה קצרה יותר), אך לא נעשתה הפרדה בלוחות. המחקר החדש של MR (ר' להלן) מאשר את קיום הקוהורטה החיובית אצל שני המינים, כמו גם קוהורטה שלילית בהמשך.

יש סימנים לקוהורטה חיובית נוספת בחלק מהמדינות, המתייחסת לשנות ה- 60 של המאה הקודמת. לעת עתה מדובר באוכלוסייה צעירה יחסית, ואין וודאות שהיא תימשך אל גילים מבוגרים יותר.

פרק 8: הפרשים בשיפורי תמותה לפי מאפיינים סוציו-אקונומיים

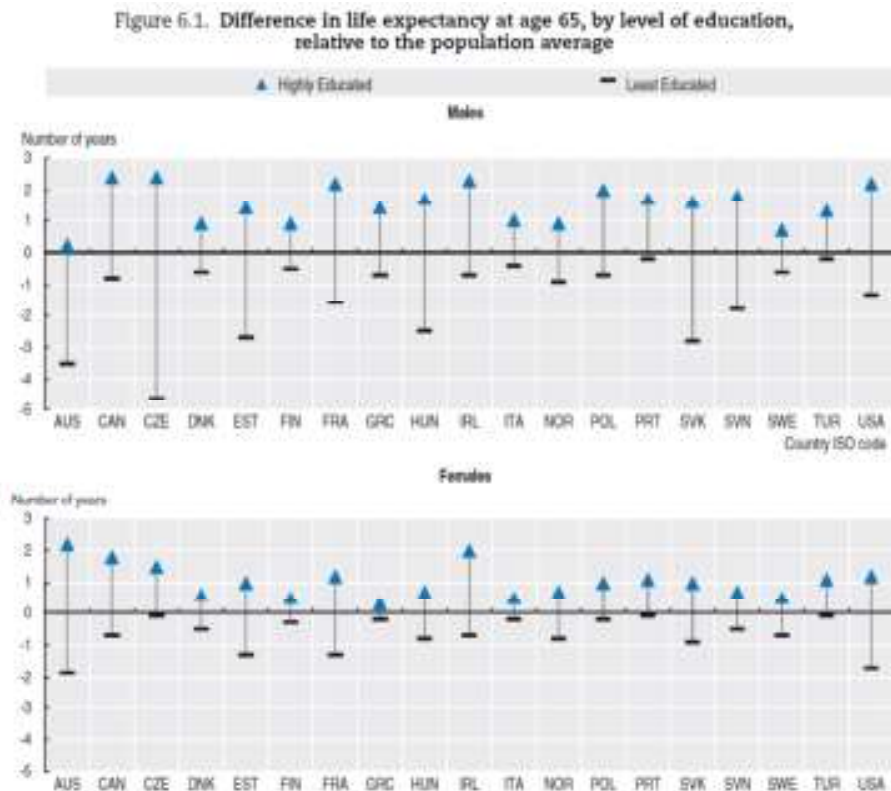
ערך: דניאל כצמן

ידוע שהבדלים במאפיינים סוציו-אקונומיים משפיעים על תוחלת חיים; עליה במצב סוציו-אקונומי תורמת לעלייה בתוחלת החיים. האם אפשר להבחין בהפרשים גם בשיפורי תמותה בין קבוצות סוציו-אקונומיות שונות?

בסקירה OECD Business and Finance Outlook לשנת 2016, מובאים מספר מחקרים שבחנו את השפעתם על שיפורי תמותה של שלשה מאפיינים: השכלה, הכנסה, ומקצוע. ההשפעות נמדדו במדינות שונות על פני תקופות שונות. המדינות שנסקרו כוללות כמחצית ממדינות אירופה, ארה"ב, קנדה, אוסטרליה וטורקיה. יש לציין כי קיים קשר בין שלושת הגורמים הנ"ל, ואפשר לראות כל אחד כפן אחר של הרמה הסוציו-אקונומית של כל פרט.

השכלה

משלושת המאפיינים, רמת ההשכלה היא הזמינה ביותר ולכן השכיחה ביותר במחקר. יש לה היתרון הנוסף שהיא נקבעת מוקדם יחסית בחיים ובדרך כלל אינה משתנה, וגם שהיא מדידה ברמת הפרט. ההבדל בתוחלת החיים בגיל 65 בין רמת ההשכלה הגבוהה ביותר והרמה הנמוכה ביותר הוא בדרך כלל מעל שלוש שנים עבור גברים, וכשנתיים עבור נשים, כמו שמופיע בתרשים להלן:



באשר לשיפורי תמותה, נבדקה תוחלת החיים בגיל 65 לכל רמת השכלה על פני תקופות שונות, בדרך כלל פחות מ-10 שנים. התוצאות מופיעות להלן:

Figure 6.2. Additional months of life expectancy at age 65 gained per year by those in the highest category of educational attainment compared to the lowest category



Note: The number in parenthesis refers to the number of years used to measure the difference. Reference years and categories differ across countries, see Annex 6.A1.

Source: OECD calculations based on sources given in Annex 6.A1.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/889033362678>

בממוצע (למעט אסטוניה), הפער בתוחלת החיים בין הרמה הגבוהה ביותר והרמה הנמוכה ביותר התרחב עבור גברים בכחודש אחד לכל שנת מחקר, ועבור נשים בכחציית מזה, אבל היתה שונות גדולה. היו אפילו מדינות, כמו צרפת, אסטוניה, ואיטליה, שבהן הצטמצם הפער. בארה"ב, ש-32 שנות המחקר שם היוו התקופה הארוכה ביותר, גדל הפער אצל גברים ונשים בכ-3 שבועות לכל שנה.

הכנסה

נבדקו הפרשים בתוחלת החיים בגיל 65 בין רמת הכנסה גבוהה ורמה נמוכה. רק 4 מדינות השתתפו: אוסטרליה, ניו זילנד, קנדה, וצ'ילה. ההפרשים היו סביב ה-3.5 שנים לגברים וקצת פחות לנשים. לגבי השיפור, נבדקה רק ניו זילנד. הפער בין הרמה הגבוהה והנמוכה גדל במשך 20 שנה בכשנה וחצי לגברים ונשים, כלומר כמעט חודש לכל שנה.

מקצוע

במחקר זה, דורגו מקצועות מרמה "גבוהה" לרמה "נמוכה", בהנחה שמאפייני המקצועות ברמה גבוהה תורמים יותר לתוחלת חיים. השפעת המקצוע על תוחלת החיים בגיל 65 נבדקה באנגליה וויילס על פני 25 שנה, ובצרפת על פני 31 שנה. הדירוג התחיל במקצועות חופשיים ומנהלים בכירים, עבר דרך מנהלי ביניים, בעלי עסקים קטנים, ומפקחים זוטרים, והסתיים בעבודות שגרה ולא מקצועיות (אנגליה) או בעבודת כפיים (צרפת). בתחילת המחקר, ההפרשים בתוחלת החיים בין הרמה הגבוהה והנמוכה עמדו על 2.4 שנים לגברים ו-2.9 שנים לנשים.

בתקופת המחקר גדל הפער בתוחלת החיים לגברים בין הרמה הגבוהה ביותר והנמוכה ביותר, באנגליה ובוויילס, בשנה וחצי, כשלושה שבועות לכל שנה. אצל נשים השיפור היה אמנם חיובי אבל כמעט ולא ניכר:

Males		1984	1994	2004	2009
Higher managerial and professional		15.3	16.8	18.9	20.3
Lower managerial and professional		15.1	16.2	18.2	19.3
Intermediate		13.9	16.0	17.6	18.7
Small employers		14.0	15.8	17.6	18.7
Lower supervisory and technical		13.4	14.7	16.5	18.0
Semi-routine		12.9	14.1	15.8	17.5
Routine		12.9	13.7	15.4	16.4
Difference between high and low		2.4	3.1	3.5	3.9

Females		1984	1994	2004	2009
Higher managerial and professional		19.7	21.1	21.7	22.5
Lower managerial and professional		18.9	19.5	21.2	21.9
Intermediate		18.3	19.8	20.4	21.7
Small employers		18.6	19.8	20.5	21.9
Lower supervisory and technical		18.7	18.5	18.8	20.1
Semi-routine		17.4	18.5	19.4	20.4
Routine		16.8	18.0	18.5	19.4
Difference between high and low		2.9	3.1	3.2	3.1

בצרפת הפער גדל אצל גברים במשך 31 שנה בכ-1.1 שנים, כ-12 יום לשנה, ואצל נשים הוא לא גדל.

בארץ

בארץ בדק הלמ"ס את הפערים בתוחלת חיים בין רמות השכלה שונות והשינויים בהם על פני 15 שנים (2000-2014). הנתונים הופקו עבור ארגון ה-OECD ולפי הנחיותיו. בתוחלת חיים **בגיל 30**, קיים בשנת 2014 פער של 6.2 שנים בנשים ו-6.1 שנים בגברים בין השכלה על תיכונית להשכלה של פחות מ-12 שנות לימוד. הפער עלה עם השנים, בשנת 2000 עמד על 4.7 שנים בנשים ו-4.4 שנים בגברים. בתוחלת חיים **בגיל 65** הפער בשנת 2014 בנשים עמד על 4.8 שנים בנשים לעומת 3.8 שנים בגברים. גם בגיל זה הפער התרחב עם השנים, בשנת 2000 עמד על 3.5 ו-2.6 שנים בנשים וגברים בהתאמה.

מסקנות

רוב המחקרים מצביעים על קשר כלשהו בין המצב הסוציו-אקונומיים ושיפור בתמותה. ואולם, מספר שיקולים מצביעים על חוסר בשילוח בתוצאות האלה לשמש כגורם בתוך המודל שלנו. אין מסד נתונים רב-שנתי ויציב מספיק שיכול לשמש כבסיס לחישובים. חוץ מהשכלה, לא נאספים משתנים



רבים באופן שוטף במגוון רחב של מדינות. גם לגבי השכלה, ישנה שונות גדולה ברמת ההשפעה. לאלה יש להוסיף את הקושי נכון לעכשיו בהגדרת הסיווגים של הגורמים. עקב כך, הוחלט בשלב זה שלא להתחשב בגורמים סוציו-אקונומיים במודל.

פרק 9: המודל לתחזית התמותה של למ"ס לשנים 2016-2065

הרצאה שניתנה ע"י ד"ר אחמד חליחל, סגן מנהל אגף בכיר דמוגרפיה ומפקד

הקדמה

הלמ"ס נוהג מזה עשורים רבים לבצע תחזיות אוכלוסייה ארציות כל חמש שנים. לביצוע התחזית יש לקבוע הנחות עבור מרכיבי השינוי לכל קבוצה של האוכלוסייה – ילודה, תמותה והגירה. קביעת ההנחות מלווה ומאשרת על ידי וועדת היגוי מקצועית מטעם המועצה הציבורית לסטטיסטיקה. הוועדה מורכבת מאנשי אקדמיה ומשתמשים בתחזית בשירות הציבורי. לוועדה מוזמנים אנשי מקצוע מהלמ"ס.

בהרצאה זו יוצג התהליך שבסופו נבחר המודל לחיזוי התמותה לסבב התחזיות האחרונות, לשנים 2016-2065.

עד לשנת 2012 הנחות התמותה בתחזיות האוכלוסייה בלמ"ס נקבעו על פי הערכות מומחים בוועדת ההיגוי של התחזית, וללא מודל סטטיסטי. תחזיות אלה היו לתקופה של 25 שנה. בשנת 2012 הלמ"ס ערך ניסוי בחישוב תחזית ל-50 שנה, והנחות התמותה בתחזית זו התבססו על מודל סטוכסטי המחשב את הנחות התמותה (ורוחי הסמך של התחזית) על פי נתוני העבר (תחזיות אוכלוסייה לישראל לטווח ארוך 2009-2059)⁴.

מדינות רבות מיישמות מודלים חדשים לחיזוי תמותה. מודלים אלה מתבססים על שיטות סטוכסטיות, בשונה מהשיטות הדטרמיניסטיות שהיו מקובלות בעבר והסתמכו על שיקול דעתם של המומחים, ללא התחשבות בתהליכים אקראיים וטעויות אקראיות. בשיטה הסטוכסטית ישנו רכיב אקראי המבטא טווח הסתברותי אשר מגדיר את הגבולות שבהם התוצאות ה"אמתיות" ימצאו ברמת ביטחון נתונה. השיטה נותנת מענה למקבלי החלטות המסתמכים על מודלים הסתברותיים.

בסיס נתונים לחיזוי תמותה (בתחזיות האחרונות)

נתוני הפטירות בלמ"ס מתקבלים ממרשם האוכלוסין. אומדני האוכלוסייה מחושבים ממפקדים ומעודכנים ממערכת מרשם האוכלוסין

היות ותחזיות האוכלוסייה בלמ"ס הן ל-50 שנה, יש להסתמך על סדרת נתונים היסטוריים ארוכה ככל שניתן

חיזוי התמותה בלמ"ס מבוסס על שיעורי התמותה (m_x) , לפי גיל ומין.

⁴ <http://www.cbs.gov.il/publications/tec27.pdf>

פירוט נתונים היסטוריים בלמ"ס אוכלוסייה יהודית

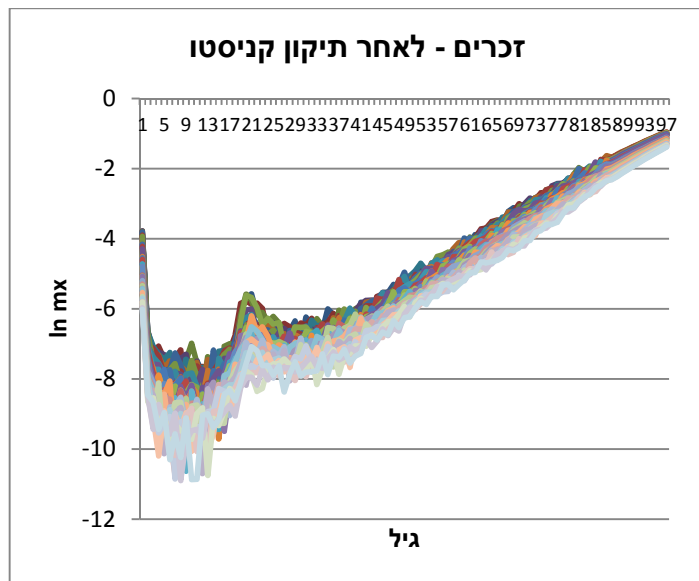
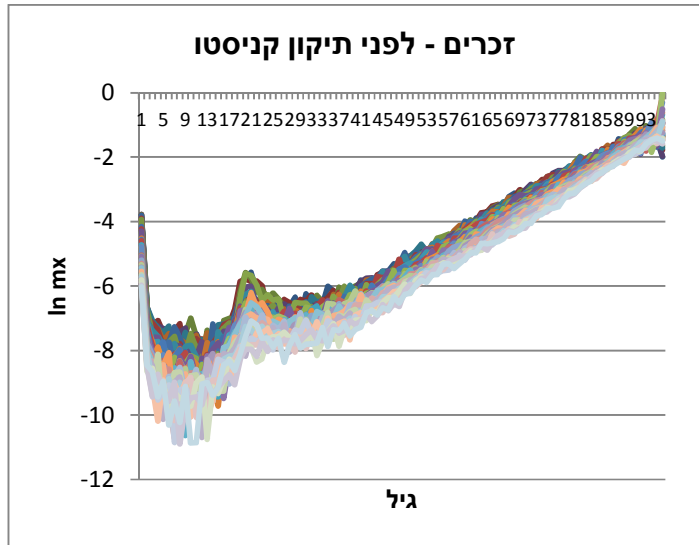
נתוני פטירות לפי גיל בודד קיימים לאוכלוסייה היהודית משנת 1950, ומשנת 1968 לכלל האוכלוסייה משנת 1984 נתוני האוכלוסייה זמינים לפי גיל בודד, עד אז הנתונים הוכנו ופורסמו בקבוצות גיל של חמש שנים, עד קבוצת גיל אחרונה של 80 ומעלה.

שיעורי התמותה בקבוצות גיל מבוגרות (65 ומעלה) מושפעים מטעויות בדיווח גיל, במיוחד בגילים המבוגרים ביותר.

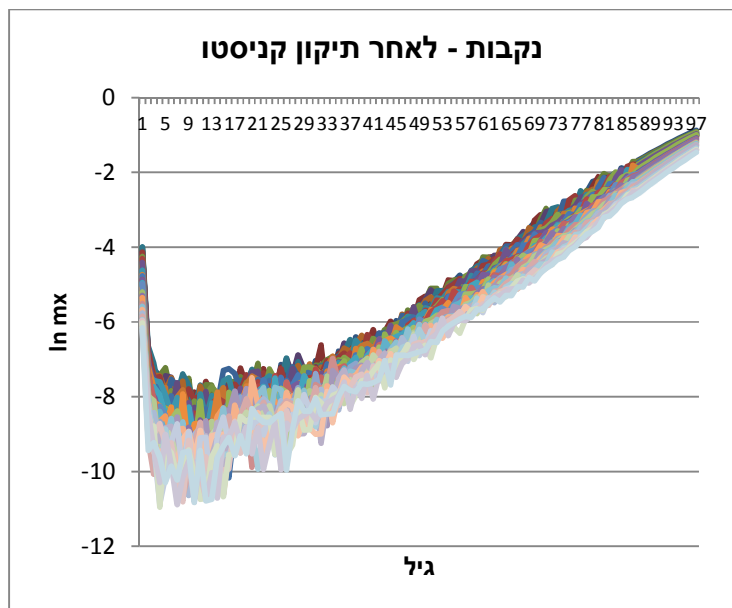
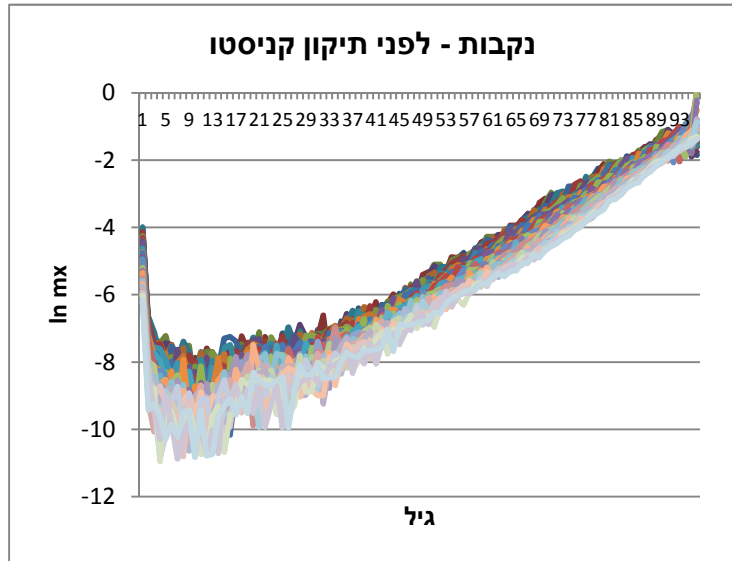
טיפול בנתונים

הוכנה סדרת נתונים של שיעורי תמותה לשנים 1968-2015 לפי מין וגיל בודד עד גיל אחרון 105. כדי ליצור בסיס נתונים לפי גיל בודד, נתוני האוכלוסייה לשנים 1968-1984 נפתחו לגיל בודד בשיטת מכפילי Sprague. כדי להתגבר על הטעויות בדווח גיל בגילים המבוגרים, שיעורי התמותה בגילים מבוגרים נאמדו על ידי מודל Kannisto. המודל החליק את השיעורים מגיל 85 עד גיל 105, על בסיס הנתונים בגילים 65-84.

לוג שיעורי תמותה של גברים יהודים לפני ואחרי תיקון מודל קניסטו (1968-2013)



לוג שיעורי תמותה של נשים יהודיות לפני ואחרי תיקון קניסטו (1968-2013)



מודל LC – Lee-Carter

המודל המקובל היום לתחזיות תמותה הוא מודל לי-קרטר, שמאז פרסומו בשנות ה-90 עבר שכלולים ושינויים שונים. המודל הבסיסי הוא:

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + b_x k_t + e_{x,t}$$

פרמטר a_x הוא הממוצע של ערכי $\ln(m_x)$ לכל קבוצת גיל בתקופת האמידה.

$$a_x = \frac{\sum_{t=0}^N \ln(m_{x,t})}{N(\text{Observed})}$$

פרמטר זה משקף את הדפוס הכללי של התמותה לפי גיל ומהווה את הבסיס לחיזוי של m_x .

פרמטר b_x הוא השינוי היחסי בתמותה $\ln(m_x)$. הוא מהווה סט ערכים לפי קבוצת גיל המסתכמים ב-1, ומתארים את השינוי היחסי בתמותה מהממוצע לכל קבוצת גיל. הפרמטר מסתמך על השינוי של ערכי $\ln(m(x))$ בתקופת האמידה.

$$b_x = \frac{\sum_{t=0}^N [k_t \times \ln(m_{x,t})]}{\sum_{x=0}^{95+} [\ln(m_{x,t}) - a_x] / \sum_{t=0}^N k_t^2}$$

פרמטר k_t הוא אינדקס של רמת שיעורי התמותה לפי שנה בתקופת האמידה. k נאמד כן שסה"כ הפטירות שיתקבלו מה- m_x החזויים בכל שנה, יהיו זהים לסה"כ הפטירות שנצפה כל שנה.

$$k_t = \sum_{x=0}^{95+} [\ln(m_{x,t}) - a_x]$$

$$k_t = k_{t-1} + d + e_t \quad t = N + 1, \dots, N + 50$$

כאשר:

$$d = \frac{k_N - k_1}{N - 1}$$

$$e_t \sim N(0, \sigma_{rw}^2)$$

ברוב האוכלוסיות מתברר שהשינוי ב- k הוא קרוב ללינארי, ולכן כמעט בכל התחזיות הסטוכסטיות שעושות שימוש במודל לי קרט, נעשה שימוש במודל חיזוי פשוט מסוג random walk with drift, שמניח שמגמת השינוי בערך t היא לינארית.

$e_{x,t}$ - הוא משתנה מקרי בעל תוחלת אפס, המייצג את ההשפעות של יתר הגורמים אשר משפיעים על התחזית לגיל x ובזמן t , ואשר לא נכללו במודל.

השונות של המודל נובעת בראש וראשונה מהתאמת המודל, ובאופן משני מהאקסטרפולציה של האינדקס של הזמן.

בחירת מודלים שונים ממשפחת לי-קרטר

לצורך קביעת ההנחות לתחזית נבחנו מספר מודלים שפותחו על בסיס מודל Lee-Carter (LC) המקורי, ביניהם:

- Lee-Miller (LM)
- Booth- Maindonald- Smith (BMS)
- Hyndman- Ullah (HU)

מודל Lee-Miller

מודל LM (2001) מציע פיתוח למודל LC המקורי. המודל שונה בכך שהוא מצמצם את תקופת האמידה (נתוני ארה"ב משנת 1950) וגם בצורת אמידת הפרמטר k . הפרמטר נאמד באופן שמכיל את ערכי ה- \max החזויים בכל שנה לתוחלת החיים שנצפתה. המודל משנה את אופן אמידתו של פרמטר k בכך שהוא מתאים אותו ל- e_0 ב- jump off year , השנה שלפני התחזית. בצורה זו מגמת התחזית מותאמת לערכים שנמדדו.

מודל Booth- Maindonald- Smith

מודל BMS (2002) מציע פיתוח נוסף למודל LC המקורי. הוא אינו מניח שמרכיב הגיל קבוע עם הזמן, אלא שישנה אינטראקציה בין גיל וזמן. פרמטר k נאמד על ידי התפלגות שיעורי התמותה לפי גיל, כלומר, בכל קבוצת גיל ערכו של k מותאם על ידי גרסיית Poisson למספר הפטירות באותה שנה ובאותה קבוצת גיל. במקום $k(t)$ ערך המגמה יהיה מעכשיו $k(x,t)$. בנוסף, התקופה ההיסטורית שתשמש לאמידת המודל תיקבע על ידי מבחני טיב התאמה אשר מחפשים התנהגות יציבה של השיעורים, המתבטאת בהתנהגות לינארית של $k(t)$. במודל זה נעשה שימוש בלמ"ס לתחזיות האוכלוסייה לשנים 2009-2059.

מודל Hyndman- Ullah

מודל HU (2007) עושה שימוש בטכניקת ניתוח המידע פונקציונלי (functional data analysis) שפותחה על ידי רמזיי וסילברמן ומציע שיטה המתבססת על פונקציות החלקה ללוג של שיעורי התמותה לפי גיל. השיטה מרחיבה את סט הפרמטרים הבסיסי של לי קרטר ומפעילה שיטות נוספות לאמידת שיעורי התמותה. לשיטה זו גם פותחו תת שיטות נוספות, כמו Robust HU ו- Weighted HU.

שיטת הבדיקה

שיטת הבדיקה: חיזוי שיעורי תמותה לשנים 1999-2013 בהסתמך על נתוני 1968-1998. תחזית תמותה באמצעות כל מודל נעשתה על אותן שנות אמידה. לפני ביצוע התחזיות, על מנת להימנע מהטיות הנובעות מתנודתיות של נתוני התמותה לפי גיל בודד, בוצעה החלקה לנתונים בשיטת Splines. כל

תחזית נבחנה באמצעות המדדים הבאים: א. MFE - ממוצע "טעויות" התחזית לפי שנים וגיל; וב. MAFE ממוצע "טעויות" התחזית בערך המוחלט לפי שנים וגיל.

מבחנים ללוג שיעורי תמותה

נקבות יהודיות						זכרים יהודים						
MAFE			MFE			MAFE			MFE			
HU	BMS	LM	HU	BMS	LM	HU	BMS	LM	HU	BMS	LM	שנים
0.17	0.17	0.18	-0.05	-0.03	0.00	0.13	0.14	0.14	-0.06	-0.05	-0.03	1999
0.17	0.17	0.17	-0.05	-0.03	0.00	0.17	0.18	0.18	-0.05	-0.03	0.00	2000
0.21	0.20	0.21	-0.04	-0.01	0.01	0.17	0.18	0.18	-0.05	-0.02	0.00	2001
0.21	0.21	0.21	0.01	0.04	0.07	0.20	0.20	0.20	-0.02	0.00	0.03	2002
0.20	0.18	0.19	-0.04	-0.02	0.01	0.19	0.19	0.18	-0.08	-0.06	-0.03	2003
0.19	0.17	0.18	-0.06	-0.03	0.00	0.21	0.21	0.20	-0.09	-0.07	-0.04	2004
0.20	0.19	0.20	-0.06	-0.03	-0.01	0.22	0.22	0.21	-0.16	-0.13	-0.10	2005
0.21	0.20	0.21	-0.07	-0.04	-0.01	0.25	0.24	0.24	-0.13	-0.10	-0.07	2006
0.21	0.19	0.21	-0.06	-0.03	0.00	0.24	0.23	0.23	-0.16	-0.14	-0.10	2007
0.23	0.21	0.21	-0.15	-0.12	-0.09	0.22	0.21	0.20	-0.17	-0.14	-0.11	2008
0.25	0.23	0.24	-0.11	-0.07	-0.04	0.28	0.27	0.26	-0.24	-0.21	-0.18	2009
0.25	0.24	0.24	-0.10	-0.07	-0.04	0.26	0.25	0.24	-0.20	-0.17	-0.14	2010
0.23	0.22	0.22	-0.12	-0.09	-0.06	0.30	0.28	0.25	-0.27	-0.24	-0.21	2011
0.26	0.23	0.25	-0.15	-0.12	-0.09	0.29	0.27	0.27	-0.23	-0.20	-0.17	2012
0.27	0.24	0.24	-0.18	-0.15	-0.11	0.29	0.28	0.26	-0.25	-0.23	-0.19	2013
0.22	0.20	0.21	-0.08	-0.05	-0.02	0.23	0.22	0.22	-0.14	-0.12	-0.09	ממוצע

מבחנים לתוחלת חיים בלידה

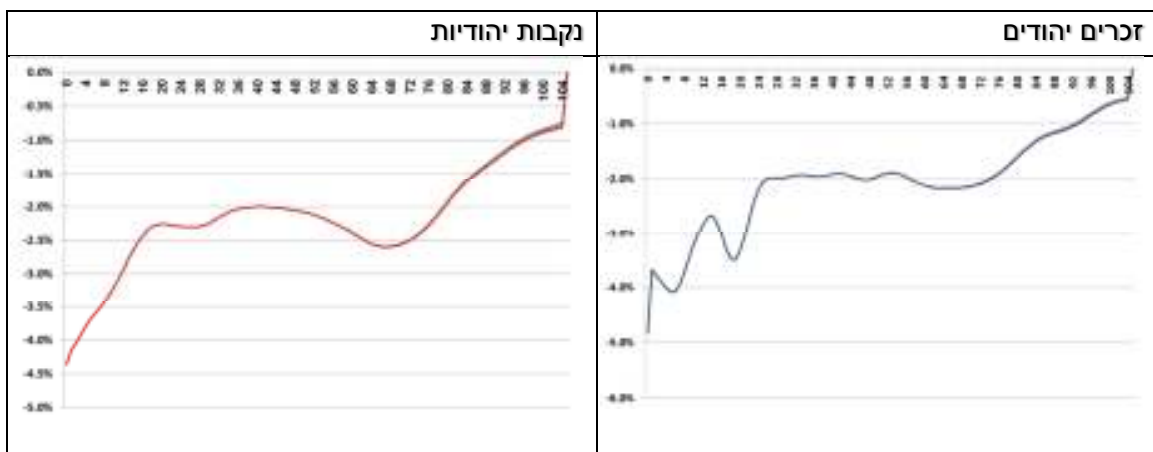
נקבות יהודיות						זכרים יהודים						
MAFE			MFE			MAFE			MFE			
HU	BMS	LM	HU	BMS	LM	HU	BMS	LM	HU	BMS	LM	שנים
0.19	0.13	0.11	0.19	0.13	0.07	0.42	0.55	0.43	0.42	0.55	0.43	1999
0.41	0.27	0.21	0.41	0.27	0.21	0.61	0.60	0.47	0.61	0.60	0.47	2000
0.78	0.61	0.55	0.78	0.61	0.55	0.90	0.87	0.74	0.90	0.87	0.74	2001
0.57	0.38	0.32	0.57	0.38	0.32	0.92	0.85	0.72	0.92	0.85	0.72	2002
0.70	0.50	0.44	0.70	0.50	0.44	1.00	0.92	0.78	1.00	0.92	0.78	2003
0.85	0.65	0.58	0.85	0.65	0.58	1.24	1.15	1.01	1.24	1.15	1.01	2004
0.68	0.47	0.40	0.67	0.46	0.40	1.28	1.19	1.05	1.28	1.19	1.05	2005
0.82	0.61	0.55	0.82	0.61	0.55	1.53	1.43	1.29	1.53	1.43	1.29	2006
0.72	0.51	0.44	0.72	0.50	0.44	1.40	1.30	1.15	1.40	1.30	1.15	2007

0.87	0.66	0.59	0.87	0.66	0.59	1.69	1.59	1.44	1.69	1.59	1.44	2008
1.46	1.24	1.18	1.46	1.24	1.18	2.30	2.19	2.04	2.30	2.19	2.04	2009
1.44	1.23	1.16	1.44	1.23	1.16	2.25	2.14	1.99	2.25	2.14	1.99	2010
1.29	1.07	1.00	1.29	1.07	1.00	2.28	2.18	2.03	2.28	2.18	2.03	2011
1.24	1.02	0.95	1.24	1.02	0.95	2.14	2.04	1.88	2.14	2.04	1.88	2012
1.42	1.20	1.13	1.42	1.20	1.13	2.42	2.31	2.15	2.42	2.31	2.15	2013
0.90	0.70	0.64	0.90	0.70	0.64	1.49	1.42	1.28	1.49	1.42	1.28	ממוצע

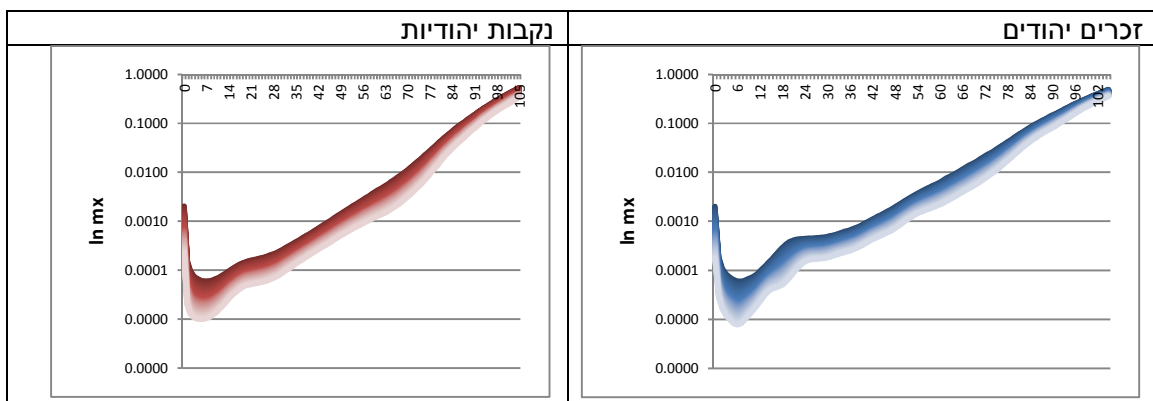
תוצאות המבחנים

תוצאות המבחנים לשיעורי תמותה מצביעות על הבדלים קלים בין השיטות. וכך גם המבחנים עבור תוחלת חיים. בשני המקרים ישנו יתרון למודל LM. בעקבות התוצאות שהתקבלו נבחר מודל לי מילר (LM) אשר השיג את החיזוי המדויק ביותר. כמקובל, להנחת התחזית המרכזית חושבו גבול עליון וגבול תחתון, לפי ערכי רווח הסמך של התחזית. להלן תרשימים של מספר תוצאות של המודל:

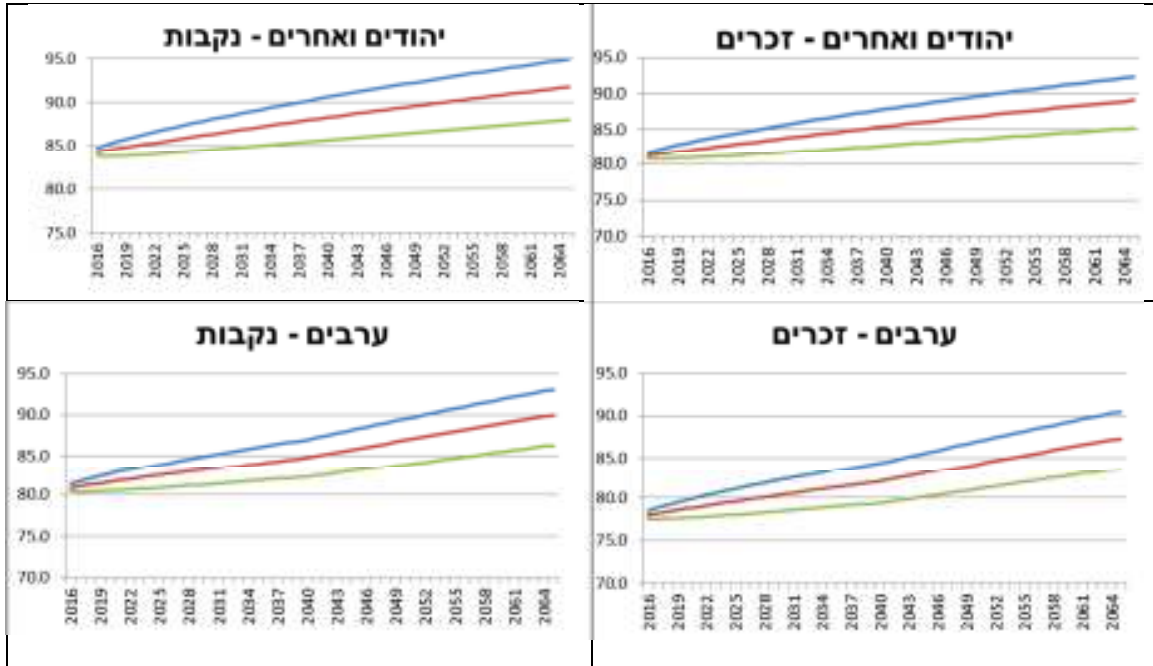
אחוז שיפור התמותה השנתי לפי גיל



תוצאות החיזוי לוג שיעורי התמותה על פי LM



תוצאות החיזוי לתוחלת החיים בלידה (e_0) על פי LM 2016-2065 – תחזית אמצעית, גבוהה ונמוכה.



פרק 10: גישת דמוגרף מהלשכה המרכזית לסטטיסטיקה לחיזוי תמותה, על סמך ניסיון של כ-30 שנה

ערך: ארי פלטיאל, מנהל אגף ניהול איכות סטטיסטית, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה

הצורך בהכנת תחזיות תמותה לטווח ארוך (כ-50) שנה עלה בלמ"ס לראשונה רק לפני כעשור, כמרכיב בתחזיות האוכלוסייה לטווח ארוך שהוזמנו מהלמ"ס כחלק מהיערכות מוסדות המדינה לתכנון של מערכות התמיכות החברתיות שדורשות אופק כמרחק שנות חיי העבודה של אדם – כ-50-45 שנה לפחות. תחזיות קודמות בלמ"ס היו לתקופות של 20 או 25 שנים בלבד. בתחזיות אלה ההשפעה היחסית של תמותה הייתה זניחה לעומת ההשפעה הגדולה של המגמות האחרות לשינוי באוכלוסייה: הפיריון השונה מאד בתתי-האוכלוסיות של ישראל, והמחזוריות המטלטלת של הגירה. השיטה המקובלת עלינו לחיזוי מגמות בתמותה לאורך השנים לא הייתה פורמאלית-סטטיסטית – בחנו מגמות בעבר, והתייעצנו עם מומחים לגבי מגמות צפויות בעתיד. בכך לא הינו שונים מרוב הלשכות הסטטיסטיות בעולם. אך כהכנה לאתגר החדש ניתחנו את ההצלחה שלנו לנבא את תוחלת החיים בישראל בעבר במסגרת התחזיות שלנו לטווח של 25 שנה.

"הצלחות בעבר"

ומה מצאנו בנייתוח? תרשים 1 מראה את מגמת השינוי בתוחלת חיים בלידה לאורך השנים למול הניסיונות, הכושלים, שלנו לחזות את המגמה הזו. הקו האדום מראה את ההתפתחות בפועל והקווים הנוספים את המגמות שנחזו. תוצאות הניתוח מראות בראש ובראשונה – א. הנטייה להסתמך על ניסיון העבר הקרוב, ולהמעיט בקצב השיפור העתידי האפשרי ו- ב. טעות הולכת וגדלה ככל שאופק התחזית מתרחקת. כעבור 20 שנה התחזיות ניבאו כ-4 שנות חיים פחות מאשר המציאות הולידה – טעות של שנה כל 5 שנים! אמנם היו תקופות שבהן לא היה שיפור בתמותה (1960-1975), אך המגמה הכללית הייתה של שיפור מתמשך.

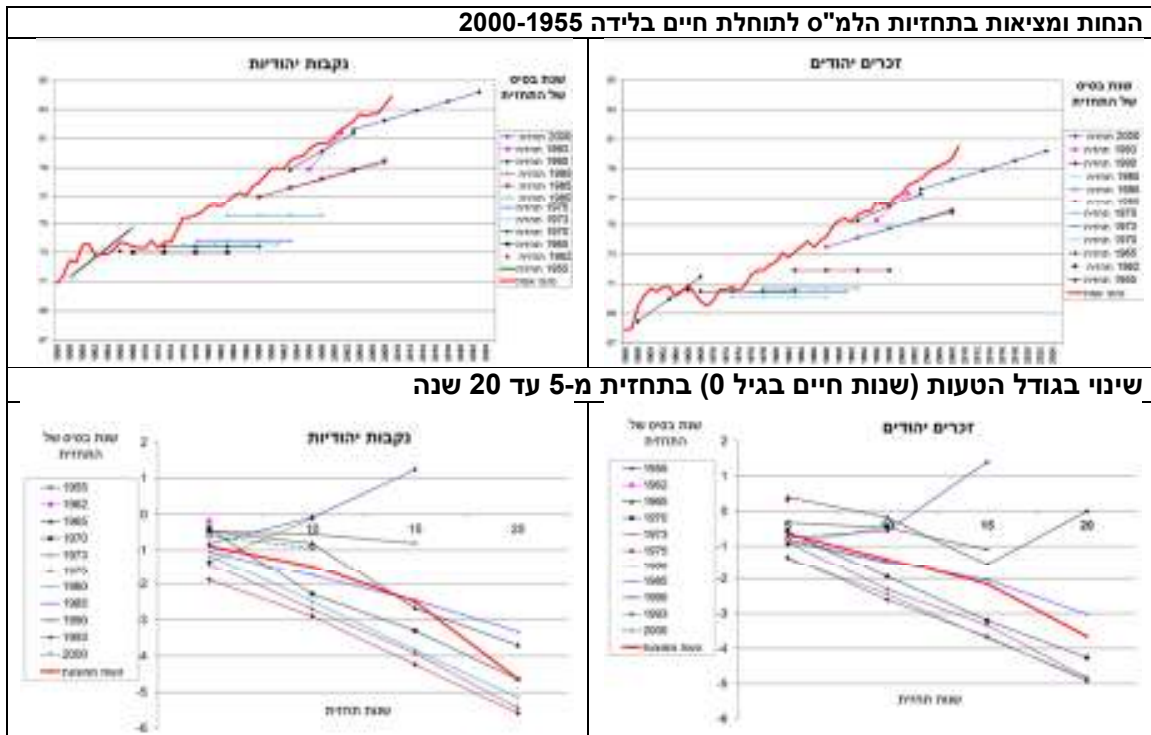
אם כך, לא נראה שהצלחנו כל כך כנביאים בעבר – למזלנו, באופק של 20 שנה ההשפעה של טעות כזאת על גודל האוכלוסייה לפי גיל לא הייתה גדולה. ההשפעה של טעויות בפיריון ובהגירה הייתה גדולה הרבה יותר. אך העובדה שטעינו בהנחת התמותה לא ייחדה את הלמ"ס. לא הינו שונים מלשכות סטטיסטיות אחרות בעולם המפותח. בעשורים האחרונים מרבית הלשכות הסטטיסטיות בעולם למדו שהם שגו בנטייה שלהם ל"שמרנות מתודולוגית" – בהנחה, הסבירה לכאורה, שקצב השיפור בתוחלת החיים חייב להתמתן בטווח הבינוני או הארוך. ויחד עם האבחנה שהעורכים של התחזיות היו פסימיים מדי לגבי עתיד התמותה באה גם ההכרה בכך שרצוי שמודלים סטטיסטיים עתידיים לחיזוי התפתחות רמות התמותה ילוו בחישוב אמפירי (לא שיפוטי) של אי-הוודאות במגמות העתידיות, ושבעבר התהליך המקצועי-שיפוטי הניב מרווחי אי-הוודאות צרים מדי.

הגישה החדשה ומודל לי-קרטר

השינוי בגישה לתחזיות תמותה בלשכות הסטטיסטיות נשען על פיתוח מודלים חדשים לחיזוי שהיו מבוססים על המגמות הסטטיסטיות של העבר. ניתוח המגמות הראה ממצא מדהים: כל הניסיונות בעבר לקבוע "גבול עליון" לתוחלת החיים האנושית הממוצעת נעקפו במהלך מאה השנים האחרונות, ואם מציבים את הארצות שבהם הושג השיא בתוחלת החיים בכל תקופה ותקופה על גרף, מוצאים עליה רציפה בשיא תוחלת החיים לאורך 150 השנים האחרונות, בקצב משתנה על פני תקופות

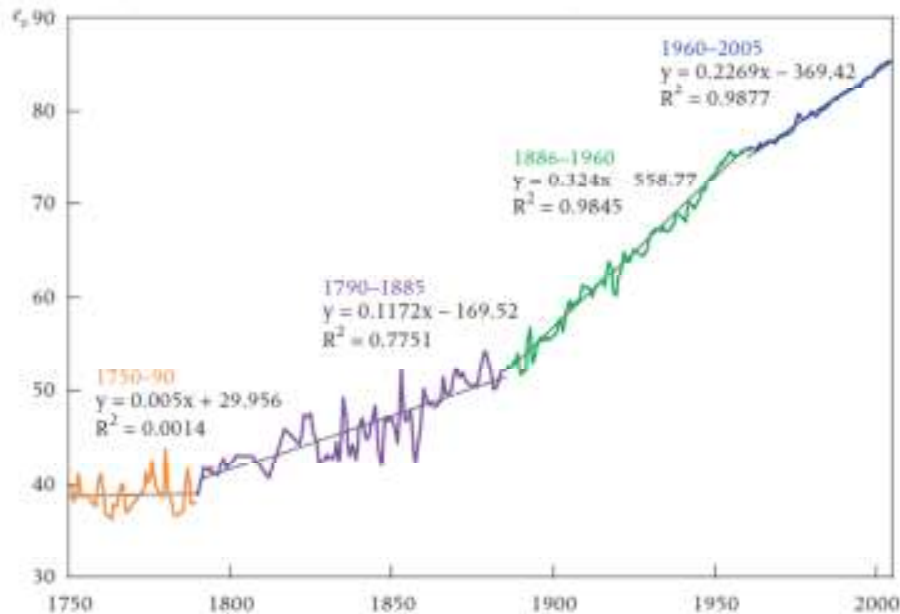
ארוכות. תוחלת החיים של ה"שיאנים" השתפרה בשנים 1960-2005 בקצב של כ-2.7 חודשים כל שנה. (תרשים 2).

תרשים 1



תרשים 2

שיא תוחלת החיים בלידה לנקבות (ללא נורבגיה וניו-זילנד), מחולק לארבע תקופות של שינוי ליניארי (Vallin, J. & Meslé F. 2009. The Segmented Trend Line of Highest Life Expectancies. *Population and Development Review*, 35, 159-187.)



מודל לי-קרטר והמשפחה שלו (שמוצגת בנייר של ד"ר אחמד חליחל, פרק 9) מבוסס על הממצא שבארצות המפותחות יש דגם שיפור משותף, שניתן להתאים לו מודל פשוט יחסית, מודל של ירידה מעריכית (אקספוננציאלית) בתמותה בכל גיל, בקצב יחסית קבוע. המודל הוא מודל של אקסטרפולציה בעזרת מודלים סטוכסטיים (הסתברותיים). המצאות דגם משותף מיתר לכאורה את החיפוש אחר גורמים ספציפיים בכל ארץ וארץ ומעקב אחר סיבות מוות ספציפיות, ומאפשר בניית מודל כללי. מודלים מהמשפחה הזאת נמצאו הרבה יותר מדויקים בחיזוי (כאשר נבחנו בצורה פורמאלית) מאשר מודלים קודמים. המסקנה של התפישה החדשה הייתה שהשיפור ברמת התמותה הוא גהות כללית שמעלה את כל הספינות (בעולם המפותח לפחות), גדולות קטנות, בקצב ממוצע דומה. כמובן שמדינות שונות מובילות את הירידה מעת לעת. ובנוסף, תנאים חברתיים-כלכליים מקומיים יכולים להוביל לכך שמדינה או קבוצת מדיניות לא ישתתפו בתהליך הגלובלי (ראה בריה"מ והפדרציה הרוסית, שבה תוחלת החיים הייתה בסטגנציה רבת שנים עקב הידרדרות חברתית-כלכלית, ויתכן שתהליך דומה מגיע לארה"ב היום). התהליך אינו בלתי נמנע, אך הוא עוצמתי ביותר.

אך גם אם המודל מצליח במובן שהוא מותאם להתנהגות של המדינות הללו ב-50 ומאה השנים האחרונות, מהו היסוד להנחה שהוא ימשיך להיות מתאים גם בעתיד? למעשה הוא מבוסס על הנחה אופטימית שכדאי לזכור. אני אצטט מתוך מאמר שהופיע בכתב העת היוקרתי Nature, שהציג את המדלים האלה: "המאה הזאת הייתה עדה לסדרה מדהימה של תגליות ששינו את פני הרפואה ובריאות הציבור, ואין סיבה משכנעת שהעתיד יהיה שונה באופן מהותי". (Shripad Tuljapurkar, Nan Li Carl Boe (2000) "A universal pattern of mortality decline in the G7 countries"

Nature Vol 405 15. ההדגשה אינה במקור). למעשה, אנחנו רואים שהשינוי בגישה לחיזוי מתבסס לא רק על פיתוח מודל סטטיסטי מתוחכם יותר, אלא על גישה "אופטימית" יותר לגבי העתיד (גישה שמתאימה אולי לעידן שלפני המשבר הכלכלי האחרון). ניתוח סטטיסטי של הנתונים הראו שלאופטימיות יש על מה להישען, והדגימו שגישה שמבוססת על מגמות ארוכות-טווח בנתונים מצדיקה את האופטימיות.

לאור הערכות אלה, הניסיונות בלשכות סטטיסטיות לאומיות ובין-לאומיות לחזות את תוחלת החיים בעתיד התבססו על שלושה עקרונות מנחים:

1. מכיוון שקצב הירידה בתמותה נמצא "חסין" לניסיונות להגביל אותו מראש, הערכה של קצב הירידה בתמותה בעתיד, זהירה ככל שתהיה, צריכה להתבסס על הניסיון ההיסטורי של מגמות יציבות ארוכות הטווח בירידה בתמותה, לפי גיל.

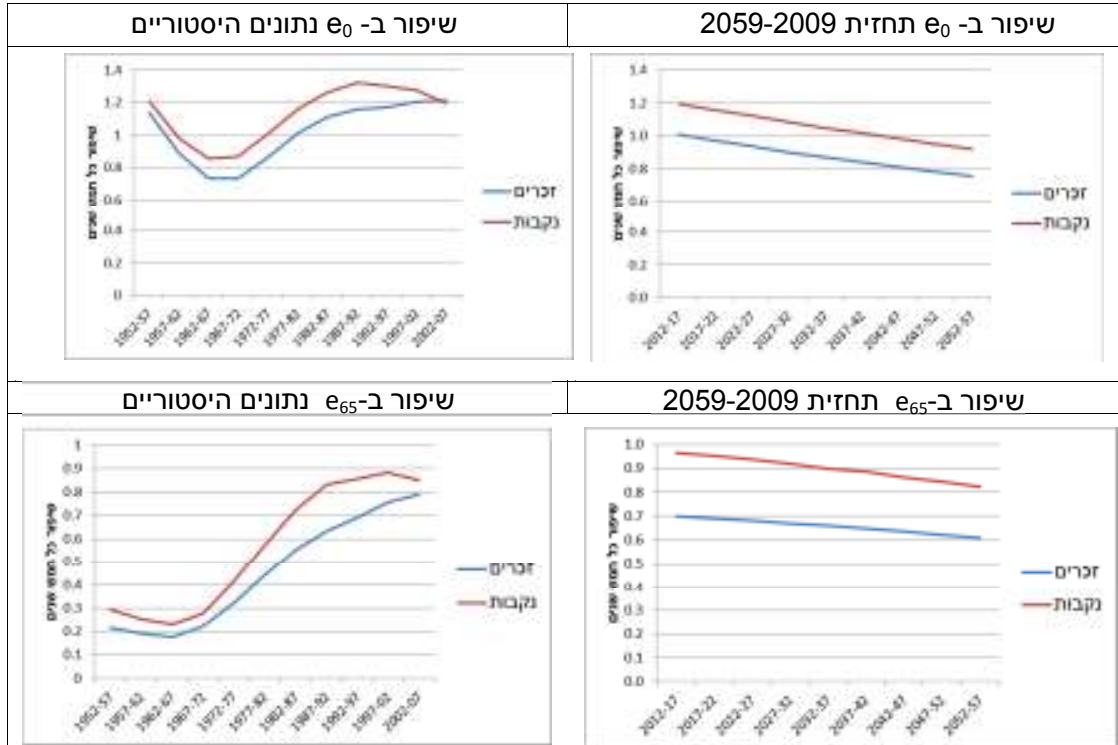
2. רצוי שתחזיות תמותה יחושבו ויוצגו לפי עקרונות סטטיסטיים. מודל סטטיסטי טוב יאפיין לא רק את הניסיון שעליו הוא מתבסס והמגמות הצפויות, אלא גם את הוודאות של ערכיו. ככל שאופק הזמן מתארך, כך יורדת הוודאות שלנו לגבי הערך הצפוי של תוחלת החיים והמודל שלנו לתחזית צריך לנסות לכמת את אי-הוודאות בפרווחים סטטיסטיים מקובלים.

3. מכיוון שתכנון של הוצאות בעתיד של ביטוח חברתי, רפואי, ופנסיוני תלוי במידה רבה ברמה העתידית של תוחלת החיים ובהשפעתה על גידול האוכלוסייה הנתמכת, עדיף להיות "שמרני" ולקבל את האפשרות שתוחלת החיים תמשיך להשתפר בקצב הנוכחי, אך יחד אם זאת לספק את מרווח האפשרויות שתכנון זהיר צריך לקחת בחשבון.

המודל בישראל

ניגש לתוצאות המודל בישראל – גם כאן, כמו במדינות אחרות מצאנו שאנחנו יכולים לחלק אפקט של ירידה לוג-לינארית בשעורי התמותה מאז ראשית שנות ה-70. בתחזיות הראשונות (הניסיוניות) לשנים 2009-2059 השתמשנו במודל Booth Maindonald Smith, ותקופת האמידה שהתקבלה מהמודל היה שונה לגברים ונשים: (1961-2008 לגברים ו-1984-2008 לנשים). יש לזכור שבתנאים אידיאליים אופק התחזית היה צריך להיות קצר הרבה יותר מאורך סדרת הנתונים שעליו הוא מתבסס. לדוגמה: תחזית ל-10 שנים צריכה להתבסס על נתונים של 20 שנים לפחות. המודלים בישראל מבוססים על תקופת אמידה שהיא קצרה או זהה לאופק התחזית, ולכן, על אף שאיפה לקחת בחשבון מגמות ארוכות טווח, בתנאים של ישראל אין אפשרות לייצור סדרת נתונים ארוכה ולכן השפעת המגמות בשנים האחרונות תהיה משמעותית. בהתחשב בכך התחזיות האחרונות של הלמ"ס (לשנים 2016-2065) חושבו בעזרת מודל Lee-Miller, ולקחו בסיס אמידה ארוך יותר מזה של התחזיות הראשונות (1961-2015) - וזהה לשני המינים. ואמנם התוצאה הייתה שבתחזיות אלה העלייה הצפויה בתוחלת החיים הייתה מעט מתונה יותר מהתחזית הקודמת, וגם ההשפעה על הבדלי תוחלת חיים בין נשים וגברים הייתה מתונה יותר.

תרשים 3. השיפור בשנות חיים בתוחלת החיים בלידה ובגיל 65 בנתונים היסטוריים ובתחזיות הלמ"ס לשנים 2059-2009



במונחים של תוחלת חיים בלידה, מודל הלמ"ס מנבא עלייה רצופה, כצפוי, בתוחלת חיים באוכלוסייה עד לרמות שנראו דמיוניות בעבר. אך יש לזכור שירידה מעריכית במגמה המרכזית (מכיוון שאנחנו אומדים ירידה לינארית בלוגריתם של שיעורי התמותה) גורמת לכך שקצב העלייה בתוחלת חיים בלידה ובכל גיל שלאחר מכן הולך ופוחת. זאת אנו רואים בתרשים 3 (הנתונים נלקחו בתחזיות הראשונות של הלמ"ס, אך האפקט קיים גם באלה האחרונות). העלייה בתוחלת החיים בלידה יורד מ-1.2 שנים כל 5 שנים ועד לפחות משנה כל חמש שנים בסוף התקופה, ואילו העלייה בתוחלת החיים בגיל 65 (שבשנים האחרונות הגיע עד לכ-0.8 שנים כל 5 שנים) צפוי לרדת גם כן, אך בצורה מתונה יותר. התוצאה הפרדוקסאלית הזו מחזקת מכך שבנסיבות התמותה הנמוכות מאד היום, התוספת של שנות החיים שנובעת מהירידה בתמותה תהיה משמעותית יותר רק בגילים הגבוהים מאד, שמוסיפים רק מספר מועט של שנים יחסית לאורך החיים הכללי. כלומר, יש לתת תשומת לב לכך שהמגמה הלינארית של המודל אינה קובעת שתוחלת החיים תעלה באופן לינארי!

דמוגרפים ואקטוארים

גישת הלמ"ס לתחזיות תמותה מבוססת על ניסיון העבר שלה בחיזוי, ועל המסקנות בספרות הדמוגרפית המקצועית של עשרים השנים האחרונות. אמנם גישה זו מביאה למסכנות "אופטימיות"

למדי לגבי שינוי התמותה בעתיד, אך יש לשים לב שאופטימיות זו היא אופטימיות מתודולוגית: היא מבוססת על ניתוח מגמות העבר ולא על עמדה אידאולוגית או תכונת אופי. לקראת התחזיות הנוכחיות של הלמ"ס הורכבה ועדת היגוי מטעם המועצה הציבורית לסטטיסטיקה שכללה נציגים ממשרד האוצר, בנק ישראל, והמועצה הלאומית לכלכלה ודמוגרפים ישראלים בכירים מהאקדמיה הישראלית (ובניהם פרופ' גיא סטקלוב, פרופ' סרגיו דלה פרגולה, ופרופ' יונתן אנסון) ולא הייתה הסתייגות מהגישה של הלמ"ס. יש לזכור – אין לנו אפשרות לבחון את "נכונות" התחזית אלא בדיעבד. מה שנוותר לנו היום הוא רק לבחון אם הכלים והגישה שבה השתמשנו הם ברי הגנה ציבורית כמבוססים על בחינה יסודית ושיטתית של הראיות שלפנינו.

יחד אם זאת אנחנו רואים שהגישה של לפחות חלק מעולם האקטואריה שונה. עדות לכך אנו מוצאים במחלוקת בארה"ב בין האקטואר של ה"ביטוח הלאומי" האמריקאי – ה-Social Security Administration, לבין הדמוגרפים והכלכלנים המייעצים לו. בתחזיות התמותה האחרונות של האקטואר הוא קובע ירידה בשיעורי השיפור לפי גיל משנת הבסיס במשך 25 שנה, תוך התכנסות לשיעורי שיפור קבועים, ודיפרנציאליים לפי גיל. מה שמעניין הוא שהאקטואר לא מקבל את ההמלצות של ה"וועדה הטכנית" (הכוללת דמוגרפים וכלכלנים) שסטטוטורית מסמכותה לייעץ לו בנושאים אלה. הוא מתקן אותם כלפי מטה וקובע שיעורי שיפור נמוכים יותר, והוא נדרש להצדיק זאת בכתב. את ההצדקה ניתן לראות במסמך: [Human Longevity And Implications For Social Security Actuarial Status](#). הוא גם נדרש להגן על עמדתו [מול הקונגרס](#).⁵ הנימוקים של האקטואר מבוססים על סקירת מדדים הסטטיסטים של תמותה במאה השנים האחרונות, וסקירה של מקורות השיפור בתמותה בעבר – כלכליים, רפואיים, וחברתיים-פוליטיים, והבסיס לחשוב שהם יישארו או ישתנו בעתיד. האקטואר מוצא סיבות שונות לבסס את ה"תחושה" (אין כאן הוכחה סטטיסטית, מלבד הפניה למחקר שהתבסס על מגמות בתמותה לפי סיבת מוות, וההאטה בשנים האחרונות) שה- "ראיות" מצביעות על כך שאנחנו עומדים לפני האטה ארוכת טווח במגמת השיפור.

את עמדת היועצים החיצוניים ניתן לראות בדוח השנתי שלהם: [Technical Panel on Assumptions and Methods](#),⁷ וההמלצות לתמותה מופיעות בעמודים 13 ואילך. במסמך זה נכתב במפורש שהאקטוארים של ה-SSA, שוב ושוב מורידים את הנחות שיפורי התמותה המומלצות על ידי הוועדה החיצונית (ראו עמ' 1-2) ולעומת זאת היועצים חוזרים בתוקף על ההמלצה לקבל שיעורי שיפור גבוהים יותר.

העמדה של האקטואר היא דחיית ה"אופטימיות" של הגישה שמבוססת על המודלים הסטוכסטיים ממשפחת לי-קרטר, ומקובלת כל כך במקצוע הדמוגרפיה היום, שמניחה שאין לנו (עדיין) סיבה סטטיסטית לדחות את ההשערה שהמגמה ארוכת השנים תשמר. היועצים החיצוניים מודעים לעמדה זו, וכך הם כותבים בדו"ח שלהם:

⁵ https://www.ssa.gov/OACT/NOTES/pdf_notes/note158.pdf

⁶ https://www.ssa.gov/legislation/testimony_092116.html

⁷ http://www.ssab.gov/Portals/0/Technical%20Panel/2015_TPAM_Final_Report.pdf?ver=2015-09-24-113145-693

When making long-term projections, it is tempting to speculate about whether specific historical, medical, social, economic, behavioral and technological developments will be replicated in the future. This Panel believes, however, that given our current state of knowledge, the best, albeit imperfect, guides to the future may be past trends and international experience. Trends have been surprisingly regular over the past half century, and international experience suggests at least a continuation and perhaps acceleration of long-term trends in the United States, at least at older ages.

זוהי עמדה דומה מאד לזו של הלמ"ס. יתכן שנתונים מוקדמים שנקלטו ממדינות שונות מראות שאנחנו עומדים לפני ניצנים של תקופה חדשה במגמות התמותה, אך כל עוד אין לנו בסיס סטטיסטי להסתמך עליו, ניסיון העבר מראה שמגמות קצרות טווח הן בסיס רופף לביסוס תחזיות לטווח ארוך. גם "גידור" כלשהו במיתון המגמות חייב לבוא על בסיס ניתוח יציב של נתונים ישראלים, מגובה בניתוח רחב, כפי שניסה לעשות האקטואר האמריקאי (גם אם הוא לא הצליח לשכנע את מומחים החיצוניים). אין לי, כדמוגרף, כלים לייעץ לאקטוארים מהו המודל הנוח ביותר לחישובים שהם נדרשים לעשות. אך מבחינה ציבורית ולגבי ההנחות שבבסיס המודל, ובמיוחד אם ההנחות שונות מאלה של הלמ"ס, אלה חייבים להיות מבוססים על ניתוח ותיקוף, כפי שנעשה באופן שגרתי בלמ"ס כאשר אנחנו מבצעים תחזיות.

פרק 11: סקירת מטרות מרכזיות בלשכת האקטואר של המוסד לביטוח לאומי

ערך: מוטי פרנקל

לשכת האקטואר במוסד לביטוח לאומי משתמשת בשיעורי תמותה לחמש מטרות מרכזיות:

1. הגשת דין וחשבון אקטוארי מלא כל 3 שנים – לפי סעיף 24 בחוק הביטוח הלאומי (להלן "החוק").
2. בחינה אקטוארית של הצעות חוק.
3. חישובים אקטואריים למאזן ודין וחשבון כספי של המוסד.
4. הגשת דין וחשבון אקטוארי שנתי המצורף למאזן ודו"ח כספי של המוסד – לפי סעיף 31 בחוק.
5. ביצוע חישובי היוון: היווני שיקום - לפי סעיף 113 בחוק, והיווני שיבוב - לפי סעיף 328 בחוק.

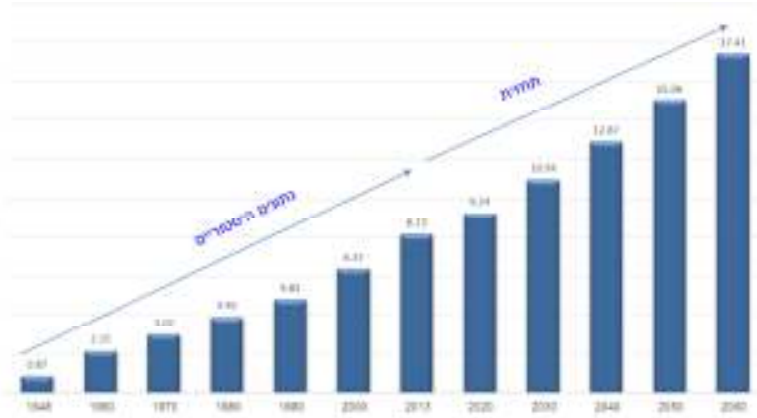
דין וחשבון אקטוארי מלא ליום 31.12.13⁸

לפי סעיף 24 לחוק יגיש האקטואר של המוסד לשר לענייני רווחה ולמועצת המוסד, דין וחשבון אקטוארי מלא (להלן הדו"ח המלא) בתום כל שלוש שנות כספים. הדו"ח המלא מספק הערכה למצבו הפיננסי ארוך הטווח של המוסד, ויכולתו להמשיך ולשלם בצורה יציבה ועקבית את הקצבאות בעתיד, בהינתן מערכת הכללים לגבי התקבולים והתשלומים כפי שמוגדרים בחוק כיום, ובהתחשב בסביבה הדמוגרפית והכלכלית הצפויה. בינואר 2017 המוסד פרסם דו"ח מלא ליום 31.12.13.

תחזית מצבו הפיננסי של המוסד תלויה, בין היתר, במספר גורמים דמוגרפיים. הדו"ח המלא מבוסס על אוכלוסיית מדינת ישראל ביום 31.12.13 ותחזית התפתחות אוכלוסיית המדינה ל-75 השנים הבאות. להלן גרף שנלקח מהדו"ח המלא המציג היסטוריית ותחזית התפתחות אוכלוסיית המדינה במיליוני אנשים.

⁸ http://www.btl.gov.il/Publications/aktuaria/Documents/2013_Triennial_Report.pdf

היסטוריית ותחזית התפתחות אוכלוסיית המדינה במיליוני אנשים



לפני מספר שנים התקיימה ועדה לאיתנות הפיננסית של המוסד. באפריל 2012 המוסד פרסם את מסקנות הוועדה שכללה בין היתר המלצה להשתמש ככל שניתן בנתוני הלמ"ס בדוחות האקטואריים המלאים של המוסד⁹. לצורך הפקת הדו"ח המלא ליום 31.12.13, הוחלט לאמץ את גישת הוועדה לאיתנות הפיננסית, ולעשות שימוש, ככל שניתן, בנתונים ותחזיות של הלמ"ס. לכן, תחזית האוכלוסייה בדו"ח המלא מתבססת על "תחזיות אוכלוסייה לישראל לטווח ארוך 2009-2059"¹⁰, שפרסמה הלמ"ס במרץ 2012 (להלן "תחזית הלמ"ס 2009"), המגלמת בתוכה הנחות לגבי ילודה, הגירה ותמותה.

שיעורי תמותה ושיפורים לתמותה בתחזית הלמ"ס 2009 ובדו"ח האקטוארי המלא ליום 31.12.13

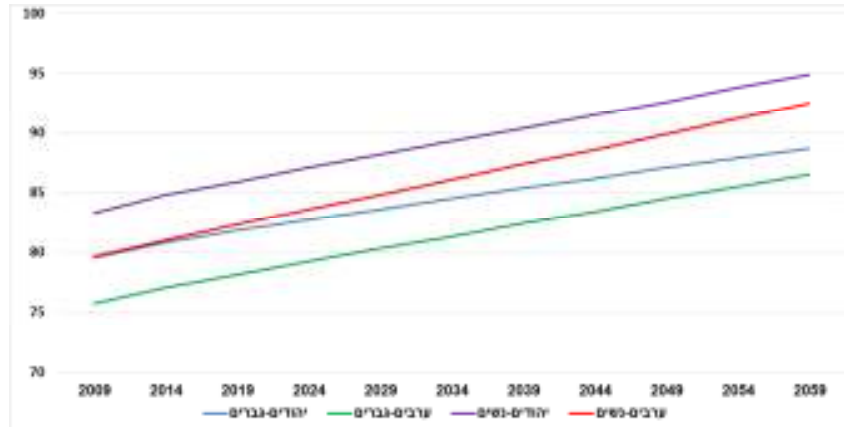
תחזית שיעורי התמותה בדו"ח המלא נגזרה מהתרחיש הבינוני בתחזית הלמ"ס 2009. בעבר, הן בעולם והן במדינת ישראל, נצפתה ירידה דרמטית בשיעורי התמותה ועלייה בתוחלת החיים ולפי תחזית הלמ"ס 2009 מגמה זו צפויה להימשך. ניתן לראות את מגמת השיפורים בתוחלת החיים בגרף הבא שנלקח מהדו"ח המלא המציג את תוחלת החיים בלידה לפי מין וקבוצה בשנת 2009 ותחזית לשנים הבאות.

⁹ http://www.btl.gov.il/Publications/more_publications/Documents/Finance.pdf

להלן ציטוט מדו"ח הוועדה לאיתנות הפיננסית של המוסד (עמ' 117): "...הנחות דמוגרפיות, כלכליות ואחרות הדרושות להכנת התחזיות של הדו"ח הרחב יגובשו על ידי ועדת מומחים, תוך הצגת המתודולוגיה של קביעת ההנחות. הוועדה תשתמש, ככל שניתן, בנתונים ובתחזיות של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה בקביעת ההנחות. אם תבקש לחרוג ממקור זה ולבסס את הנחותיה בצורה אחרת, תידרש הוועדה להציג נימוק מיוחד לבחירתה זו..."

¹⁰ <http://www.cbs.gov.il/publications/tec27.pdf>

תוחלת החיים בלידה לפי מין וקבוצה לתחזית הדמוגרפית¹¹



בחינה אקטוארית של הצעות חוק

במהלך השנים האחרונות נהגה לשכת המנכ"ל של המוסד לפנות ללשכת האקטואר של המוסד לבחון הצעות חוק שהיו עשויות להשפיע על יציבותו של המוסד ועל יכולתו לממן ולשלם קצבאות לאורך זמן. במקרים אלו לשכת האקטואר בחנה בצורה יסודית את הצעות החוק באמצעות המודל שפותח לצורך הפקת הדו"ח המלא - כולל ההנחות הדמוגרפיות של המודל המלא - עם התאמות מסוימות המתחשבות בשינויים המוצעים לחוק.

חישובים אקטואריים למאזן ודו"ח כספי של המוסד ליום 31.12.16 ודין וחשבון אקטוארי שנתי המצורף¹²

הדו"ח הכספי של המוסד כולל בתוכו את קרנות הביטוח. קרנות הביטוח הן אומדני התחייבויות של ענפי הביטוח בסוף שנת הדיווח כלפי אלה מהמבוטחים או התלויים שלהם, שלגביהם נוצרה עד ליום הדו"ח עילה לזכאות בין שכבר אושרה זכאותם ובין שעדיין לא אושרה ואף אם טרם הוגשה בקשה לגמלה. הקרנות אינן כוללות את התחייבויות המוסד הנובעות מהגמלאות אשר המוסד יהיה חייב לשלם למבוטחים שהם "בתהליך הרכישה" של הגמלאות.

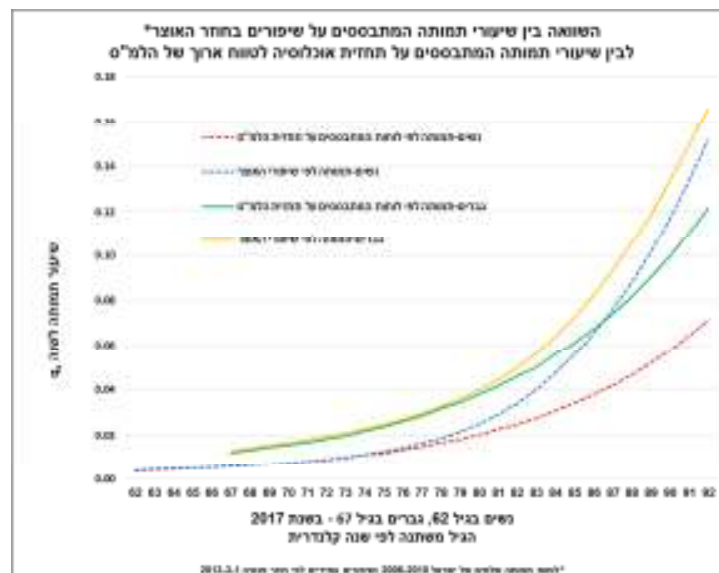
שיעורי תמותה ושיפורים לתמותה במאזן ודו"ח כספי של המוסד ובדו"ח האקטוארי השנתי ליום 31.12.16

קרנות הביטוח נקבעות על בסיס הערכה אקטוארית על ידי אקטואר המוסד. אחת ההנחות האקטואריות העיקריות העומדת בבסיס חישוב קרנות הביטוח היא הנחת שיעורי התמותה.

¹¹ מבוסס על תחזיות אוכלוסייה לישראל לטווח ארוך 2009-2059 שפרסמה הלמ"ס (עמ' 9-10 תרחיש בינוני)
¹² <http://www.btl.gov.il/Publications/Financial%20reports/Documents/mazan2016.pdf>

בשנת 2016 לצורך חישוב קרן הביטוח בענף זקנה ושארים הוחלט לעשות מעבר להנחת שיעורי התמותה ששימשו לדו"ח המלא ליום 31.12.13. כאמור, שיעורי תמותה אלו נגזרו מהתרחיש הבינוני בתחזית הלמ"ס 2009. בשנים 2012 עד וכולל 2015, לצורך חישוב קרן הביטוח בענפים הנ"ל, נעשה שימוש בשיעורי תמותה המבוססים על פרסום הלמ"ס "לוחות תמותה של ישראל 2006-2010", ובשיפורים עתידיים שהתבססו על חוזר פנסיה 1-3-2013 של רשות שוק ההון ביטוח וחסכון.

הגרף הבא שנלקח מדו"ח האקטוארי השנתי ליום 31.12.16, מציג שיעורי תמותה לשנים העתידיות - לנשים ולגברים מגיל פרישה ואילך - לפי הבסיס שנעשה בו שימוש לחישוב קרן הביטוח בענף זקנה ושארים בשנת 2016, בהשוואה לבסיס שנעשה בו שימוש לחישוב קרן הביטוח בענפים אלו לשנים 2012-2015. ניתן לראות ששיעורי התמותה בבסיס המעודכן נמוכים מאלו שבבסיס הקודם. המשמעות של שיעורי תמותה נמוכים הינה תקופה ארוכה יותר של תשלום קצבאות שתרמה להגדלת קרן הביטוח.¹³



ביצוע חישובי היוון לצורך תשלומי היווני שיקום לנכי עבודה, ולצורך דרישות שיבוב מצדי ג'

היווני שיקום - לפי סעיף 113 בחוק, נכה עבודה שדרגת נכותו הצמיתה היא לפחות 20%, ולדעת המוסד יש לו הכנסה קבועה המספיקה לפרנסתו או סיכוי מבוסס להכנסה כאמור, רשאי המוסד בהסכמת הנכה, לשלם לו מענק במקום קצבה; המענק יהיה בסכום המתקבל מהיוון קצבת אותו נכה מעבודה, בהתאם להוראות שהשר לענייני רווחה (להלן "השר") קבע.

¹³ יצוין שהיו תופעות נוספות שהשפיעו גם הן להגדלת קרן הביטוח (ניתן לראות הרחבה בנושא בדו"ח האקטוארי השנתי ליום 31.12.16 [סעי' 4-6], ובדו"ח מינהלה, המופיע בתחילת מאזן ודו"ח כספי של המוסד ליום 31.12.16 [עמ' 17]).

היווני שיבוב - לפי סעיף 328 בחוק, היה המקרה שחייב את המוסד לשלם גמלה לפי החוק משמש עילה גם לחייב צד ג' לשלם פיצויים לאותו זכאי ... רשאי המוסד לתבוע מאותו צד ג' פיצוי על הגמלה ששילמו או שהם עתידים לשלמה. ולפי סעיף 333 לחוק, רשאי השר לקבוע הוראות בדבר היוון קצבאות.

חישובי ההיוון הנ"ל מתבססים על תקנות ההיוון¹⁴ המכילות טבלאות עזר כגון לוחות תמותה, וגם הוראות לגבי אופן חישוב ההיוון. בתקנות ההיוון יש לוח תמותה אחד (להלן "לוח תמותה הבסיסי") שעושים בו שימוש בחישובי ההיוון בכל הענפים למעט בענפי נכות כללית וסיעוד, ולוח תמותה נפרד המשמש את שני הענפים הללו. כעת, חישובי ההיוון אינם מתחשבים בשיפורי תמותה.

לוח תמותה הבסיסי הנוכחי מבוסס על פרסום הלמ"ס "לוחות תמותה של ישראל 2008-2012 (מהדורה ראשונה)"¹⁵. בשנת 2015 "ועדת וינוגרד" המליצה על מנגנון לעדכון תקנות ההיוון כל 4 שנים. העדכון יכול, בין השאר, עדכון של לוח תמותה הבסיסי בהתאם לפרסום הלמ"ס "לוחות תמותה של ישראל" העדכני ביותר במועד העדכון. תקנות ההיוון עם המנגנון הנ"ל נכנסו לתוקף ביום 1.10.17.

¹⁴ http://www.btl.gov.il/Laws1/02_0001_166310.pdf

¹⁵ http://www.cbs.gov.il/webpub/pub/text_page.html?publ=35&CYear=2012&CMonth=1

פרק 12: שיטות ה-CMI: תהליך בחירת המודל

ערך: סלבה לטרגאוס

בשנת 1999 פרסמה CMI מקדמי שיפור תמותה לטבלאות תמותה "Series 92", הקובעים את השיפור המשוער בשיעורי התמותה לפי גיל ושנה קלנדרית. בשנת 2002 פורסם סט טבלאות Interim Cohort Projection בנייר עבודה 1 של CMI, אשר סיפק שינויים אפשריים לתחזית בסיסית שפורסמה קודם לכן. תחזיות ICP (Short Cohort, Medium Cohort and Long Cohort) זיהו את העובדה ששיעור השיפור היה מהיר יותר באופן עקבי עבור אלה שנולדו בדור מסוים מאשר לאלה שנולדו בדורות אחרים. באופן ספציפי, הוא הניח כי השיפורים היו המהירים ביותר עבור הדור שנולד בשנת 1910 עד 1942, עם נקודת אמצע של 1926. תחזיות ICP היו מבוססות על נתוני CMI עד 1999 והניחו כי ההשפעה של "אפקט הקוהורט" תתחיל להתפוגג משנת 2000, עד 2010 (Short Cohort), 2020 (Medium Cohort) או 2040 (Long Cohort). בהמשך לפרסום ICP פרסמה קבוצת העבודה של CMI סדרה של ניירות עבודה העוסקות בשימוש במודלים סטטיסטיים של תחזיות תמותה. נייר עבודה 3 של CMI הביע חששות ראשוניים על אי הוודאות סביב תחזיות התמותה. הוא סיכם את הסוגים השונים של מתודולוגיות החיזוי ותכונות המפתח שלהם וסיכם את הדיון בסמינר CMI / GAD ב-6 באוקטובר 2003 בנושא "תחזיות לשיפור תמותה עתידית". נייר עבודה 11 (2005) סיפק את התגובה של CMI למשוב שהתקבל על נייר עבודה 3, הן בסמינר בהנחיית CMI ב-4 ליוני 2004 וגם לאחר מכן. המשוב עסק בצורך למדידת האי ודאות הקשורה לתחזיות, וקיבל הסכמה כללית על הצורך במדדים כמותיים של אי-ודאות זו. עם זאת, המשוב הצביע על כך שרוב המשיבים לא העדיפו שום מתודולוגיה מסוימת לחיזוי. נייר עבודה 15 (2005) סיפק סיכום של שתי מתודולוגיות סטוכסטיות - מודלים P-Spline ו-Lee-Carter - ותכונות המפתח שלהם, פירט את סוגי האי ודאות המכוסים על ידי מתודולוגיות אלו והציג השוואה, המפרטת את שיקולי המפתח לבחירה ביניהם.

נייר עבודה 20 (2006) סיפק עדכון נוסף על עבודתו של CMI על תחזיות תמותה עתידית. המאמר כלל משוב שהתקבל לנייר עבודה 15 ולתגובת קבוצת העבודה למשוב זה. פרטים נוספים ניתנו על מתודולוגיית P-Spline, כולל תיאור המודלים ובסיסי נתונים שהיו בשימוש. נייר עבודה 25 (2007) השלימה את הממצאים של קבוצת העבודה לחיזוי תמותה. המאמר כלל פרטים על המתודולוגיה של Lee-Carter והיה מקביל לנייר עבודה 20, שעסק בתחומים דומים עבור מתודולוגיית P-Spline. מסמך זה כלל:

- תיאור של המודלים ובסיסי הנתונים המשמשים, דיון בתכונות שונות של מודל Lee-Carter
- תוצאות של כמה חקירות ראשוניות על תכונות ההרחבה Renshaw & Haberman למודל גיל של Lee-Carter למודל גיל-תקופה-קוהורט
- השוואה של ה-P-Spline, Lee-Carter ומודל Lee-Carter גיל-תקופה-קוהורט וסיכום של מסקנות קבוצת העבודה על שלושת המודלים

נייר עבודה 27 ונייר עבודה 30 (2007) תיארו את המבנה של ה"ספרייה" לתחזיות תמותה. ה"ספרייה" נועדה לסכם טבלאות של התחזיות שפורסמו בעבר והתאמות לאלו שהיו בשימוש נרחב באותה עת,

יחד עם תחזיות לדוגמא באמצעות מתודולוגיות P-Spline ו-Lee-Carter. נייר עבודה 37 (2009) תיאר גרסה 1.1 ל"ספרייה", שהכילה מגוון תחזיות נוספות.

על אף ההתקדמות במידול סטטיסטי ופיתוח מודלים המפרידים שיפורים לגורמים מסבירים (של מוות או מחלה), תחזיות ICP מיושנות עדיין היו בשימוש ברירת מחדל ליישומים אקטואריים רבים. יתרונות ICP על-פני מודלים מתוחכמים יותר כללו:

- היותם בסיס קל להשוואה - אפשרות פשוטה יחסית, עבור אלה המכירים את השיטה, לשפוט על רמת השמרנות של ההנחות
- יכולת לשנות אותם בקלות
- יכולת ליישם אותם בקלות יחסית על כל טבלת תמותה בסיסית או סט ההנחות

תחזיות ICP הן תרחישים דטרמיניסטיים קבועים, ולכן, בניגוד למודל סטוכסטי, לא ניתן לספק למשתמש תרחישים מרובים, הנדרשים למודלים מתוחכמים. עם זאת, ברוב המקרים (למשל הערכת שווי התחייבויות הפנסיה או דיווח רגולטורי של התחייבויות הביטוחיות) נעשה שימוש בפועל בתחזיות דטרמיניסטיות ולא בסימולציות מרובות. CMI הביע דאגה לגבי המשך השימוש הנרחב בתחזיות ICP. תחזיות אלה לא לקחו בחשבון את נתוני הניסיון שפורסמו לאחר 1999, וכתוצאה מכך - הפכו לפחות ופחות מעודכנות.

בשנת 2008 הקימה CMI קבוצת עבודה במטרה לפתח מודל חדש של תחזית תמותה. קבוצת העבודה התבקשה לייצר מודל אשר חולק את התכונות הרצויות של ICP, אך גם משקף את הניסיון האחרון על מגמות בתמותה. המודל היה אמור להיות יחסית פשוט להבנה ותיאור, לאפשר למשתמשים את הגמישות בשינוי תחזיות, כך שיתאימו להשקפותיהם ולמטרותיהם, וניתן לעדכון באופן קבוע ולאורך זמן כדי לשקף את הניסיון המתגבש.

מודל אב טיפוס חדש לתחזית שיעורי תמותה שוחרר לצד נייר 38 ביוני 2009. נייר עבודה 39, שיצא באותה שנה, תיאר בהרחבה את הנעשה בתהליך הבנייה של המודל החדש. נייר עבודה 39 מדגים תהליך עבודה וחשיבה מאוד מסודר וממצא, שניתן לאימוץ כמסגרת תוכן לכל תהליך האישור של המודל האקטוארי מהסוג הנדון. להלן תיאורו בהרחבה:

לאור המטרה העיקרית לייצר מודל פשוט יחסית להבנה, שימוש ויישום השינויים (עם יתרונות דומים של ICP), קבוצת העבודה דחתה במהירות אפשרויות מורכבות יותר (כגון מודל מונחה סיבות, מונחה מחלות או מתודולוגיות סטוכסטיות). המבנה של ההנחה, כאשר מקדמי שיפור "הנוכחיים" מתכנסים ל"הנחת שיפורי תמותה ארוכת טווח", שאומץ על ידי GAD / ONS, נראתה ראוייה בהתחשב במטרות אלו. המשימה הראשונה היתה לזהות מתודולוגיה המתאימה להפקת שיעורי שיפור ראשוניים. בהתחשב בעבודת ה-CMI בשנים האחרונות, נבחר כצעד ראשון לחקור את הנתונים באמצעות המודל P-Spline על מנת להחליק את הניסיון ההיסטורי. עם זאת, קבוצת העבודה חששה מכך שיישום מתודולוגיית P-Spline יכול להציג "השפעות קצה" לא רצויות. כלומר, ששיעורי השיפור ההתחלתיים עבור השנה האחרונה של הנתונים יושפעו במידה ניכרת מרמת הניסיון היחסית באותה שנה אחרונה ולכן ישתנה באופן מהותי משנה לשנה ויווצר קפיצה לא רצויה. לצורך התגברות על בעיה זו נבחר לשלוט בתנודתיות הפוטנציאלית על ידי "צעד לאחור" של שנתיים מהשנה האחרונה

של מערך הנתונים. לדוגמה, עבור מודל אב טיפוס, שיעורים ראשוניים של שיפורי תמותה נאמדים עבור שנה קלנדרית 2005 באמצעות מערך הנתונים עד תום שנת 2007.

גישת P-Spline, עם שינוי זה, הושוותה אז עם שיטות חלופיות להפקת השיעורים הראשוניים של השיפור. קבוצת עבודה הגיעה למסקנה כי מודל P-Spline גיל-קוהורט על נתוני האוכלוסייה באנגליה וויילס הניבו אומדנים סבירים לשיעורי השיפור הנוכחיים הנצפים במערך נתונים זה.

על מנת להחליט על סוג האוכלוסייה שתשמש לבניית הפרמטרים הראשוניים של המודל, קבוצת עבודה בחנה בתחילה אפשרות לגזירת שיעורי ברירת המחדל של השיפור מהנתונים ברמת כל האוכלוסייה. הצורך בהחלטה נבע מהצפי ששיעורי שיפור היסטוריים היו מעט מהירים יותר בקבוצות המעמד הסוציו-אקונומי הגבוה מהמוצע באוכלוסייה (Willets et al, 2004). צפי זה גם משתקף מהמחקר, המתואר בנייר עבודה 1, אשר הראה קוהורטים של מועדי לידה שהראו שיפורי שיא בנתוני ה-CMI בהשוואה לנתוני האוכלוסייה הכללית. באופן ספציפי, נתוני ה-CMI הראו שאלה שנולדו בשנת 1926 הניבו את השיעורים הגבוהים ביותר, בעוד שנתוני כלל האוכלוסייה הראו ששנת לידה 1931 מצביע על שיעורי השינוי המהיר ביותר. יתר על כן, חוקרים בתחומים אחרים תיארו את "תיאוריית הדיפוזיה לשינוי בהתנהגות", שבה שינויים בהתנהגות עקב הגברת המודעות לנושא הבריאות מאומצים תחילה ע"י מעמד הביניים ולאחר מכן מתפזרים לשאר האוכלוסייה (למשל (Evandrou & Falkingham, 2002).

קבוצת העבודה ביצעה השוואה של השיפורים שנצפו באוכלוסייה הכללית עם אלה שנצפו בבסיסי נתונים חלופיים, כלומר, נתוני ה-CMI עבור מבוטחים בביטוח חיים וגמלאים של חברות הביטוח, נתונים שסופקו על ידי Vita Club עבור גמלאים בקרנות פנסיה עצמאיות ונתוני ONS עבור קבוצות עם מעמד חברתי-כלכלי שונה.

הניתוח של קבוצת העבודה אישר את הממצאים הקודמים, כי נתוני האוכלוסייה באנגליה ובוויילס הראו עדות ברורה לתכונות קוהורטיות של שנת הלידה - עם שיפורי השיא לקוהורט של 1931 יחד עם עלייה הומוגנית יותר בשיעורי תמותה במגוון רחב של הגילים ב-25 השנים האחרונות במחקר. עם זאת, דפוסי השיפור לפי שנת הלידה נראו שונים במקצת בבסיסי הנתונים האחרים, והראיות התומכות בשיעורי השיא השונים של שנת הלידה לפי קבוצות סוציו-אקונומיות או לפי המבוטחים / פנסיונרים / קבוצות אוכלוסייה מיוחדות לא הראו תבנית מובהקת. לכן נקבע, כי המודל יתחשב בפרמטרים הנגזרים מנתוני כלל האוכלוסייה באנגליה וויילס, תוך השארת הגמישות למשתמשים לשלב שיעורים משלהם של השיפור הראשוני, אם הם רואים לנכון.

נקודה נוספת במבנה המודל, שדרשה התייחסות של קבוצת העבודה, היתה האם יש למדוד את השיעורים הראשוניים של שיפור התמותה העתידי "לפי גיל" או "לפי קוהורט הלידה". הגישה שאומצה על ידי GAD / ONS במודל דומה הייתה לחזות שיפורים לפי "קוהורט הלידה" למספר שנות הלידה מסוימות ולפי "גיל" עבור אחרים. אחד החסרונות המהותיים של גישה זו הוא יצירת "משולשים" חסרים במטריצה של שנים וגילים עתידיים שיש לאכלס בשיטה חלופית. קבוצת העבודה חשה כי מתודולוגיה יציבה יותר תהיה לפצל שיפורים לשני מרכיבים, אלה של "גיל ותקופה" ואלה של "שנת לידה". יתרון בגישה זו הוא ששיעורי השיפור מופרדים למרכיבים השונים מאפשרים התכנסות לעבר הנחות לטווח ארוך על פני תקופות שונות ובמהירויות שונות בהתאם למרכיב.

לאחר שנקבעו שיעורי תמותה ראשוניים, היה על קבוצת העבודה להחליט על שיטת ההתכנסות של שיפורי התמותה להנחות ארוכות הטווח. המתודולוגיה שנבחרה משתמשת בסדרה של פולינומים מדרגה 3 ומאפשרת גמישות בייצור תרחישים, בהם קצב השינוי ממשיך להאיץ בטווח הקצר בטרם האטה בטווח הארוך. הניתוח של קבוצת העבודה על ניסיון העבר של שיפורים בתמותה גרם לה להציג גמישות במודל ולאפשר שינוי תקופות של התכנסות לפי גיל ולפי קוהורט.

האלמנט האחרון במבנה המודל הוא הנחת שיעור ארוך הטווח של השיפור בתמותה. קבוצת העבודה הגיעה למסקנה שהבחירה בשיעורי התמותה לטווח הארוך היא בהכרח סובייקטיבית והיא הפרמטר היחיד החשוב ביותר עבור המשתמשים שיש לקבוע עבור כל תחזית. לא הוצג ערך ברירת מחדל במודל אב טיפוס, אולם נייר העבודה מתאר ניתוח כלשהו שעשוי לסייע למשתמשים.

רגישות התחזיות לשינויים בערכי הפרמטרים נחקרה ויושמה בהנחיית קבוצת העבודה לגבי ההפרדה בין קבוצות הפרמטרים לרמות "Core" ו-"Advanced". הפרמטרים ברמת הליבה, שנבחרו על-ידי קבוצת העבודה, הם אלה אשר התוצאות שלהם הן הרגישות ביותר ואשר עבורם המשתמשים יכולים בקלות ליצור שקיפות. נייר העבודה מתאר את הרציונל של קבוצת העבודה בבחירת ערכי ברירת מחדל עבור הפרמטרים של קבוצת הליבה.

לסיכום יש לציין כי המודלים המתוחכמים של ה-CMI נבדקו בהקשר של מדינות עם אוכלוסייה גדולה ועומק נתונים היסטורי. כנראה לא יהיה מעשי ליישם אותם על אוכלוסיית ישראל. יש לציין כי פרק זה אינו מתייחס לשינויים שנעשו במודלים של ה-CMI מאז שנת 2009.

Mortality Improvement Scale MP-2016 – Society of Actuaries : פרק 13

ערך: עמיר פלד

בפברואר 2014 פרסמה תת וועדה של ה-SOA (Retirement Plans Experience Committee) להלן ה"וועדה" מסמך הכולל טבלאות תמותה וכן פקטורים לשיפורי תמותה (RP-2014 Mortality Tables), ומ-2014 Mortality Improvement Scale (Mortality Improvement Scale MP-2014). המסמך הציע מודל שיפורי תמותה חדש בהשראת מודל שיפורי התמותה שפותח בעשור האחרון על ידי ה-Continuous Mortality Investigation (CMI) של ה-Institute and Faculty of Actuaries המתבסס על שלושת העקרונות הבאים :

- הניסיון של השנים האחרונות מהווה את המדד הטוב ביותר לחיזוי של שיפורי התמותה בטווח הקרוב.
- שיפורי התמותה בטווח הרחוק צריכים להיות מבוססים על חוות דעת של מומחים ועל ניתוח של דפוסי התנהגות חזויים ארוכי טווח.
- שיעורי השיפור בתמותה בטווח הקרוב צריכים לנוע בצורה מוחלקת לכיוון שיעורי שיפורי התמותה שנקבעו לעתיד הרחוק, בהתאם לתקופת ההתכנסות שהוגדרה.

מודל ה-APC (age-period-cohort) לשיפורי תמותה, שאומץ כאמור ע"י ה-CMI כבר לפני כעשור, לקח בחשבון שלוש מגמות שונות שיש בהן כדי להשפיע על חיזוי שיעורי השיפורים בטווח הארוך: מגמת שיפורי התמותה לפי הגיל, מגמת השיפורים מהלך השנה הקלנדארית ומגמת השיפורים לפי שנת הלידה (אפקט הקוהורט).

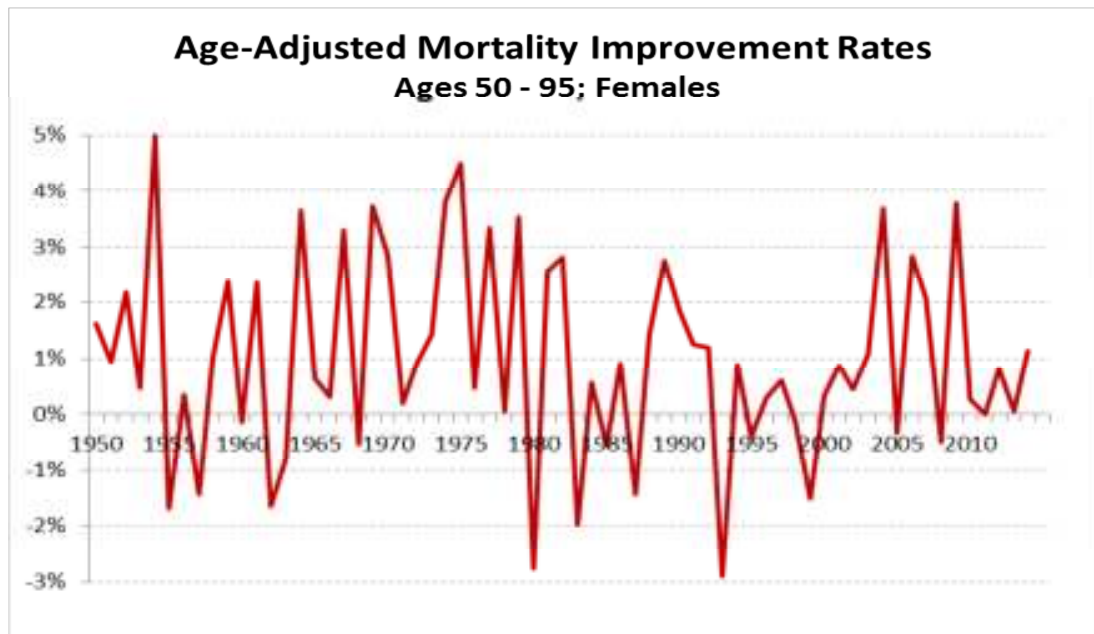
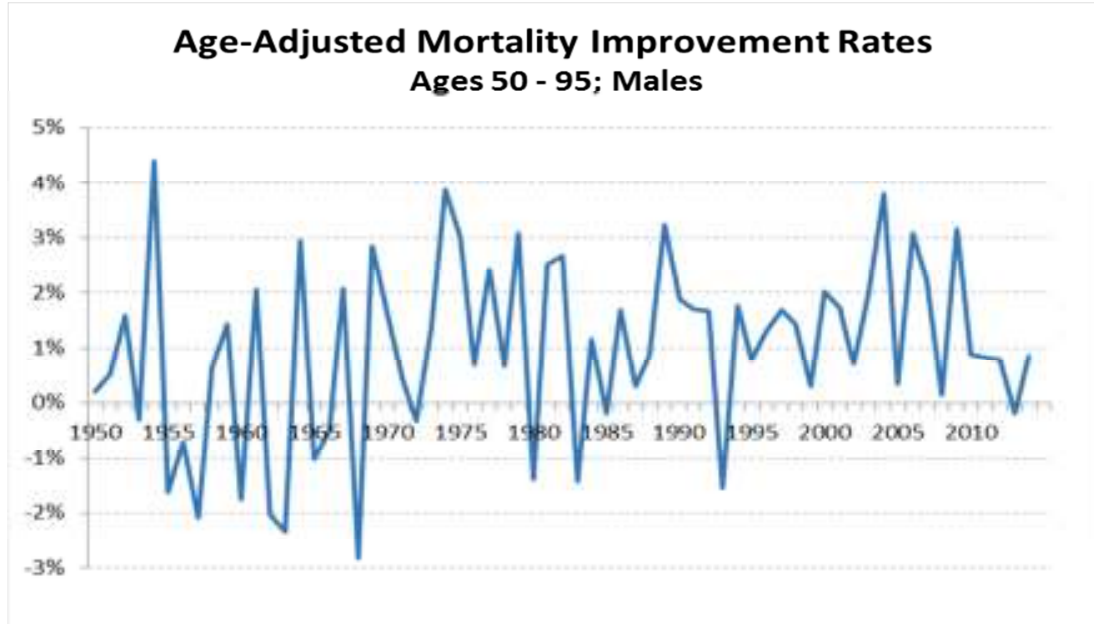
לעומת זאת המודל שהציעה הוועדה הינו מודל דו ממדי, באופן שבו שיפורי התמותה לכל מגדר מוסברים על ידי שני ווקטורים הפועלים במקביל, האחד כפונקציה של גיל (ווקטור אופקי) והשני כפונקציה של שנת לידה (ווקטור אלכסוני), וזאת במקביל לקביעת שיעורי השיפור בטווח הארוך שאליהם מתכנס המודל. הוועדה, לאחר שבחנה את מודל ה-APC, הגיעה למסקנה כי מרכיבים מסוימים במודל מסובכים מדי ליישום ולכן במודל שהציעה דאגה לטכניקות חישוביות פשוטות ושקופות יותר למשתמש מאלו שנעשה בהן שימוש במודל ה-CMI וזאת מבלי להתפשר על איכות תוצאות המודל.

בדוחות שפרסמה הוועדה נעשה שימוש בהנחות העבודה הבאות:

- שיעור שיפורי תמותה ארוכי טווח בגובה של 1% עד גיל 85 היורדים באופן לינארי עד ל-0.85% בגיל 95 וממשיכים לרדת לינארית עד ל-0% בגיל 115.
- תקופת התכנסות לשיעורי שיפורי התמותה ארוכי הטווח במשך 20 שנה.
- משקל זהה של 50% לשני הווקטורים (האופקי והאלכסוני).

הדוח שהתפרסם ב-2014 התבסס על אוכלוסיית ארה"ב בין השנים 1950 ל-2009 ובדוחות שיצאו מאוחר יותר התווספו בהדרגה שנים נוספות. בשני הגרפים הבאים מוצגים שיפורי התמותה לגברים

ונשים עבור טווחי הגיל שבין 50 ל-95 כפי שנצפו באוכלוסיית ארה"ב בין השנים 1950 ל-2014 וכפי שהוצג בדוח של 2016 :

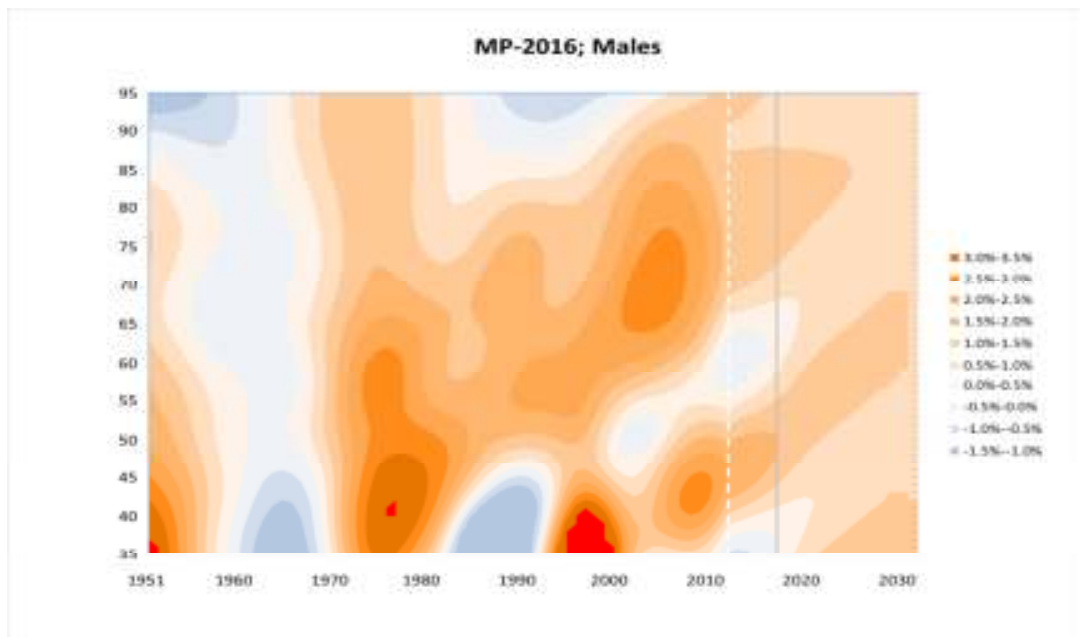


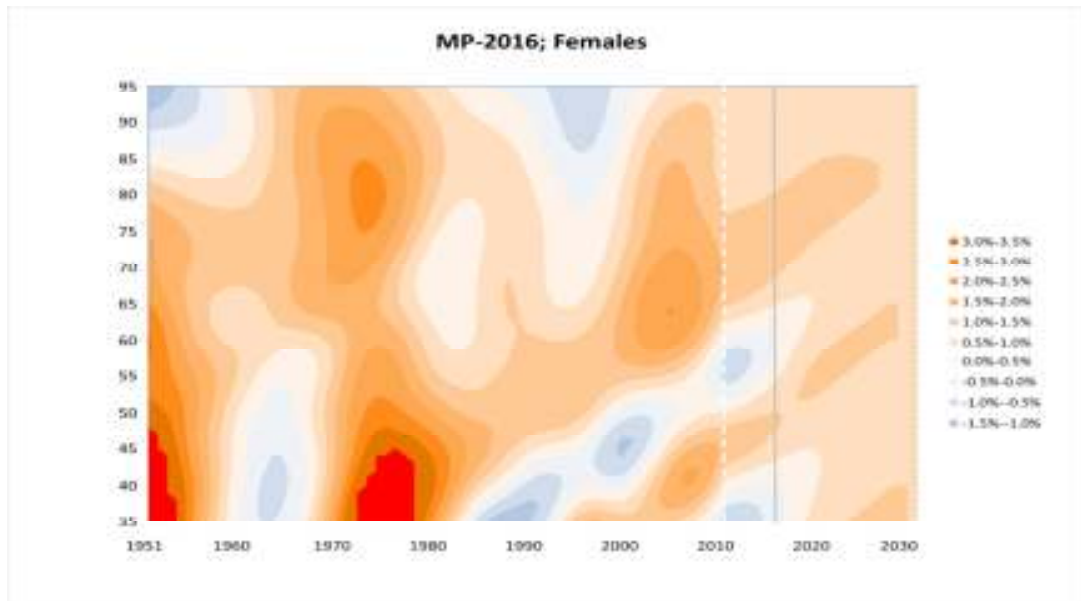
כפי שניתן להתרשם, למרות שממוצע השיפורים משנת 1950 היה קרוב מאוד ל-1% עבור שני המינים, שיעורי השיפורים בכל שנה נעו בטווח שבין 3%- ל-3%, ובנוסף על פי רוב מיד לאחר שנה עם שיפור גבוהה (נמוך) באה שנה עם שיעור שיפור נמוך (גבוהה). בנוסף, ניתן להתרשם כי ממוצע טווח שיפורי התמותה בשנים האחרונות שבין 2010 ל-2014, הן עבור גברים והן עבור נשים, מצטמצם מאוד בהשוואה לממוצע טווחי של השנים הקודמות, וניתן לסכמו בטבלה הבאה :

Females	Males	Ages 50-95
1.46%	1.93%	2000-2009
0.42%	0.60%	2010-2014

בתרשימים הבאים של "מפות החום" ניתן לראות בנפרד לגברים ולנשים את שיעורי שיפורי התמותה שנצפו בעבר וכן תחזיות לשיעורי השיפור העתידיים לשנים הבאות (עד 2032) על סמך המודל עליו המליצה הוועדה. הקו המקווקו האנכי בלבן מסמן את שנת 2013 – זוהי השנה הראשונה שבה נקבעו הערכים החזויים על סמך המודל ואילו הקו האנכי האפור מסמל את שנת 2016 – שנת פרסום הנייר.

ממבט על מפות החום לגברים ניתן להתרשם כי שיעורי שיפורי התמותה החזויים לשנים הבאות נעים בין 0.5% ל-1%, ועבור ילידי 1935 – 1945 וילידי 1960 – 1970 נעים בין 1% ל-1.5%. גם אצל נשים התופעה די דומה.





יש לציין כי שיעורי שיפורי התמותה עליהם ממליצה הוועדה אינם בגדר חובת שימוש רגולטורית בקרנות הפנסיה בארה"ב וכי בהתאם לאמור בתקן 35 של האגודה הקרנות יכולות לבחור לעשות בהן שימוש כהנחות עבודה אפשריות.

השפעת מצב סוציואקונומי על שיפורי התמותה :

בניגוד להשפעת השינויים הסוציו-אקונומיים על שיעורי שיפורי התמותה, שיעורי התמותה הבסיסיים מתועדים היטב בארצות הברית מזה עשורים. לכן, בעוד הוועדה ממשיכה להמליץ לאקטוארים בחום על כך שהשימוש בטבלאות שפרסמה יעשה בהתבסס על היכרותם את האוכלוסייה הנבחנת, הוועדה סבורה כי המידע הקיים ברשותה כיום אינו מאפשר בשלב זה לעודד יישום שיעורי שיפורי תמותה שונים עבור אוכלוסיות שונות של תכניות פנסיה.

פרק 14: מודל שיפורי תמותה בישראל – Munich Re

ערך: דב רפאל

רקע

המודל הוצג לראשונה בכנס של אגודת האקטוארים בישראל לרגל 70 שנה לאגודה ביום 20/6/2016¹⁶. לאחר מכן התקיימו דיונים בין עורכי המחקר ובין חברי הוועדה, שהובילו לפיתוחים נוספים של המודל המוצגים בהמשך.

אנשי מיוניק רי (להלן: MR) שערכו את המחקר הם: Bernd Schedel, Richard Wendler

עיקרי ההרצאה

מטרת העבודה הייתה לבחון את המקדמים הקיימים לשיפור תמותה בישראל, המבוססים על מתודולוגיה שפורסמה ע"י ה-CMI בשנת 1999, ולבחון אפשרות ליישום מודלים אחרים לבניית מקדמים אלו. עורכי המחקר השתמשו בשיעורי תמותה שנבנו על ידי הלמ"ס, ויישמו עליהם מספר מודלים מקובלים לבניית המקדמים לשיפור בתמותה (Cairns-Blake-Dowd, Plat, Currie, Renshaw- Haberman and Lee-Carter). החוקרים ניסו להעריך את מידת ההתאמה של כל מודל, לרבות back-testing בגין השנים 2009 עד 2014.

המרצה ציין מספר נקודות מתוך נייר עמדה של אקטואר האוצר מיולי 2012:

- לשיפורי תמותה השפעה מהותית על רווחיות מוצרי הביטוח עם מקדמים מובטחים.
- המתודולוגיה הנוכחית אינה בשימוש רחב היום, אך לא ברור אם קיים מודל מתאים יותר.
- בעתיד, יש לבחון מודלים אחרים כדי לעדכן את שיטה הקיימת.
- שיטת ה-CMI שאומצה (משנת 1999) אינה מתחשבת בתופעת קוהורטה; לכן, נקבעו פרמטרים שונים עבור גברים שנולדו בשנים 1929-45. ישנם סימנים לקיום קוהורטה חיובית גם בקרב נשים שנולדו בשנים 1931-37, אולם הוחלט בשלב זה לא לקבוע פרמטרים נפרדים, ולבחון קיום קוהורטה לנשים בעדכון הבא.
- שיפורי התמותה יורדים ל-0 בטווח הארוך מאוד. אולם, לצורך עתודות ביטוח, נקבע שיעור שיפור תמותה שנתי מינימלי של 0.75% לשנה לגברים ל-1% לשנה לנשים.

מטרת העבודה של MR הייתה:

1. להתאים מודלים נפוצים היום לנתוני התמותה של ישראל.
2. לזהות מודל הנותנים ההתאמה המיטבית לנתונים.
3. להשוות את התוצאות המודלים עם קביעות החוזר 2013-1-2.

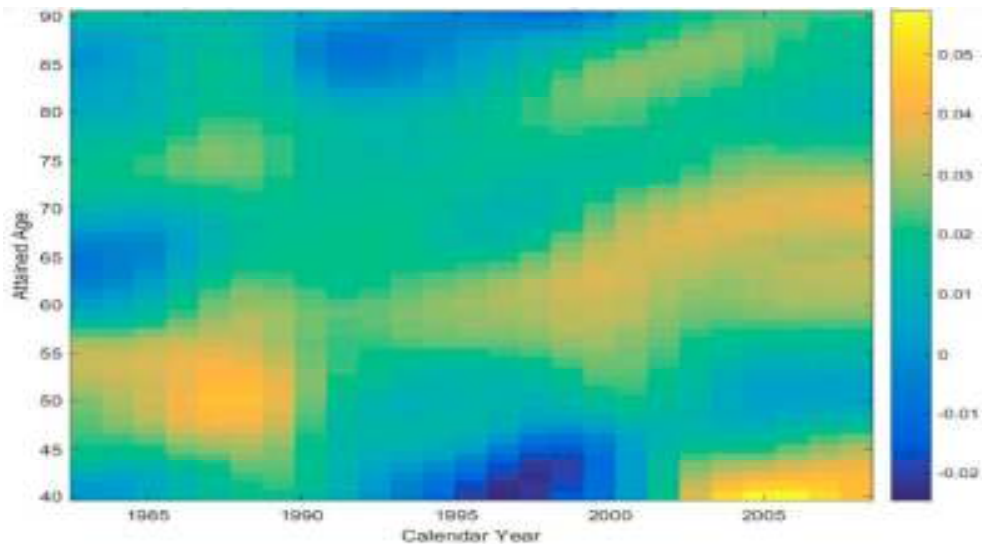
¹⁶ <http://www.actuaries.org.il/info.php?id=87>

לצורך כך, החוקרים נקטו בצעדים הבאים:

1. נתוני חשיפה ומספר מקרי מוות נלקחו מה- Human Mortality Database (הנתונים מבוססים על הלמ"ס)
2. תחום המודל נקבע בין השנים 1983 עד 2008, וגילים 40 עד 90
3. לכל מודל, נקבעו פרמטרים מיטביים בשיטת maximum likelihood estimation תחת אילוצים מקובלים.
4. המודל המתאים ביותר נקבע באמצעות מבחנים סטטיסטיים כמו Bayesian Information Criterion (BIC)
5. אקסטרפולציה עבור גילים גבוהים בוצעה בשיטת Kannisto ולשנים עתידיות ע"י רגרסיה לינארית

בנתונים המקוריים קיימים סטיות מקריות המכונות רעש. ככל הנראה הסיבה לרעש הינה עקב דיווח לא מדויק של תאריכי לידה. לאחר ביצוע החלקת הנתונים, עדיין אפשר לראות טעויות מקומיות בנתונים, אבל באופן כללי התמונה אמינה.

להלן heat map של הנתונים המוחלקים, עבור גברים:



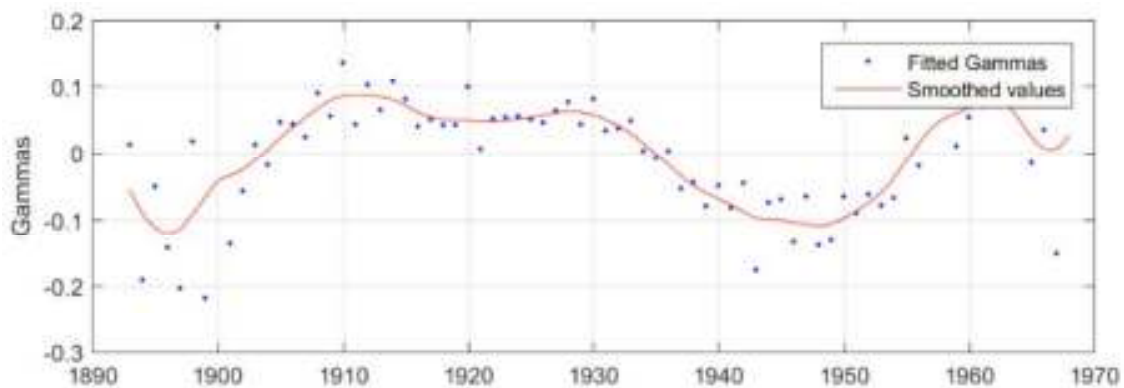
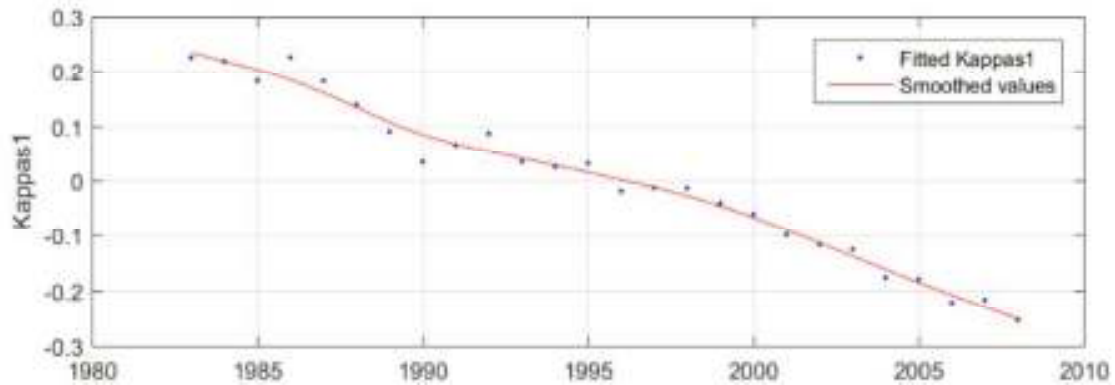
לדעת החוקרים, המודל המיטבי לישראל הוא APC = Age/Period/Cohort על פי נוסחא:

$$\text{logit}(q_{x,t}) = \beta_x^1 + \kappa_t^2 + \gamma_{t-x}^3$$

כאשר:

- β = משתנה לפי גיל
- κ = משתנה לפי שנת אירוע
- γ = משתנה לפי שנת לידה

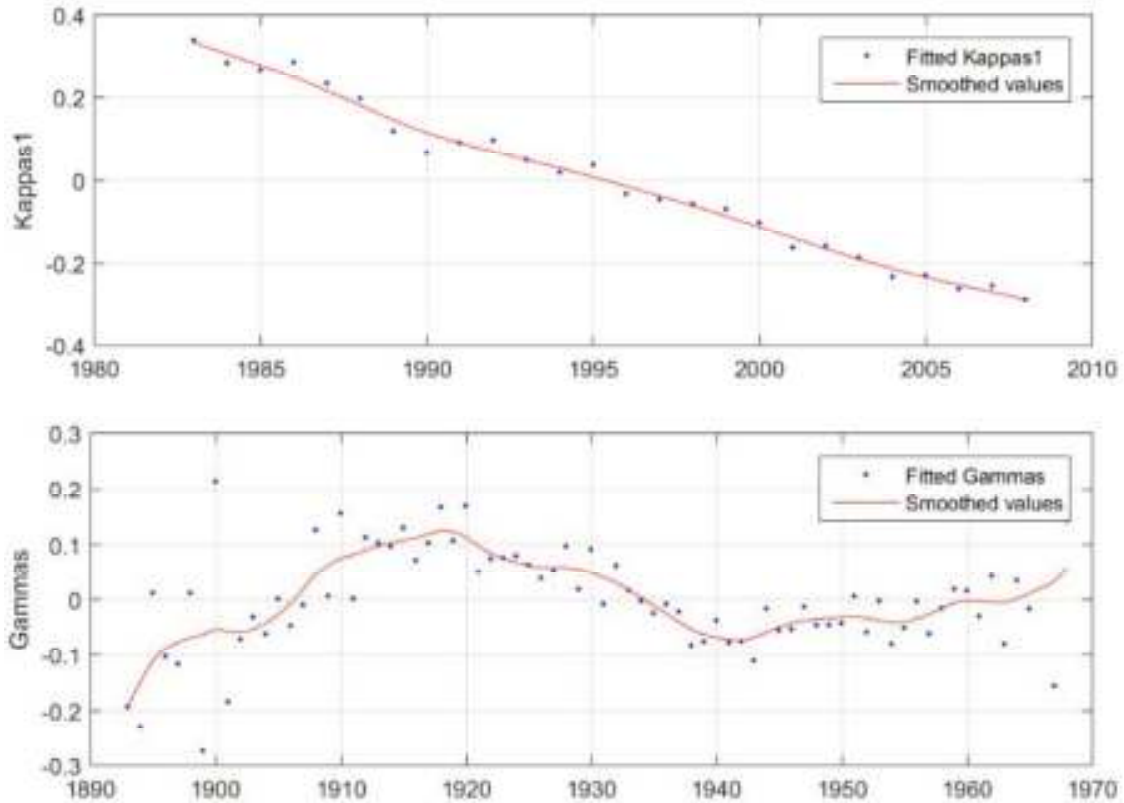
תוצאות – גברים



מהתרשימים ניתן לראות את תופעת הקוהורטה חיובית לגברים ילידי 1929-45 (כמו בנייר העמדה מ-2012), אך ייתכן שיש השפעות דוריות נוספות. לכן, נראה שמודל הכולל התייחסות לתאריך לידה יתאים לנתונים.

ללא השפעות הקוהורטה, שיעור שיפורי התמותה הינו כ- 1.3% לשנה בשנות ה-1990 ו- 2.3% לשנה בשנות ה-2000. השפעת הקוהורטה הינה שיפור נוסף של 1.2% עבור ילידי 1930-1943, והקטנת השיפור עבור ילידי 1949-1961.

כאשר משווים תוצאות עד 2014 לעומת עד 2008, המודל איתן למדי: מבנה הפרמטרים דומה, והשינוי בשיפורי התמותה הוא מינורי. שיפורי התמותה הגבוהים שנצפו עד שנת 2008 יורדים בצורה משמעותית בשנים המאוחרות יותר. השפעת הקוהורטות מעט נמוכה יותר במודל המעודכן.



ללא השפעות קוהורטה, שיעור שיפורי התמותה הינו כ- 2.4% לשנה בין השנים 1995 ו-2004. בשנים המאוחרות יותר, יש התמתנות בשיעורי השיפור עד לשיעור שנתי של כ- 1.8%. השפעת הקוהורטה הינה שיפור שנתי נוסף של כ-1.2% עבור ילידי 1930-1938, בדומה לגברים, אך במשך תקופה קצרה יותר. הקטנת השיפור היא רק כ-0.4% ונצפית כבר בילידי 1942.

מסקנות המחקר של MR, כפי שהוצגו בסיום ההרצאה

איכות הנתונים הירודה מקשה על זיהוי המודל המתאים ביותר. הפרמטרים המתקבלים מהמודל מחייבים ביצוע החלקה, ואין ביטחון שזו גישה סבירה.

שיטת ה-back-testing איננה מצביעה על כך שהמודל המוצג כאן מתאים יותר מהמודל הקיים (של ה-CMI משנת 1999).

המודל תומך בקיום קוהורטה חיובית, הן לגברים הן לנשים. בנוסף, קיימת קוהורטה שלילית בשנות לידה מאוחרות יותר, לפחות עבור גברים.

הפרטים הטכניים של המודל מופיעים בנספח לדו"ח זה.

נקודות מתוך ההתכתבות עם אנשי MR

1. המודל מתייחס לכל הנתונים החל משנת 1983. למרות שינויים משמעותיים בהרכב אוכלוסיית ישראל (כגון, ההגירה מבריה"מ לשעבר), MR ממליץ לא לקצר את תקופת המחקר (לדוגמא מ-2000), מכיוון שזו תקופה קצרה מדי וקשה לקבוע פרמטרים אמינים.
2. מקדמי gamma (השפעת הקוהורטה) אכן מראים שונות רבה, במיוחד בשנים המאוחרות עקב מיעוט נתונים. לדברי MR, רצוי להחליק את הפרמטרים, ולהניח התכנסות ל-0 בשנים העתידיות.
3. במודל המקורי, יש גרסיה לינארית על kappa. אכן, זה עלול להיות בעייתי, כי לאורך זמן רואים התמתנות בשיפורי תמותה. באופן כללי, MR הציעו להשתמש במודל לטווח הקצר, להסכים על שיעור שיפור בטווח הארוך (בהכרח סובייקטיבי), ולקבוע תקופת מעבר ביניהם.
4. MR לא ממליצים להשתמש במודל Lee-Carter במקרה שלנו, היות ורואים בבירור השפעת הקוהורטה, וזה לא מתאים לשיטת LC.

הצעה ל"מודל משולב"

לאחר בחינת המודל של MR, דיונים נוספים עם עורכי המודל כפי שסוכמו לעיל, ולימוד גישות נוספות המתוארות בפרקים הקודמים, נראה שאפשר לבנות מודל המשלב מספר מאפיינים של המודלים השונים:

1. המודל המקורי השתמש בטכניקת Kannisto בגילים גבוהים. זה יוצר חוסר עקביות בתוצאות. מאחר ומחקרי הלמ"ס מצביעים על ירידה הדרגתית בשיעור שיפור התמותה מגיל 80 ואילך, המודל המשולב מחשב שיפורים על פי גיל 80 (בהתאם לשנת הלידה), עם ירידה לינארית בשיעורי השיפור מגיל 80 עד גיל 100 (הפרמטרים ניתנים לשינוי).
2. יש שונות גבוהה מאוד במקדמי גמא (תופעת קוהורטה) במודל המקורי. במודל המשולב חישבנו שיעורים מוחלקים בצורה של סינוס, המתאימים יותר לתחזיות, ובשנים המאוחרות (בהן יש מיעוט נתונים) המקדם מוכפל בגורם התאמה היורד לינארית לאפס.
3. השוואות בינלאומיות של תופעת הקוהורטה מראות ירידה הדרגתית מגיל 80 ואילך (ר' פרק 7); התיקון בסעיף 1 לעיל עונה על הנקודה הזאת.
4. במודל המקורי, מקדמי קפא (שיפור שנתי) חושבו על פי המודל עד שנת 2014, וברגרסיה לינארית החל משנת 2015. כאן, כדי למנוע חוסר רציפות, משתמשים ברגרסיה גם בשנים הקודמות.
5. במודל המקורי, הרגרסיה של מקדמי קפא התחילה משנת 1989 או 2000. כעת נקבע פרמטרים חופשי כדי לבחון אפשרויות אחרות.
6. על פי הצעת MR, ובהתאם למודלים אחרים כמו SOA, המודל המשולב מאפשר קביעת שיעור שיפור לטווח הארוך, ומיזוג הדרגתי בין תוצאות המודל המחושב ובין השיפור לטווח הארוך על פי תקופה שניתן לקבוע.

פרק 15: השוואת מודלים

ערכה: דפנה קאופמן

בפרקים הקודמים הוצגו מודלים שונים, חלקם מודלים כלליים שבהם משתמשים אקטוארים במדינות שונות בעולם וחלקם מודלים מקומיים שפותחו בישראל, המתייחסים לייחודיות של אוכלוסיית ישראל.

להלן ריכוז תמציתי של הפרמטרים המרכזיים במודלים שהוצגו בוועדה והמודל המשולב המוצע, כולל יתרונות וחסרונות של כל מודל.

מודלים שפותחו בישראל על אוכלוסיית ישראל			מודלים כלליים		
<u>הצעה למודל משולב</u>	<u>למ"ס</u>	<u>MR</u>	<u>CMI (2009)</u>	<u>SOA</u>	<u>פרמטר</u>
עריכת שינויים למודל MR לאור ממצאי המודלים האחרים	מודל של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה	מודל של מבטח המשנה מיוניק רי על פי Human Mortality Database	CMI (Continuous Mortality Investigation-UK מספק מחקרים בנושא תמותה ותחלואה וכלים לשימוש האקטוארים	SOA (Society of Actuaries) ועדה פרסמה מסמך בנושא טבלאות תמותה ושיפורי תמותה	מידע בסיסי
1983-2014	יהודים משנת 1950 וכלל האוכלוסייה משנת 1968	1983-2014	עד 2007	1950-2009	בסיס הנתונים למחקר
קיים	קיים	קיים	קיים	קיים	שיפור לפי גיל
קיים	קיים	קיים	קיים	קיים	שיפור לפי מין
Currie age-period-cohort model. מעל גיל 80 - ר' להלן	Lee-Miller מודל	עד גיל 90 - Currie age-period-cohort model . מעל גיל 90 - Kannisto	P-spline, poisson model & QBIC & APC for fitting. Projection on top	מבוסס על מודל עם הפשטה APC - פונקציה של גיל ופונקציה של שנת לידה	המודל מבוסס על

<u>הצעה למודל משולב</u>	<u>למ"ס</u>	<u>MR</u>	<u>CMI (2009)</u>	<u>SOA</u>	<u>פרמטר</u>
לאור ממצאי הלמ"ס, מעל גיל 80 שיעורי השיפור במודל APC מחושבים לגיל 80 עם ירידה לינארית עד 0 שיפור בגיל 100	המודל קובע שיעור שיפור בנפרד לכל גיל. מהממצאים, יש ירידה חדה בשיעורי שיפור מגיל 80 ואילך.	מודל Kannisto מעל גיל 90 יוצר שיעורי שיפור שונים בגילים האלה	המלצות של תסריט ממוצע, לשיקול דעת המשתמש	ירידה לינארית מגיל 85 ועד 95, מ-1% ועד 0.85%, ולאחר מכן ירידה נוספת עד גיל 115, מ-0.85% ועד 0%	גילים מבוגרים (מעל 80)
אנשי MR מודים שהמודל מתאים לטווח הקצר, ורצוי לקבוע יעד לשיעור שיפור ארוך-טווח	המודל מניח ששיעור השיפור לאורך תקופת המחקר (לכל גיל) יימשך ללא שינוי	המודל מניח ששיעור השיפור לאורך תקופת המחקר (אחיד) יימשך ללא שינוי. אנשי MR מודים שהמודל מתאים לטווח הקצר	המלצות של תסריט ממוצע, לשיקול דעת המשתמש. התכנסות לשיעור שיפור תמותה לטווח הארוך	1% (עד גיל 85)	שיעור שיפור לטווח הארוך (Long-term mortality improvement)
לפי החלטה	לא רלוונטי	לא רלוונטי	לפי החלטה	2030	החל משנת
יש התייחסות לאפקט הקוהורטה ולשיעורי שיפור שונים לפי גיל	התייחסות לשיעורי שיפור שונים בגילים שונים	יש התייחסות לאפקט הקוהורטה	יתרונות התחזיות של ICP מעל מודלים מתוחכמים יותר כללו: (1) היותם בסיס קל להשוואה; (2) יכולת לשנות אותם בקלות; (3) יכולת ליישם אותם בקלות יחסית על כל טבלת תמותה בסיסית או סט ההנחות;	במודל יש טכניקות חישוביות פשוטות ושקופות יותר למשתמש מאלו שנעשה בהן שימוש במודל ה-CMI וזאת מבלי להתפשר על איכות תוצאות המודל. המודל מתייחס גם לגיל וגם לשנת לידה (אפקט הקוהורט)	יתרונות

<u>הצעה למודל משולב</u>	<u>למ"ס</u>	<u>MR</u>	<u>CMI (2009)</u>	<u>SOA</u>	<u>פרמטר</u>
קביעת הפרמטרים לשיעורי שיפור בטווח הארוך - שרירותית	אין התייחסות לאפקט הקוהורטה ואין התכנסות לשיעור שיפורי תמותה לטווח הארוך	אין התייחסות לשיעורי שיפור שונים לפי גיל, אלא שיעור השיפור אחיד לכל הגילים. אין התכנסות לשיעור שיפורי תמותה לטווח הארוך. אנשי MR מודים שהמודל מתאים לטווח הקצר	תחזיות ICP הן תרחישים דטרמיניסטיים קבועים, ולכן, בניגוד למודל סטוכסטי, לא ניתן לספק למשתמש תרחישים מרובים, הנדרשים למודולים מתוחכמים	קביעת הפרמטרים לשיעורי שיפור בטווח הארוך - שרירותית	חסרונות

פרק 16 : סיכום ומסקנות

סיכום דיוני הוועדה

הרכב הוועדה כלל אקטוארים מתחומים שונים : ביטוח חיים, פנסיה , ביטוח משנה , ביטוח לאומי , רשות שוק ההון וכן דמוגרף מהלמ"ס. הדיונים כללו סקירה מקיפה של שיטות וגישות הנהוגות כיום וכאלו שהיו נהוגות בעבר, לתחזיות שיפורי תמותה בארץ ובעולם. להלן עיקרי הדברים שעלו::

1. יש מקום לבחון מודלים שונים

יש מקום לבחון מודלים שונים ואף גישות שונות לצורך תחזית בשיפורי התמותה, תוך התחשבות בשימושים לשמם נעשות התחזיות: ביטוח, פנסיה, כלל האוכלוסייה. לדוגמא, בעוד שתחזיות הלמ"ס נעשות כחלק מהיערכות מוסדות המדינה לתכנון של מערכות התמיכות החברתיות לטווח הארוך ומיועדות לכלל האוכלוסייה, הרי שהתחזיות של רשות שוק ההון ביטוח וחסכון מיועדות לחישובי זרבות ופרמיות בקרנות הפנסיה ובחברות הביטוח ומיועדות לציבור המבוטחים בלבד. אין לצפות שמודל אחד יתאים לכלל מגוון הצרכים. יחד עם זאת, יש חשיבות ציבורית בכך שגופים ממלכתיים שונים יקיימו ישיבות מסודרות ביניהם כדי לדון על מודלים שונים והתפתחויות שונות בתחום שיפורי תמותה, ויש לעודד זאת ככל שניתן.

2. סקירת מודלים בישראל ובעולם

בוועדה עלו לדיון מספר מודלים, ובפרט: מודל שנבנה על-ידי מבטח המשנה Munich Re, מודל Lee-Carter ונגזרותיו, אשר אומץ על-ידי הלמ"ס, המודל הנהוג בבריטניה כפי שנקבע על-ידי ה-CMI ומודל ה-SOA. הוועדה לא דנה ברגישות של המודלים השונים לשינויים בפרמטרים. לא הגיע לידנו מידע על-כך.

3. קשיים בתחזיות

על-אף מגוון השיטות והמודלים הקיימים לתחזיות שיפורי תמותה בארץ ובעולם והמחקר רב השנים בתחום, עד כה תוצאות האמת מעידות על-כך שהתחזיות העריכו בחסר את השיפורים העתידיים בתוחלת החיים. כלומר, תוחלת החיים בפועל התבררה כגבוהה מתוחלת החיים החזויה. הפער הולך וגדל ככל שהתחזית ניתנת לטווח ארוך יותר. אחת מבין הטענות שנשמעות היא שהגורמים שמשפיעים על קצב השיפורים השתנו במהלך ההיסטוריה ולכן המודל לחיזוי שיפורי התמותה צריך להתחשב בכך. כל עוד לא קיימים מודלים שיודעים לשלב את הגורמים לשיפורים כחלק מהפרמטרים קשה להשתמש במידע זה לחזות את המגמה של השיפורים העתידיים.

בנוסף, מדינת ישראל הינה מדינת הגירה ויש לכך השפעה ניכרת על תחזיות דמוגרפיות ומדידת שיפורי תמותה. בשנים הראשונות של המדינה היו אי-דיוקים ברישום גילים. כמו-כן, קשה לדעת כיצד גלי העלייה המשמעותיים השפיעו על שינויים בשיעורי תמותה של האוכלוסייה.

- 4. תמותה ומצב סוציו-אקונומי**
מחקרים בעולם ובארץ מצביעים על קשר בין מצב סוציו-אקונומי לאריכות חיים. עם זאת, לצורך הכללת המצב הסוציו-אקונומי בתחזית, יש צורך במודל המתאר שינויים עתידיים במצב הסוציו-אקונומי. אין כיום מודל שכזה בנמצא. כמו-כן, קשה לקבל נתונים היסטוריים אמנים לצורך תחזית זאת.
- 5. קביעת מגמת שיפור כללי**
מגמת השיפור לטווח הקצר והטווח הארוך נקבעת בהתחשב במגמות העבר, ועל פי שיקולים נוספים כגון מגמות והתפתחויות בארצות אחרות.
- 6. הבדלים בשיפור לפי שנת לידה (קוהורטה)**
בישראל, בדומה למדינות רבות, קיימת תופעה של "קוהורטות" (התנהגות שונה של שיפורי התמותה לפי שנת לידה). שיפורי התמותה של ילידי שנות ה-30 של המאה הקודמת מהירים יותר באופן משמעותי מיתר השנתונים, ואצל ילידי שנות ה-50 יש תופעה הפוכה. בנוסף, יש סימני שיפור מהיר יותר עבור ילידי שנות ה-60, אך לעת עתה על סמך נתונים מועטים. עם-זאת, ייתכן שההשפעה הכלכלית של הקוהורטה אינה משמעותית לעומת מודל שאינו מביא לידי ביטוי את שנת הלידה כדוגמת מודל Lee-Carter.
- 7. התייחסות מיוחדת לגילים מבוגרים לאור מיעוט נתונים**
לאור המיעוט היחסי של אוכלוסייה בגילים המבוגרים (מעל 85) קיימת השתנות יחסית גדולה בנתונים. פותחו מודלים שונים כדי לטפל בגילים הללו. אחד המודלים המקובלים לכך הינו מודל Kannisto.
- 8. טיב הנתונים, עקביות ורגישות המודלים**
בדיקות ההתאמה של מודל נעשות על-ידי כיוול המודל על-בסיס חלק מנתוני העבר ובדיקת התאמת התחזית ליתר נתוני העבר. בישראל, אין די נתונים היסטוריים לתחזיות לטווח הארוך, וייתכן כי בדיקות התאמה אפשריות רק לטווח הקצר, דהיינו, 5-10 שנים. ככלל, על-מנת לספק תחזית על-בסיס נתונים היסטוריים, יש צורך בנתונים היסטוריים לתקופה העולה על תקופת התחזית. בישראל אין כיום נתונים מהימנים וזמינים לצורך מתן תחזית שכזו לתקופה של 40-50 שנים, ולכן במקרה זה נאלץ להסתמך על נתונים היסטוריים לתקופה קצרה יותר של 20-25 שנים. במטרה לשמור על עקביות של תוצאות המודל לאורך השנים ובין גילים שונים יש לעיתים מקום לבצע החלקה של הפרמטרים במודל. לדוגמא, שימוש בפרמטרים נפרדים לגברים ולנשים עלול להוביל לתוצאות לא סבירות בטווח הארוך. השמירה על עקביות הינה באמצעות מודל ולא דרך התערבויות מלאכותיות. נהוג לבצע מבחני הרגישות, לא רק לגבי התחזית לשיפורי התמותה, אלא גם להשלכות של השימוש בתחזית, כגון הרזרבות הנדרשות והחוסן של חברת הביטוח, וכן ההשלכות הכלכליות של אותו המודל על בעלי העניין (אזרחים, מבוטחים, גופים מוסדיים ועוד).

9. השוואות למגמות ותופעות שנצפו במקומות אחרים בעולם

המחקר בתחום של שיפורי התמותה בישראל נמצא בראשיתו, הנתונים ההיסטוריים אינם רבים ומדינת ישראל הינה בעלת אוכלוסייה קטנה יחסית. מכאן, שיש חשיבות רבה להשוות את הנתונים והמגמות הנצפות בישראל אל מול אלו שבמדינות אחרות. עם-זאת, בניתוח שינויים בתמותה לאורך זמן, יש לזכור כי אוכלוסיית ישראל הטרוגנית מאוד (הבדלים אתניים, הבדלים באורחות החיים ועוד) והרכבה השתנה במשך תקופת המחקר בגלל גלי העלייה, ולכן נדרשת זהירות בהשוואות.

10. מגמות בשנים האחרונות

בארה"ב ובבריטניה הנצפתה בשנים האחרונות האטה בשיפורי התמותה, עד כדי עצירה ואף גידול בשיעורי התמותה. ה-CMI בבריטניה אף שינה את התחזיות כתוצאה מכך. עדיין מוקדם לקבוע האם מדובר בשינוי מגמה או בעצירה זמנית. כמו-כן, הסיבות לתופעה לא ברורות באופן מלא. בארצות אחרות, וישראל ביניהן, יש האטה מסוימת בשנים האחרונות בקצב השיפור. טבעם של מודלים הינו שכושר החיזוי שלהם הולך ופוחת ככל שמתרחקים בתקופה ומסתכלים על הטווחים הארוכים. לכן צריך לזכור כי בניגוד לשיפורים לטווח הקצר והבינוני שהינם תולדה של המודל שנבחר, לגבי הטווח הארוך קביעת קצב השיפורים במידה רבה מבוססת על החלטת המשתמש.

11. המשך עבודה נושא שיפורי תמותה

בישראל, הידע על תחזיות תמותה באוכלוסייה נמצא בראשית דרכו. יש מקום לעודד את המחקר בתחום זה. וועדת חקר התמותה תמשיך להתכנס מעת לעת, כדי להתעדכן על התפתחויות בארץ ובעולם ולדווח לאגודת האקטוארים במידת הצורך.

Algorithm to replicate projected mortalities

Mortality rates were fitted onto historical population mortality data provided by the human mortality data base. The analysis took the ages 40-90 and years 1983-2014 into consideration and the corresponding mortality data is written down on tabs “mortality data ...”.

An age period cohort model (APC model) following the equation $logit(q_{x,t}) = \beta_x^1 + \kappa_t^2 + \gamma_{t-x}^3$ was fitted separately for male and female onto the historical population mortality data. The following identifiability constraints have been applied:

- Zero mean of κ_t^2
- Intercept a and slope b of the linear regression $\gamma_{t-x}^3 = a + b \cdot (t - x)$ are zero

In order to derive future mortality, the parameter κ_t^2 has to be extrapolated for years $t > 2014$. An ordinary linear regression has been used for extrapolation, i.e. fitted κ_t^2 have been regressed against fitted the corresponding years t . In other words, constants c, d were determined in order to regress $\kappa_t^2 = c + d \cdot t$ (ordinary least square optimization). The regression has been executed for two time ranges:

- Years 1989-2014 (see file Mortality_Fit_Israel_KappaExtrapolation_1989_2014)
- Years 2000-2014 (see file Mortality_Fit_Israel_KappaExtrapolation_2000_2014)

Mortality rates for high ages were extrapolated applying the Kannisto model onto the ages 81-90, i.e. $logit(q_{x,t}) = \kappa_t^{AE1} + x \cdot \kappa_t^{AE2}$ has been fitted for ages 81-90 and years 1983-2015. Here the term “AE” denotes “age extrapolation” in order to stress the fact that a second GLM has been fitted. The end age $\omega = 110$ has been assumed. For very distant years, Kannisto requires values of $q_{x,t}$, i.e. γ_{t-x}^3 , where $(t - x)$ is beyond the range of fitted generations. In consistency with the identifiability constraints of the APC model, γ_{t-x}^3 was set to zero for these years. Hence $\gamma_{t-x}^3 = 0$ holds for $(t - x) \geq 1975$.

All fitted parameters can be found on the tab “parameters ...”. Tab “qx att. Age ...” illustrates the corresponding attained age mortality table, i.e. to derive an entry age table one has to follow the diagonals. The tab “qx improvement att. age” shows the mortality improvements, i.e.

$$mI_{x,t} = 1 - \frac{q_{x,t+1}}{q_{x,t}}$$



REPORT OF THE MORTALITY RESEARCH COMMITTEE OF THE ISRAEL ASSOCIATION OF ACTUARIES ON MORTALITY IMPROVEMENTS IN ISRAEL

Executive summary

The Committee comprised actuaries from various fields: life assurance, pensions, reinsurance, National Insurance, the Capital Markets, Insurance and Savings Authority, and a demographer from the Israel Central Bureau of Statistics (CBS). The discussions included a comprehensive study of methods and approaches to demographic forecasting in Israel and abroad, in use today and in the past. The principal topics and conclusions from the discussions were as follows:

- The Committee held a number of meetings at which the various models were presented and studied, in particular: a model built by Munich Reinsurance Company, the Lee-Carter model and its derivatives which was adopted by the CBS, the model used in the UK as developed by the CMI of the Institute and Faculty of Actuaries, and a model published in the USA by a subcommittee of the SOA. The first two models are based on Israeli population mortality. In the discussions, the advantages and disadvantages of the model were examined, and as a result the idea was raised to develop a combined model which might be appropriate for Israeli forecasting. The combined model was not validated.
- The report relates to the differing requirements of the three bodies in Israel which use mortality forecasts: The CBS, the National Insurance Institute, and the Capital Markets, Insurance and Savings Authority.
- In some countries, e.g. the USA and the UK, recent years have seen a deceleration or a cessation of rates of mortality improvement, and even an increase in mortality rates. In Israel there has been some slowing down of mortality improvements in recent years, but there seems no reason to conclude that the trend of deceleration will continue.
- The Committee found that it is reasonable to consider using different models or even different approaches for demographic forecasting, taking into account the uses for which the forecast is intended. It should not be expected that a single model will be appropriate for the whole range of needs.
- Over the years, forecasts have tended to underestimate future improvements in life expectancy.

- There is a link between socio-economic status and longevity, but today it is not possible to include such a parameter in forecasts because of the lack of suitable models.
- Immigration to Israel is a significant factor which introduces uncertainty into demographic forecasts and measurement of mortality improvements. In addition, in the early years of the State there were inaccuracies in recording ages.
- In Israel, as in many countries, there is a “cohort effect”, i.e. differing behaviour of mortality improvements according to year of birth. However, the economic effects have not been investigated.
- The Committee has set out a number of points which should be addressed when determining a model and parameters for mortality forecasting within the framework of actuarial work.

Summary and conclusions (chapter 16 of the report)

Summary of Committee Discussions

The Committee comprised actuaries from various fields: life assurance, pensions, reinsurance, the National Insurance Institute, the Capital Markets Authority, and a demographer from the Israel Central Bureau of Statistics (CBS). The discussions included a comprehensive study of methods and approaches to forecasting mortality improvements in Israel and abroad, in use today and in the past. The principal matters discussed were as follows:

1. Different models should be examined

It is reasonable to examine models or even different approaches for demographic forecasting, taking into account the uses for which the forecast is intended: insurance, pensions, total population. For example, while the CBS forecasts are part of the governmental institutions' long-term planning of social support systems, and are aimed at the general population, the forecasts of the Capital Markets, Insurance, and Savings Authority are directed at calculating reserves and premiums for pension plans and insurance companies, and intended for the insured population only. It should not be expected that a single model will be appropriate for the whole range of needs. However, it is important to the public that different governmental bodies meet in an organized fashion to discuss different models and developments in the realm of mortality improvements, and this should be encouraged.

2. Survey of models in Israel and abroad

Several models came up for discussion in the Committee, in particular: a model built by Munich Reinsurance Company; the Lee-Carter model (and its derivatives) which was adopted by the CBS; the model used in the UK as developed by the CMI of the Institute and Faculty of Actuaries; and a model published in the USA by a subcommittee of the SOA. The committee did not discuss the sensitivity of the various models to parameter changes. We did not receive information on this issue.

3. Difficulties in forecasting

Despite the spectrum of methods and models that exist for mortality improvement forecasting in Israel and the rest of the world, and the investigations over many years, at this point the actual results indicate that previous forecasts have tended to underestimate future improvements in life expectancy. In other words, actual life expectancy has turned out to be higher than predicted. The gap between the two increases with the longer time-frame of the forecast. It has been claimed that factors affecting mortality improvements have changed historically, and forecasting models should take this into account. As long as such models do not exist, it is difficult to use this information in order to forecast trends of future improvements.

In addition, Israel is a country of immigrants, and this significantly affects demographic forecasts and the measurement of mortality improvements. In the early years of the State there were inaccuracies in recording ages. Similarly, it is difficult to determine how the major immigration waves affected changes in population mortality rates.

4. Mortality and socio-economic status

Studies throughout the world and in Israel indicate that there is a link between socio-economic status and longevity. However, in order to include socio-economic status in the forecast, there is a need for a model describing future changes in such status. No such model exists at the present time. Additionally, it is difficult to obtain reliable historical data in order to create such a forecast.

5. Determination of the overall rate of improvement

The short- and long-term improvement trends are determined by considering past trends as well as additional factors, such as trends and developments in other countries.

6. Differences in improvement by year of birth (cohort)

In Israel, as in many countries, there is a “cohort effect”, (differing behavior of mortality improvements according to year of birth). Mortality improvements for those born in the 1930's are significantly greater than those for other cohorts, and improvements for those born in the 1950's are less. In addition, there are signs of greater improvements among those born in the 1960's, but so far the data are limited. However, it is possible that the economic effects are not significant in comparison to models which do not use year of birth such as Lee-Carter.

7. Special treatment of older ages due to sparse data

In light of the relatively low population at higher ages (85 and above), there is large variance in the data, and therefore room for smoothing the results. One of the accepted models for this is the Kannistö model.

8. Data quality, consistency and model sensitivity

Model fitness tests are conducted by calibrating the model to selected data points in the past, and checking the forecast results against the remaining past data points. In Israel, there are insufficient historical data for long-range forecasts, so it should be noted that fitness tests are possible only for the short term, i.e. 5-10 years.

Generally, in order to forecast on the basis of historical data, there is a need for data from a period longer than that of the forecast. In Israel at present there are no available and reliable data for such a forecast over a period of 40-50 years, and therefore in this case one will have to rely on historical data from a shorter period of 20-25 years.

In order to maintain consistency among the model results over years and across ages, it is sometimes appropriate to smooth the model parameters. For example, use of separate parameters for men and women might lead to unreasonable results in the long term. Consistency is maintained by means of a model and not through artificial intervention.

It is common to carry out sensitivity tests, not only on the mortality improvement forecasts, but also on the ramifications for uses of the model, e.g. reserves and financial strength of the company, and economic consequences for stakeholders (the public, policyholders, financial institutions etc.)

9. Comparison with trends in other countries

The study of mortality improvements in Israel is in its infancy, data are not extensive, and Israel has a relatively small population. Because of this, it is important to compare the data and trends observed in Israel with those in other countries. Nonetheless, in analyzing mortality changes over time, one should bear in mind that Israel's population is very heterogeneous (ethnic, lifestyle, and other differences) and that its composition has changed over the period of the study due to waves of immigration, so comparisons should be made with caution.

10. Recent trends

In recent years the USA and the UK have seen a deceleration or a cessation in the rates of mortality improvement, and even an increase in mortality rates. The CMI in the UK has changed its forecasts as a result. It is still too early to determine if this is a change in the trend or a temporary cessation. Furthermore, the reasons for the phenomenon are not fully clear. In other countries, including Israel, there has been some slowing down of mortality improvements in recent years. The nature of models is such that their forecasting ability declines as one moves away from the basis period and looks at the longer term. Therefore, as opposed to short- and medium-term improvements which are a result of the chosen model, determination of the rate of improvements for the long term is based in large measure on the user's decisions.

11. Further work on mortality improvement

Knowledge about population mortality forecasts is in its early stages in Israel. Research in this area should be encouraged. The Committee for Mortality Investigations will continue meeting from time to time, in order to receive updates about developments in Israel and the world, and to report to the ILAA as necessary.