



תחזיות לצורכי כוח אדם מדעי וטכנולוגי: מודלים ומדדים

ד"ר דפנה גץ • ציפי בוכניק • בלה זלמנוביץ • נועה זמר-בציר



אודות מוסד שמואל נאמן

מוסד שמואל נאמן שהוקם בטכניון בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל (סם) נאמן והוא פועל להטמעת חזונו לקידומה המדעי-טכנולוגי, כלכלי וחברתי של מדינת ישראל.

מוסד שמואל נאמן הוא מכון מחקר המתמקד בהתווית מדיניות לאומית בנושאי מדע וטכנולוגיה, תעשייה, חינוך והשכלה גבוהה, תשתיות פיסיקות, סביבה ואנרגיה ובנושאים נוספים בעלי חשיבות לחוסנה הלאומי של ישראל בהם המוסד תורם תרומה ייחודית. במוסד מבוצעים מחקרי מדיניות וסקירות, שמסקנותיהם והמלצותיהם משמשים את מקבלי ההחלטות במשק על רבדיו השונים. מחקרי המדיניות נעשים בידי צוותים נבחרים מהאקדמיה, מהטכניון ומוסדות אחרים ומהתעשייה. לצוותים נבחרים האנשים המתאימים, בעלי כישורים והישגים מוכרים במקצועם. במקרים רבים העבודה נעשית תוך שיתוף פעולה עם משרדים ממשלתיים ובמקרים אחרים היוזמה באה ממוסד שמואל נאמן וללא שיתוף ישיר של משרד ממשלתי. בנושאי התוויית מדיניות לאומית שעניינה מדע, טכנולוגיה והשכלה גבוהה נחשב מוסד שמואל נאמן כמוסד למחקרי מדיניות המוביל בישראל.

עד כה ביצע מוסד שמואל נאמן מאות מחקרי מדיניות וסקירות המשמשים מקבלי החלטות ואנשי מקצוע במשק ובממשל. סקירת הפרויקטים השונים שבוצעו במוסד מוצגת באתר האינטרנט של המוסד. בנוסף מוסד שמואל נאמן מסייע בפרויקטים לאומיים דוגמת המאגדים של משרד התמי"ס - מגני"ט בתחומים: ננוטכנולוגיות, תקשורת, אופטיקה, רפואה, כימיה, אנרגיה, איכות סביבה ופרויקטים אחרים בעלי חשיבות חברתית לאומית. מוסד שמואל נאמן מארגן גם ימי עיון מקיפים בתחומי העניין אותם הוא מוביל.

יו"ר מוסד שמואל נאמן הוא פרופ' זאב תדמור וכמנכ"ל מכהן פרופ' עמרי רנד.

כתובת המוסד: מוסד שמואל נאמן, קרית הטכניון, חיפה 32000

טלפון: 04-8292329, פקס: 04-8120273

כתובת דוא"ל: info@neaman.org.il

כתובת אתר האינטרנט: www.neaman.org.il

תחזיות לצורכי כוח אדם מדעי וטכנולוגי : מודלים ומדדים

מוגש למועצה הלאומית למחקר ולפיתוח

הוועדה לקשרי אקדמיה תעשייה

חוקרים :

ד"ר דפנה גץ

ציפי בוכניק

בלה זלמנוביץ

נועה זמר-בציר

מאי 2013

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.

הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחברים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

5..... חלק א': תחזיות טכנולוגיות במדינות נבחרות - סקירת ספרות

| | | |
|----|--|------|
| 1 | תקציר מנהלים - חלק א' | 1 |
| 3 | הקדמה ורקע היסטורי | 2 |
| 6 | מטרות התחזיות הטכנולוגיות | 3 |
| 8 | מתודולוגיות של תחזיות טכנולוגיות..... | 4 |
| 14 | מגבלות של תחזיות טכנולוגיות..... | 5 |
| 16 | סקירה של תוכניות חיזוי טכנולוגיות לאומיות..... | 6 |
| 16 | תוכנית החיזוי הבריטית | 6.1 |
| 23 | תוכנית החיזוי הטכנולוגית היפנית | 6.2 |
| 29 | תחזיות טכנולוגיות לאומיות בעולם | 6.3 |
| 32 | תחזיות טכנולוגיות במדינת ישראל | 7 |
| 32 | סקר "דלפי" ביוזמת משרד המדע במהלך השנים 1999-2000..... | 7.1 |
| 36 | פעילויות חיזוי נוספות בישראל | 7.2 |
| 37 | מתחזיות לקביעת מדיניות | 8 |
| 43 | מקורות | 9 |
| 46 | נספחים..... | 10 |
| 46 | נספח 1 – סיווג השיטות המשמשות לתחזיות טכנולוגיות..... | 10.1 |
| 49 | נספח 2 – תחומים שזוהו כבעלי פוטנציאל בתוכנית החיזוי הבריטית | 10.2 |
| | נספח 3 - סקר דלפי היפני התשיעי : תחומים בולטים לצורך התמודדות עם אתגרים לאומיים ועולמיים..... | 10.3 |
| 51 | | 51 |
| 52 | נספח 4 - כותרת סקר דלפי היפני התשיעי : תחזיות בתחומי מדע וטכנולוגיה..... | 10.4 |

64..... חלק ב': מודלים לחיזוי כוח אדם במדינות נבחרות

| | | |
|-----|--|-----|
| 65 | תקציר מנהלים - חלק ב' | 1 |
| 67 | סקירת ספרות של מודלים בשימוש לצפי כוח אדם בארה"ב ובאירופה..... | 2 |
| 67 | הקדמה | 2.1 |
| 67 | היתרונות של תחזיות כוח אדם | 2.2 |
| 68 | מדוע לא ניתן להסתמך על מנגנוני השוק? | 2.3 |
| 68 | ההשלכות של חוסר איזון בשוק העבודה | 2.4 |
| 69 | תחזיות שוק העבודה כמוצר לטובת הציבור | 2.5 |
| 69 | מי משתמש במידע? | 2.6 |
| 70 | רקע היסטורי | 2.7 |
| 72 | ביקורות והמלצות לשיפור המודלים | 2.8 |
| 77 | מודלים לחיזוי כוח אדם | 3 |
| 77 | הקדמה | 3.1 |
| 79 | המודל של ה-BLS לחיזוי כוח אדם..... | 3.2 |
| | המודל הקנדי לחיזוי כוח אדם על פי משלח יד | 3.3 |
| 86 | COPS (Canadian Occupational Projection System)..... | 86 |
| 98 | תחזיות כוח אדם – אירלנד | 3.4 |
| 104 | תחזיות לפי משלח יד בישראל | 4 |
| 104 | מחסור בכוח אדם מיומן בטכנולוגיה עילית | 4.1 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 105 | מודל של הלמ"ס לתחזית כוח אדם בהוראה בישראל | 4.2 |
| 106 | מודל של משרד הבריאות לתחזית כוח אדם רפואי וסיעודי בישראל | 4.3 |
| 108 | כוח העבודה בישראל | 5 |
| 108 | נתונים מקרו כלכליים | 5.1 |
| 110 | נתוני היצע וביקוש | 5.2 |
| 112 | מקורות | 6 |

רשימת לוחות ותרשימים

| | | |
|-----|--|--|
| 19 | לוח 1 : פרויקטים במסגרת תוכנית החיזוי הבריטית בין השנים 2002 ל-2007 | |
| 20 | לוח 2 : שלושת הסבבים של תוכנית החיזוי הבריטית | |
| 24 | לוח 3 : סקרי דלפי שנערכו ביפן בין השנים 1970-2008 | |
| 26 | לוח 4 : הערכה וניתוח התוצאות של סקר דלפי היפני הראשון (שנת 1970) | |
| 27 | לוח 5 : התחומים שנכללו בסקר דלפי היפני התשיעי | |
| 29 | לוח 6 : תחזיות טכנולוגיות לאומיות ברחבי העולם | |
| 37 | לוח 7 : סיווג האימפקט של פעילויות חיזוי | |
| 70 | לוח 8 : מודלים לחיזוי כוח אדם במספר מדינות | |
| | לוח 9 : כוח העבודה, מקרו כלכלה, תפוקות ומשתני תעסוקה 2006, 2010 ותחזית ל-2020 בארה"ב | |
| 85 | (מספרים באלפים) | |
| 85 | לוח 10 : מספר המשרות המשוער (באלפים) בארה"ב ב-2018 בהשוואה ל-2008 | |
| 87 | לוח 11 : תחזית למספר המועסקים בקנדה לפי משלחי יד נבחרים לשנים 2010-2020 | |
| 100 | לוח 12 : חלוקה (דיסאגרציה) של קטגוריות ה- MTR לקטגוריות ה-ESRI/FAS באירלנד | |
| 102 | לוח 13 : מספר המועסקים (באלפים) בעשרים ענפים כלכליים בשנת 2008 ובשנת 2015 באירלנד | |
| 103 | לוח 14 : מספר המועסקים (באלפים) לפי משלח יד בשנת 1996, 2001, 2008 ו-2015 באירלנד | |
| 109 | לוח 15 : תחזיות אוכלוסייה לטווח ארוך 2009-2059 בישראל- לפי שלוש חלופות | |
| 110 | לוח 16 : נתוני השינוי בדרישה לעובדים לפי משלח יד בישראל בהשוואה לחודש מקביל אשתקד | |
| | לוח 17 : מועסקים, לפי משלח יד בקבוצות נבחרות בישראל | |
| 110 | (קבוצה משנית - שלוש ספרות), 2006-2010 | |
| 9 | איור 1 : שלבי תהליך יצירת תחזית טכנולוגית | |
| 11 | איור 2 : "יהלום התחזיות" | |
| 12 | איור 3 : מקבצים של תחזיות טכנולוגיות | |
| 40 | איור 4 : אסטרטגיה לתכנון מדיניות מדע וטכנולוגיה בקוריאה | |
| 86 | איור 5 : תחזיות לפי קטגוריות באתר COPS | |
| 101 | איור 6 : שלבים במודל החיזוי של FAS/ESRI | |
| 109 | איור 7 : תחזית בנק ישראל למדדים כלכליים נבחרים | |

חלק א':

תחזיות טכנולוגיות במדינות נבחרות -

סקירת ספרות

עבודה זו הוזמנה על ידי חיים רוסו יו"ר הועדה לקשרי אקדמיה-תעשייה במלמו"פ. אחת המטרות של ועדה זו כפי שהוגדרה על ידה היא: "בחינה מחודשת והגדרה מחודשת של היעדים של מוסדות המחקר האקדמיים באופן שיענה על צרכי משק עתיר ידע מודרני". מאחר ובישראל לא קיים גוף שעוסק בחיזוי היצע וביקוש של כוח אדם מדעי וטכנולוגי נתבקש מוסד נאמן לבצע מחקר שבו יסקרו תהליכים ומודלים לתחזיות צרכי כוח אדם מדעי וטכנולוגי ובדיקת התאמתם למשק הישראלי.

הגלובליזציה וההתפתחויות הטכנולוגיות הובילו לתחרות הולכת וגדלה בין כלכלות ותעשיות. כלכלות לאומיות וחברות תעשייה נדרשות להסתגל, להתחדש ולצמוח. הצפי להזדמנויות חדשות הגביר גם הוא את הצורך בחיפוש אחר כלים שיסייעו בהתמודדות עם אתגרים אלו. כתוצאה מכך, תחזיות טכנולוגיות זכו לתשומת לב רבה בשנות ה-80 וה-90 של המאה העשרים בפורומים לאומיים ובין-לאומיים שונים ככלי שיכול לסייע בקביעת סדר היום של מערכות המדע והחדשנות, בהכוונת מערכות אלו כך שיתאימו לצרכים הלאומיים, בשיפור תהליכי קביעת המדיניות וקבלת החלטות בנוגע להשקעות במדע, טכנולוגיה והכשרת כוח אדם, וביצירת דיון ציבורי בתחומים אלו.

לפי ההגדרה המקובלת של ה-OECD, תחזית טכנולוגית היא תהליך שיטתי שבו נעשה ניסיון להסתכל לעתיד הרחוק טווח (בדרך כלל חמש עד שלושים שנים) במדע, טכנולוגיה כלכלה וחברה, במטרה לזהות תחומים אסטרטגיים של מחקר, טכנולוגיות גנריות מפציעות שקרוב לוודאי יובילו לרווחים הכלכליים והחברתיים הגדולים ביותר.

קיימות עשרות שיטות ליצירת תחזיות טכנולוגיות. הבולטות שביניהן הן: סקרי דלפי, שיטה החותרת להשגת קונצנזוס בקרב קבוצות מומחים בתחום מסוים על ידי הפצה חוזרת של שאלונים, זיהוי טכנולוגיות קריטיות או טכנולוגיות מפתח שנעשה לפי קריטריון שהוגדר מראש, עבודה בסדנאות/קבוצות דיון סביב נושא ותכנון תסריטים המהווים כלי להצגת אפשרויות לגבי הסביבה העתידית. ברוב התוכניות הלאומיות משלבים מספר מתודולוגיות ליצירת תחזיות טכנולוגיות, כאשר בהכנת התחזיות הטכנולוגיות משתתפים מומחים ממספר מגזרים: אקדמיה, תעשייה, ממשלה וארגונים שאינם למטרות רווח. כמו כן, בתחזיות מושם דגש הולך וגובר על נושאים חברתיים וצרכים סוציו-אקונומיים - כיצד המדע והטכנולוגיה יכולים לשפר את איכות החיים של התושבים. במסגרת עבודה זו תוארו בפרוט המתודולוגיות ואת הממצאים של שתי תוכניות חיזוי טכנולוגיות לאומיות – הבריטית והיפנית.

תוכנית החיזוי הבריטית (TFP- UK Technology Foresight Programme) באחריות משרד המדע והטכנולוגיה החלה לפעול בשנת 1993 ועברה במהלך העשורים הבאים שלושה גלגולים שונים מתרגיל רחב היקף לקביעת סדר עדיפויות שנועד לשפר את התכנון של מדיניות המדע והטכנולוגיה (סבב ראשון) ליוזמות חיזוי מבוזרות שמטרתם הגדלת המודעות למגוון רחב של נושאים עתידיים וליצירת תרבות של חיזוי (סבב שני) וכלה בתוכנית ממוקדת יותר עם פרויקטים מסוימים שמטרתה להגיע למגוון רחב של משרדי ממשלה (סבב שלישי). התפתחות זו הושפעה מתהליכי למידה שחלו בין שלושת הסבבים.

תוכנית החיזוי היפנית היא בין הוותיקות ביותר, החל מהסקר הראשון שנערך בשנת 1970, במשך כארבעים שנה, נערכו ביפן תשע תחזיות טכנולוגיות, במרווחים של חמש שנים, המנסות לחזות את העתיד בטווחי זמן של שלושים שנה במטרה לספק למקבלי ההחלטות במגזר הציבורי והפרטי את הרקע הנחוץ לצורך קבלת החלטות על הכיוונים הנדרשים במדיניות מדע וטכנולוגיה. התחזיות

הטכנולוגיות הן באחריות המכון הלאומי למדיניות מדע וטכנולוגיה ונערכות באמצעות סקר דלפי ומתודולוגיות נוספות (מחקר ביבליומטרי, ניתוח תסריטים). בהכנת התחזיות משתתפים אלפי מומחים מהתעשייה, האקדמיה והממשל ולאחרונה גם הציבור הרחב.

בעבודה זו מובאת סקירה על פעילויות החיזוי שנערכו במדינת ישראל, שהבולטת מביניהן היא סקר "דלפי" שבוצע ביוזמת משרד המדע במהלך השנים 1999-2000 על ידי המרכז הבינתחומי לניתוח ותחזית טכנולוגיות ליד אוניברסיטת תל-אביב ומוסד שמואל נאמן והקיף מגוון רחב של נושאים בשנים-עשר תחומים מדעיים/טכנולוגיים שזוהו כמשמעותיים לישראל בטווח הארוך. ככל הידוע לנו, סקר זה לא הניב עבודות המשך בנושא ולא השפיע באופן מהותי על מדיניות המדע והטכנולוגיה של מדינת ישראל.

התפתחויות עתידיות של תחזיות טכנולוגיות יושפעו מעידן המחשוב וטכנולוגית המידע המאפשרות סריקה ממוחשבת של תחומים חדשים והשווקים הקשורים אליהם, מערכות מומחים שינחו את תהליכי החיזוי וישוו בין תחזיות שונות, יצירת רשתות של חוקרים ו"קהילת חיזוי".

2. הקדמה ורקע היסטורי

גיבוש מדיניות מדע וטכנולוגיה לטווח ארוך הוא משימה חשובה המבוססת על ניתוח מגמות ההתפתחות של התחומים השונים לאורך זמן, הבנת התרומה האפשרית של תחומי המדע והטכנולוגיה לכלכלה ולחברה ואיתור המחסומים המעכבים את ההתפתחויות האפשריות (המרכז הבינתחומי לחיזוי טכנולוגי, 2001).

הגלובליזציה וההתפתחויות הטכנולוגיות הובילו לתחרות הולכת וגדלה בין כלכלות ותעשיות. כלכלות לאומיות וחברות תעשייה נדרשות להסתגל, להתחדש ולצמוח. הצפי להזדמנויות חדשות הגביר גם הוא את הצורך בחיפוש אחר כלים שיסייעו בהתמודדות עם אתגרים אלו. כתוצאה מכך, תחזיות טכנולוגיות זכו לתשומת לב רבה בפורומים לאומיים ובין-לאומיים שונים. ממשלות, גופים עסקיים, מוסדות מחקר ופירמות פרטיות משתמשות בתהליכי חיזוי ככלי שנועד לסייע בפיתוח אסטרטגיות, קביעת סדרי עדיפויות, קבלת החלטות טובה יותר והגדלת המוכנות לשינויים צפויים (Eerola & Jorgensen, 2002).

לפי ההגדרה המקובלת של ה-OECD, חיזוי הוא **תהליך שיטתי** שבו נעשה ניסיון להסתכל לעתיד **הרחוק טווח** (בדרך כלל חמש עד שלושים שנים) במדע, טכנולוגיה, כלכלה וחברה, במטרה לזהות תחומים אסטרטגיים של מחקר, **טכנולוגיות גנריות מפציעות** (emerging generic technologies) שקרוב לוודאי יובילו ל**רווחים הכלכליים והחברתיים** הגדולים ביותר (Irvine & Martin, 2001). לחיזוי על פי הגדרה זו יש מספר מאפיינים חשובים: מדובר על תהליך **מאורגן היטב** המפגיש נציגים **מקבוצות שונות** ולא טכניקה בודדת או סדרה של טכניקות. הדגש הוא על האופן ה**שיטתי** שבו נעשה התהליך. ההתמקדות היא על העתיד ארוך הטווח. תהליך החיזוי כולל איזון בין הדרישות של הכלכלה והחברה לאפשרויות של המדע והטכנולוגיה. ההתמקדות היא על זיהוי **טכנולוגיות גנריות מפציעות**, כלומר טכנולוגיות שהן עדיין בשלב הקדם תחרותי ומועמדות למימון ממשלתי. הדגש הוא על **התועלת החברתית** ולא רק על התועלת הכלכלית.

יש להדגיש כי חיזוי טכנולוגי (Technological Foresight) אינו זהה ל-Technological Forecasting. נקודת המוצא של Technological Forecasting הוא שהמגמות הנוכחיות בכלכלה, בחברה ובטכנולוגיה ימשיכו להתקיים גם בעתיד. אירועים שיתרחשו בעתיד מהווים אקסטרפולציה של מגמות הווה. לעומת זאת, לפי ה-Technological Foresight, יש מספר תחזיות/אפשרויות לעתיד, הנובעות מסדרת הנחות שונה לגבי ההווה. התפקיד של התחזיות אינו רק להתכונן לקראת העתיד, אלא גם לקחת בחשבון את כל התרחישים העתידיים האפשריים. למדינות, ארגונים ואנשים פרטיים יש כוח לעצב את העתיד באמצעות הבחירות שהם מבצעים (Martin, 2001, Tegart, n.d).

Martin (2003) זיהה את ארבעת הכוחות הבאים (ארבעת ה-c) המניעים את השינוי בכלכלה העולמית והתורמים לחשיבות התחזיות הטכנולוגיות:

- **הגדלת התחרותיות** (competitiveness) בכלכלה העולמית. הופעת "שחקנים" חדשים באסיה, מרכז ומזרח אירופה גרמה להגדלת התחרות בין מדינות וחברות. בנוסף, קיימים פערים בין המדינות המפותחות והמתפתחות בעלות כוח העבודה. המפתח להצלחה של מדינות עשירות ומתועשות היא חדשנות בלתי פוסקת הגורמת לעלייה בתפוקה ולתחרותיות גדלה.
- **הגדלת המגבלות** (constrains) על הוצאה ציבורית – בשל הצורך של ממשלות לאזן את התקציב, יש מגבלות הולכות וגדלות על ההוצאה הציבורית. מגבלות אלו עתידות להיות משמעותיות יותר בעתיד בשל מספר סיבות: דמוגרפיה, הזדקנות האוכלוסייה, וציפיות גדלות

של הציבור לשירותים בתחומי החינוך, הבריאות והרווחה. כמו כן, יתכן שממשלות הגיעו לגבול העליון של גביית המיסים, ובמידה וינסו להעלות את המיסים מעבר לרמה מסוימת, חברות או אנשים פרטים יכולים לעזוב למקום שבו המיסים נמוכים יותר. בשל כך, יש דרישה יותר גדולה לניצול אחראי של ההוצאות הממשלתיות ולקביעת סדרי עדיפויות בהשקעות ממשלתיות במדע וטכנולוגיה.

- **הגדלת המורכבות (complexity)** – בקשרים שבין מערכות ומגזרים שונים: לדוגמא, הקשרים שבין מערכות אזוריות (האיחוד האירופאי) ובין-לאומיות (ארגון הסחר הבינ-לאומי), הקשרים שבין מערכות של מדע וטכנולוגיה מול מערכות כלכליות, סביבתיות, חברתיות ופוליטיות, הקשרים שבין המגזר הציבורי והפרטי ועוד. כתוצאה מכך, יש צורך במדיניות גמישה יותר, בכלים שיקשרו בין שחקנים ממגזרים ושותפים שונים, בין הצרכים שלהם, וברשתות יעילות יותר ליצירת שיתופי פעולה.

- **הגדלת החשיבות של יכולות (competence)** מדעיות וטכנולוגיות – ידע מדעי וטכנולוגי הופך להיות משאב אסטרטגי למדינות ולחברות. גם כישורים מדעיים וטכנולוגיים נהפכים לחשובים יותר ביצירת עושר ובשיפור איכות החיים. טכנולוגיות חדשות דורשות כישורים חדשים, מבליטות כישורים מסוימים קיימים (גישה מולטי דיספלינרית, עבודת צוות, יצירת רשתות) ומייתרות כישורים קיימים אחרים. כמו כן, יש צורך בלמידה לאורך כל מעגל החיים. תחזיות טכנולוגיות הופיעו בסוף שנות ה-50 של המאה העשרים במגזר הביטחוני בארה"ב, ובפעילות של יועצים חיצוניים כדוגמת חברת RAND שהייתה אחראית לפיתוח חלק מהכלים העיקריים המשמשים עד היום בתחזיות טכנולוגיות, כדוגמת שאלוני דלפי וניתוח תסריטים. במהלך שנות ה-60 של המאה שעברה, גופים נוספים כדוגמת הצי האמריקאי וחיל האוויר האמריקאי ערכו גם הם תחזיות טכנולוגיות. בהמשך, הצטרפו גופים מהמגזר הפרטי לעריכת תחזיות טכנולוגיות. יפן הייתה המדינה הראשונה שערכה תחזית טכנולוגית לאומית בשנת 1971, אחריה בשנות ה-80 מדינות נוספות כמו צרפת, שבדיה וקנדה החלו לבצע תחזיות טכנולוגיות. בשנות ה-90 תחזיות טכנולוגיות לאומיות הפכו למקובלות גם במדינות נוספות: הולנד, ארה"ב, אוסטרליה, בריטניה (Martin,2001).

Georghiou (2001) זיהה חמישה דורות בתהליך ההתפתחות של תחזיות טכנולוגיות:

1. דור ראשון – התחזית מיועדת למטרות תכנון כלכלי ומונעת מהדינאמיקה של התפתחויות טכנולוגיות.
2. דור שני – קיים ניסיון לשלב בין הטכנולוגיה לבין הכלכלה בו זמנית. ההתפתחויות הטכנולוגיות נבחנות בתרומה שלהן ליצירת שווקים חדשים. יש דגש חזק על התאמה בין אפשרויות טכנולוגיות להתפתחויות השווקים.
3. דור שלישי – בתחזיות הטכנולוגיות משולב המימד החברתי, נלקחים בחשבון נושאים הרלבנטיים למגמות חברתיות.
4. דור רביעי – לתחזיות טכנולוגיות יש תפקיד מבוזר במערכת המדע והחדשנות והם אינן "בבעלות" של גוף או ארגון. גופים רבים עורכים תחזיות המתאימות למטרותיהם ומשולבות עם פעילויות אחרות.
5. דור חמישי – עירוב של תחזיות טכנולוגיות ביחד עם אלמנטים של קבלת החלטות. תחזיות אלו עוסקות ב"שחקנים" של מערכת המדע והטכנולוגיה ובהיבטים טכנולוגיים ומדעיים של תחומים כלכליים וחברתיים.

Georghoiu (2003) זיהה שלושה דורות של תחזיות טכנולוגיות: הדור הראשון התמקד בתחזיות טכנולוגיות והתבצע על ידי מומחים, הדור השני של תחזיות טכנולוגיות התמקד בתעשייה וכלל שילוב של מומחים מהאקדמיה ומומחים לשוקים מהתעשייה ואילו הדור השלישי של התחזיות הטכנולוגיות שם דגש על המימד החברתי (UNIDO, 2005).

לסיכום, בשל המצב הקיים שבו שינויים טכנולוגיים, כלכליים, חברתיים, פוליטיים וסביבתיים משפיעים על מדיניות של מדע וטכנולוגיה בתחומים השונים, תחזיות יכולות להוות כלי מדיניות יעיל, בניסיון להתמודד עם שינויים ולשמש כלי להרחבת האופקים, לגמישות מחשבתית ולחשיבה מ"חוץ לקופסה" (Havas et al., 2010).

מקובל לראות בתחזיות טכנולוגיות מרכיב הכרחי בחברה המודרנית המבוססת על ידע. Miles et al (2008) קיבצו את המטרות של תחזיות טכנולוגיות לאומיות לחמשה אשכולות:

1. הכוונה וקביעת סדר עדיפויות להשקעות במדע וטכנולוגיה - קביעת סדר היום של מערכות המדע והחדשנות, והכוונת מערכות אלו כך שיתאימו לצרכים הלאומיים. בחינת הביצועים של מערכות המדע והחדשנות: זיהוי נקודות חוזק וחולשה, איומים ואפשרויות לשיתוף פעולה (SWOT), להעלאת קרנם של המדע והחדשנות וכאמצעי למשיכת השקעות.
2. בניית רשתות חדשות סביב חזון משותף – בניית רשתות וחיזוק המחויבות סביב אתגרים משותפים, בניית אמון בין הגופים השונים בתחומי המדע והטכנולוגיה, סיוע ביצירת שיתופי פעולה ושימת דגש על אפשרויות מחקר אינטר דיספלינריות.
3. הרחבת הידע והחזון בנוגע לעתיד - הגדלת ההבנה בנוגע לעולם המשתנה, אפשרויות ואתגרים. יצירת חזון לגבי ההתפתחויות הרצויות והבחירות שיסיעו להגיע לשם.
4. הכנסת גופים חדשים לויכוח האסטרטגי – הגדלת מספר הגופים המעורב בתהליך קבלת ההחלטות, על מנת להגיע לידע רחב יותר ולהשיג לגיטימיות רבה יותר לתהליך קביעת המדיניות.
5. שיפור תהליכי קביעת המדיניות ויצירת אסטרטגיה בתחומים שבהם מדע וטכנולוגיה ממלאים תפקיד חשוב: יצירת דיון ציבורי בתחומים אלו, שיפור האופן שבו מיושמת המדיניות.

מטרות אלו מדגישות את יצירת התחזיות הטכנולוגיות כתהליך המרחיב את בסיס הידע הזמין למקבלי החלטות ובאותו זמן יוצר רשתות חדשות.

בשנת 2004, האיחוד האירופי סייע בהקמת מאגד בין-לאומי של ארגונים העוסקים בחיזוי בשם EFMN¹, זאת במטרה לעקוב אחר פעילויות החיזוי ולהפיץ מידע על פעילויות אלו לחוקרים ולקהילה. אחת הפעילויות העיקריות של EFMN היא איסוף ומיפוי התחזיות הנערכות ברחבי העולם על ידי גופים שונים. מיפוי זה כלל בין השאר הקמה של בסיס נתונים המכיל אינדיקאטורים המתארים את המאפיינים השונים של התחזיות. בין האינדיקאטורים שבשימוש: המדינות בהן מבוצעות התחזיות הטכנולוגיות, קהל היעד של התחזיות הטכנולוגיות, טווח הזמן של התחזיות הטכנולוגיות, הגופים הממנים את התחזיות הטכנולוגיות, הגופים המבצעים את התחזיות, מתודולוגיות התחזיות, תחומי התחזיות ועוד.

בדו"ח שפורסם במסגרת פורום ה-EFMN, בשנת 2007 וכלל ניתוח של 200 מטרות של תחזיות לאומיות שנערכו בין השנים 2004-2007, חולקו המטרות של תחזיות טכנולוגיות למקבצים הבאים:

- עידוד שיתופי פעולה ויצירת רשתות במדע וטכנולוגיה – יצירת מרחב משותף לחשיבה של מקבלי החלטות ברמות השונות (לאומית, אירופאית, בין-לאומית).
- סיוע בקביעת מדיניות וקבלת החלטות – מתן תמיכה מתודולוגית והמלצה לכיווני מדיניות.

¹ European Foresight Monitoring Network

- זיהוי מחסומים וכוחות מניעים במדע, טכנולוגיה וחדשנות – זיהוי מגבלות שעלולות לעכב את התפתחותו של תחום מחקר או נושא מסוים. מחסומים אלו בדרך כלל מסווגים לכלכליים (מחסור במימון), פוליטיים (מחסור בתקינה/חקיקה מתאימה), טכנולוגיים (מחסור בתשתיות מחקר), חברתיים (מחסור בכישורים). מניעים (drivers) הם אירועים, מגמות, טכנולוגיות המעצבים את התפתחות החברה, הארגון, התעשייה ותחומי המחקר.
- עידוד חשיבה עתידית ואסטרטגית – מטרה זו מושגת באמצעות הערכה של החזון הלאומי לטווח בינוני וארוך, הערכה של תסריטים חלופיים אפשריים, זיהוי יישומים עתידיים והשלכות עתידיות של טכנולוגיות חדשות, חקר התפתחויות עתידיות במגזרים שונים (לדוגמה, אנרגיה) ותתי מגזרים שונים (לדוגמה, דלקים ביולוגיים), זיהוי אתגרים ואיומים עתידיים, הערכת השלכות אפשריות של המלצות החיזוי.
- תמיכה בקביעת סדרי עדיפויות במדע טכנולוגיה וחדשנות.
- זיהוי הזדמנויות להשקעה/הזדמנויות במחקר – כולל מיפוי של טכנולוגיות מבטיחות, מודלים מחקריים ועסקיים מצליחים, זיהוי שווקים מבטיחים וכיוונים עסקיים.
- סיוע בהתמודדות עם אתגרים גדולים (grand challenges) – כולל אתגרים כלכליים, אתגרים טכנולוגיים וגם אתגרים חברתיים ופוליטיים, לדוגמא: שוויון חברתי, פיתוח בר קיימא, לכידות חברתית ועוד.
- יצירת חזון בנוגע לעתיד – יצירת חזון משותף המאפשר פיתוח של תסריטים עתידיים אפשריים, כולל אסטרטגיות והמלצות עתידיות.
- קידום דיון ציבורי בנושאי מדע וטכנולוגיה.

לסיכום, תחזיות טכנולוגיות תורמות לתיאום טוב יותר בין חזונות שונים, להשגת הסכמה רחבה על התחומים המדעיים והטכנולוגיים שנראים מבטיחים, תקשורת לגבי הצרכים והאפשרויות השונות הטמונות בתחומי המדע והטכנולוגיה ומחויבות ליישום מדיניות מתאימה (Martin, 1995).

4. מתודולוגיות של תחזיות טכנולוגיות

Miles (2002) זיהה חמישה שלבים משלימים בתהליך יצירת התחזית: קדם חיזוי, גיוס, יצירה, פעולה וחידוש.

שלב קדם התחזית/תכנון (design/pre foresight) - נקודת הפתיחה של התהליך, כוללת הגדרת הרציונל והמטרות, איסוף צוות הפרויקט ותכנון המתודולוגיה. לאחר קביעת המטרות, צוות הפרויקט מכין את המסגרת המתודולוגית המתאימה, כולל משימות ואבני דרך. קיימות 33 שיטות שניתן להשתמש בהם בתהליך החיזוי. ההחלטה על המתודולוגיה המתאימה מושפעת ממספר גורמים: זמינות המשאבים, גודל התקציב, זמינות המומחים, תמיכה פוליטית, זמינות של תשתיות פיזיות וטכנולוגיות והזמן המוקצב.

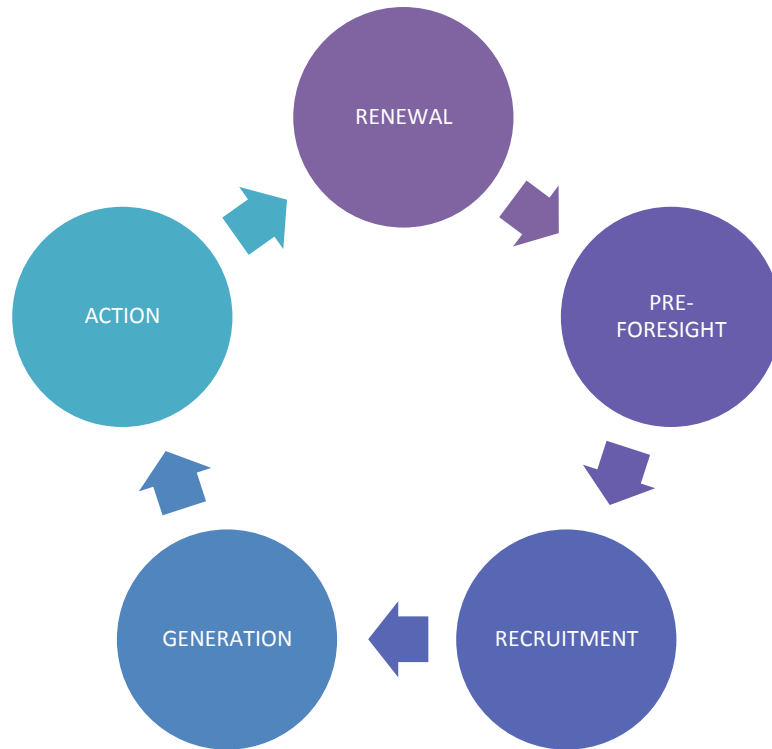
שלב הגיוס (recruitment) - בדרך כלל, צוות הליבה (מתאמים מדעיים/מנהליים ומומחים למתודולוגיה) מגויס בשלב הקודם, אבל במהלך שלב זה, מזוהה צורך במתודולוגיות נוספות ובמומחים נוספים והם מגויסים לתהליך (חברי פאנל מומחים, עיתונאים ועוד). כמו כן, בשלב זה מזוהים מקורות מידע נוספים.

שלב היצירה (generation) - השלב העיקרי של תהליך התחזית שבו מתבצע איסוף, ניתוח וסינתזה של הידע הקיים, יצירת ידע חדש ועריכת התחזית. שלב זה מורכב משלושה תתי שלבים:

- חקר (exploration) - הבנה של התחומים העיקריים, מגמות ומניעים.
- ניתוח – הבנה כיצד ההקשר, המגמות והתחומים העיקריים משפיעים אחד על השני וסינתזה של הידע שנוצר בשלב הניתוח.
- צפי – בהתבסס על הידע הקודם, מטרת שלב זה היא חיזוי של אירועים עתידיים אפשריים ורצויים.

שלב הפעולה (action) – מטרת שלב זה היא להבטיח שהידע שנוצר בשלב הקודם יובא לידיעתם של מקבלי ההחלטות וישפיע על המדינות. לשם כך על הידע להיות ממוקד ומגובש.

שלב החידוש (renewal) – כולל מעקב מתמיד ובקרה שאמורה להעריך האם תהליך החיזוי הצליח להשיג את המטרות המקוריות ועד כמה ננקטו פעולות בהתאם להמלצות התחזית. אחד האתגרים העיקריים בשלב זה הוא בניית אינדיקאטורים שנועדו למדוד הצלחה. בסוף שלב זה עלולות שאלות חדשות המתניעות תהליך חיזוי חדש. האיור הבא מציג את חמשת השלבים ביצירת תחזית טכנולוגית.



מקור: Popper (2008). Foresight Methodology In Georghiou L. et al., figure 3.1

Popper (2008) הציג שלוש מסגרות לפיהן ניתן לסווג את 33 השיטות השונות שבהם משתמשים בתהליכי חיזוי. המסגרת הראשונה מתמקדת בסוג השיטה (כמותית, איכותית או כמותית למחצה) המסגרת השנייה מתמקדת בסוג הגישה (מסבירה לעומת נורמטיבית) והמסגרת השלישית מתמקדת בסוג מקור הידע (יצירתיות, מומחיות, אינטראקציה והוכחה).

הגישה הראשונה מהווה את מסגרת הסיווג המקובלת ביותר במדעי החברה: שיטות איכותיות, שיטות כמותיות, ושיטות כמותיות למחצה.

שיטות איכותיות מספקות משמעות לאירועים ולתפיסות. שיטות אלו מבוססות על פירושים סובייקטיביים או על תהליכים יצירתיים שקשה לכמת ולחזור על התוצאות המתקבלות. שיטות אלו מספקות דיון מקיף, עשיר ומאפשרות שיתוף דעות והבנה נקודות מבט שונות. במסגרת זו נמנו תשעה עשר שיטות איכותיות, מביניהן, סיעור מוחות, סדנאות של אזרחים ושל מומחים, ראיונות, משחקי תפקידים, תסריטים, סימולציות ועוד.

שיטות כמותיות מתבססות על מדידה של משתנים ועל ניתוח סטטיסטי המבוסס על נתונים ועל מניפולציות שניתן לבצע עליהם. תוצרי השיטות הם תוצאות הניתנות להצגה באופן ויזואלי: טבלאות, גרפים ועוד. השימוש בשיטות כמותיות לצורך יצירת תחזיות גדל בשל הופעת יישומים חדשים התומכים בעיבוד נתונים מהיר. נמנו שש שיטות כמותיות, מביניהן ביבליומטריה, ניתוח אינדיקאטורים, time series analysis, ניתוח פטנטים.

שיטות כמותיות למחצה - שיטות הכוללות יישום של עקרונות מתמטיים כדי ליצור מניפולציות על נתונים הנובעים משיפוט סובייקטיבי (דעות מומחים ומקורות דומים). נמנו שמונה שיטות כמותיות למחצה, מביניהן: סקר דלפי, זיהוי טכנולוגיות מפתח, ניתוח רוב קריטריונים ועוד. בנספח מספר 1

מוצגת טבלה המפרטת את השיטות השונות שניתן להשתמש בהן בתחזיות טכנולוגיות, לפי סוג השיטה.

מסגרת סיווג נוספת היא אבחנה לפי אוריינטציה "מסבירה" או "נורמטיבית". לשיטה יש אוריינטציה "מסבירה", אם בהתבסס על מה שידוע לנו היום, היא בוחנת את האפשרויות העתידיות השונות. דוגמא לשאלות המתאימות לגישה ה"מסבירה":

- איזה סוג של אפשרויות ואיומים יופיעו כתוצאה מההתפתחויות הטכנולוגיות בתחום מסוים בעשר-עשרים השנים הבאות?

- מה תהיה ההשפעה של המגמות הטכנולוגיות על הכלכלה או על מגזר עסקי מסוים בעשר-עשרים השנים הבאות?

לשיטה יש אוריינטציה "נורמטיבית", באם, בהתבסס על העתיד הצפוי, היא בוחנת כיצד ניתן להגיע או להימנע מתסריט מסוים. דוגמא לשאלות עם אוריינטציה נורמטיבית:

- בהתחשב בהתפתחות בתחום טכנולוגי מסוים (לדוגמא, מערכות זיהוי ואיתור מיקומם של אנשים), בעשר-עשרים השנים הבאות, אילו פעולות המדינה צריכה לנקוט על מנת לוודא שהסיכונים הקשורים לטכנולוגיה זו נמצאים תחת בקרה?

- בהתחשב, בהתפתחות בתחום טכנולוגי מסוים (לדוגמא, סוג חדש של מעבדים), בעשר-עשרים השנים הבאות, אילו פעולות המדינה צריכה לבצע היום על מנת להפוך למובילה בתחום זה? יש לציין, כי רוב השיטות אינן "מסבירות" או "נורמטיביות" מטבען וניתן להשתמש בהן בדרך זו או אחרת.

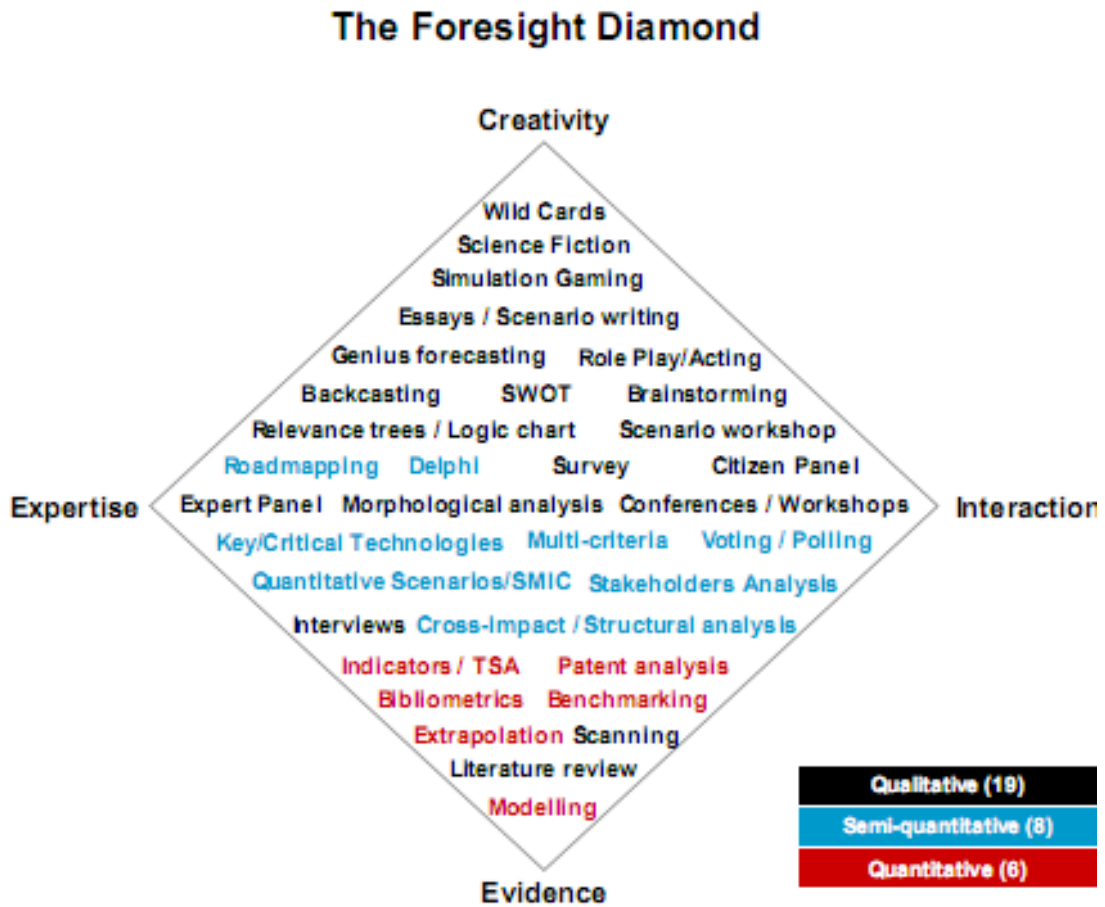
מסגרת הסיווג השלישית היא לפי סוג או מקור הידע שבשימוש וכוללת: ידע המבוסס על יצירתיות, מומחיות, אינטראקציה או הוכחה.

שיטות המבוססות על **יצירתיות** מערבות בדרך כלל שילוב של מחשבה מקורית ושל דמיון. שיטות אלו נשענות על כושר ההמצאה והחשיבה המקורית של אנשים מוכשרים בצורה יוצאת דופן. דוגמאות לשיטות אלו: סיעור מוחות, מדע בדיוני.

שיטות המבוססות על **מומחיות** – נשענות על הידע והכישורים של אנשים מומחים בתחום מסוים. לעיתים משתמשים בשיטות אלו על מנת לתמוך בהחלטות מסוג top-down, לייעוץ ולמתן המלצות. דוגמאות לשיטות אלו: סדנאות של מומחים וסקרי דלפי.

שיטות המבוססות על **אינטראקציה** – מבוססות על ההנחה שרעיונות ודעות של מומחים יאותגרו באמצעות מפגשים עם מומחים אחרים. כמו כן, התחזיות נערכות בחברות דמוקרטיות וכוללות הפצה ושיתוף במידע ותהליכי bottom-up. דוגמאות לשיטות אלו: תסריטים, סדנאות ועוד.

שיטות מבוססות **ראייה** – מנסות להסביר או לחזות תופעה מסוימת באמצעות תיעוד מהימן וניתוח, לדוגמא: אינדיקאטורים ונתונים סטטיסטיים. פעולות אלו מסייעות בהבנת ההתפתחויות של תחום מחקרי מסוים. האיור הבא מציג את הסיווג של שלושים ושלוש השיטות המשמשות לתחזיות טכנולוגיות, לפי מקור הידע שבשימוש וסוג השיטה.



מקור: Popper (2008). Foresight Methodology In Georghiou L. et al., figure 3.3

Eerola & Jorgensen (2002) חלקו את המתודולוגיות המשמשות ליצירת תחזיות לשלושה מקבצים עיקריים, לפי הכלים העיקריים שבשימוש:

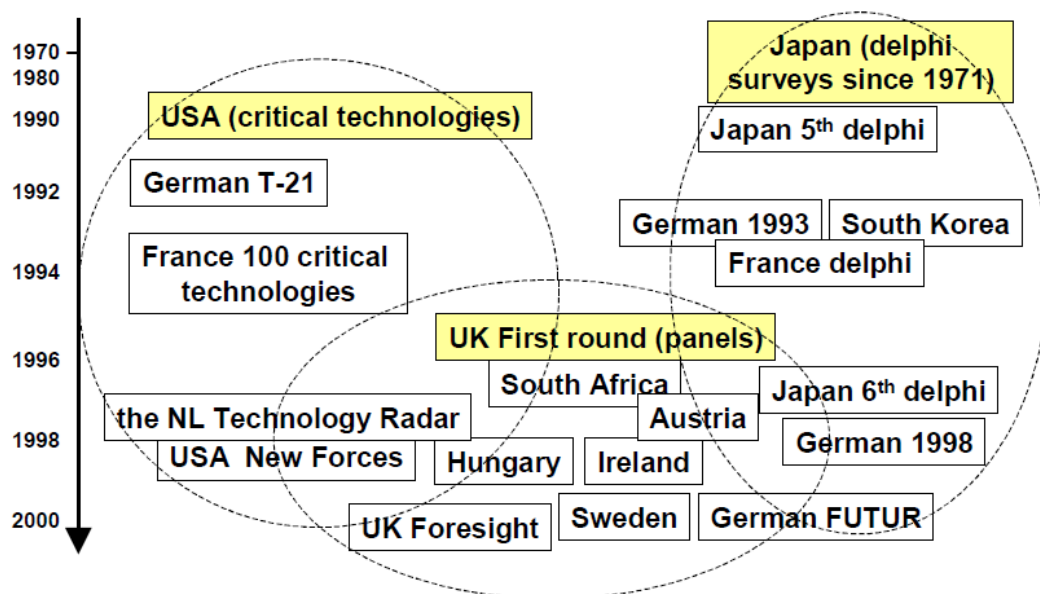
שיטת דלפי – שיטת "דלפי" הינה אחד הכלים המקובלים כיום במדינות המפותחות לסייע בתהליך העיצוב של מדיניות מדע. בשיטת "דלפי" משתתפים בתהליך מומחים מהשורה הראשונה אשר נוטלים חלק, במישרין או בעקיפין, בגיבוש מענה לשאלות שונות בנושאי מדיניות מדע. השיטה חותרת להשגת תמימות דעים (קונצנזוס) מירבית בקרב קבוצת מומחים, בתחום מסוים, על ידי הפצה חוזרת (סבבים) של שאלונים תוך מתן אפשרות למומחים לעדכן את תשובותיהם מסבב לסבב. התהליך מקנה אנונימיות למשתתפים ומונע דומיננטיות של חלק מהמשתתפים, כפי שקורה לעיתים בדיונים פנים אל פנים (המרכז הבינתחומי לחיזוי טכנולוגי, 2001). שיטת דלפי נוצרה על ידי חברת RAND בשנות ה-40 וה-50 של המאה ה-20 ומאז היא נפוצה ככלי מסייע להחלטה על מדיניות בתחומים שונים. יפן הייתה המדינה הראשונה ועם הניסיון הרב ביותר בעריכת סקרי דלפי למטרת יצירת תחזית טכנולוגית החל משנת 1971. המדינה השנייה שהצטרפה אליה הייתה גרמניה, שבה תורגם והורץ שאלון הדלפי היפני בשנת 1993. במהלך שנות ה-90 של המאה העשרים, מדיניות נוספות כמו הולנד, ארה"ב, אוסטרליה, גרמניה, בריטניה צרפת החלו להשתמש בסקרי דלפי ככלי ליצירת תחזיות טכנולוגיות (Eerola & Jorgensen, 2002).

לסקרי דלפי שני מאפיינים בולטים: אנונימיות ומשוב בין הסיבובים. המטרה העיקרית של עריכת סקרי דלפי השתנתה במהלך השנים - מקבלת הערכות עתידיות, עד לחיבור בין גופים שונים במערכת החדשנות הלאומית. בהמשך, נרשמה חוסר שביעות רצון מתוצאות של סקרי דלפי במדינות השונות (גרמניה, צרפת ובריטניה) המשתמשות בשיטה זו לצורך יצירת תחזיות טכנולוגיות. כתוצאה מכך, כיום, תחזיות טכנולוגיות לאומיות אינן מסתפקות במתודולוגיה בודדת וכוללות שילוב של מספר מתודולוגיות: תסריטים, ביביליומטריה וסקרים נוספים ומתמקדים בנושאים ספציפיים וזאת בהשוואה לסקרי הדלפי שנערכו בשנות ה-90 והתמקדו במגוון רחב של נושאים (Brandes, 2009).

זיהוי טכנולוגיות קריטיות או טכנולוגיות מפתח (key technologies) – הזיהוי נעשה לפי קריטריון שהוגדר מראש (למשל רווחים כלכליים וחברתיים משוערים). המאמץ העיקרי הוא בהגדרת הקריטריון, זיהוי הטכנולוגיות עם הפוטנציאל הגדול ביותר והערכת טכנולוגיות אלו. מקבץ זה כולל גם שימוש בראיונות, סדנאות, קבוצות דיון ושאלונים כאמצעים משלימים. מתודולוגיה זו פותחה בתחילה על ידי ממשלת ארה"ב בסוף שנות ה-80 של המאה ה-20, בהמשך השתמשו במתודולוגיה זו לצרכי חיזוי גם בגרמניה, צרפת והולנד. למרות שהדגש הוא על התפתחות טכנולוגית, לאחרונה התווסף גם קריטריון הביקוש לטכנולוגיות אלו.

עבודה בסדנאות/קבוצות דיון סביב נושא מסוים – מספר הסדנאות משתנה ונע בדרך כלל בין שש לחמש עשרה. חברי קבוצות הדיון מגיעים ממגוון קבוצות: (תעשייה, אקדמיה, ארגונים ללא מטרות רווח). בדרך כלל, בסדנאות נוצרות קבוצות עצמאיות יחסית המונחות על ידי קווים מנחים כלליים. כמו כן, ניתן בקבוצות הדיון להשתמש במגוון של כלים ונהלים. מתודולוגיה זו פותחה לראשונה בבריטניה ואומצה בהמשך בדרום אפריקה, אירלנד, הונגריה ושבדיה. הסדנאות מאפשרות החלפת מידע, תובנות ודעות, זיהוי נקודות הסכמה וחוסר הסכמה ופיתוח תוכניות פעולה. האיור הבא מציג את שלושת המקבצים של תחזיות טכנולוגיות שפורטו לעיל.

איור 3: מקבצים של תחזיות טכנולוגיות



מקור: Eerola & Jorgensen (2002), figure 1

שלושת סוגי המתודולוגיות השפיעו אחת על השנייה ונהלו יחסי גומלין. כתוצאה מכך, החלוקה שבינן אינה ברורה. שלב קריטי בכל מתודולוגיה הוא הגדרת קבוצת המומחים בכל תחום. יש לקחת בחשבון שהרבה פעמים נכונות המומחה לשתף פעולה תלויה במידת הסודיות והאנונימיות. ניתן לסווג את מתודולוגיות החיזוי גם לפי **טווח ההשתתפות** (extensiveness) ו**רמת הניתוח** (intensiveness). בהתאם לכך, ניתן לסווג את פעולות החיזוי שנערכו במדינות אירופה לכאלו שתוכננו לפי מודל "אנליטי-מקצועי" וכללו משתתפים שהינם מומחים בתחומי המדע והטכנולוגיה וניתוח מובנה של בעיות ספציפיות. זאת לעומת, המודל "החברתי" שהדגש העיקרי שלו הוא יצירת חזון משותף ובו המשתתפים מייצגים מגוון חברתי רחב, או את קבוצות העניין הרלבנטיות למדע וטכנולוגיה (אקדמיה, תעשייה וממשלה).

טכניקה נוספת שהפכה מקובלת בתחזיות טכנולוגיות שנערכו בשנים האחרונות היא תכנון תסריטים. תסריטים אלו מהווים כלי להצגת אפשרויות לגבי הסביבה העתידית או אירועים עתידיים והשוואתם למציאות כיום. התסריטים מאפשרים למקבלי ההחלטות לזהות אילו גורמים נמצאים בשליטתם ומהווים ניסיון לפשט את המורכבות העתידית. כתיבת תסריטים החלה לאחר מלחמת העולם השנייה כשיטה לתכנון בחיל האוויר האמריקאי. בשנות ה-60 של המאה שעברה החלו להשתמש בתסריטים ככלי לחיזוי עסקי. השימוש בתסריטים מאפשר לקחת בחשבון את המורכבות וחוסר הודאות של הסביבה הכלכלית, החברתית והפוליטית בעידן המודרני. תסריטים אינם מהווים אקסטרפולציה של מגמות ההווה אלא מציגים אפשרויות שונות לגבי העתיד, המבוססות על הנחות שונות ואת הדרכים להגיע לעתיד. תסריט טוב מתאר שינויים עתידיים אפשריים, מצביע על הסיבות וההשלכות של התפתחויות, ומסייע ביצירת אפשרויות לדרכי מדיניות שונות ואסטרטגיות לפעולה (Yim, 2010).

Popper et al. (2007) ערכו ניתוח של מתודולוגיות שבהם השתמשו ב- 755 תחזיות ברחבי העולם (אירופה, אמריקה, אסיה, אפריקה, אוקיאניה) שנערכו בין השנים 2004-2007. המתודולוגיות העיקריות שנמצאו בשימוש בתחזיות הן סקירת ספרות (437), קבוצות דיון של מומחים (397) תסריטים (324), סיעור מוחות (157), אקסטרפולציה של מגמות (133), ראיונות (127), סקרי דלפי (120), זיהוי טכנולוגיות עיקריות (120) וניתוח SWOT (107).

בפרקים הקודמים, סקרנו את המטרות והיתרונות של עריכת תחזית טכנולוגית בכלכלה מבוססת ידע ובעולם גלובלי בעל קצב שינויים מהיר. אולם קיימת התנגדות לשימוש בתחזיות טכנולוגיות ככלי המסייע למדיניות – התנגדות שבאה מטיעונים פילוסופיים ועד לקשיים מעשיים בביצוע התחזיות. במדריך לתחזיות טכנולוגיות שפורסם על ידי הארגון לפיתוח תעשייתי של האו"ם (2005), מועלות ההתנגדויות הבאות לעריכת תחזיות טכנולוגיות:

- הטענה המקובלת ביותר היא - לא ניתן לחזות את העתיד. ברם, המשתמשים בטענה זו טועים בהבנת מטרת התחזית הטכנולוגית: התחזית אינה עוסקת בחיזוי עתידי יחיד, אלא בצפי של מגוון אפשרויות עתידיות ובדרכים להתכונן לקראתם.
 - אקראיות/מקריות של העיסוק במדע – לטענת המתנגדים, אין טעם לכוון ולהשפיע על התפתחות המדע והטכנולוגיה, מכיוון שלא ניתן לדעת אילו רווחים צפויים לכלכלה ולחברה כתוצאה מהתגליות המדעיות. לדוגמה, עם גילוי הלייזר, פותחו מגוון מוגבל של יישומים, אולם כיום משתמשים בלייזר למגוון רחב של תהליכים ומוצרים, החל במוצרי צריכה אלקטרוניים וכלה בחומרה לשימושים צבאיים. במענה להתנגדות זו נטען כי השימוש העיקרי בתחזיות טכנולוגיות אינו לשם תעדוף מיזמים מדעיים וטכנולוגיים במדינה מסוימת, אלא ככלי מסייע לזיהוי של תחומי מחקר חדשים שיכולים להביא תועלת לכלכלה ולחברה. לפעמים, אף מדובר בתחומי מחקר שגופים מדעיים ממוסדים נוטים להתעלם מהם. תחזית טכנולוגית אינה קובעת את כיווני המחקר העתידיים של המדענים, אלא מספקת מידע נוסף ורעיונות נוספים למדענים.
 - קיימת גישה פטליסטית, שלפיה אין ביכולתנו לבצע שינויים או להשפיע על העתיד. דוגמה לגישה זו היא הטענה שהמדינות החזקות תמיד ישלטו בסחר העולמי ובמדע ולכן למדינות קטנות יותר אין טעם לערוך תחזיות ולהשקיע בהן משאבים פיננסיים וכוח אדם. אולם, תחזית טכנולוגית יכולה להוות צעד ראשון להבנת המגבלות של מערכת המדע במדינה מסוימת, לזיהוי תחומים חדשים שבהם גם למדינות שאינן עשירות יש יתרונות, ולסייע ביצירת קשרים בין גופים ממגזרים שונים.
 - קשיים מעשיים בעריכת תחזיות טכנולוגיות - קשיים בקבלת החלטות בנוגע לגוף שיבצע את התחזית, מאיפה יגיע המימון, מה היקף התחזית, ועוד.
 - הקושי בהוכחת proof of concept של התחזיות הטכנולוגיות. נערכו מעט מחקרי הערכה שהוכיחו את יעילות התחזיות הטכנולוגיות. מחקרי הערכה הנוגעים לתחזיות מתבססים בחלקם על מקרים בודדים ועל סיפורי הצלחה.
- כרמל (2008) מנה את הגורמים הבאים שהביאו לכישלון של תחזיות טכנולוגיות:
- חוסר הבנה של פוטנציאל הטמון בטכנולוגיות חדשות – כאשר טכנולוגיה חדשה נחקרת, לרוב היא נמצאת בשלב ראשוני. מצב זה מקשה על הערכת הפוטנציאל הטכנולוגי הגלום בפיתוחים הקשורים אליה.
 - חוסר הבנה של הגורם האנושי וטבע האדם - תחזיות רבות נעשות בהתאם להתקדמויות הטכנולוגיות אך הן אינן לוקחות בחשבון את הטבע האנושי.
 - הקושי שבהערכת קצב התקדמות הטכנולוגיה - המהפכה הטכנולוגית הובילה רבים לחשוב כי המדע יכול לפתור הכל, וקצב ההתקדמות המדהים בתחומים מסוימים הוביל לציפיות לא

מציאותיות בתחומים אחרים. טכנולוגיות רבות נוספות התגלו כמורכבות ומסובכות הרבה יותר ממה שחשבו בתחילה, בין היתר משום שהן דורשות שילוב של הרבה טכנולוגיות מורכבות בפני עצמן.

- שיקולים פוליטיים וכלכליים המשפיעים על התפתחות המדע והטכנולוגיה. לדוגמא, לאחר משבר הנפט באמצע שנות השבעים של המאה העשרים, זינקו מחירי הנפט בצורה פתאומית. הזינוק במחירי הנפט הוביל לפיתוח מואץ של טכנולוגיות אלטרנטיביות – אנרגיה ירוקה, שימוש בתאי דלק, אנרגיה חשמלית, סולארית ועוד. אם מחירי הדלק היו ממשיכים להיות כל כך גבוהים, יתכן שהיינו נוסעים כיום במכוניות בעלות אנרגיה אלטרנטיבית. דוגמה אחרת לשיקולים פוליטיים שהשפיעו על הטכנולוגיה, ניתן לראות במרוץ לחלל שהתנהל בראשית המחצית השנייה של המאה העשרים בין ארה"ב ורוסיה. המשאבים שהוקצו לכיבוש החלל היו רבים - מאות מיליארדי דולרים הושקעו בהטסת לוויינים, חלליות מחקר למערכת ובהצבת אדם על הירח. אילו קצב ההתקדמות היה ממשיך כפי שהיה בשנות השישים, הרי שיתכן והיינו רואים אדם על המאדים ותחנות קבע על הירח לפני סוף המאה. אולם קריסתה של רוסיה הובילה להאטה משמעותית במרוץ לחלל. ארה"ב העדיפה להפנות את המשאבים העצומים לצרכים אחרים, בין היתר בגלל דרישת הציבור.

- שיקולים דתיים ומוסריים - ישנם תחומי מחקר המושפעים מסייגים דתיים ומוסריים. לדוגמא, הנדסה גנטית, תאי גזע. כמו כן, הקהילה המדעית אינה רואה בעין יפה מחקרים בתחומים שנויים במחלוקת כדוגמת מסע בזמן, ושימוש בסמים כדוגמת LSD לטיפול במחלות פסיכיאטריות שונות.

- מגבלות הדמיון האנושי - הקושי להתנתק מהחשיבה הקונבנציונאלית מאפיין רבות מהתחזיות הכושלות. הוגי התחזיות אמנם רוצים לחולל שינוי, אך לא מסוגלים ללכת עד הסוף.

הפרקים עד כה עסקו במאפיינים כלליים ובמטרות של תחזיות טכנולוגיות. בפרקים הבאים יפורטו שתי תוכנות חיזוי לאומיות: הבריטית והיפנית.

6.1 תוכנית החיזוי הבריטית

סקירה

תוכנית החיזוי הבריטית (TFP) UK Technology Foresight Programme החלה לפעול בשנת 1993 ועברה במהלך העשורים הבאים שלושה גלגולים שונים, כפי שיפורט להלן.

בשנת 1983, המועצה המייעצת למחקר יישומי ופיתוח (ACARD)² ביקשה מ-SPRU³ לערוך מחקר על שיטות המשמשות לזיהוי תחומי מחקר חדשים באקדמיה ובתעשייה במדינות כמו יפן, ארה"ב, גרמניה וצרפת. מכיוון שראש ממשלת בריטניה דאז מרגרט תאצ'ר נקטה במדיניות של הקטנת מעורבותה של הממשלה בכלכלה הבריטית, לדו"ח שפורסם בנושא לא הייתה השפעה ממשית על מדיניותה של ממשלת בריטניה. בשנת 1992 התחלפה הממשלה בבריטניה, וג'ון מייג'ור, ראש הממשלה דאז, הזמין דו"ח חדש מ-SPRU. הדו"ח כלל עדכון של פעולות החיזוי הננקטות בגרמניה ובארה"ב וסקירה של פעילויות חיזוי טכנולוגי המתקיימות בבריטניה.

בשנת 1993, הושקה תוכנית החיזוי הטכנולוגית של בריטניה עם תקציב של קרוב למיליון ליש"ט. מטרתה היו הגדלת התחרותיות של בריטניה; יצירת שותפויות בין התעשייה, קהילת המדע והממשלה; זיהוי טכנולוגיות שניתן לנצלן במהלך עשר עד עשרים השנים הבאות ומיקוד תשומת הלב של החוקרים בהזדמנויות ובאפשרויות הקיימות. התוכנית אורגנה על ידי משרד המדע והטכנולוגיה בשיתוף משרדי ממשלה אחרים ויועצים. לתוכנית הייתה וועדת היגוי שהורכבה מאנשי מפתח מהתעשייה, האקדמיה והממשלה.

התוכנית כללה שלושה שלבים עיקריים:

1. שלב "הקדם החיזוי" - בו נערכו מספר סדנאות על מנת להסביר לקהילת המדע ולאנשי התעשייה מהו חיזוי, החשיבות של השתתפותם בתהליך, ונועד לקבל מהם משוב לגבי האופן שלדעתם על תהליך החיזוי להתנהל. כתוצאה מהמשוב שהתקבל, חל שינוי בתוכנית והושם פחות דגש על סקר דלפי בהשוואה לתכנון המקורי. הסדנאות היוו מסר לקהילה המדעית שהתוכנית אינה נכפית עליהם מלמעלה ושהם מוזמנים להשתתף בה ולהשפיע עליה. בנוסף, המומחים שהשתתפו בסדנאות המקדימות התבקשו להצביע על מומחים אחרים בתחום. על פי המלצותיהם, נקבעו החברים ב-15 קבוצות הדיון בתחומים המדעיים השונים (ביטחון ואוויר-נאוטיקה, שירותים פיננסיים, בריאות ומדעי החיים, מזון ומשקאות, כימיקלים, בנייה, טכנולוגית מידע ואלקטרוניקה, למידה ופנאי, תחבורה, חומרים, אנרגיה, חקלאות, משאבי טבע וסביבה, ייצור ותהליכים עסקיים, תקשורת, קמעונאות והפצה). כמו כן, נבנה מאגר מומחים שממנו ניתן לקבל מידע נוסף.

2. שלב החיזוי - בקבוצות הדיון התנהלו דיונים לגבי התחום שלהם, כולל זיהוי חוזקות וחולשות, אפשרויות ואיומים. בנוסף, נערך סקר דלפי שבו בשנת 1994, נשלח שאלון ל-8,384 מומחים, מתוכם 2,585 מומחים (30%) ענו לסקר. המידע משאלוני דלפי נאסף והובא לידיעת חברי קבוצות הדיון. כל קבוצת דיון פרסמה דו"ח מקדים בעל מבנה דומה: ניתוח התחום

² Advisory Council on Applied Research and Development
³ Science and Technology Policy Research- <http://www.sussex.ac.uk/spru/>

מבחינת היקף, מאפיינים ותרומה לתוצר הלאומי, זיהוי מגמות עיקריות, כוחות מניעים, מחסומים ואתגרים וניתוח מגוון תסריטים. כל דו"ח כלל המלצות לקביעת סדרי עדיפויות ומדיניות. בשנת 1995 פורסמו 15 דו"חות של קבוצות הדיון השונות. וועדת ההיגוי חברה את ממצאי 15 קבוצות הדיון וזיהתה 27 טכנולוגיות גרורות שקובצו לשש קטגוריות:

- תקשורת ומחשוב (ניהול מידע, מערכות מורכבות).
- מגנים (genes) לאורגניזם חדש (תהליכים ומוצרים, ביו-אינפורמטיקה, בריאות ואורח חיים).
- חומרים חדשים – סינתזה ועיבוד (סינתזה כימית וביולוגית).
- דיוק ובקרה בניהול (הנדסת ניהול, אבטחת מידע ופרטיות).
- עולם ירוק (טכנולוגיות סביבתיות ברות קיימא, ניתוח מחזור החיים של מוצרים וייצור).
- מגמות חברתיות והשפעה של טכנולוגיות חדשות (שינויים דמוגרפיים).

בנוסף, זהו 18 "צווארי בקבוק" העלולים לסכן את הטכנולוגיות החדשות, שקובצו בחמש קבוצות עיקריות:

- כישורים (תקשורת, סביבה עסקית).
 - חיזוק המדע (תמריצים למחקר מולטי דיספלינארי ולמעורבות התעשייה).
 - תשתית תקשורת (איסוף מודיעין מדעי וטכנולוגי וקידום).
 - תשתית פיננסית (מימון ארוך טווח למו"פ חדשני ותמריצים מיוחדים ל-SME⁴).
 - מדיניות ורגולציה (זכויות קניין רוחני).
- הדו"ח של וועדת ההיגוי כלל יותר משישים המלצות, שחלקם נגעו למשרדי הממשלה, לקהילת המדע ולמגזר הפרטי וחלקם לשותפויות שונות ברמה הלאומית והאירופאית.

3. שלב שלישי – "פוסט חיזוי ויישום" – כלל מספר מרכיבים: עיצוב סדרי עדיפויות מו"פ של הממשלה; השפעה על אסטרטגיות המו"פ של החברות; קידום שת"פ ממשלה-תעשייה-מדע; יצירת השפעה נרחבת על מדיניות הממשלה (באמצעות חקיקה). בנוסף, ממשלת בריטניה יסדה קרן בשם Foresight Challenge Fund שכללה קרוב ל-30 מיליון ליש"ט ומטרתה הייתה לממן עשרים וארבעה פרויקטים בתחום החיזוי שהתבססו על שותפות בין המגזר הציבורי לפרטי (Martin, 2001).

Brandes (2009) העריך את התחזיות הטכנולוגיות שפורסמו בשנת 1995 של שלוש מתוך חמש עשר קבוצות הדיון (כימיקלים, אנרגיה, קמעונאות והפצה) שהשתתפו בסבב הראשון של תוכנית החיזוי הבריטית. נמצא כי מיעוט מתחזיות אלו מומש בשנת 2006 וכי רוב ההערכות היו אופטימיות יתר על המידה. בתחום הכימיקלים, מומשו באופן מלא 5% מהתחזיות, בתחום הקמעונאות וההפצה מומשו באופן מלא 6% מהתחזיות ואילו בתחום האנרגיה מומשו באופן מלא 15% מהתחזיות.

Small and medium enterprises ⁴

הסבב השני של תוכנית החיזוי הושק על ידי משרד המדע והטכנולוגיה בשנת 1999 במטרה לספק תוצרים יותר אינטגרטיביים, לערב מגוון רחב יותר של משתתפים, כולל מיזמים בגודל קטן ובינוני, ונציגים מהמגזר הציבורי. בנוסף, הושם דגש על נושאים חברתיים ואיכות חיים, לא רק כמכשול לחדשנות טכנולוגית. השילוב של וועדת היגוי וקבוצות דיון נשמר, כאשר קבוצות הדיון המשיכו להוות את ליבת התוכנית. מספר קבוצות הדיון צומצם לעשר קבוצות בנושאי מדע וטכנולוגיה (סביבה ותחבורה, כימיקלים, ביטחון, אווירונאוטיקה ומערכות, אנרגיה ומשאבי סביבה, שירותים פיננסיים, שרשרת המזון ויבולים לתעשייה, בריאות, מידע ותקשורת, מדעי הים, חומרים, קמעונאות ושירותים לצרכן). בנוסף, הוקמו שלוש קבוצות בנושאים רחבים יותר ומולטי דיספלינאריים (הזדקנות האוכלוסייה, תהליכי ייצור בשנת 2020, ומניעת פשע). החברים בקבוצות הדיון נתבקשו לקחת בחשבון מהי ההשפעה של המלצותיהם על שני תחומים: חינוך והכשרה ופיתוח בר קיימא. כמו כן, הוקמו 65 כוחות משימה שעסקו בנושאים ספציפיים. בסך הכל, יותר מ-500 אנשים נטלו חלק בסדנאות ובכוחות המשימה. חידושים נוספים בסבב החיזוי השני כללו ביטול סקר דלפי (בשל הטענה שהמאמצים בהרצתו לא מצדיקים את התוצרים) ויצירת מאגר ידע דיגיטאלי – בסיס נתונים של חומרים בנושא תחזיות טכנולוגיות שנאספו מרחבי העולם ומבריטניה. קבוצות הדיון פרסמו את הדו"חות שלהם בשנת 2000. בשנת 2002, שר המדע הבריטי הכריז על הערכה של הסבב השני של תוכנית החיזוי, במהלך הערכה זו, עלו נקודות הביקורות הבאות:

- מטרות החיזוי היו לא ברורות והוגדרו בצורה רחבה מדי. מטרות החיזוי צריכות להיות מהודקות וריאליות.
- הדו"חות של קבוצות הדיון ספקו ערך מוסף מועט, בעיקר בשל העדר חדשנות. הדו"חות צריכים לכלול ניתוח מעמיק יותר ולא רק המלצות של קבוצות הדיון.
- יש צורך למקד את תהליך החיזוי ולשים דגש נרחב יותר על טכנולוגיה.
- מבנה התוכנית צריך להיות גמיש יותר על מנת להתאים את עצמו לנושאים שעולים במהלך תהליך החיזוי.
- הקהל שאליו מיועדת התחזית הוא רחב מדי ויש ניסיון לכסות יותר מדי נושאים בבת אחת. יש לבחון את הקטנת מספר הנושאים.
- אמנם נבנה מאגר ידע אך הוא לא שמש כפלטפורמה לדיון ציבורי.

הסבב השלישי של תוכנית החיזוי הושק בשנת 2002 ונבדל מהסבבים הקודמים מבחינת המבנה והארגון שלו. בהתאם להמלצות של המבקרים, היקף תוכנית החיזוי קטן. בפועל, התוכנית התמקדה בנושאי מדע וטכנולוגיה, והורצו בה שלושה עד ארבעה פרויקטים בו זמנית במשך 8-12 חודשים. סבב זה התמקד בקביעת מדיניות ולכן במקום קבוצות דיון המנוהלות על ידי נציג מהתעשייה והכוללות נציגים מהמגזר הממשלתי, הסבב נוהל על ידי נציג ממשלתי בליווי נציגים מהמגזר הציבורי. במקום לארגן את החיזוי סביב קבוצות דיון, התוכנית אורגנה סביב "פרויקטים" שעסקו בנושא בולט אחד, שהפתרון אליו הוא בעיקר מדעי (לדוגמה, שיטפונות או הגנת חופים), או סביב תחום מדעי עדכני, שטרם הובאו לדיון היישומים הטכנולוגיים האפשריים הנובעים ממנו (לדוגמה, מערכות קוגניטיביות). בחירת הפרויקטים נעשתה לאחר התייעצות עם הקהילה המדעית, משרדי ממשלה, נציגים מהמגזר העסקי ואחרים. הרשימה ההתחלתית כללה ארבעים פרויקטים. בהמשך, תהליך בחירת הפרויקטים הפך לרשמי ושיטתי יותר ונוהל באמצעות סדנה שבה קבוצת מדענים מזהה פרויקטים פוטנציאליים המדורגים בהתאם לרשימה של שישה קריטריונים: הסתכלות על לפחות עשור קדימה בתחומים

שהעתיד אינו ודאי (שינויים מהירים); מדע וטכנולוגיה הם הכוחות המניעים העיקריים של השינוי ואלו שישפיעו על תסריטים אפשריים בעתיד; תוצאות ויישומים של הפרויקטים ישפיעו במידה זו או אחרת על הכלכלה, החברה והסביבה; פרויקטים שאינם מכוסים במקום אחר; פרויקטים הדורשים גישה אינטר-דיספלינרית למדע ומפגישים קבוצות מהאקדמיה, המגזר העסקי והממשלה.

לאחר בחירת פרויקט מתבצעים מספר שלבים: בתחילה נערך סמינר הכולל דוברים שהם מומחים מתחומים שונים. הם מיידעים את המשתתפים על עבודתם, ומגדירים את היקף ומטרות הפרויקט. כל פרויקט כולל קבוצה שנעזרת במומחים מדעיים לנושא. לקבוצות אלו יש גישה למחקרים העדכניים, והם מיומנים במתודולוגיות לחיזוי העתיד. התוצרים של כל פרויקט הם ניתוח של מידע עדכני לגבי ההתפתחויות במדע וטכנולוגיה, וכיצד התפתחויות אלו יתבטאו בהקשר העולמי, המלצות למדיניות של הגופים המממנים, המגזר העסקי והממשלתי. מודל זה תואר כ"חשיבה מחוץ לקופסה" וכחלל אינטרה ובין דיספלינרי שבו מתרחשת חשיבה מדעית (Keenan & Miles, 2008).

הלוח הבא מציג את הפרויקטים שנכללו בסבב החיזוי השלישי בין השנים 2002 ל-2007

לוח 1: פרויקטים במסגרת תוכנית החיזוי הבריטית בין השנים 2002 ל-2007

| פרויקט החיזוי | גוף מממן |
|---|---|
| שיטפונות והגנת חופים | המשרד למדע ולטכנולוגיה (OST) והמשרד לענייני סביבה, מזון והכפר (Defra) |
| מערכות קוגניטיביות | המנהל הכללי של מועצות המחקר ⁵ |
| אבטחה ומניעת פשע | המשרד לביטחון פנים |
| ניצול הספקטרום האלקטרו מגנטי | קבוצת החדשנות, משרד המסחר והתעשייה |
| מדעי המוח, התמכרויות וסמים | משרד הבריאות |
| זיהוי ומעקב אחר מחלות זיהומיות | Defra |
| מערכות תשתית אינטליגנטיות | משרד התחבורה |
| התמודדות עם השמנת יתר | משרד הבריאות |
| ניהול אנרגיה ברת קיימא וסביבות עירוניות | הממשל המקומי, המשרד לענייני סביבה, מזון ומשרד המסחר והתעשייה |
| הון נפשי (mental capital) ובריאות נפשית | המשרד לענייני חדשנות, אוניברסיטאות וכישורים |

מקור: Keenan & Miles (2008), Foresight in the United Kingdom in Georghiou L. et al., table 4.3

כיום, תוכנית החיזוי הבריטית מנוהלת על ידי היועץ המדעי לממשלת בריטניה ופועלת בהתאם למודל שהוצג בסבב השלישי. התוכנית כוללת מספר תוצרים:

- פרויקטים נרחבים של חיזוי - מחקרים שנערכים במשך שנתיים הסוקרים נושאים עיקרים בטווחי זמן של עשרים עד שמונים שנים.
- פרויקטים בנוגע למדיניות עתידית - פרויקטים קצרי טווח שמטרתם להשלים פערים הקיימים במדיניות הנוכחית.
- עריכת תחזיות טכנולוגיות בטווחי זמן של עד עשור שנערכות על ידי ה-Foresight Horizon Scanning Centre - מרכז הכולל מגוון חומרים בנושאי הכשרה, ערכות כלים במטרה לחזק חשיבה בנושאים עתידיים.

⁵ Director General of Research Councils

לסיכום, תוכנית החיזוי הטכנולוגית הלאומית הבריטית עברה מספר גלגולים: מתרגיל רחב היקף לקביעת סדר עדיפויות שנועד לשפר את התכנון של מדיניות המדע והטכנולוגיה (סבב ראשון) ליוזמות חיזוי מבוזרות שמטרתם הגדלת המודעות למגוון רחב של נושאים עתידיים וליצירת תרבות של חיזוי (סבב שני) וכלה בתוכנית ממוקדת יותר עם פרויקטים מסוימים שמטרתה להגיע למגוון רחב של משרדי ממשלה ולהשפיע על מצוינותם (סבב שלישי). התפתחות זו הושפעה מתהליכי למידה שחלו בין שלושת הסבבים. להלן לוח המציג את השינויים שעברה תוכנית החיזוי הבריטית במהלך הסבבים:

לוח 2: שלושת הסבבים של תוכנית החיזוי הבריטית

| שם המשתנה | סבב ראשון | סבב שני | סבב שלישי |
|--------------------|---|--|---|
| שנת תחילת הפעילות | 1994 | 1999 | 2002 |
| רציונל | קביעת סדר עדיפויות במדע וטכנולוגיה | דיאלוג בין הקהילה העסקית לחברה | חיזוי שינויים וסיכונים הרלבנטיים למדיניות |
| קהלי היעד העיקריים | מדענים וגופים מממנים. לאחר מכן, הקהילה העסקית. | ממשלה, קהילת העסקים (כולל SME), קהילת המחקר והחברה | בעיקר למשרדי הממשלה |
| כיסוי | עירוב של תחומים חברתיים וטכנולוגיים. כיסוי של רוב המגזר הפרטי וחלק מהמגזר הציבורי. | עירוב של תחומים טכנולוגיים ונושאים תמטיים – כיסוי נרחב יותר בהשוואה לסבב הראשון. | לרב, תחומים ממוקדים המעניינים את משרדי הממשלה |
| מבנה | קבוצות דיון בתחום מסוים | קבוצות דיון בתחום ובנושא מסוים בשילוב כוחות משימה | פרויקטים "מתגלגלים" |
| משתתפים | אותם משתתפים בשלושת הסבבים. הסבב השלישי כלל פחות משתתפים מהתעשייה | | |
| שיטות | סקר דלפי וקבוצות דיון | בעיקר תסריטים ומסמכי יעוץ, אתר אינטרנט להפצת המידע. | מגוון רחב של שיטות בשימוש בפרויקטים שונים: תסריטים, סימולציות, סקר דלפי, קבוצות דיון. |
| תוצרים | דו"חות של קבוצות הדיון, תוצאות סקר דלפי, סדרי עדיפויות והמלצות במהלך שלבי היישום. | דו"חות של קבוצות הדיון וכוחות המשימה, פרסומים שהועלו לאינטרנט (תסריטים וקבצי וידיאו). | סקירות לגבי מצב המדע, תוכניות לפעולה, תסריטים, דו"חות של פרויקטים, ספרים וכו'. |
| תגובות לחיזוי | בעיקר חיובית, למרות שנשמעה טענה שהתוכנית לא ממשה את מלוא הפוטנציאל שלה, במיוחד ביחס לקהילה העסקית | בדרך כלל שלילית, נטען שחלק מהדו"חות הם משעממים וחסרי השראה והתוכנית היא מעורפלת ולא ממוקדת | חיובית מאד, תוצרי התוכנית נלקחו בחשבון בעת יצירת המדיניות הרלבנטית |

מקור: Keenan & Miles (2008). Foresight in the United Kingdom In Georghiou L.(ed.), table 4.5:

תוצאות התחזית הטכנולוגית הבריטית

בשנת 2010 משרד המדע הבריטי פרסם דו"ח בשם Technology and Innovation Futures: UK Growth אשר תפקידו לחזות את הטכנולוגיות החדשות שיהיו רלוונטיות בעשור Opportunities for the 2020s, הקרוב, ויתרמו לצמיחתה של הכלכלה הבריטית. טכנולוגיות אלו רלוונטיות ומהותיות לבריטניה בעקבות היתרון היחסי שלה כיום וצרכיה העתידיים. בשנת 2012, שנתיים לאחר פרסום המסמך, פורסמה גרסה מעודכנת המפרטת את טכנולוגיות העתיד בתחומי המדע והטכנולוגיה.

המסמך הראשוני משנת 2010 מבוסס על ראיונות עם 180 נציגים מהתעשייה, מתחומי המחקר, ממוסדות לאומיים ומארגונים חברתיים. על סמך ראיונות אלו זוהו 53 תחומים טכנולוגיים שיש להניח שייתפסו מקום מרכזי בעתיד ועשויים להיות חשובים עבור בריטניה. בחלק מהתחומים, לבריטניה כבר יש יתרון תחרותי, ואילו בתחומים אחרים, הביקוש יהיה מונע על ידי צרכים עתידיים. הדו"ח המעודכן מבוסס על ראיונות מובנים עם 15 חוקרים מובילים מן האקדמיה ו-26 מומחים מהתעשייה, אודות 53 תחומי הטכנולוגיה אשר זוהו בדו"ח הקודם. המשתתפים נשאלו אילו טכנולוגיות חדשות ומעניינות או פיתוחים אחרים נוצרו לאחרונה, או עשויים להיווצר במהלך עשר השנים הקרובות, אשר יוכלו להביא עמם הזדמנויות לעשור הבא. בנוסף, הגרסה המעודכנת מבוססת על סקר עם שאלות אלו, אשר נשלחו ל-180 הנשאלים שלקחו חלק בדו"ח הראשון.

מכיוון שהטכנולוגיה משתנה במהירות, וכך גם הנסיבות הכלכליות והפוליטיות, הגרסה המעודכנת משנת 2012 מהווה הזדמנות מוקדמת לבחון את הממצאים של הדו"ח הקודם, ולבדוק האם צמחו מגמות חדשות. למרות עדכונים קלים ברשימה המקורית, ראוי לציין שברוב המקרים, הטכנולוגיות שזוהו בדו"ח משנת 2010 הן אלו שנתפסות כיום כמועמדות חזקות לצמיחה ופיתוח ב-20 השנים הבאות.

בדו"ח שפורסם ב-2010, הודגשו מספר מסרים חשובים - ראשית, קיימות הזדמנויות גדולות לצמיחה בכלכלת בריטניה, המותנות בכך שחברות מן התעשייה יהיו מסוגלות לקצור את היכולות המדעיות והתעשייתיות הנדרשות כדי לנצל את הטכנולוגיות והחדשנות אשר זוהו בדו"ח. שנית, בריטניה תחווה שינויים מהותיים בתחום האנרגיה במהלך עשר עד עשרים השנים הבאות, מהלך שיביא עמו הזדמנויות לכלכליות חשובות עבור חברות בריטיות. שלישית, בדומה לעבר, עדיין קיים צורך ממשי במסגרת יציבה ועקבית של רגולציה ותמיכה, כך שלמגזר הפרטי יהיה ביטחון להשקיע במחקר ופיתוח.

להלן חמישה תחומים שבולטים הן בדו"ח הראשוני והן בגרסה המעודכנת, וצפויים להשפיע רבות על עתיד המדע והטכנולוגיה:

- ייצור על פי דרישה – היכולת לייצר מוצר מותאם אישית באמצעות מכשירי ייצור וטכנולוגיות היי טק עשויה לגבור בסקטורים מסוימים על פני ייצור המוני, וזאת על מנת לענות על דרישת הצרכנים למוצרים ושירותים המותאמים אישית. כבר ניתן לראות בתחום הדיגיטאלי ייצור על פי דרישה (לדוגמה נגן המדיה iTunes ומשחקי רשת), וייצור מסוג זה עשוי להתרחב לתחומים נוספים.
- תשתיות – תשתיות לאומיות יידרשו טכנולוגיות חדשות על מנת לענות על אתגרים עתידיים, וביניהם הפחתת פליטת גזי חממה, ואפשרו פריסה נרחבת של תשתיות חכמות. רשת החשמל החכמה תצטרך מכשור חדש כדי לתמוך ב-microgeneration (ייצור חשמל בקנה מידה קטן על ידי אנשים פרטיים, עסקים קטנים או קהילות קטנות), בטעינת רכבים חשמליים ומערכות מניית

חשמל חכמות. מעבר לתשתיות חכמות המבוססות על רשתות תקשורת ילווה גם באתגרי אבטחת מידע ואבטחת המרחב המקוון, נושא שיהיה בעל חשיבות עליונה.

- רשת חשמל חכמה הינה רשת חשמל מתקדמת, אמינה ויעילה יותר, אשר מבוססת על רשתות מחשוב והעברת מידע דו-כיווני בין כל מרכיבי המערכת. רשת זו מאפשרת שילוב יעיל של מקורות ייצור מבוזרים ומתחדשים, וכן מעודדת את צרכני החשמל לקחת חלק פעיל בניהול הביקושים במערכת. יישום חזון הרשת החכמה הוא שונה במדינות שונות, והוא תלוי במידה רבה במניעים העסקיים ובמאפיינים של משק החשמל המקומי. בישראל קבע משרד האנרגיה והמים כי זהו אחד מארבעת תחומי המפתח בתחום האנרגיה שלהם תינתן עדיפות לאומית (יהב, 2012).

- רפואה רגנרטיבית – רפואה רגנרטיבית הינו שטח בין-תחומי חדש שמתמקד בריפוי, החלפה, או חידוש של תאים, רקמות או איברים. התחום עושה שימוש בגישות חדשניות המשלבות רפוי גנטי, השתלת תאי גזע, הנדסת רקמות ותכנות תאים ורקמות (אתר ביה"ח שיבא⁶).

- רפואה מותאמת אישית – הצורך במעבר לרפואה מותאמת אישית נובע מכך ששיטת הטיפול האחיד המתאים לכולם לא צלחה, לא כל החולים באותה מחלה הגיבו לטיפול באותו אופן. הרפרטואר הגנטי של כל אדם שונה משל רעהו, וביחד עמו גם תוצרי הדנ"א – עשרות-אלפי החלבונים השונים אשר אחראים לביצוע המכלול הענק של תפקודי הגוף. על החלבונים הללו פועלות כמעט כל התרופות אותן נוטלים החולים, וההבדלים ביניהם קובעים במידה רבה את תגובתו השונה של כל אדם לתרופות ואת רגישותו להתפתחות של תופעות לוואי. לפיכך, הרפואה העתידית המותאמת אישית, תהיה מבוססת על הרפרטואר הגנטי של המטופל ועל מפת החלבונים שלו, ורק בהתאם תציע לו תרופה. ידיעת הסיבה לתנגודת לטיפול תאפשר בעתיד פיתוח רציונלי של תרופות חדשות, המותאמות לחלבונים שהם גורמי התנגודת (צ'ינובר, 2013).

- הנדסת חומרים – הנדסת חומרים כוללת ארכיטקטורה ברמה האטומית והמולקולרית, חקר מבנה החומר ותכונותיו, תהליכי ייצור אינטליגנטיים, אפיון חומרים ברמות השונות, ההשפעה ההדדית בין חומרים והסביבה ועוד (הוועדה העליונה לפיתוח תשתיות מדעיות וטכנולוגיות, 1995).

- בדו"ח המעודכן מצוינים אתגרים חדשים לייצור אנרגיה, אשר כוללים את הפוטנציאל לשימת דגש רב יותר על גז, התמודדות עם אספקה לסירוגין ממקורות מתחדשים, והזדמנויות חדשות ממערכות אנרגיה היברידיות בשילוב עם טכנולוגיית סוללות המתפתחת במהירות.

כמו כן, מצוין תחום הרובוטיקה – רובוטים בתחום מתן שירות מהווים תחום בעל חשיבות גוברת, כאשר מחשבים יוכלו לעבוד לצד בני האדם, ולהתאים עצמם לעבודה מסוימת באמצעות הקשר (context), במקום ביצוע פעולות חוזרות. בנוסף, טכנולוגיות ייצור, כגון הדפסה תלת-ממדית הפכו לאחרונה מתחום בסביבת המחקר והפיתוח למרכיב מרכזי באסטרטגיות תעשייתיות. טכנולוגיות אלו מתקשרות גם לפריצות דרך משמעותיות בייצור חומרים חדשים ובתחום הרפואה המותאמת אישית. מגמה נוספת ההולכת ומתחזקת היא בתחום התקשורת: חיישנים ומעבדים המספקים משוב רצף

⁶המרכז לרפואה רגנרטיבית, תאי גזע והנדסת רקמות
http://www.sheba.co.il/Research_and_Development/Regenerative_Medicine

וקשרים קבועים לרשתות. נספח מספר 2 מציג את 53 התחומים הטכנולוגיים המופיעים בדו"ח הראשוני, בתוספת שישה תחומים נוספים אשר הוספו לדו"ח המעודכן.

6.2 תוכנית החיזוי הטכנולוגית היפנית

סקירה

לקראת סוף שנות ה-60 של המאה ה-20, החליטה ממשלת יפן שתחזית טכנולוגית יכולה להוות כלי יעיל לקביעת מדיניות. לצורך כך, נשלחה קבוצה של מומחים מיפן לארה"ב לשם התייעצויות והדרכה בנוגע לסקרי דלפי. בשנת 1970, סוכנות המדע והטכנולוגיה היפנית (STA)⁷ ערכה את התחזית הטכנולוגית הראשונה. המטרה הייתה לפרסם סקירה כוללת שתקיף את כל תחומי המדע והטכנולוגיה לטווח זמן של שלושים שנה, שתספק למקבלי ההחלטות במגזר הציבורי והפרטי את הרקע הנחוץ לצורך קבלת החלטות על הכיוונים הנדרשים במדיניות מדע וטכנולוגיה. התחזית הטכנולוגית נערכה באמצעות סקר דלפי והקיפה אלפי מומחים מהתעשייה, האקדמיה והממשל. הסקר כלל שאלות על המצאות והתפתחויות טכנולוגיות אפשריות, הסבירות להתרחשותן, חשיבותן והמגבלות במימושן. התוצאות מהסבב הראשון נערכו ונשלחו בסבב שני לאותם מומחים לצורך אישור או שינוי. החל מהסקר הראשון, במשך כארבעים שנה, נערכו ביפן תשע תחזיות טכנולוגיות, במרווחים של חמש שנים, המנסות לחזות את העתיד בטווחי זמן של שלושים שנה. לתוצאות מתחזיות אלו יש שני שימושים עיקריים:

- מתן נתוני רקע לתכנון של פעילות מו"פ וסקירה ארוכת טווח של מגמות טכנולוגיות וזיהוי טכנולוגיות מפציעות.
 - בקרה על הפעילות המדעית והטכנולוגית הנוכחית, במיוחד פעילויות מו"פ, ביפן בהשוואה לפעילויות מו"פ במדינות אחרות. הסקרים מדגישים את התחומים שבהם ליפן יש צורך בשיתופי פעולה בין לאומיים ומזהים את הגורמים המגבילים את ההתפתחויות הטכנולוגיות (Martin, 2001).
- את סקרי הדלפי מלווה וועדת היגוי הכוללת 13 תתי וועדות. כמאה חוקרים בכירים מעורבים בתכנון הסקר וניתוח התוצאות וכ-3,000 חוקרים ממגזרים שונים מהווים את אוכלוסיית הסקר שאליה נשלחים שאלוני דלפי (Kuwahara, 1999).
- יש לציין, כי התחזית הטכנולוגית הלאומית של יפן מהווה רק חלק ממגוון פעילויות החיזוי ביפן. בנוסף לתחזיות אלו, נערכות ביפן תחזיות ברמת המקרו על ידי משרדים וגופים ממשלתיים, סקרי חיזוי אלו מוגבלים לתחומי העיסוק של המשרדים הממשלתיים ולטווחי זמן של עשר עד חמש עשרה שנים. תחזיות נוספות נערכות ברמת המאזו (meso) על ידי קבוצות של חברות וברמת המיקרו על ידי חברות פרטיות או ארגוני מחקר על מנת לסייע בקבלת החלטות לגבי כיוונים עסקיים עתידיים. תחזיות אלו מוגבלות בטווחי הזמן שלהם (Kuwahara, 2004).
- הלוח הבא מציג את התפתחות סקרי דלפי בתחזיות טכנולוגיות ביפן לאורך השנים.

Science and Technology Agency ⁷

לוח 3: סקרי דלפי שנערכו ביפן בין השנים 1970-2008

| מספר | שנת הסקר | מספר תחומים (fields) | מספר נושאים (topics) | תקופת החיזוי | מספר מומחים שהשתתפו בסקר |
|------|-----------|----------------------|----------------------|--------------|--------------------------|
| 1 | 1971-1970 | 5 | 644 | 2000-1971 | 2,482 |
| 2 | 1976 | 7 | 656 | 2005-1976 | 1,316 |
| 3 | 1982-1981 | 13 | 800 | 2010-1981 | 1,727 |
| 4 | 1986 | 17 | 1,071 | 2015-1986 | 2,007 |
| 5 | 1991 | 16 | 1,149 | 2020-1991 | 2,385 |
| 6 | 1996 | 14 | 1,072 | 2025-1996 | 3,586 |
| 7 | 2000 | 16 | 1,065 | 2030-2000 | 3,106 |
| 8 | 2004 | 13 | 858 | 2035 -2006 | 2,239 |
| 9 | 2008 | 12 | 832 | 2040-2010 | 2,900 |

מקור: Kuwahara, Chuls & Georghiou (2008). Foresight in Japan In Georghiou L.(ed.), table 8.1

באמצע שנות ה-90 חל שינוי במדיניות המדע והטכנולוגיה של יפן. בשנת 1995, נחקק חוק המדע והטכנולוגיה⁸, שלפיו נקבעה תוכנית בסיסית למדע וטכנולוגיה⁹. כתוצאה מכך, חלו שינויים בתחזיות טכנולוגיות היפניות - החל מתוכנית החיזוי השישית (1996), התחומים והשטחים המכוסים בתחזיות מתוכננים בהתאם לתוכנית המדע והטכנולוגיה הבסיסית ביפן. הבחירה בתחומים שנכללים בתחזית מתבצעת בהתאם לתרומתם לפיתוח הכלכלי והחברתי ולשיפור איכות החיים ביפן. כמו כן, הושם דגש הולך וגובר על נושאים חברתיים וצרכים סוציו-אקונומיים כדוגמת: הזדקנות החברה (שמירה על איכות החיים סיוע לאוכלוסייה קשישה להיות עצמאית), ביטחון (מניעת אסונות טבע, הפחתת פשע), הגנת הסביבה ומחזור (פיתוח מקורות אנרגיה חלופיים, הפחתה בצריכת האנרגיה).

בשנת 2001 התבצע ארגון מחדש של המערכת הממשלתית ביפן והוקמה מועצה למדיניות מדע וטכנולוגיה¹⁰. כתוצאה מכך, הורכבה מחדש הקבוצה שהייתה אחראית על סקרי דלפי ויצרה את מרכז החיזוי למדע וטכנולוגיה (STFC¹¹) כחלק מהמכון הלאומי למדיניות מדע וטכנולוגיה (NISTEP)¹².

במהלך שנות ה-90 של המאה העשרים, נמתחה בקורת על התחזיות הטכנולוגיות ביפן ועל השימוש העקבי בסקרי דלפי, דבר הגורם לתחזיות לחזור על עצמן. כתוצאה מכך, הוחלט לקראת תוכנית החיזוי השמינית שהושקה בשנת 2004, לערוך שינויים בתוכנית החיזוי היפנית. שינויים אלו כללו שני מרכיבים עיקריים:

⁸ Science and Technology Basic Law

⁹ Science and Technology Basic Plan

¹⁰ Council for Science and Technology

¹¹ Science and Technology Foresight Centre

¹² National Institute of Science and Technology Policy

1. הוספת שיטות חיזוי מלבד סקרי דלפי :

- מחקר ביבליומטרי - נועד לזהות תחומי מחקר המתפתחים במהירות באמצעות ניתוח פרסומים וציטוטים של מחברים יפנים בתחומים אלו. לצורך כך, נותחו האחוזון העליון של המאמרים בעלי מספר הציטוטים הרב ביותר ב-22 תחומי מחקר בין השנים 1997 ל-2002.
 - ניתוח הצרכים החברתיים והכלכליים – איסוף מידע על הצרכים החברתיים והכלכליים, קישור מידע זה לתחומים ספציפיים של מדע וטכנולוגיה והערכת התרומה האפשרית של המדע והטכנולוגיה לשטחים אלו. במסגרת זו נשלח שאלון באינטרנט לכ-4,000 חוקרים.
 - ניתוח תסריטים – נעשה כמענה לביקורת לגבי האופי הקונסנזואלי של תוצאות סקרי דלפי ובמטרה להדגיש גם ראייה סובייקטיבית אפשרית של העתיד. הדבר נעשה באמצעות הזמנה של מומחים בעלי שם בתחומי מחקר שונים לכתיבת תסריטים על התפתחות של נושאים עתידיים בתחומי המחקר שלהם. התוצאה הסופית כללה 85 תסריטים ב-47 נושאים.
2. מעבר להתמקדות בתחומים ספציפיים יותר ולא בכל שטחי המדע והטכנולוגיה. לדוגמה, תוכנית החיזוי היפנית השישית והשביעית (בשנים 1996 ו-2000 בהתאמה) נסקרו ארבעה עשר תחומים טכנולוגיים "קלאסיים": חומרים, אלקטרוניקה, מידע, מדעי החיים, חלל, מדעי כדור הארץ והים, משאבים ואנרגיה, סביבה, חקלאות, ייעור ודייג, מכונות, עיור ובנייה, תקשורת, תחבורה, בריאות ורווחה. לעומתם, התחומים בתוכניות החיזוי השמינית והתשיעית (בשנים 2004 ו-2008 בהתאמה) היו ממוקדים יותר, כפי שיפורט בפרק הבא (Kuwahara et al., 2008).

הערכת סקרי דלפי - בשנת 1996, חברי תת הוועדות של סקר דלפי השישי נתבקשו להעריך את תוצאות סקרי הדלפי הראשון והשני (1971 ו-1976). נמצא שכמעט שני שליש מהתחזיות התממשו במידה זו או אחרת. הדיוק הנמוך ביותר היה בתחום התעשייה והמשאבים, כנראה בשל תוצאות משבר הנפט העולמי והשפעתו על פרויקטים הקשורים לאנרגיה ולתעשייה. נושאים בולטים במיוחד שעלו בסקר החיזוי הראשון והשפיעו על המדיניות הטכנולוגית של יפן ועל הקצאת משאבים הם זיהוי מוקדם של רעידות אדמה (סיוע בהתמודדות עם רעש האדמה שארע בקובו בשנת 1993) ותאים סולאריים¹³ (Kuwahara, 1999). הלוח הבא מציג את ניתוח התוצאות של סקר דלפי הראשון.

¹³ solar cells - תאים פוטו וולטאיים (PV) התקנים הקולטים את קרינת השמש האלקטרומגנטית ומפיקים ממנה אנרגיה חשמלית בצורה ישירה. http://www.solar-israel.co.il/solar_cells

לוח 4: הערכה וניתוח התוצאות של סקר דלפי היפני הראשון (שנת 1970)

| תחום | מספר נושאים / תחזיות | מספר נושאים / תחזיות שהתממשו | מספר תחזיות שלא התממשו | שיעור המימוש (Realization rate) באחוזים | שיעור מימוש (כולל תחזיות שמומשו באופן חלקי) באחוזים |
|---------------------|----------------------|------------------------------|------------------------|---|---|
| פיתוח חברתי | 119 | 23 | 47 | 19 | 59 |
| מידע | 96 | 40 | 35 | 42 | 78 |
| בריאות וטיפול רפואי | 73 | 21 | 36 | 29 | 78 |
| מזון וחקלאות | 92 | 22 | 45 | 24 | 73 |
| תעשייה ומשאבים | 150 | 41 | 30 | 27 | 47 |
| סה"כ | 530 | 147 | 193 | 28 | 64 |

מקור: Kuwahara T. (1999). Technology Forecasting in Japan, table 3

תוצאות סקרי דלפי משפיעות על תכנון המדיניות הממשלתית בנושאי מדע וטכנולוגיה, על הקצאת המשאבים של הממשלה וכן גם על התעשייה. המכון הלאומי למדיניות מדע וטכנולוגיה של יפן ערך סקר בקרב חברות במטרה להעריך את מידת השימוש שלהם בתוצאות של סקר דלפי הרביעי. מתוך כ-250 משיבים, 59% ענו שתוצאות הסקר היו מאד חשובות ו-36% טענו שתוצאות הסקר היו בעלות משמעות עבורם. השימוש העיקרי שנעשה בתוצאות הסקר היה תכנון פרויקטים עסקיים ופרויקטים של מחקר ופיתוח (72%), ניתוח מגמות טכנולוגיות לטווח בינוני (61%), ניהול עסקי (33%), ניהול וקידום של תוכניות מו"פ (26%) (UNIDO, 2005).

תחזיות טכנולוגיות ביפן שמשו בעבר בעיקר לאיסוף והפצת מידע על העתיד למעוניינים. קיים קושי למדוד את האימפקט של התחזיות על המדיניות. ההשפעה של התחזיות הטכנולוגיות על תהליכי קבלת ההחלטות הייתה עקיפה. אולם בסקר דלפי השמיני, שנערך בשנת 2004, גופים ממשלתיים כדוגמת משרד החינוך, התרבות, הספורט המדע והטכנולוגיה והמועצה למדיניות מדע וטכנולוגיה היו מעורבים ישירות בסקר וחיוו את דעתם בשלבים הראשוניים של הסקר. כמו כן לסקר הייתה השפעה על התוכנית הבסיסית של מדע וטכנולוגיה ביפן הקובעת את סדרי העדיפויות להשקעות בתחומים אלו (Cuhls, 2008).

לסיכום, לטענת היפנים, התועלת העיקרית מהתחזיות הטכנולוגיות היא לא רק בתוצרים הישירים, אלא ברווחים הנובעים מהתהליך. סקר דלפי מהווה רק חלק ממכלול של סקרים שנערכים ביפן במגוון שיטות: סדנאות מומחים, סיעור מוחות, תסריטים, מחקרים המוזמנים מיועצים ועוד (UNIDO, 2005).

תוכנית החיזוי הטכנולוגית התשיעית של יפן

תוכנית החיזוי הטכנולוגית התשיעית של יפן הושקה בשנת 2008 וכללה שימוש בשלושה סוגי מתודולוגיה שונים: סקר דלפי, תסריטים ודיונים אזוריים. התחומים והנושאים שנכללו בסקר דלפי התשיעי נקבעו על ידי 12 קבוצות דיון אינטר דיספלינריות שכללו 135 מומחים ממגזרים שונים. הקריטריונים לבחירת הנושאים היו התמקדות בתחומים שבהם המדע והטכנולוגיה יכולים לתרום ולסייע בפתרון בעיות ואתגרים לאומיים. בסוף התהליך נבחרו 12 תחומים כמפורט בלוח להלן:

לוח 5: התחומים שנכללו בסקר דלפי היפני התשיעי

| קבוצת הדיון | מספר התחומים/שטחים (areas) | מספר תתי תחומים (topics) | הנושאים (תחומים) |
|---|----------------------------|--------------------------|------------------|
| שימוש באלקטרוניקה, תקשורת וננו טכנולוגיה בחברה | 6 | 70 | |
| טכנולוגית מידע כולל תכנים ותקשורת | 12 | 76 | |
| התרומה של הביוטכנולוגיה והננוטכנולוגיה למין האנושי | 8 | 58 | |
| טכנולוגיות רפואיות שיתרמו לאורח חיים בריא | 5 | 85 | |
| הבנת הדינאמיקה של החלל, כדור הארץ, והדרכים שבהם הם מרחיבים את הפעילות האנושית | 7 | 64 | |
| קידום המצאות של אנרגיה חלופית | 13 | 72 | |
| משאבים חיוניים כולל מים, מזון ומינרלים | 7 | 59 | |
| טכנולוגיות להגנת הסביבה וליצירת חברה ברת קיימא | 1 | 68 | |
| טכנולוגיות בסיסיות כולל חומרים, מערכות ננו, עיבוד, מדידה וכו' | 5 | 84 | |
| טכנולוגיות ייצור התומכות בהתפתחות התעשייה, החברה, מדע וטכנולוגיה | 8 | 76 | |
| Strengthening of management led | 8 | 58 | |
| טכנולוגיות של תשתית התומכות בחיי היום יום ובתעשייה | 5 | 62 | |
| סה"כ | 94 | 832 | |

מקור: NISTEP (2010). Contribution of Science and Technology to Future Society, table 1.1

בסקר דלפי נכללו השאלות הבאות לגבי כל נושא (תת תחום): חשיבות הנושא, הזמן הצפוי למימוש, מגוורים (אקדמי, ציבורי, פרטי) שיסללו את הדרך למימוש טכנולוגי וחברתי של הנושא. בנוסף סקר דלפי כלל שאלות לגבי המדיניות שעל יפן לנקוט בפתרון אתגרים לאומיים ועולמיים: פעילות המו"פ הנדרשת לענות על אתגרים אלו, אסטרטגיה בין-לאומית במו"פ, סדרי עדיפויות של תחומי מדע וטכנולוגיה שממשלת יפן אמורה לקדם.

השאלונים שנבנו נשלחו בשני סבבים (נובמבר 2009 ופברואר 2010), כאשר טווח הזמן של החיזוי הינו שלושים שנה, עד שנת 2040, תוך התמקדות בשנת 2025. נתקבלו תשובות מ-2,900 מומחים 47% מהאקדמיה, 29% מהקהילה העסקית, 15% ממוסדות מחקר ציבוריים ו-9% ממוסדות אחרים.

כתיבת תסריטים על החברה העתידית – בוצעה בשלוש דרכים: כתיבת תסריטים בעבודה קבוצתית – דיון אינטרדיספלינרי מקיף על בעיה מסוימת ופתרונות אפשריים לבעיה זו, כתיבת תסריטים בהתבסס על התוצאות של סקרי דלפי, וכתיבת תסריטים בהתבסס על דיונים של הדור הצעיר (מהנדסים, חוקרים ויזמים בשנות העשרים והשלושים לחייהם).

סדנאות של אזרחים/דיונים אזורים - מטרתם לספק פלטפורמה התחלתית שבה תושבים של אזור מסוים ידונו בחזון שלהם לגבי העתיד. הסדנאות נערכו בשמונה אזורים ביפן והתושבים דנו בעתיד האידיאלי לאזור מגוריהם ואיזו טכנולוגיה תסייע להגיע לעתיד זה. בדיונים הושם דגש מיוחד על טכנולוגיה ירוקה ותעשיות עם פליטת פחמן נמוכה. מומחים במדע וטכנולוגיה הביעו את דעתם על הדיונים.

תוצאות של סקרי דלפי שנערכו ביפן בעשור האחרון

בניתוח התשובות לסקר דלפי התשיעי (תחזית לשנת 2040), נמצא כי רוב הנושאים שקשורים ישירות או בעקיפין לאנרגיה, משאבים וסביבה דורגו כבעלי חשיבות מרכזית להתמודדותה של יפן עם אתגרים עולמיים ולאומיים. בתחום הבריאות ומדעי הרפואה – פרוגנוזה, רפואה מניעתית, וטיפול רפואי דורגו כבעלי החשיבות הגדולה ביותר, לאחריהן דורגו תחומים אחרים - תשתיות ICT, פיתוח וניהול משאבי אנוש וטכנולוגיה בסיסית (fundamental technology). תחומים שהוערכו כבעלי חשיבות מיוחדת ליפן הם יצירת מערכות חברתיות (תשתית חברתית, מערכות רפואית, מניעה וטיפול באסונות, פיתוח סביבתי), תחומים הקשורים לבטיחות משאבים (resources safety) ובטיחות משאבי אנוש. השטחים הבאים אוזכרו כבעלי ההסתברות הגבוהה ביותר למימוש טכנולוגי במהלך עשר השנים הבאות: מערכות רפואיות, ניהול אנרגיה, מחשוב ענן (cloud computing) וניהול השירות (service management).

המגזר שאמור לתפקד כ"מנוע" שידחוף את מימוש הטכנולוגיה משתנה בהתאם לתחום שאליו משתייכת הטכנולוגיה. בטכנולוגיות הקשורות לביוטכנולוגיה וטיפול רפואי, המגזר האקדמי אמור לשמש קטר מוביל. בטכנולוגיות הקשורות לאנרגיה, המגזר הפרטי אמור לשמש כגורם המוביל ואילו הממשלה אמורה להוביל יישום חברתי של טכנולוגיות הקשורות לסביבה ולתשתיות חברתיות. Rasmussen (2009) מביאה סיכום של הנושאים שזוהו כחשובים בתשובותיהם של 2,300 שענו לסקר דלפי השמיני (תחזית לשנת 2035):

ידע ותקשורת – הנושאים שזוהו כחשובים הם רשתות מאובטחות היטב, גילוי מטרידים והגנה מפני אסונות טבע. נושאים אלו משקפים את רמת החרדה הקיימת בחברה היפנית ואת הדרישה לביטחון משופר.

אלקטרוניקה – כוללים תהליכים מסוג bottom-up של יצירת טכנולוגיה - מערכות משולבות, מכשירים אופטיים ופוטונים, אלקטרוניקה אלחוטית, ביו-אלקטרוניקה ואלקטרוניקה מולקולארית אורגנית. החלק השני כולל תהליכים מסוג top-down ליצירת יישומים - שימור ואחסון אנרגיה, יישומים ביתיים דיגיטאליים, רובוטיקה, אלקטרוניקה של מכונות.

מדעי החיים – ככל שהחברה מזדקנת, מחלות כרוניות הדורשות טיפול קבוע כמו אלצהיימר ופרקינסון צפויות להפוך לבעיות חברתיות. לכן, יש להבין את המנגנון הבסיסי של מחלות אלו על מנת למצוא טיפול. יש לחזק את תחום חקר המוח. כמו כן, הצפי לפתרונות בתחום מדעי החיים אינו נוגע רק לטיפול רפואי וגילוי תרופות, אלא גם לטיפול בנושא מזון לאוכלוסייה, בטיחות מזון, בטיחות סביבתית ובריאות נפשית. יש צפי להתפתחות של תחומים חדשים כגון: ננו-ביולוגיה, רפואה רגנרטיבית ופיתוח חיישניים לחומרים ביולוגיים חדשים.

בריאות, טיפול רפואי ורווחה - ככל שהמדע יתקדם בהבנת תפקידם של הגנים כגורמים למחלות, אבחון וטיפול גנטי יעשו משמעותיים יותר בטיפול רפואי. נושאים בולטים אחרים הם: אברים מלאכותיים, השתלות ורפואה רגנרטיבית. בנוסף, יש צורך לנקוט באמצעים נגד מחלות זיהומיות. רפואה מניעתית תקבל דגש הולך וגדל. גילוי מוקדם של מחלות באמצעות פיתוח של מערכות בדיקה יעילות יזכה אף הוא לדגש חשוב.

חקלאות, ייעור, דייג ומזון – הנושאים הבולטים הם: גילוי המנגנונים העומדים בבסיס האינטראקציה המורכבת בין מגוון ביולוגי (biodiversity) ומערכות אקולוגיות, פתרונות ביולוגיים לבעיות סביבתיות

לצורך השגת חברה ברת קיימא, פיתוח מערכת מזון לחברה בריאה ומאריכת ימים, הבנת מנגנוני התמרה של אותות ביולוגיים.

אנרגיה ומשאבים – צפי גבוה להתממשות של מערכות אנרגיה מבוססות על מימן, תאי דלק והמרה ושימוש יעילים באנרגיה, מערכות מחזור (כולל ביו מסה ופסולת). צפי בינוני להתממשות עתידית של מערכות אנרגיה מבוזרות, טכנולוגיה לניקוי פחם וצפי נמוך להתממשות עתידית של תחנות/מערכות כוח גרעיניות חדשניות.

בנספחים 3 ו-4 מפורטים תוצאות סקר דלפי התשיעי שנערך ביפן. בנספח 3 מוצגת רשימה של תחומי מפתח שנמצאו חשובים בהתמודדות עם אתגרים לאומיים ובין לאומיים. בנספח 4 מוצגת רשימה של תחזיות עתידיות ושנת מימושן הטכנולוגי והחברתי בתחומי האנרגיה והסביבה, שימוש באנרגיה שאינה ממקורות מאובנים, שימוש יעיל באנרגיה, תעשייה בחברה המבוססת על מחזור חומרים, הפחתה של פליטת פחמן דו-חמצני, תקשורת ומערכות תחבורה, בריאות וטיפול רפואי, ניהול תשתיות (כולל תשתיות IT), ניהול משברים ובקרה על אסונות, בטיחות וטיפול משאבי אנוש.

6.3 תחזיות טכנולוגיות לאומיות בעולם

המדינות שנכללו בסקירה רחבה (בריטניה ויפן) הן מהמדינות הראשונות שעורכות תחזיות טכנולוגיות. התחזיות שהן עורכות הן מקיפות, כוללות שימוש במגוון של מתודולוגיות, ומושקעים בהם משאבים רבים (כוח אדם וכסף). במדינות אחרות נעשות תחזיות טכנולוגיות, בהיקף מצומצם יותר. לדוגמא, תוכנית החיזוי השבדית שממצאיה פורסמו בשנת 2005, כללה תחזית לטווח של עשור (2005-2015) ובוצעה על ידי חמשה עשר מומחים בשמונה סדנאות בשטחים שונים: בריאות ורפואה, ביולוגיה ומשאבי טבע, תשתיות חברתיות, מערכות ייצור, מידע ומערכות תקשורת, תעשיות שירותים, חינוך ולמידה.

להלן לוח המציג את התחזיות הטכנולוגיות הלאומיות במדינות שונות לפי פרמטרים שונים: הגוף האחראי על התחזית, מטרת התחזית, טווח הזמן, מתודולוגיות ושנת תחילת ביצוע התחזית.

לוח 6: תחזיות טכנולוגיות לאומיות ברחבי העולם

| שם המדינה ושנת ההתחלה של ביצוע תחזית טכנולוגית | הגוף האחראי על התחזית | מטרות התחזית | טווח הזמן של התחזיות הטכנולוגיות בהתאם למטרות | מתודולוגיות התחזית |
|--|--------------------------------------|---|---|---|
| אוסטרליה (החל מ-1996) | המועצה האוסטרלית למדע ולטכנולוגיה | בניית מסגרת למדיניות מדע וטכנולוגיה. יצירת קונסנזוס. תקשורת/חינוך. | 15 שנים | ניתוח תסריטים/סקר דלפי/עצי רלבנטיות/ניתוח מורפולוגי |
| אוסטריה (החל מ-1996) | משרד המדע והחדשנות וקרנות טכנולוגיות | זיהוי תחומים עם יתרון תחרותי. זיהוי חוזקות וחולשות של תחומים טכנולוגיים. המלצות למדינות מדע וטכנולוגיה. | 15 שנים | סקרי דלפי (חברתי וטכנולוגי) |
| איטליה | | תמיכה בקבלת החלטות | | טכנולוגיות קריטיות |

| שם המדינה ושנת ההתחלה של ביצוע תחזית טכנולוגית | הגוף האחראי על התחזית | מטרות התחזית | טווח הזמן של התחזית הטכנולוגיות בהתאם למטרות | מתודולוגיות התחזית |
|--|--|---|--|---|
| | | ואסטרטגיות פיתוח לטווח הרחוק | | וטכנולוגיות מפציעות |
| אירלנד | המועצה האירית למדע ולטכנולוגיה | זיהוי אפשרויות עתידיות | | תסריטים וסדנאות של מומחים/יועצים |
| ארצות הברית (החל מ-1991) | המשרד למדיניות מדע וטכנולוגיה | קביעת סדרי עדיפויות לשגשוג כלכלי ולביטחון לאומי המלצות למדיניות. מודיעין מקדים. | 10 עד 15 שנים | סדנאות מומחים העוסקות בזיהוי טכנולוגיות קריטיות ומפציעות |
| בריטניה (החל מ-1992) | משרד המדע והטכנולוגיה | קביעת סדרי עדיפויות במדע וטכנולוגיה. יצירת קשרים בין מדע לתעשייה. מודיעין מקדים. תקשורת/חינוך | 10 עד 20 שנים | יועצים, סקר דלפי, סדנאות מומחים |
| גרמניה (החל מ-1992) | משרד החינוך, המדע, המחקר והטכנולוגיה ו- Fraunhofer Institute for Innovation Research | המלצות למדיניות מדע וטכנולוגיה. מודיעין מקדים. יצירת קונסנזוס | יצירת קונסנזוס והמלצות למדיניות (10 שנים). קביעת סדרי עדיפויות ומודיעין מקדים (30 שנים). | רשימת טכנולוגיות קריטיות+ עצי רלבנטיות+ סקר דלפי |
| הולנד (החל מ-1997) | משרד החינוך, התרבות והמדעים | קביעת סדרי עדיפויות. יצירת קונסנזוס. מודיעין מקדים. חינוך/תקשורת | יצירת קונסנזוס וקביעת סדרי עדיפויות (-15 10 שנים). מודיעין מקדים – 25 שנים. | רשימת טכנולוגיות מופיעות, רשימת טכנולוגיות קריטיות וניתוח תסריטים |
| הונגריה (החל מ-1997) | משרד המדע והטכנולוגיה והוועדה הלאומית לפיתוח טכנולוגי | זיהוי חוזקות וחולשות של מערכת המדע והטכנולוגיה. חקר אפשרויות פוטנציאליות באיחוד האירופאי. אסטרטגיה חדשנות לאומית. הגדלת היצרנות של המגזר הפרטי. | 15 שנים | סקר דלפי ותסריטים |
| יפן (החל מ-1971) | המכון הלאומי למדיניות מדע וטכנולוגיה | המלצות מדיניות במדע וטכנולוגיה. זיהוי התפתחויות טכנולוגיות לטווח הארוך. | המלצות למדיניות (10 עד 15 שנים) צפי לעתיד (30 שנים). | סקר דלפי, סדנאות מומחים ותסריטים |

| שם המדינה ושנת ההתחלה של ביצוע תחזית טכנולוגית | הגוף האחראי על התחזית | מטרות התחזית | טווח הזמן של התחזית הטכנולוגית בהתאם למטרות | מתודולוגיות התחזית |
|--|---|---|--|--|
| ניו-זילנד (החל מ-1992) | משרד המחקר, המדע והטכנולוגיה | קביעת סדרי עדיפויות לאומיים. זיהוי אתגרים. | 15 שנים | סדנאות מומחים וניתוח כמותי |
| ספרד (החל מ-1997) | משרד התעשייה | המלצות למדיניות הגדלת התחרותיות של התעשייה. פיתוח יכולות חדשות טכנולוגיות ובתעשייה. | 15 שנים | סקר דלפי |
| צרפת (החל -1994) | משרד התעשייה והמשרד להשכלה גבוהה | קביעת סדרי עדיפויות בחברה ובתעשייה. מודיעין מקדים. המלצות למדיניות. יצירת קונסנזוס. | המלצות למדיניות (חמש עד עשר שנים) יצירת קונסנזוס (30 שנים) | רשימת טכנולוגיות קריטיות + סקר דלפי |
| קוריאה | משרד המדע והטכנולוגיה | הגדלת התחרותיות של התעשייה המקומית. קביעת סדר עדיפויות. תכנון ארוך טווח של מו"פ. יצירת חזון לגבי החברה העתידית. | 10 עד 20 שנים | רשימת טכנולוגיות קריטיות ומפציעות, סקר דלפי, סדנאות מומחים |
| שבדיה (החל מ-1998) | האקדמיה השבדית המלכותית למדעי ההנדסה, המועצה הלאומית השבדית לפתוח תעשייתי וטכנולוגי, הקרן השבדית למחקר אסטרטגי ואיגוד התעשיות השבדי | קידום של הדדיות בין תהליכים טכנולוגיים וחברתיים. זיהוי גישה עתידית של ארגונים וחברות. זיהוי תחומים עם פוטנציאל צמיחה ותחומים חזקים. | 10 עד 20 שנים | סדנאות מומחים |

מקור: United Nations Industrial Development Organization (2005). UNIDO Technology Foresight Manual: Technology Foresight in Action, volume II, figure II

7.1 סקר "דלפי" ביוזמת משרד המדע במהלך השנים 1999-2000

הסקר בוצע במשותף על ידי המרכז הבינתחומי לניתוח ותחזית טכנולוגיות ליד אוניברסיטת תל-אביב ומוסד שמואל נאמן והקיף מגוון רחב של נושאים בשנים-עשר תחומים מדעיים/טכנולוגיים שזוהו כמשמעותיים לישראל בטווח הארוך. הנושאים התבססו ברובם על שאלון של סקר דומה שנעשה ביפן בשנת 1997, בתוספת נושאים שהומלצו על ידי משרד המדע וועדת ההיגוי שליוו את המחקר בישראל. התחומים שנכללו בסקר הם: 1. מידע; 2. תקשורת; 3. משאבים ואנרגיה; 4. רפואה ובריאות; 5. מדעי החיים; 6. חקלאות; 7. חומרים; 8. אלקטרוניקה; 9. ייצור; 10. איכות הסביבה; 11. בינוי ועיור; 12. תחבורה.

בסבב הראשון נבנה לכל תחום שאלון נפרד ובו כמה עשרות נושאים – בסך הכל 962 נושאים, כאשר כל נושא מתאר התפתחות טכנולוגית-מדעית עתידית בעלת חשיבות, בטווח 25-30 השנים הקרובות. לסבב השני נבחרו בכל תחום כ-25 נושאים מובילים, לאור ממצאי הסבב הראשון, ונבנה שאלון מקוצר בהתאם. תוצאות הסבב הראשון פורסמו בדו"ח ביניים באוקטובר 1999. הסבב השני נועד לאשש ולאמת את ממצאי הסבב הראשון לגבי קבוצה נבחרת של נושאים, ולהתקרב לתמימות דעים רבה ככל הניתן בין המשיבים, על ידי מילוי חוזר של השאלון (המקוצר), כשבכל נושא מוצגות תוצאות הסבב הקודם. עבור כל נושא התבקשו המומחים לחוות את דעתם לגבי הסוגיות הבאות:

- שנת המימוש הצפויה של הנושא.
- מידת החשיבות של הנושא ביחס לנושאים אחרים.
- היתרון היחסי לישראל במימוש הנושא. (סוגיה זו נכללה רק בסבב הראשון)
- הסיכויים למימוש עסקי בישראל של הנושא הנבדק.
- מידת ההשפעה של התממשות הנושא על איכות החיים.
- האילוצים העיקריים המעכבים את התממשות הנושא בישראל. (סוגיה זו נכללה רק בסבב הראשון)

בסבב הראשון השתתפו 349 מומחים ובסבב השני השתתפו 376 מומחים מהאקדמיה, התעשייה והמגזר הציבורי. רוב המשתתפים הם בעלי תואר שלישי. לכל משתתף נשלח שאלון אחד בלבד מתוך 12 התחומים לעיל. להלן מובא סיכום של עיקרי הממצאים בתחומים השונים:

מידע ותקשורת

- העשור הראשון של שנות ה-2000 יאופיין בזמינות גבוהה של מידע לסוגיו השונים (לרבות מולטימדיה), בקצבים ועוצמות חישוב חסרי תקדים, למטרות מגוונות - החל במסחר ועבודה וכלה בטיפול רפואי, חינוך ובידור.
- ההתפתחויות הבולטות קשורות בהעברת כמויות גדולות מאד של מידע בזמן אמת, לרבות בתקשורת אופטית מתקדמת, תוך שימת דגש על סינון וניהול של מידע, אבטחת מידע, בקרת איכות של רשתות, ופיתוח שירותים מתקדמים כגון תמסורת נתונים רפואיים בין אמבולנסים לבתי חולים, שירותי מידע סביבתי ובקרת תחבורה, זיהוי דיבור טבעי רציף ותרגום אוטומטי.

- בעשור השני והשלישי של המאה צפוי מימוש של טכנולוגיות עתידיות (חלקן נסקרו רק בסבב הראשון של הסקר) כגון מחשבים ביולוגיים וחישוב מבוסס DNA, מערכות המחקות חושי טעם וריח אנושיים, חיקוי ממוחשב של חשיבה יצירתית, רובוטים אוטונומיים (לרבות מכוניות אוטומטיות), מערכות להתרעה מוקדמת על רעשי אדמה, שידור אנרגיית מיקרו-גל מן החלל, ואפילו טכנולוגיה הנראית כיום כדמיונית - קריאת מידע ממוח אנושי.

משאבים ואנרגיה

- בראש סולם העדיפויות עומדים נושאים שמימושם יביא להגדלת משאבי המים ובמיוחד טכנולוגיות התפלה (נושא שקיבל עדיפות גבוהה גם בתחומים אחרים בסקר: איכות סביבה, בינוי ועיור).
- טכנולוגיות מתקדמות לטיפול בשפכים, שיפור איכות המים בנחלים, גשם מלאכותי ושימוש במערכות בינלאומיות להעברת מים, צפויות אף הן להתממש בעשור הראשון של שנות 2000 ולתרום משמעותית לאיכות החיים בישראל.
- בעשור השני של שנות 2000 יבואו לידי ביטוי טכנולוגיות חדשניות כמו מערכות פוטוולטאיות, תאי דלק בתחבורה, מימוש נרחב של בנייה חוסכת אנרגיה והבטחת אספקה סדירה ויציבה של אנרגיה ברשתות בינלאומיות.

מדעי החיים, רפואה ובריאות

- הנושאים הבולטים שמימושם צפוי בטווח הבינוני כוללים הבנת המנגנונים הפיסיולוגיים הקשורים לגידולים ממאירים, שיטות מתקדמות לאבחון מוקדם, שיטות למניעת הסתיידות עורקים, פיתוח חיסון לאיידס, ושיטות משופרות לניהול רפואי – לקיצור זמני המתנה, אספקת אברים להשתלה (כלל-עולמית) וכו'.
- התפתחויות שונות קשורות להשלכות של פענוח הצופן הגנטי: זיהוי גנים המשויכים לגידולים ממאירים או האחראים על היבטים פסיכולוגיים, ופיתוח שיטות לזיהוי פונקציות של חלבונים על סמך נתונים גנטיים.
- בטווח הארוך יותר צפויים טיפולים גנטיים במחלות שונות, "סוכנים" אנטי-ויראליים יעילים, טיפול מונע למחלת אלצהיימר, שיטות אבחון רפואי מרחוק, שיטות חיבור עצבים מרכזיים, שיטות להעברת תרופות מדויקת לאזורי יעד בגוף לרבות במוח (הנושא הובלט גם בתחום החומרים), אברים מלאכותיים שונים, והתקני אבחון/טיפול זעירים הנעים בתוך הגוף.

חקלאות

- עד סוף העשור הראשון של המאה צפוי פיתוח שיטות ביולוגיות לזיהוי ומניעה של מזהמים במערכות לאספקת מים.
- המחקר הביוטכנולוגי יוביל לשימוש נרחב בשיטות דיאגנוסטיות המבוססות על הכרה מולקולרית, מניפולציות גנטיות להשבחת מוצרים חקלאיים, חיסונים סינתטיים שיתוכננו בשיטות של הנדסת חלבונים ועוד.
- פיתוחים חדישים יופיעו כתולדה ממו"פ בין תחומי, כמו רובוטים בעלי בינה מלאכותית ליישומים חקלאיים או אריזות מחומר ביולוגי מתכלה.

- בטווח הארוך (העשור השני של המאה) צפוי שימוש נרחב בהשתלות אברים בין מינים שונים תוך ניצול שיטות גנטיות למניעת דחיית השתלים.

חומרים

- הודגשו נושאים העוסקים במוליכים למחצה, "חומרים חכמים" הכוללים פונקציות חישה, תכנות והפעלה, הבנת מבנה מעבר מידע של עצבי חישה ושימוש בתאי-שמש בעלי שכבות רבות אשר יעילות המרתם עולה על 50%.
- נושאים הקשורים באיכות הסביבה שהודגשו עוסקים בחומרים פלסטיים מתכלים, טכנולוגיה למחזור חומרים פלסטיים ושימוש בטכנולוגיית קיבוע דו-תחמוצת הפחמן לשם הגנה על הסביבה הגלובלית.
- הודגשו נושאים נוספים כמו: פיתוח קיבולת זיכרון של 1 טראביט לשבב, תהליכים לפירוק מים בעזרת קרני השמש ופיתוח חומרים מוליכי-על בסביבת טמפרטורת החדר.

אלקטרוניקה

- הממצאים מדגישים את המשך מגמת המזעור לכיוון רמת הננו ופעולות בקצב של גיגה וטרה-הרץ, תוך פיתוח מעבדים עם צריכת כוח נמוכה מאוד. מגמת המזעור מדגישה את המיקוד בטכנולוגיית המיקרו-אלקטרוניקה, התקשורת ושילובם.
- הודגשו נושאים הקשורים בשימוש במסוף מולטימדיה אלחוטי נייד, שימוש בתאים סולריים, מערכות רבות מעבדים, מיקרו מעבדים וזיכרונות מוליכים למחצה.
- הודגשו נושאים הקשורים באופטו-אלקטרוניקה, בתקשורת אופטית מרובבת ויחידות מקלט-משדר המבוססות על סיב אופטי לשימוש ביתי.
- הודגשו נושאים נוספים כמו: שילוב טכנולוגיות תוך שימוש בטכנולוגיית micromachining ופיתוח דיסקים קשיחים עם זיכרון בצפיפות של 1,000 Gbits לאינץ' ריבועי.

ייצור

- הודגשו נושאים הקשורים בטכנולוגיות מידע והשפעתן על הייצור בשלביו השונים: שינויים בשטחי הייצור ומיכון טכנולוגיות המולטימדיה, הפעלת מערכות ללא התקני קלט, מערכות ייצור וירטואליות ומערכות מידע. מימושם צפוי בטווח הקצר יחסית.
- לקראת סוף עשור ראשון ותחילת העשור השני צפויים להתממש נושאים הקשורים במערכות אוטומטיות לבדיקות ואבחון רפואי ביתי וכן מערכות מורכבות שנבנו באמצעות מכונות והתקנים מרושתים.
- נושאים הקשורים לאיכות הסביבה שהודגשו עוסקים במחזור רחב-היקף ומניעת החימום הגלובלי וכן דה-טוקסיפיקציה של פסולת רעילה.
- הודגשו נושאים נוספים: שימוש במקורות אנרגיה אל-מחצביים / לא-מתכלים (רוח, גיאותרמי, סולרי) בתחומי החיים השונים וכן טכניקות חדשות לבקרת המבנה האטומי או המולקולארי של חומרים (ננו-טכנולוגיה).

איכות הסביבה

- הודגשו טכנולוגיות הקשורות באיכות המים: מחזור מי שופכין, ניטור מקומי והערכה של איכות מקורות מים, שיטות למניעה וסילוק מזהמים ממערכות נוזלים במקור הזיהום, מערכות קומפקטיות לטיפול במי שופכין וניצול יעיל של מקורות מים משניים.
- נושאים הקשורים בתחבורה שהודגשו עוסקים בטכנולוגיות בקרה בכל סוגי המכוניות ומערכת תחבורה עירונית עם רכבים שאינם גורמים זיהום אוויר או רעש.
- הודגשו נושאים נוספים העוסקים במערכות מחזור ושיטות תכנון לשיפור איכות החיים.
- בתחום הסביבה הגלובלית (שלו השלכות גם על ישראל), בולט הנושא העוסק בפליטות דו-תחמוצת הפחמן. הקטנת פליטות דו-תחמוצת הפחמן בעולם ב-20% מתחת לרמה בשנת 1990.

בינוי ועיור

- חלק מהנושאים בעלי הסיכויים הגבוהים למימוש עסקי בישראל עוסקים בתיב"ם וטכנולוגיות חזותיות מתקדמות כאמצעי עזר לתכנון וקביעת מדיניות.
- נושאים הצפויים להתממש בטווח הקצר הם שימוש במידע אינטגרטיבי באמצעות GIS¹⁴ ומיפוי תלת ממדי ממוחשב בקביעת מדיניות קרקעות ותכנון ערים.
- הודגשו נושאים הקשורים בשמירה על הסביבה ובטיפול במים ובשפכים וטיפול בזיהום אוויר באזורים עירוניים. נושאים אחרים עוסקים בטכנולוגיות הפרחת המדבריות ומניעת מידבור וכן השפעת עצים ושיחים על שמירת הסביבה.
- נושאים נוספים שהודגשו עוסקים בהבטחת בטיחות, התייעלות השימוש בקרקעות לאומיות ועירוניות וכן טיפול בצרכי האוכלוסייה המזדקנת.

תחבורה

- התרומה של המשק הישראלי יכולה להתבטא בנושא כמו: פיתוח סימולטורים מתקדמים למכוניות קטנות, משאיות ואוטובוסים, הניתנים להתקנה בכיתות לימוד.
- הודגשו נושאים הקשורים בבטיחות בדרכים כמו: מכשירים אוטומטיים למניעת תאונות דרכים, ומערכות התרעה המותקנות במכוניות, בכבישים ולצידי הכבישים.
- הודגשו נושאים הקשורים בטכנולוגיות למניעת זיהום אוויר, לרבות מכוניות חשמליות וניקוי תוצרי פליטה של משאיות.
- הודגשו נושאים נוספים כגון: מערכות לניהול אופטימאלי של התנועה בכבישים, הגדלת יעילות מנועי המכוניות ב-30%, וכן מערכות אוטומטיות להמראה ונחיתה בכל מזג האוויר (המרכז הבינתחומי לניתוח ותחזית טכנולוגיות ליד אוניברסיטת תל-אביב, 2001).
- סקר זה מהווה את הפעילות העיקרית שבוצעה עד כה במדינת ישראל למיפוי הטכנולוגיות. ככל הידוע לנו, לעבודה זו לא הייתה עבודת המשך ולא פורסם מידע לגבי השפעתה של עבודה זו על מדיניות משרד המדע והטכנולוגיה או על מדיניות הממשלה.

Geographic information system ¹⁴

7.2 פעילויות חיזוי נוספות בישראל

המרכז הבינתחומי לניתוח ותחזית טכנולוגית ליד אוניברסיטת תל-אביב פרסם בעשור האחרון, עבודות שכללו הערכה וחיזוי של טכנולוגיות מפציעות בתחומים שונים. לדוגמא, סקירת תחום הננוטכנולוגיה, תוך התמקדות ביישומים צבאיים אפשריים, זיהוי והערכה של איומים פוטנציאליים לביטחון-פנים הנובעים משימוש לרעה בטכנולוגיות מפציעות או בידע מדעי מתקדם, סקירת מגמות וכיווני התפתחות במחקר ובפיתוח בתחום הקוגניציה, עתיד גידולי אנרגיה ומגמות בחקר המוח¹⁵. פעילות נוספת בתחומי העתידנות במדינת ישראל היא של דוד פסיג, ראש המעבדה למולטימדיה ומציאות מדומה באוניברסיטת בר-אילן ומומחה בחקר העתיד וביחזוי מגמות טכנולוגיות, חברתיות וחינוכיות. בין תחומי המחקר של פסיג ניתן לציין את השפעתן של טכנולוגיות תלת ממד וטכנולוגיות עתידיות מגוונות על הקוגניציה האנושית ופיתוח טקסונומיה של מיומנויות חשיבה ומיומנויות ניהול עתידיות. כמו כן, פסיג פיתח טכניקת מחקר עתידנית בשם אימן דלפי - נוהל המבוסס על שיטת המערכות ומאפשר לקבוצות בעלי עניין משותף ליצור רעיונות חדשים בנוגע לעתידים ומוביל מספר מחקרים בתחומים מגוונים כדי לבחון את יעילותם בעיצוב דימויים עתידיים¹⁶. לטענתו של פסיג, ההתפתחות החשובה המשפיעה על התעשייה אינה לינארית אלא שינוי תפיסה בתחומים שונים שישפיעו על כל אורחות חיינו ובמיוחד התעשייה. שני תחומים שזוהו על ידו ככאלו שיעברו שינויים דרמטיים בטווח הבינוני והארוך הם תחום האנרגיה שבו השינויים הצפויים הם מזעור של תחנות כוח ומערכות ייצור אנרגיה, פיתוח שיטות שונות לייצור אנרגיה ותחום החומרים שבו השינויים הצפויים הם פיתוח חומרים "נבונים", כלומר חומרים הקולטים בעזרת חיישנים שהסביבה השתנתה ומגיבים על שינויי הסביבה בהתאם (בליזובסקי, 2006).

בישראל נערכו תחזיות שאינן מתמקדות בנושאים טכנולוגיים וכוח אדם, כדוגמת תוכנית "ישראל 2020", תוכנית אב שנועדה להתוות תפיסה כלכלית חברתית וסביבתית משולבת לפיתוחה של מדינת ישראל בשנות האלפיים. התוכנית בוצעה על ידי מוסד שמואל נאמן והטכניון והיא מהווה את פרויקט התכנון הכולל והגדול ביותר שבוצע בישראל, בהשתתפות למעלה מ-250 מבכירי הקהילה המקצועית והאקדמית, ובשיתוף 13 משרדי ממשלה ורשויות ממלכתיות. במסגרת התוכנית נעשה שימוש בשלושה תסריטי על המגדירים את סביבת התכנון העתידית של המדינה. התסריטים נוצרו בעבודת צוות שכללה בין השאר שיטות של סיעור מוחות וסימולציות¹⁷ (מזור, 1997).

¹⁵ לרשימת הפרסומים של המרכז הבינתחומי לניתוח ותחזיות טכנולוגיות ליד אוניברסיטת תל-אביב, ראה/ <http://www.ictaf.tau.ac.il/inner.asp?page=projects&sub=5>

¹⁶ <http://www.biu.ac.il/edtech/passig.htm>

¹⁷ מזור א. (1997). ישראל 2020: תוכנית אב לישראל בשנות האלפיים.

8. מתחזיות לקביעת מדיניות

לתחזיות טכנולוגיות יש תרומה ייחודית למדיניות מדע וטכנולוגיה הכוללת בין השאר קביעת כיווני מחקר עתידיים, בניית רשתות וקהילות, יצירת חזון עתידי, הגדלת מעורבותם של גופים בתהליכי קבלת החלטות ויצירת דיון ציבורי (Yim, 2010).

Havas, Schartinger & Weber (2010) מביאים סקירה של השימושים השונים שנעשו בתחזיות לאומיות לצורך קביעת מדיניות ממשלתית בתחומי המדע, הטכנולוגיה וחדשנות. בשנות ה-60 של המאה שעברה, ממשלות השתמשו בתחזיות טכנולוגיות על מנת לבחור "מנצחים" – טכנולוגיות מבטיחות וגופים שכדאי להשקיע בהם משאבים. במהלך שנות ה-70 וה-80 של המאה שעברה השימוש בסקרי דלפי בתחזיות טכנולוגיות הושפע מגישה ליניארית לפיה – תוצאות הסקרים יוכלו לשמש כשלבים מכינים לקראת העתיד ולתרום ליצירת מסגרת ותנאים שהם תורמים לחדשנות. גישה ליניארית זו התפתחה לגישה מחזורית שאינה עוסקת רק בתנאי המסגרת ובמבנה של מערכת החדשנות, אלא גם במשוב ובהשפעה של התחזיות הטכנולוגיות על תהליכי קבלת החלטות ויצירת מדיניות.

בשנים האחרונות חל שינוי בתהליכי קבלת החלטות והושם דגש מחודש על יצירת סדרי עדיפויות ועל קביעת מטרות לטווח ארוך. באופן דומה, חל שינוי בתהליכי מדיניות המדגישים כעת למידה, אינטראקציות, קבלת משוב, רשתות מבוזרות, השתתפות של מגוון רחב של גורמים. שינוי זה התבטא גם בתוכניות החיזוי הלאומיות – שיתוף של מגוון גדול של מומחים, מקבלי החלטות מקהילת המחקר התעשייה ומקבוצות חברתיות שונות. התהליכים המעורבים בתוכניות החיזוי הלאומיות נתפסים לעיתים חשובים יותר מתוצרי התחזיות עצמם שהם דו"חות והמלצות.

להלן התפקידים שתחזית טכנולוגית ממלאת בקביעת המדיניות:

- יידוע לגבי מדיניות (policy informing) - מתן מידע לגבי השינויים הצפויים ואתגרי עתיד לקובעי המדיניות על מנת שיקחו אותם בחשבון בתכנון המדיניות.
- ייעוץ אסטרטגי/ייעוץ למדיניות (policy advisory function) - תמיכה במדיניות באמצעות תובנות וחילופי דעות של המשתתפים בתהליכי החיזוי.
- קידום מדיניות (policy facilitating) – תחזיות טכנולוגיות ככלי שיטתי הכולל למידה משותפת, יצירת רשתות וחזון משותף בקרב המשתתפים בתהליך ובאמצעותם קידום ויישום של מדיניות.

הלוח הבא מציג את התפקידים השונים שיש לתחזיות לאומיות.

לוח 7: סיווג האימפקט של פעילויות חיזוי

| תפקיד | פרק זמן | אימפקט ומטרות |
|--------------------|---------|---|
| עדכון (informing) | מייד | הגדלת המודעות לתחום מסוים יצירת מודעות למדע, טכנולוגיה וחדשנות בין המשתתפים בתחזיות עריכת דיון ציבורי יצירת רשתות להעברת מידע בין גורמים שונים |
| | בינוני | יצירת חזון משותף לגבי העתיד |
| | ארוך | שילוב גורמים חדשים ביצירת התחזיות |
| ייעוץ (counseling) | מייד | גילוי אג'נדות סמויות ופרסום יעדי התחזית |
| | בינוני | ניסוח המלצות וזיהוי אפשרויות לפעולה |

| תפקיד | פרק זמן | אימפקט ומטרות |
|---------------------------|---------|---|
| | | זיהוי מכשולים סמויים ויצירת תהליכי קבלת החלטות מודעים ושקופים יותר |
| | ארוך | השפעה על סדר היום של הגופים הציבוריים והפרטיים יצירה ויישום של מדיניות חדשה |
| סיוע/עידוד (facilitating) | מייד | ייזום תהליכי למידה יצירת חזון משותף לגבי העתיד |
| | בינוני | יצירת רשתות יצירת פעולות מעקב ובקרה פיתוח פרויקטים חדשים |
| | ארוך | שילוב תכנים של חיזוי במחקר והוראה יצירת מדיניות עקבית שינוי תרבותי לקראת חשיבה שיטתית וארוכת טווח |

מקור: Havas, Dchartinger & Weber (2010), table no 1

בעולם אידיאלי, תחזיות לאומיות מייצרות מידע בצורה של דו"חות והמלצות המיושמות באופן מייד. דו"חות אלו מהווים מאגר של ידע הזמין למקבלי ההחלטות באמצעות רשתות חברתיות וקשרים אישיים או בעצם קיומם. אולם, בעולם האמיתי, קיים קושי בתרגום תוצאות התחזיות הטכנולוגיות, שנשענות ברובן על תהליכים מרובי משתתפים, להחלטות קונקרטיות של גופים ואנשים לגבי מדיניות בנושא מסוים. על פי רוב, יש שתי סיבות עיקריות המקשות על שילוב של תחזיות טכנולוגיות בתהליכי קבלת החלטות:

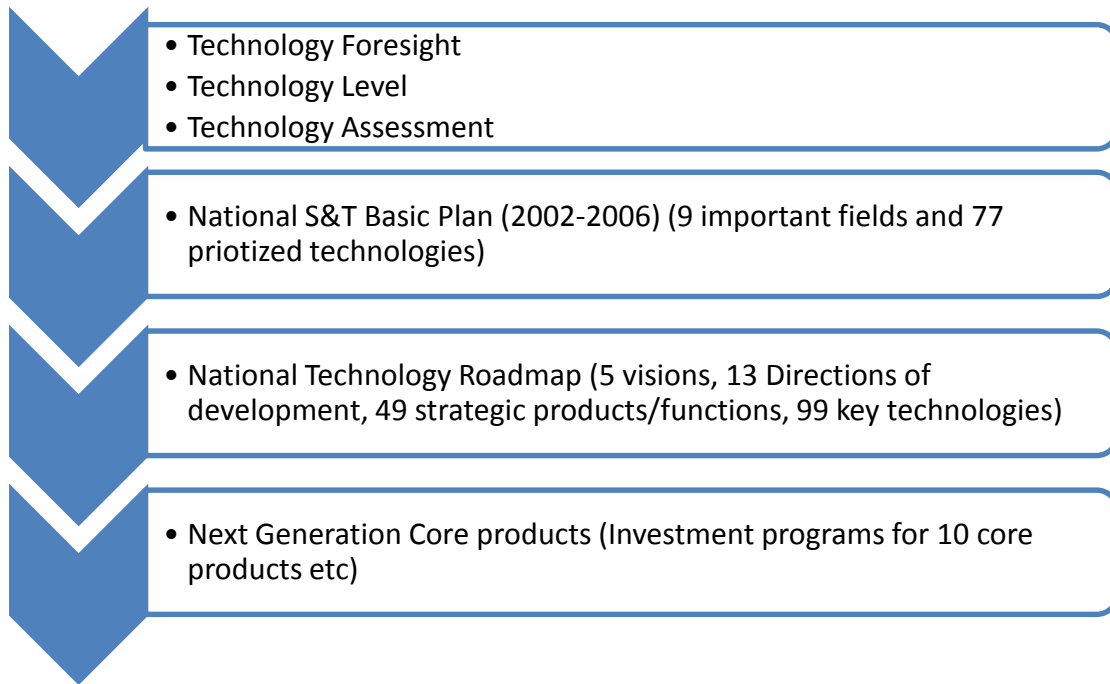
- ממשלות בחברות דמוקרטיות מושפעות במידה זו או אחרת משיקולים פוליטיים מידיים, שבדרך כלל אינם כוללים חזון וחשיבה לטווח רחוק, אלא העדפה של פעילויות לטווח הקצר ועל בסיס אד הוק.
- אחת ממאפייני התחזיות הוא אינטראקציה מאוזנת בין גופים ממגזרים שונים. כדי לממש את המלצות התחזית על הממשלות לבנות קשרים ישירים בין תוכניות החיזוי לגופים האחראים על קבלת החלטות (Nyuri, 2003).
- איכות הדו"חות והתוצרים המופקים בתהליכי החיזוי הינה מכרעת - האמון והלגיטימיות של הדו"חות מהווים היסוד לשימוש בהם בקבלת ההחלטות. הגורמים הבאים נמצאו כמשפיעים על היישום והאמון בתחזיות לאומיות:
- מספר גדול של מומחים בלתי תלויים ועצמאיים מעורבים בהכנת התחזיות. האמון בתחזיות גדל כאשר גופים חדשים שאינם מהמגזרים המסורתיים משתתפים בתהליכי החיזוי.
- תחזיות המבוססות על דיונים בסדנאות.
- פוליטיקה – מחד גיסא, תמיכה ותשומת לב מפוליטיקאים בעמדות מפתח מקדמת את יישום התחזיות ומאידך גיסא תמיכה פוליטית הדוקה מדי מסכנת את העצמאות האינטלקטואלית של תהליך החיזוי ואת יישום ההמלצות מכיוון שהן נתפסות כמוטות לצד פוליטי זה או אחר.
- בעלות על התוצאות - ככל שהתוצאות של התחזיות הן מהפכניות ופורצות דרך כך יש פחות סיכוי שילקחו בחשבון בתהליכי קבלת ההחלטות. באופן כללי, למשרדי ממשלה קשה יותר לפעול בנושאים מורכבים. לכן יש לתכנן תחזיות באופן שיעשו שימוש יעיל ומתואם במשאבים ציבוריים.

להלן יובאו מספר דוגמאות להשפעה של תחזיות טכנולוגיות על מדיניות המדע והטכנולוגיה ועל הכשרת כוח אדם במדינות שונות קוריאה, בריטניה, אוסטרליה וארה"ב:

קוריאה - מאז שנת 1993 נערכו בקוריאה שלוש תוכניות חיזוי על ידי משרד המדע והטכנולוגיה. תוכנית החיזוי השלישית הושקה בשנת 2003 ותוצאותיה פורסמו בשנת 2005, תוכנית זו הושפעה מתוכנית החיזוי היפנית השמינית. טווח הזמן של תוכנית החיזוי היה עד שנת 2030 והיא כללה את עשרת השטחים הבאים: כדור הארץ וחלל, חומרים וייצור, מידע וידע, מזון ומשאבים ביולוגיים, חיים ובריאות, אנרגיה וסביבה, בטיחות, *infra technology*, ניהול וחדשנות מדע וטכנולוגיה בחברה ובתרבות. מתודולוגית החיזוי כללה סדנאות של מומחים מהאקדמיה שזיהו את הפוטנציאל והצרכים העתידיים של קוריאה, סקר דלפי אינטרנטי שנשלח בשני סבבים ל-32,411 מומחים. בסבב הראשון 5,414 מומחים (16.7%) ענו על הסקר ואילו בסבב השני השתתפו בסקר כ-61.4% מאלו שהשיבו על הסקר בסבב הראשון. באמצעות הסקר זוהו 761 טכנולוגיות עתידיות פוטנציאליות בשמונה תחומים וסדנאות שמתתפיהן הכינו תסריטים עתידיים לגבי שני תחומים: ניהול וחדשנות, ומדע טכנולוגיה בחברה/תרבות.

כאשר תוכנית החיזוי השלישית הקוריאנית הסתיימה, תרגם משרד המדע הקוריאני את ממצאיה לתוכנית אסטרטגית בשם "21 תחומי טכנולוגיה עתידיים", תוכנית זו נועדה להשלים תוכנית אחרת בשם "מנועי הצמיחה הכלכלית של הדור הבא". ומטרתה הייתה לקבוע סדר עדיפויות לטכנולוגיות המפציעות שפותחו על מנת להגדיל את יכולת התחרות הכלכלית של קוריאה ולתרום למימוש הצרכים החברתיים במהלך עשר עד עשרים השנים הבאות. על מנת לצמצם את מספר הטכנולוגיות העתידיות מ-761 ל-21, בוצע תהליך שכלל שלושה שלבים:

1. צמצום 761 הטכנולוגיות ל-189 טכנולוגיות ויצירת מאגר הכולל את הטכנולוגיות המפציעות שזוהו בתוכנית החיזוי השלישית. שלב זה כלל סקירה של תוכניות המדע והטכנולוגיה של קוריאה ותחזיות טכנולוגיות ממדינות אחרות בעולם.
 2. יצירת סדר עדיפויות ל-189 הטכנולוגיות על ידי 1,153 מומחים ממוסדות מחקר, אקדמיה וחברות. בסוף התהליך נבחרו 80 טכנולוגיות.
 3. יצירת סדר עדיפויות וזיהוי 21 הטכנולוגיות שיכללו בתוכנית – הטכנולוגיות נבחרו בהתבסס על השפעתם על איכות החיים, צמיחה כלכלית וצרכי הציבור. 21 הטכנולוגיות שנבחרו הן בתחומי הביוטכנולוגיה, מגוון ביולוגי ושימור משאבי טבע, אנרגיה נקייה ומחזור, טכנולוגיות לחיזוי אקלים, מדעיים קוגניטיביים זיהוי וניהול אסונות, אבטחת מידע וידע, גילוי תרופות, אבחון ורפואה מותאמת אישית, ננו טכנולוגיה וחומרים, אנרגיה גרעינית של הדור הבא, רפואה רגנרטיבית, לווניות, מחשוב חכם תחבורה יעילה ועוד (Park & Son, 2006).
- התחזית הטכנולוגית מהווה חלק מהנתונים (input) שלפיהן מתוכננת התוכנית הלאומית למדע וטכנולוגיה ומפת הדרכים הטכנולוגית בקוריאה. מסמכים מהווים חלק מהמדיניות הלאומית בנושאי מדע וטכנולוגיה, כפי שמדגים האיור הבא.



מקור: Park & Son (2006), figure 1

על תוכנית החיזוי הלאומיות בקוריאה, הושמעה בקורת, לפיה המידע שניתן להפיק מהתחזית הטכנולוגית לא מנוצל באופן מירבי לתכנון מדיניות ולהערכת פרויקטים קיימים. כדי למקסם את הפוטנציאל של התחזית הטכנולוגית ולהפוך אותן לחלק אינטגרלי ממדיניות המדע והטכנולוגיה במיוחד בשלבים המוקדמים של גיבוש המדיניות, הומלץ לתכנן ממשק מוסדר בין האחראים על התחזיות הטכנולוגיות והגורמים קובעי המדיניות, באופן שיבטיח משוב קבוע ויעיל בין התחזית למדיניות (Park & Son, 2006).

בריטניה - הסבב השני של תוכנית החיזוי הבריטית משנת 2002 השפיע על שתי תוצאות בטווח המידי: גילוי תחומים ונושאים חדשים ושילוב של מומחים חדשים ובעלי עניין בתחזיות. התוצאות לטווח בינוני כללו יצירת חזון והמלצות לפעולה עתידיות, יצירת רשתות. התוצאות לטווח ארוך כללו השפעה על סדר יום המחקרי של המגזר הציבורי (מועצות המחקר בבריטניה, מדיניות ממשלת בריטניה) וגופים פרטיים (תעשייה), שילוב נושאי חדשים בתוכניות הקיימות במקום יצירת תוכניות חדשות. קשה לגלות את השפעות של תוכנית החיזוי השנייה על המגזר הפרטי (תעשייה) בשל שתי סיבות: חוסר תיעוד מספיק בנושא ומעורבות מועטה יחסית של מגזר התעשייתי בתוכנית השנייה. להלן פרוט קצר של השפעת הפרויקטים השונים שנכללו בתוכנית החיזוי השנייה על תהליכי מדיניות בבריטניה: פרויקט בנושא מערכות קוגניטיביות – השפיע על מימון של תוכניות בין דיספלינריות. פרויקט הגנת חופים והגנה בפני שיטפונות – ההמלצות של הפרויקט סייעו למשרד לענייני סביבה, מזון וכפר לגבש אסטרטגיה לטווח ארוך בנושא ולקבל תקציבים בנושא ממשרד האוצר. פרויקט אבטחת סייבר (cyber trust) ומניעת פשע – השפיע על המדיניות במגוון דרכים: ארגון סדנאות, סדר עדיפויות מצד קבוצת החדשנות של משרד התעשייה והמסחר בנושא אבטחת סייבר. ניצול הספקטרום האלקטרו מגנטי – השפעה על קולות קוראים ועל תוכניות המחקר של משרד המסחר והתעשייה (Havas, Dchartinger & Weber 2010).

אוסטרליה - דוגמא נוספת לשימוש בתחזיות טכנולוגיות הוא בפיתוח מפת דרכים לתשתיות מחקר. המניע לכך הוא הינו חיפוש אחר מערכת להקצאת המשאבים המוגבלים הקיימים לתשתיות מחקר, בצורה מתואמת, ברמה הלאומית ותוך לקיחה בחשבון של התפתחויות ברמה הבינלאומית. בפיתוח מפת הדרכים של 2011 קהיליית המחקר האוסטרלית נתבקשה לחשוב על מגמות מחקר עתידיות והחשיבות האסטרטגית שלהן לאוסטרליה. הכוונה הייתה להסתכל מעבר לצרכים העכשוויים של המחקר כיום, לסוגי השירותים של תשתיות מחקר שקשת רחבה של חוקרים תשתמש בהם בעתיד. ההתייעצות הובילה לזיהוי חמש עדיפויות מחקר המשקפים תחומים בעלי חשיבות מיוחדת לאוסטרליה, שבהם מאמץ מחקר ממוקד הוא בעל פוטנציאל להביא לשגשוג לאומי.

An Environmental Sustainable Australia, Promoting and Maintaining Good Health;
Frontier Technologies for Building & Transforming Australian Industries; Safeguarding Australia
; Understanding Cultures and Communities

המשך התהליך כלל ניסוח של מפת הדרכים על ידי שש קבוצות עבודה של מומחים שנבחרו מקשת רחבה של ארגונים ותחומים ושהשתמשו בתחומי עדיפות לאומיים כעקרון מנחה. התוצאה הייתה מפת דרכים שכסתה תחומי יכולת בסקלה לאומית שבדרך כלל דורשים השקעה בסדר גודל של 20 עד 100 מיליון דולר לתקופה של חמש שנים לכל תחום יכולת (גץ ואחרים, 2012).

ארה"ב - תחזיות טכנולוגיות יכולות להשפיע בין השאר על תחזיות של כוח אדם ותחומי עיסוק במשק. לדוגמה, משרד העבודה האמריקאי פתח בסיס נתונים בשם ONET¹⁸ הכוללת מידע על מאות מקצועות ותחומי עיסוק. על מנת שהמידע המופיע בסיס הנתונים יהיה מותאם יותר לצרכים של המשתמשים, מפורסמים מקצועות ותחומי עיסוק חדשים ומפציעים¹⁹ הנוצרים בשל שינויים טכנולוגיים. שינויים אלו יכולים להשפיע על יצירת ענפים עסקיים ותעשיות חדשות או לשנות תעשיות, ענפים כלכליים ותחומי עיסוק קיימים (BLS, 2006).

לפי התחזית האחרונה שפורסמה בשנת 2012, שמונת המקצועות הבאים מוזכרים כחלק ממקצועות העתיד:

- מהנדס מכטרוניקה – עוסקים בתכנון מערכות לאוטומציה של תהליכים בתעשייה, מהנדסים אלו עושים שילוב במגוון רחב של תחומי ההנדסה לרבות הנדסה מכונות, חשמל ואלקטרוניקה.
- סוכן (broker) של אנרגיה העוסק במכירת מוצרי אנרגיה בין לקוחו לחברות. בדרך כלל הם מועסקים בחברות הנותנות שירותים כספיים, בנקים ובתי מסחר. לפי תחזית ה-BLS בין השנים 2010-2020, צפוי גידול של עד כ-19% במשרות אלו.
- Logistic analyst – עושים שימוש בטכנולוגיה של RFID על מנת לנתח את תהליכי אספקת מוצרים. לפי תחזית ה-BLS, בין השנים 2010-2020, צפוי גידול של 28% במשרות אלו.
- ביו סטטיסטיקאי – עוסקים בחקר דפוסים של הופעת מחלות ומתן המלצות בנוגע מדיניות בנושאי בריאות. לפי תחזית ה-BLS, בין השנים 2010-2020, צפוי גידול של 10%-19% אחוז במשרות אלו.

¹⁸ <http://www.onetonline.org>
¹⁹ New and Emerging (N&E) Occupations

- Cytogenetic technologist – עוסקים בגילוי סממנים של אבנורמליות גנטיות בעוברים, וחתומות גנטיות של מחלות סרטן ומחלות גנטיות שונות. לפי תחזית ה-BLS, בין השנים 2010-2020, צפוי גידול של 10%-19% אחוז במשרות אלו.
- ארגונומיסט – עוסקים בתכנון מוצרים והליכים שנועדו להקל על עומסים פיסיים ופציעות. בשל הזדקנות האוכלוסייה נוצר צורך הולך וגובר למוצרים אלו.
- כלכלן סביבתי – עוסקים בהגנה על הסביבה באמצעות קביעת ההשפעות הכלכליות שיש להחלטות על מדיניות בנושאי סביבה: מים, אוויר, יבשה ומשאבי אנרגיה
- טכנאי חקלאות מדויקת – באמצעות שימוש בטכנולוגיות GPS ו-GIS, טכנאי חקלאות מדויקת מסייעים לחקלאים לקבוע את כמויות המים וחומרי הדברה במיקומים שונים. לפי תחזית ה-BLS, בין השנים 2010-2020, צפוי גידול של 10%-19% אחוז במשרות אלו²⁰.

לסיכום, תחזית טכנולוגית אינו כלי שנועד לספק פתרונות למקבלי ההחלטות, אלא תהליך מורכב הדורש הכנות ותנאים מקדימים. תחזיות טכנולוגיות משלבות בתוכן כלים ליצירת מדיניות (תסריטים, ניתוח ועוד) אבל אינן מהוות תחליף למדיניות. היישום העיקרי שלהן הוא בהצגת תובנות לגופי הממשל. מכיוון שההמלצות מתמקדות בעתיד הרחוק, שבו צפויים שינויים טכנולוגיים רבים, נלווה לתחזית מימד של חוסר ודאות. בשל כך, ממשלות רבות החליטו לערוך תחזיות בפרקי זמן קבועים על מנת להתאים את ההמלצות לתנאים הכלכליים, החברתיים והגלובליים המשתנים. לעיתים קרובות, התחזיות משמשות לקביעת סדר עדיפויות לתקצוב תחומי מדע וטכנולוגיה. אולם, הדבר דורש קיומה של מערכת בקרה והערכה (Nyuri, 2003).

²⁰ מקור: http://wap.yahoo.com/w/ygo-frontpage/lp/story/us/2883703/coke.bp?ref_w=frontdoors&intl=US&lang=en&ysid=yEvbjjKdTmBf.AxOwiC5LF3A

בליזובסקי, א. (28 יוני, 2006). ד"ר דוד פסיג: ה-low tech יהפוך להייטק. הידען. אוחזר בתאריך 2.2013.22 מ-

<http://www.hayadan.org.il/blizovsky-280606>

גץ, ד., סגל, ו. ואחרים (2012). משלב מיפוי תשתיות מחקר ועד מפת דרכים סקירה על ניסיון של מדינות אחרות. חיפה: מוסד שמואל נאמן.

הוועדה העליונה לפיתוח תשתיות מדעיות וטכנולוגיות. (1995). תכנית פעולה לשנת 1995.

המרכז הבינתחומי לניתוח ותחזית טכנולוגית ליד אוניברסיטת ת"א ומוסד שמואל נאמן בטכניון (2001). תחזית מדעית-טכנולוגית לקראת המאה ה-21. חיפה: מוסד שמואל נאמן.

<http://www.neaman.org.il/Neaman2011/Templates/ShowPage.asp?DBID=1&TMID=581&LNID=2&FID=646&IID=7766>

המרכז הרפואי ע"ש חיים שיבא. המרכז לרפואה רגנרטיבית, תאי גזע והנדסת רקמות. אוחזר בתאריך 21.2.2013 מ-

http://www.sheba.co.il/Research_and_Development/Regenerative_Medicine

יהב, ק'. (2012). הרשת החכמה – מגמות בעולם ויישום בישראל. חברת החשמל. אוחזר בתאריך 20.1.2013

<http://www.iec.co.il/ElectricityProfessionals/DocLib4/reshet%20new.pdf>

כרמל א'. (2008). תחזיות טכנולוגיות מהעבר, ואיך קרה שלא? הידען. אוחזר בתאריך 28 לפברואר 2013.

<http://www.hayadan.org.il/technology-predicted-in-the-why-it-didnt-happend-280608>

פסיג, ד'. (ח.ת). ארבע אסטרטגיות לחקר העתיד. אוחזר בתאריך 04.05.2013 מ- FUTURES STUDIES

<http://www.passig.com/vault/Lec-ExecutiveMba/4FuturesStrategies.pdf>

מזור, א'. (1997). ישראל 2020: תכנית אב לישראל בשנות האלפיים. חיפה: מוסד שמואל נאמן והטכניון- מכון טכנולוגי לישראל.

ftp://ftp.sni.technion.ac.il/events/israel2020/heb_takzir.pdf

צ'חנובר, א'. (2013). מהפכת הרפואה המותאמת אישית. אודיסיאה, 18, אוחזר בתאריך 21.2.2013 מ-

<http://odyssey.org.il/225039>

Brandes, F. (2009). The UK Technology Foresight Programme: An assessment of expert estimates. *Technological Forecasting & Social Change*, 76, 869-879.

Eerola, A. & Jorgensen, B.H. (2002). *Technology foresight in the nordic countries*. Roskilde, Denmark: RISO National Laboratory.

<http://www.risoe.dk/rispubl/sys/syspdf/ris-r-1362.pdf>

European Commission. Directorate-General for Research. (2009). *Mapping foresight: Revealing how europe and other world regions navigate the future*. Brussels: European Commission

<ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ssh/docs/efmn-mapping-foresight.pdf>

Foresight Horizon Scanning Centre, Government Office for Science. (2010). *Technology and innovation futures: UK growth opportunities for the 2020s – 2012 Refresh*.
<http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/horizon-scanning-centre/12-1157-technology-innovation-futures-uk-growth-opportunities-2012-refresh.pdf>

Georghoiu, L. et al., (2008). The Many Faces of Foresight In L. Gerghiou et al., (Eds.), *The Handbook of Technology foresight: concepts and practice* (pp. 3-23). Cheltenham, UK: Elgar Publishing

Grupp, H. & Linstone, H.A. (1999). National technology foresight activities around the globe. *Technological Forecasting and Social Change*, 60, 85-94.

Havas A., Schartinger, D. & Weber, M. (2010). The Impact of foresight on innovation policy-making: recent experiences and future perspectives. *Research Evaluation*, 19, 91-104.

Havas A., Schartinger, D. & Weber, K.M. (2007). Experiences and practices of technology foresight in the european region. *Technology Foresight for High-level Decision Makers Budapest, 27-29 September 2007*.
https://www.unido.org/foresight/rwp/dokums_pres/tf_panels_weber_havas_202.pdf

Keenan, M. & Miles, I. (2008). Foresight in the United Kingdom In I. Georgiou L. et al., (Eds.), *The handbook of Technology foresight: concepts and practice* (pp. 91-111). Cheltenham, UK: Elgar Publishing

Kuwahara, T. (1999). Technology forecasting activities in Japan. *Technological Forecasting and Social Change*, 60, 5-14.

Kuwahara, T. (2004). Technology Foresight in Japan: The Potential and Implications of DELPHI Approach
<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/mat077e/html/mat077ee.html>

Kuwahara, T., Cuhls, K. & Georghoiu, L. (2008). Foresight in Japan In L. Georgiou et al., (Eds.), *The handbook of Technology foresight: concepts and practice* (pp. 170-183). Cheltenham, UK: Elgar Publishing

Martin, B.R. (2001). Technology foresight in a rapidly globalizing economy. invited presentation *The International Conference on 'Technology Foresight for Central and Eastern Europe and the Newly Independent States'*, Vienna, Austria, 4-5 April, 2001
http://www.unido.org/fileadmin/import/12224_01Martinslide.pdf

National Institute of Science and Technology Policy. Science and Technology Foresight Center. (2010). *Contribution of Science and Technology to Future Society: Summary of the 9th Science and Technology Foresight - NISTEP REPORT No.145*
<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/rep145e/pdf/rep145e.pdf>

Nyiri, L. (2003). Foresight as a policy-making tool . *UNIDO 2003, Technology Foresight for Organizers: Training Course for Black Sea Economic Cooperation Countries and the Newly Independent States* (pp. A1-A16).
http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/unido_21456_TextbookForesightforOrganizers.pdf

Park, B. & Son, S.H. (2006). Korean Technology Foresight for Science and Technology Policy Making. *Second International Seville Seminar on Future-Oriented Technology Analysis: Impact of FTA Approaches on Policy and Decision-Making*, Seville 28-29 September 2006.
http://foresight.jrc.ec.europa.eu/documents/papers/byeongwon_park_korean_TF-final.pdf

Popper, R., (2008). Foresight Methodology in L. Georgiou et al., (Eds.), *The handbook of Technology foresight: concepts and practice*. (pp.44-88). Cheltenham, UK: Elgar Publishing

Popper, R., et al. (2007). Global Foresight Outlook 2007: Mapping Foresight in Europe and the rest of the World. European Foresight Monitoring Network

Rasmussen B. (2009). *Report: Review of science and technology foresight studies and comparison with GTS2015*. Kbenhavn: Forsknings- og Innovationsstyrelsen. Denmark
<http://www.teknologiportalen.dk/NR/rdonlyres/43A17153-8159-4FD5-83BB-67D33F650897/3636/Reviewofscienceandtechnology.pdf>

United Nations Industrial Development Organization (2005). UNIDO Technology Foresight Manual: Organization and Methods
https://www.unido.org/foresight/registration/dokums_raw/volume1_unido_tf_manual.pdf

United Nations Industrial Development Organization (2005). UNIDO Technology Foresight Manual: Technology Foresight in Action
https://www.unido.org/foresight/registration/dokums_raw/volume2_unido_tf_manual.pdf

UK Department of Business, Innovation and Skills. UK Foresight Programme.
<http://www.bis.gov.uk/foresight>

U.S Department of Labor. Employment and Training Administration (2006). *New and Emerging (N&E) Occupations: Methodology Development Report*
http://www.onetcenter.org/dl_files/NewEmerging.pdf

Yim, H. (2010). Technology Foresight in practice: case study of Korea. Korea Institute of S&T Evaluation and Planning..

10.1 נספח 1 – סיווג השיטות המשמשות לתחזיות טכנולוגיות

| שם השיטה | תיאור |
|---|---|
| שיטות איכותיות | |
| Backcasting | חזרה מעתיד מדומיין כלשהו כדי לבדוק מה הדפוסים/תסריטים שהובילו מההווה אל עתיד זה. |
| סיעור מוחות | שיטה אינטראקטיבית הכוללת מפגשים של קבוצות מקוונות ופנים אל מול פנים על מנת ליצור חילופי דעות. המפגשים מתנהלים במטרה להסיר את המחסומים ועכבות הקיימות בניהול שגרתי וצר של דיונים. |
| קבוצות דיון של אזרחים (citizen panels) | קבוצות אזרחים המביעים את דעתם על נושאים מסוימים בפני השלטון המקומי או בפני הממשלה הלאומית. |
| כנסים/סדנאות | מפגשים הנמשכים מספר שעות או ימים וכוללים שיחות, מצגות ודיונים בנושא מסוים. מפגשים אלו נוטים להיות פחות "מתוסרטים" - והמשתתפים יכולים לדון בנושא מסוים או דיון חופשי. אירועים אלו מהווים קרקע ליצירת רשתות להחלפת דעות. |
| כתיבת תסריטים (Essays/Scenario Writing) | יצירת דו"חות המתארים אירועים עתידיים "סבירים" בהתבסס על השילוב שבין נתונים, עובדות והשערות ועל ניתוח שיטתי של אירועי ההווה. |
| קבוצות דיון של מומחים (expert panels) | קבוצות דיון של מומחים בתחום מסוים ברמה מקומית, לאומית או בין-לאומית. בדרך כלל קבוצות הדיון כוללות מומחים ידועים בתחומם ומקובלים אבל לפעמים ניתן לנסות לשלב בהן אנשים יצירתיים בעלי חזון ודמיון. |
| Genius Forecasting | פעילות המנוהלת על ידי מומחים בעלי שם ודורשת מומחיות ויצירתיות במידה שווה. הפעילות כוללת הכנת תחזיות המבוססות על תובנות של מומחים מבריקים, מדענים ובעלי סמכות בתחום נתון. |
| ראיונות | "שיחות מובנות" המהוות כלי יסודי במחקר חברתי. בתחזיות משתמשים בראיונות ככלי ייעוצי רשמי שנועד לאסוף מידע ממגוון של מקורות/אנשים. מידע זה יכול להיות "ידע סמוי" (tacit knowledge) שטרם הועלה על הכתב או ידע מתועד שקל לאתר אותו בראיונות בהשוואה לסקירות ספרות. |
| סקירות ספרות | סקירות הבנויות סביב נושא מסוים ותיאוריות קשורות. לעיתים הסקירות כוללת מספר דעות ותחזיות ממספר מומחים. הסקירות כוללות ניתוח של ספרים, דו"חות, כתבי-עת ואתרי אינטרנט. לעיתים נדרש מומחה לכתיבת הסקירה על מנת לחבר בין הידע הקיים להשלכות האפשריות. |
| ניתוחים מורפולוגיים (Morphological Analysis) | קשור לעצי רלבנטיות ומסייע בפתרון מורכב של בעיות וניהול שינויים. השיטה ממפה פתרונות מבטיחים לבעיה נתונה וצופה את העתיד לפי פתרונות אלו. |
| עצי רלבנטיות ותרשימים היררכיים relevance trees and logic charts | שיטות לפיהן ניגשים אל נושא המחקר בצורה היררכית. בתחילה יש תיאור כללי של הנושא, לאחר מכן, פרוק הנושא למרכיביו השונים ובחינת הקשרים ביניהם. |

| | |
|--|---|
| משחק תפקידים Role play/acting | דורש רפלקציה, דמיון אינטראקציה ויצירתיות – השיטה מנסה לענות על השאלה – אם הייתי אדם X כיצד הייתי פותר את בעיה Y. נהוג לערוך סדנאות של משחקי תפקידים עם מספר משתתפים. |
| Scanning | כוללת תצפית, בחינה, מעקב ותיאור שיטתי של ההקשרים הכלכליים, טכנולוגיים, תרבותיים, פוליטיים של הגופים המעורבים בעתיד – המדינה, התעשייה, החברה, וכו'. בדרך כלל מתבצעת על ידי אנשי אקדמיה או יועצים, שחלקם מתמחים במעקב אחר המגמות המדווחות בתקשורת המדעית. |
| סדנאות תסריטים (Scenario workshop) | מגוון רחב של גישות הכוללות בנייה ושימוש בתסריטים ובחזוי של אירועים עתידיים סבירים. |
| מדע בדיוני Science Fictioning (SF) | פעילות הכוללת כתיבת סיפורים לגבי אירועים עתידיים בנקודה כלשהיא בעתיד והרחבה של ההשלכות לגביהם. מכיוון שפעילות זו כוללת נרטיב בדיוני, היא פחות קשורה למדיניות ממשלתית. |
| משחקי סימולציה (Simulation Gaming) | אחת מהשיטות הוותיקות (לדוגמא, משחקי מלחמה). חלק ממשחק התפקידים כולל תסריט המציג את ההקשר של הפעולה או של השחקנים המעורבים. עם ההתפתחות הטכנולוגית, ניתן לערוך סימולציות מחשב למשחקים אלו. |
| סקרים | כלי בסיסי ונפוץ במחקר חברתי. שאלון הסקר מופץ ידנית או און ליין והתשובות נאספות ממגוון רחב ככל האפשר של מגיבים. |
| ניתוח SWOT | שיטה המזהה את הגורמים בתוך הארגון ומסווגת אותם לפי חוזקות וחולשות. כמו כן, בשיטה מזוהים ונבחנים גורמים חיצוניים (גורמים סוציו-אקונומיים, שינויים סביבתיים, וכו') ומוצגים כאפשרויות ואיומים וכהזדמנויות לפתח אסטרטגיות על מנת להתמודד איתם. |
| Weak signals/wild cards | סוג ניתוח שבדרך כלל מבוצע על ידי קבוצות קטנות של אנשים מיומנים שיכולים לשלב מומחיות, בחינת נתונים וחשיבה יצירתית. התהליך כולל זיהוי של "הדברים שאינם בהכרח חשובים", שאין להם השפעה משמעותית בהווה, אבל יכולים לעורר אירועים משמעותיים בעתיד (לדוגמא, שינויים בדעת הקהל). Wild cards הם אירועים בלתי צפויים ומפתיעים בעלי סבירות נמוכה שיתרחשו אבל בעלי השפעה גדולה (לדוגמא, אירועי ה-11 בספטמבר 2001, אסונות טבע). אירועים אלו מזוהים בדרך כלל באמצעות סיעור מוחות, מדע בדיוני. |
| שיטות כמותיות | |
| Benchmarking | בעבר השתמשו בשיטה זו למטרות שיווק ותכנון אסטרטגי, במהלך הזמן, השיטה הפכה מקובלת לצורך קבלת החלטות במגזר הממשלתי. השיטה כוללת השוואה של יחידות ניתוח דומות, כלומר אינדיקטורים משותפים כדוגמת גודל השוק התעשייתי, יכולות מחקר של מגזרים מובילים, פוטנציאל פיתוח וניצול של טכנולוגיות, משאבי אנוש ועוד. לעיתים קרובות מחקרים אלו מבוצעים על ידי חברות ייעוץ שיש להם גישה לנתונים עדכניים. |
| ביבליומטריה | ניתוח סטטיסטי של פרסומים וציטוטים של מדינות שונות לאורך זמן. מאפשר לזהות עלייה בהשפעה של תחום מסוים. |
| אינדיקטורים / Time (Series Analysis TSA) | זיהוי של אינדיקטורים שמודדים שינוי לאורך זמן – לדוגמא, אינדיקטורים כלכליים (תמ"ג), חברתיים (שיעור הבערות, תמותת תינוקות), סביבתיים (פליטת גז), מדעיים (הוצאות למו"פ) טכנולוגיים (פטנטים וחדשנות). |

| | |
|---|--|
| שימוש במודלים ממוחשבים הקושרים בין משתנים שונים. המודלים הפשוטים מבוססים על הקשר הסטטיסטי בין שניים או שלושה משתנים. המודלים המורכבים יותר מערבים מאות ואף אלפי משתנים. | Modeling |
| ניתוח סטטיסטי של פטנטים לאורך זמן. ניתוח זה מספק מודיעין אסטרטגי לגבי טכנולוגיות, יתרונות תחרותיים של מדינה מסוימת בהתבסס על ההובלה שלה בתחומים טכנולוגיים שונים. | ניתוח פטנטים |
| מהכלים הותיקים ביותר לחיזוי. נועד לספק תובנות לגבי השאלה כיצד התפתחויות העבר וההווה יראו בעתיד. זאת בהנחה שהעתיד מהווה המשך של דפוסי העבר ושתהליכים מסוימים ימשיכו להתרחש. | Extrapolation/Impact Analysis |
| שיטות כמותיות למחצה | |
| כולל בחינת הקשרים בין משתנים שונים ולא בחינה של כל משתנה בנפרד. כמו כן, כולל קביעה של משתני מפתח בדרך כלל על ידי מומחים. | Cross impact/structural Analysis (SA) |
| שיטה ותיקה הכוללת סקרים חוזרים ונשנים של אותם אנשים באופן אנונימי מתוך מחשבה שהשיפוט יעשה ללא השפעה של אנשים רבי חשיבות. | סקר דלפי |
| זיהוי של רשימת טכנולוגיות מפתח במגזר עסקי מסוים, מדינה או אזור. טכנולוגיה נחשבת טכנולוגית מפתח במידה והיא מסייעת בהגדלת איכות החיים של התושבים, ותורמת ליכולת התחרות. שיטה זו מערבת קביעת סדר עדיפויות. | טכנולוגיות קריטיות (key critical technologies) |
| קביעת סדר עדיפויות ותמיכה בקבלת החלטות – המשתתפים מעריכים את החשיבות של קריטריונים שונים, השפעה של פעולות אפשריות ואסטרטגיות בכל קריטריון. | ניתוח רוב קריטריונים Multi Criteria Analysis |
| שימוש בסקרים על מנת לקבל הערכה של דעות בנושא מסוים בקרב קבוצת משתתפים. | Polling/voting |
| כימות של אפשרויות שנובעות מתסריט מסוים. לעיתים כולל ניתוח הסתברותי של דעות מומחים על מנת לבנות מערכת המחשבת את הסבירות של התרחשותם של אירועים מסוימים, או הסקה של אירועים מניתוח סקרים. | Quantitative Scenarios (SMIC) |
| שיטה המפרטת את העתיד בתחום טכנולוגי מסוים ומייצרת לוח זמנים של התפתחויות של טכנולוגיות שונות וקשורות, כולל גורמים כמו מבנה השוק והתקנות שבמסגרתן הטכנולוגיה מפותחת. לעיתים השיטה מערבת שילוב של עבודת צוות ועבודה משרדית. | מפות דרכים |
| שיטות לתכנון אסטרטגי הלוקחות בחשבון את האינטרסים של בעלי עניין שונים על מנת לזהות בריתות וקונפליקטים אפשריים. | Stakeholder Analysis (MACTOR) |

2.1 Biotechnological and pharmaceutical sector

GENES AND CELLS (1–6)

- 2.1(1) Genomics, proteomics and epigenetics
- 2.1(2) Nucleic acids
- 2.1(3) Synthetic biology
- 2.1(4) Stratified and tailored medicine
- 2.1(5) Stem cells
- 2.1(6) Regenerative medicine and tissue engineering

SENSORS AND COMPUTING (7–12)

- 2.1(7) Lab-on-a-chip
- 2.1(8) Medical and bioimaging
- 2.1(9) Performance-enhancing pharmaceuticals
- 2.1(10) e-Health
- 2.1(11) Modelling human behaviour
- 2.1(12) Brain–computer interface

PRODUCTION (13–14)

- 2.1(13) Agricultural technologies
- 2.1(14) Industrial biotechnology

2.2 Materials and nanotechnology

ADVANCED MATERIALS (1–5)

- 2.2(1) Nanotechnologies
- 2.2(2) Nanomaterials
- 2.2(3) Carbon nanotubes and graphene
- 2.2(4) Intelligent polymers ('plastic electronics')
- 2.2(5) Metal organic frameworks

APPLICATIONS (6–11)

- 2.2(6) Smart (multifunctional) and biometric materials
- 2.2(7) Smart interactive textiles
- 2.2(8) Active packaging
- 2.2(9) Metamaterials
- 2.2(10) Building and construction materials
- 2.2(11) 3D printing and personal fabrication

2.3 Digital and networks

E-INFRASTRUCTURE (1–5)

- 2.3(1) Complexity
- 2.3(2) Supercomputing
- 2.3(3) Cloud computing
- 2.3(4) Next generation networks
- 2.3(5) Intelligent sensor networks and ubiquitous computing

ANALYTICAL TOOLS (6–7)

- 2.3(6) Searching and decision-making
- 2.3(7) Simulation and modeling

PROCESSORS, INTERFACES AND SENSORS (8–14)

- 2.3(8) New computing technologies
- 2.3(9) Photonics
- 2.3(10) Secure communication
- 2.3(11) Biometrics
- 2.3(12) Surveillance
- 2.3(13) Service and swarm robotics
- 2.3(14) Bioinspired sensors

2.4 Energy and low-carbon technologies

INFRASTRUCTURE (1–3)

- 2.4(1) Smart grids
- 2.4(2) Microgeneration
- 2.4(3) Advanced batteries

CARS AND BEYOND (4–6)

- 2.4(4) Intelligent low-carbon road vehicles
- 2.4(5) Fuel cells
- 2.4(6) Hydrogen

RESOURCE EFFICIENCY (7–8)

- 2.4(7) Recycling
- 2.4(8) Carbon capture and storage

ENERGY TECHNOLOGIES (9–14)

- 2.4(9) Nuclear fission
- 2.4(10) Nuclear fusion
- 2.4(11) Bioenergy
- 2.4(12) Solar energy
- 2.4(13) Marine and tidal power
- 2.4(14) Wind energy

3. New themes

3.1 Energy transition

- Bioenergy and ‘negative emissions’
- Backing up intermittent power supplies
- Real-time power grid simulation and the HVDC grid

3.2 On demand

- Service robotics

3.3 Human-centred design

- Intelligent clothing
- Sensor technologies

אתגרים לאומיים ועולמיים

| | |
|--|--|
| | Key items |
| Energy Resources and environment Others | Energy related |
| | Industrial bio nanotechnology related to energy and environment |
| | Geo Diagnosis Technology |
| | Space and ocean Management technology |
| | Nuclear Energy |
| | Renewable Energy |
| | Fossil Energy |
| | Efficient Power storage Systems |
| | Energy Saving |
| | Agriculture, Forestry, and fisheries resources |
| | Water Resources |
| | Environment, recyclable resources, recycling LCA |
| | Hydrocarbon resources, mineral resources and CCS |
| | Life style environment (including environment ethics) |
| | Evaluation of and countermeasures to global warming |
| | Technology for urban waste minimization/material circulation for environmental conservation/resource and energy saving products |
| | Pollution prevention for atmosphere. Water and soil/circulative use technology for water resources |
| Energy, resources and environment | |
| Medical | Applied bio-nano technology |
| | Healing (exogenous factor, metabolic disease and psychiatric disease) |
| | Medical treatment aiming at safety and security |
| | Creation of new medical technology |
| | Development of predictive and preventive medicine |
| Others | Socialization of information |
| | Cloud Computing |
| | New principle for information and communication |
| | Space technologies (including space medicine) |
| | Base materials for nano technology |
| | Output (device, Systemization and applied technology) |
| | Globalization, value adding and market creation |
| | Unpopularity of science and engineering, human resource problem, the declining birth rate and aging population |
| | Management (global Management) to prevent the decrease of competitiveness in the international market, human resource development to compete with foreign workers, and cross cultural cooperative Management |
| | Service Management, Management in the education and research field, environment business Management, governmental Management |
| | Framework for facilitation of social innovation and network building |
| | Management of humans (e.g. to cope with disparity and diversity), creation, Management, and transfer of Knowledge, education, and maintenance of education level by standardization |
| | Strategy toward sustainable infrastructure system |

10.4 נספח 4 - כותרת סקר דלפי היפני התשיעי : תחזיות בתחומי מדע וטכנולוגיה

Appendix A: Priority items in science and technology for Japan

- Year: "Tech": forecasted time of technological realization (somewhere in the world); "Social": forecasted time of social realization (in Japan)
- Importance: "W/J": important for Japan and the rest of the world; "J": important especially for Japan; "Important for the world" and "Low importance/priority" columns are omitted because of a low selection rate (<40% in all topics)
- Leading sectors (tech/social) (Sectors that will pave the way to technological/social realization): "Uni": University; "PRO": public research organization; "Ent": Enterprise in the private sector (including NPO); "Govt": Government; "Coll": collaboration among multiple sectors.
- Level of "Importance" and "Leading sectors": "++": indicates a selection rate over 70%, and "+": indicates a selection rate over 40% but less than 70%.
- For each category, the topics are arranged in the order of the year of social realization (from earlier to later).

< Energy, environment, and resources >

Utilization of non-fossil energy

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Leading sectors (tech) | | | | | Leading to sectors (social) | | | | | |
|--|------|--------|------------|---|------------------------|-----|-----|------|-------|-----------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 5-11: Technology for the utilization of ocean energies such as the wind, waves and tides on a commercial basis. | 2016 | 2024 | ++ | | | + | + | | | | | | | | + |
| 8-62: Gasification techniques for power generation or synthetic fuel production technology using unused biomass and waste that reduces dependence on fossil fuels. | 2016 | 2024 | ++ | | + | + | ++ | | | | | | ++ | + | |
| 1-42: Home-use electric power storage cell technology, with a price tag of one million yen or less, that can stably cover approximately 90% of the necessary electric energy by integrating photovoltaic generation and secondary cells for All-DENKA house (a house in which electricity fully covers home-use energy). | 2019 | 2026 | ++ | | | | ++ | | | | | | ++ | | |
| 6-20: A large-scale thin-film solar cell with a conversion efficiency of 20% or higher. | 2019 | 2027 | ++ | | | | ++ | | | | | | ++ | | |
| 9-26: Low-cost and large-area thin-film solar cells with a conversion efficiency of 20% or higher. | 2019 | 2027 | ++ | | + | + | + | | | | | | ++ | | |
| 6-04: Technology to reduce waste dramatically through the nuclear transformation of radionuclides in high level waste. | 2020 | 2028 | ++ | | | + | + | | | | | | + | | |
| 6-19: New material technology for solar cells leading to higher efficiency than silicon or GaAs. | 2021 | 2029 | ++ | | + | + | + | | | | | | ++ | | |
| 1-44: Solar cells with energy conversion efficiency of 60% or more. | 2023 | 2030 | ++ | | + | + | + | | | | | | ++ | | |
| 9-45: Materials with high energy conversion efficiency, high energy capacity, and low environmental load to utilize renewable energy sources. | 2021 | 2030 | ++ | | + | + | | | | | | | + | | |
| 7-48: Implementation of utilization of solar energy at optimal places on a global basis, and energy interchange between the place of production and place of use. | 2022 | 2031 | ++ | | | | | | + | | | | + | | |

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Leading sectors (tech) | | | | | Leading to sectors (social) | | | | | |
|--|------|--------|------------|---|------------------------|-----|-----|------|-------|-----------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 9-34: Technology to produce hydrogen from water and sunlight with an energy conversion efficiency of 5% or more. | 2024 | 2031 | ++ | | + | + | | | | | + | + | | | |
| 6-01: Next generation light water reactor standard technology with such merits as the capability for enriched fuel over 5%, 80-year durability, and no location restrictions thanks to the adoption of seismic technology. | 2026 | 2034 | + | | | | + | | | | | + | | | |
| 7-53: Innovative technology that enables the diffusion of the use of non-fossil primary energy such as solar energy on a global basis. | 2025 | 2034 | ++ | | | + | + | | | | | + | | | + |
| 6-06: Geological disposal technology for high level radioactive waste. | 2022 | 2034 | ++ | | | | ++ | | | | + | | + | | |
| 5-44: Solar photoelectric power generation plants in space that transmit electricity to the ground via microwaves or lasers. | 2027 | 2037 | + | | | | ++ | | | | + | | | | |
| 6-02: Fast breeder reactor cycle technology. | 2029 | 2038 | + | | | | ++ | | | | + | | | | |

Effective conversion/utilization of energy

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|--|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 11-15: Various incentive systems to reduce the peak electric power demand facilitate the leveling of electric power demand and the effective utilization of resources. | - | 2019 | ++ | | - | - | - | - | - | | | ++ | + | + | |
| 2-61: More than half of the white goods (refrigerators, washing machines, microwave ovens, rice cookers, and air conditioners, etc.) are connected to home networks in 30% or more of the households in Japan. | 2015 | 2022 | | | | | ++ | | | | | ++ | | | |
| 7-03: Technology for the formation of a material cycle by utilizing natural and unused energies by a community unit. | 2018 | 2024 | ++ | | | | | ++ | | | | | + | + | |
| 1-52: Smart grid technology that can improve power efficiency and reduce the total Japanese power needs by 20% | 2019 | 2026 | ++ | | | + | + | + | | | | ++ | + | + | |
| 1-51: Component devices using novel materials such as SiC or GaN that allow a power density of 100 W/cc or more. | 2019 | 2026 | ++ | | | | ++ | | | | | ++ | | | |
| 12-58: Technology and a legal system for making the most of natural and renewable energy by region or district and realizing, for goods and material circulation, local production for local consumption will be developed. | 2020 | 2027 | | + | | + | | ++ | | | | | + | + | |
| 1-18: Network nodes for which power consumption will be 1,000 times as little as present consumption through nanophotonic technology. | 2020 | 2027 | ++ | | + | + | + | | | | | ++ | | | |
| 12-59: A material and energy circulation system will be constructed on a prefectural or larger administrative bloc levels, based on material correlation of biomass energy from forest resources, animal excrement, and unused material from cereal, as well as on that of by-products and functional materials. | 2020 | 2028 | + | + | | + | | + | | | | | + | + | |

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 8-57: Building of a recycling society using materials, energy and water efficiently within the community unit. | 2021 | 2030 | ++ | | | + | | + | | | | | + | | + |
| 9-22: A thermoelectric power generation module with a conversion efficiency of 10% or higher. | 2022 | 2031 | ++ | | ++ | + | | | | | | | + | | |
| 3-55: Development of a nanoscale voltage separating device for an enzyme reaction fuel cell using bio organic substances, and expanding the scale of such fuel cells through integrating them. | 2025 | 2032 | + | | ++ | + | | | | + | | | + | | |
| 3-54: Highly efficient energy conversion technology that utilizes motor proteins (molecular motors) that convert chemical energy to mechanical energy. | 2028 | 2035 | + | | ++ | + | | | | + | | | | | |
| 2-26: A Green ICTS system that reduces the energy necessary for the transmission and storage of information to one-millionth of that in 2010 (normalized by the amount of information handled). | 2030 | 2036 | ++ | | + | + | + | | | | | | + | | |

Industries in a recycle-based society

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|--|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 4-85: Industrialization of a consistent medical waste treatment system including recycling. | 2016 | 2020 | + | + | | + | + | + | | | | + | + | + | |
| 10-62: Solar cell system that is developed considering recycling and reuse with a low environmental load upon disposal. | 2017 | 2024 | + | | | | + | | | | | ++ | | | |
| 9-19: Technology for mass-producing fuel and bio-plastics from non-petroleum materials by using the function of plants or microorganisms | 2018 | 2025 | ++ | | + | + | + | | | | | ++ | | | |
| 10-63: A recycling production system unifying the processes of the "input of resource → design and production → use → disposition" and the "collection → separation → resource recycling." | 2018 | 2025 | ++ | | | | + | | | | | ++ | | | |
| 10-19: Comprehensive design methodology for total optimization, from the overall picture of the life cycle, from design and production to disposal and recycling, the overview of the global supply chain, and a product series that can flexibly correspond to the variety of customers' needs. | 2017 | 2025 | + | | + | | + | | | | | ++ | | | |
| 3-52: A biocatalyst showing productivity equivalent to or greater than that of a chemical catalyst useable in industrial production. | 2019 | 2026 | ++ | | ++ | + | + | | | + | + | + | | | |
| 7-16: Technology for production of fuels and bio-chemicals on a commercial base by using plants and microorganisms as biomass cascading. | 2019 | 2028 | ++ | | | + | + | | | | | + | | + | |
| 3-51: More than half of the chemical polymers made from petroleum become renewable biomass resource-based products. | 2022 | 2030 | ++ | | + | + | + | | | + | + | + | | | |
| 8-58: Promotion of eco-factory and low-entropy technology that reduces the environmental load by 50% while considering the life cycle of products from production to disposition and the ecological influence of each industry. | 2021 | 2030 | ++ | | + | + | + | | | | | ++ | + | + | |

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 10-02: Product and material manufacturing technology for safe, clean and energy-efficient mass production using knowledge of the mechanism of nature and organisms. | 2021 | 2030 | ++ | | + | | | | | | | | | | ++ |
| 12-50: A unified database (extending over business units such as railways, roads, electric power, and local public entities) of infrastructure investment history and deterioration data will be constructed to allow management of infrastructure assets at entire city and regional levels. | 2018 | 2025 | | + | | + | | + | | | | | | | + |
| 12-52: Semipermanent recessed sensor technology notifying the degree of deterioration, lifespan, and time for replacement of structures will be disseminated. | 2019 | 2026 | + | | + | + | + | | | | | | | | + |
| 12-56: A system for evaluation of design systems, structural performance, and asset value, allowing the functional extension, renewal, removal, and reuse of large-scale structures will be disseminated. | 2019 | 2027 | + | + | + | + | + | | | | | | | | + |
| 12-51: High-precision modeling of deterioration environments based on design and construction technology for infrastructure deterioration prevention, repair, and establishment will become feasible, and sufficiently precise life-cycle management and asset management will come into practical use. | 2019 | 2025 | + | + | + | + | | | | | | + | | | + |
| 3-38: Technology for crop production and green technology in deserts achieved by improving the crop's adaptability (salt tolerance, drought tolerance, cold tolerance) and controlling its growth. | 2020 | 2028 | + | | + | + | | | | | | + | + | + | |
| 3-56: Achievement of low-cost agriculture/forestry and rural communities oriented towards zero emission by using local agricultural and forestry resources and organic wastes. | 2019 | 2027 | + | + | | | ++ | | | | | + | | | + |
| 3-57: Biological crop protection methods that reduce the use of synthetic chemical pesticides and fertilizers by 50%. | 2018 | 2026 | ++ | | + | ++ | | | | | | + | | | + |
| 3-49: Growth regulation of crops and trees based on the clarification of the mechanism of biosynthesis, transport, and receptor-mediated signaling by growth regulators in plants. | 2020 | 2029 | ++ | | ++ | + | | | | | | + | | | + |

CO₂ emission reduction, CCS

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | | |
|--|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|---|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other | |
| 8-17: Introduction of environment education that has an effect of change in citizens' lifestyles through a specific behavior such as practical action to reduce household emissions of CO ₂ . | - | 2018 | ++ | | - | - | - | - | - | | | | | | ++ | + |
| 10-65: Comprehensive and objective evaluation indices that replace CO ₂ as an indicator for the environmental load of energy and resource consumption, production processes (plants) and products, and measurement techniques for such indices. | 2017 | 2023 | ++ | | + | + | | | | | | + | | | | |

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 5-32: Establishment of technology capable of dissolving CO ₂ in water or fixing CO ₂ under the ocean floor. | 2018 | 2026 | ++ | | | ++ | | | | | | + | | | |
| 7-39: Technology that gives economic incentives to geologic sequestration of CO ₂ , such as the development of energy resources from oil layers, gas pools, and coal beds by CO ₂ injection, and recycling of sequestered CO ₂ . | 2019 | 2027 | ++ | | | + | | + | | | | + | | | |
| 7-35: Practical use of power generation, hydrogen production, and synthetic fuel production by gasification incorporating CCS, with economic efficiency, which is applicable to hydrocarbon resources such as coal, heavy oils and biomass. | 2020 | 2028 | ++ | | | + | | + | + | | | + | | | + |
| 7-36: Storage and management technology concerning the deep brine layer for the expansion of the potential of geologic sequestration of CO ₂ . | 2020 | 2028 | + | | | + | | + | | | | | | | + |
| 9-46: Materials for carbon fixation so as to reduce CO ₂ | 2021 | 2030 | ++ | | + | + | | | | | | + | + | | |
| 9-33: Membrane separation techniques to produce hydrogen from coal without emitting CO ₂ into the environment. | 2023 | 2031 | ++ | | + | + | | | | | | + | | | |

Untapped resources, recycling

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|--|------|--------|------------|----|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 7-28: Financially viable selective separation and recovery of rare metals from Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) and incineration ash. | 2015 | 2020 | + | + | | | + | | | | | ++ | | | |
| 7-23: Establishment of a regional water reclamation system dealing with the uneven distribution of water by utilizing an economical and practical seawater desalination technology using reverse osmosis membrane, and purification and recycling technology for contaminated water. | 2014 | 2020 | + | | | | ++ | | | | | ++ | | | |
| 7-04: Technology utilizing medium and low temperature geothermal sources by binary power generation and heat pumps. | 2015 | 2021 | + | + | | | + | | | | | ++ | | | |
| 10-59: Safe and low-cost storage system for general waste, such as home appliances including rare metals for which reuse and efficient disposal methods have not yet been developed, in a condition enabling future use. | 2017 | 2023 | + | + | | + | + | | | | | + | | | + |
| 8-59: Technology to reasonably recover and use rare metals from urban mines, such as general and industrial waste, incinerated ash and fly ash, to supply more than 50% of the required amount of many kinds of rare metals. | 2018 | 2024 | | + | | + | ++ | | | | | ++ | | | |
| 10-61: Efficient application technology for the unused thermal energy that is generated intermittently. | 2018 | 2025 | ++ | | + | + | + | | | | | + | | | |
| 10-60: Technology to efficiently convert low-grade thermal energy, which is hard to use from the viewpoint of exergy, to high exergy. | 2019 | 2026 | + | | + | + | + | | | | | + | | | |
| 5-12: Technology for mining ocean floor resources such as hydrothermal deposits on a commercial basis. | 2020 | 2027 | | ++ | | + | + | | | | | + | + | | |

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 8-60: Promotion of a design, production, collection and reuse system that recycles 90% or more of (thermal, chemical and material) products based on legislatively-defined product liability related to the collection and disposal of waste. | 2019 | 2027 | + | + | | | ++ | | | | | + | + | | |

Commuting, transport system

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|--|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 2-23: A system under which 80% of office work can be changed into distance work in Japan, that is, where a person can work together with his/her colleagues at different offices with the same communication as if they were at the same office all the time. | 2017 | 2024 | + | | | | ++ | | | | | ++ | | | |
| 4-59: Design techniques for medical communities and medical cities (such as the residential area for elderly persons) | 2018 | 2024 | | + | | + | + | + | | | | + | | + | |
| 1-43: Long life and highly reliable electric vehicle battery technology with high energy density (approximately 3 times as dense as at present) that enables electric vehicles to have a total driving distance on a single charge that is equivalent to that of current gasoline vehicles (approximately 500km) | 2018 | 2025 | ++ | | | | ++ | | | | | ++ | | | |
| 2-24: A virtual office system that can halve the number of workers in Japan compared with the present real office. | 2018 | 2025 | + | | | | ++ | | | | | ++ | | | |
| 6-41: Low-cost secondary cells for vehicles (such as cars) (specific energy: 100 Wh/kg or more, specific power: 2000 W/kg, and specific cost: 30-thousand yen per kWh or less). | 2019 | 2025 | ++ | | | | ++ | | | | | ++ | | | |
| 11-16: Alternative technology for energy intensive transportation devices for humans to cope with global warming and the escalation of environmental problems. | 2018 | 2026 | ++ | | | | + | | | | | + | | + | |
| 12-46: Development of a next-generation environmentally-friendly ship (green ship) with 50% less CO2 emissions and approx. 80% less NOx emissions than present ships. | 2019 | 2026 | ++ | | | | ++ | | | | | ++ | | | |
| 12-42: Development of a system to reduce by 50% the time, cost and environmental load at each node that links a railway and road, road and port/airport as well as a railway and port/airport so as to improve the efficiency of freight transportation between cities. | 2020 | 2027 | + | + | | + | + | + | | | | + | + | + | |
| 9-32: High efficiency fuel cells for vehicles using no rare metals. | 2020 | 2030 | + | | + | + | + | | | | | ++ | | | |
| 2-53: Automatic driving technology for automobiles with a special lane that will enable the current usage efficiency of highways to triple. | 2020 | 2031 | + | | | + | + | | | | | + | + | | |

Observation, monitoring, simulation, and forecast

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | | |
|---|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|---|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other | |
| 8-42: Analyses of the current status and the mechanism of the natural emission, absorption and fixation of greenhouse gas. | 2018 | - | ++ | | ++ | ++ | | | | | - | - | - | - | - | - |
| 4-61: Elucidation of biological effects of micro-pollutants in the environment. | 2019 | - | ++ | | ++ | + | | | | | - | - | - | - | - | - |
| 4-63: Prediction of the risk of infectious disease outbreaks, enabled by the progress in modeling and simulation technology for large-scale systems such as the ecosystem and environment. | 2018 | 2025 | ++ | | + | + | | + | | | + | + | | | + | |
| 5-02: Global Earth Observation System that is capable of identifying greenhouse gasses and the density of air pollutants within a 5 x 5 x 1km frame over land, and a 20 x 20 x 4km frame over water. | 2020 | 2027 | ++ | | | ++ | | | | | ++ | | | | | |
| 5-01: Future modeling over the next 50 to 100 years for the purpose of grasping the CO2 balance in the global atmospheric layer including the ecosystem and living environments of human beings as well as the changes of water circulation. | 2020 | 2027 | ++ | | + | ++ | | | | | + | | | | | |
| 12-10: Quantitative forecasting of the impact on nature (topography, geology, groundwater, plants and animals, etc.) caused by development becomes available, and the impact of certain development projects will be evaluated based on a simulation considering the scale of the project, alternative options, mitigation measures, and speed of nature restoration. | 2019 | 2027 | ++ | | + | + | | | | | + | | + | | | |
| 5-03: Global Earth Observation System that is capable of identifying the vapor content of the atmosphere, the wind vector, and the amount of cloud cover arising thereby within a 5 x 5 x 1km frame over land, and a 20 x 20 x 4km frame over water. | 2020 | 2027 | ++ | | | ++ | | | | | ++ | | | | | |
| 8-23: Forecasting technology for the future global environment on a time scale of several decades based on a global system model that simultaneously takes into account the material cycles within the atmosphere, oceans and land. | 2020 | 2028 | ++ | | + | ++ | | | | | + | ++ | | | | |
| 5-22: Wide-area observation techniques for ocean floors to clarify the global balance of heat and CO2. | 2022 | 2029 | ++ | | + | ++ | | | | | ++ | | | | | |
| 2-30: A system to predict conditions of global weather, oceans, environment, ecosystems, epidemics, economics, and human activity through a total simulation based on real-time data can tackle unknown global crises. | 2022 | 2030 | ++ | | + | + | | | | | + | | | | | |

Evaluation, consensus building

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 7-57: Methodology for building international consensus on the cooperation in and transfer of technologies related to the environment, such as energy savings between developed countries, emerging countries and developing countries, so as to bring national interests, regional interests, and global interests to fruition. | 2019 | 2025 | ++ | | | + | | | + | | | | + | | + |
| 11-37: A governance structure that monitors, manages, and coordinates within the world-wide framework beyond the framework of each national government's administration will be established to cope with such global issues as excessively speculative money, global warming and exploiting factories. | - | 2025 | ++ | | - | - | - | - | - | | | | + | | + |
| 8-20: Systems to support the relevant governments to make a rational political decision by enabling them to assemble and analyze various scientific knowledge, opinion and evaluation, and then recognize and understand the overview of the problem in cases of the global environmental issues such as climate change. | 2020 | 2027 | ++ | | | + | | | + | | | | + | | + |
| 11-55: A coordinated decision-making system involving various stakeholders on the basis of use of a knowledge information platform, such as a database and a knowledge base related to the environment. | 2019 | 2027 | ++ | | + | | + | | | | | | + | | |
| 11-57: In the context of risk management techniques, a scheme for long-term impact assessment to evaluate the influence of artificial and natural materials and systems on health and the environment will be established. | 2019 | 2028 | ++ | | ++ | + | | | | | | | + | + | |

<Topics related to health and medical care>

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 3-27: Elucidation of the pathophysiology of cancer metastasis. | 2019 | - | ++ | | ++ | + | | | | | | | - | - | - |
| 3-03: Technology for identification and functional analysis of the material interaction within a cell or between the inside and outside of the cell. | 2018 | 2025 | ++ | | ++ | + | | | | | | | + | | + |
| 3-02: Technology for molecular imaging in the body with the precision of a single molecule. | 2019 | 2027 | ++ | | ++ | + | | | | | | | + | | + |
| 3-09: Technology that predicts in a detailed manner biological activity, including the interaction between proteins, interaction between protein and DNA or RNA, and interaction between protein and synthetic compounds, from the higher order structure of protein. | 2019 | 2028 | ++ | | ++ | + | | | | | | | + | + | + |
| 3-07: Technology that analyzes the conformation of protein, which is in a functional state in the body, in a dynamic and detailed manner. | 2023 | 2032 | ++ | | ++ | + | | | | | | | + | + | |

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 3-34: Technology for regenerative medicine using iPS cells. | 2021 | 2032 | ++ | | ++ | + | | | | | + | + | + | | + |
| 4-15: Systematic prevention and treatment methods for dementia that inhibits the decline in elderly people's brain functions. | 2024 | 2033 | ++ | | ++ | + | | | | | + | + | | | |

< Others >

Infrastructure management (including IT infrastructure)

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 2-01: In the system providing various services to various users by flexible connection of more than a hundred million computers, efficient and semi-automatic technology that builds stable services without any system failures is established. | 2018 | 2023 | ++ | | | | | | ++ | | | | | | ++ |
| 2-28: An information traceability system under which an electronic ID given to contents at time of the information source is maintained without being erased or altered, and thereby stolen or scattered information can be tracked easily. | 2017 | 2024 | ++ | | + | + | + | | | | | | | | + |
| 12-52: Semipermanent recessed sensor technology notifying the degree of deterioration, lifespan, and time for replacement of structures will be disseminated. | 2019 | 2026 | + | | + | + | + | | | | | | | | + |
| 2-02: In the system providing various services to various users by flexible connection of more than a hundred million computers, an advanced autonomous service creates new value-added information or new functional services from existing functions and services or from the group of data lying in such services. | 2020 | 2027 | ++ | | | | | | + | | | | | | ++ |

Crisis management, disaster control

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|----|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 12-16: Establishment of real-time damage recognition and forecast technology enabling the national and municipal emergency operation center to take emergency measures immediately and effectively in the case of a large-scale natural disaster that requires prefecture-level measures. | 2018 | 2024 | | ++ | | ++ | | | + | | | | | | ++ |

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 12-13: Nation-wide high-precision observation systems for the atmosphere, hydrosphere and geosphere will be established to prevent harm to humans caused by large-scale natural disasters (floods, landslides, debris flow, avalanches, etc.) caused by some weather phenomena (precipitation, typhoon, heavy rain, snowfall, etc.) requiring prefecture-level measures, enabling the alarm, evacuation, and control based on the prediction of (approx. 1 hour in advance) the disaster. | 2019 | 2027 | + | | + | ++ | | | | | + | | + | | |
| 2-30: A system to predict conditions of global weather, oceans, environment, ecosystems, epidemics, economics, and human activity through a total simulation based on real-time data can tackle unknown global crises. | 2022 | 2030 | ++ | | + | + | | | | | + | | | | |

safety in life

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|---|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 4-42: An intelligent communication style living environment system including life support robots for elderly persons and disabled persons. | 2019 | 2027 | + | | + | | + | + | | | | + | | + | |
| 2-29: A world wide traceability system covering most of the food products. | 2019 | 2028 | ++ | | | | + | | | | | + | | | |
| 2-31: Intelligent robotic technology that enables families and relatives to provide livelihood support to aged and handicapped people safely by remote control from a distance; the robots will be intelligent enough to avoid the risks that a teleoperator is unaware of. | 2020 | 2028 | + | | + | + | + | | | | | + | | | |

human resource cultivation, mobility, diversification

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|----|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 11-32: A support system enabling staff to reuse and learn about the judgment process, skills and know-how of skilled staff, through the clear demonstration thereof. | 2016 | 2021 | | + | | | ++ | | | | | ++ | | | |
| 11-34: A social environment enabling women to balance marriage, birth and child care with work to promote their social involvement (for example, 30% of listed companies will have a day-care center for children) will be realized. | - | 2021 | | ++ | - | - | - | - | - | | | ++ | + | | |
| 11-6: Along with the improvement of global management abilities premised on foreign cultures, faculty development programs will be carried out to understand the history, culture, language, legislation system, value system and so on of foreign countries. | - | 2021 | + | + | - | - | - | - | - | | | + | | | |

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|---|------|--------|------------|----|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 11-31: Human resources will be mobilized according to changes in society and economics against the backdrop of the spread of the recurrent education for job training in graduate schools or later. | - | 2022 | | ++ | - | - | - | - | - | + | | + | | | + |
| 10-68: Education system to train engineers who can rationally improve design in a more upper-stream phase than the conventional design process intends, and to continuously develop their ability. | - | 2022 | | ++ | - | - | - | - | - | + | | + | | | + |
| 11-7: A globally networked human resource management system will be established, and it will help high-level experts to transfer freely beyond borders between countries. | - | 2022 | | ++ | - | - | - | - | - | | | ++ | | | |

Base technology, frontier technology

| Delphi topic (Front numbers represent ID (panel-topic number)) | year | | Importance | | Sector leading to tech realization | | | | | Sector leading to social realization | | | | | |
|--|------|--------|------------|----|------------------------------------|-----|-----|------|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
| | Tech | Social | W/J | J | Uni | PRO | Ent | Coll | Other | Uni | PRO | Ent | Govt | Coll | Other |
| 9-3: New functional materials made of complex heterogeneous materials through nano-scale control of structure and interface. | 2017 | 2023 | | ++ | + | + | | | | | | ++ | | | |
| 9-4: Industrial processing technology for 3-dimensional nano-scale integration. | 2018 | 2025 | | + | + | + | + | | | | | ++ | | | |
| 9-2: Industrial technology to control nanostructures of sizes of 10nm or less using self-assembly. | 2019 | 2026 | | ++ | + | + | | | | | | ++ | | | |
| 9-16: Manufacturing technology that uses nano-order self-assembly techniques. | 2019 | 2027 | | ++ | ++ | + | | | | | | ++ | | | |
| 5-57: Japanese-made highly reliable (high robustness) and competitive (cost-minimization, microminiaturization, and weight-minimization) space equipment (for space transportation and spacecraft, etc.) | 2017 | 2022 | | ++ | | + | + | | | | | + | + | | |
| 5-64: Radical technical measures to counter the debris problem (development of debris-free space systems, collection or disposal by injection into the atmosphere of debris already remaining, etc.) | 2023 | 2032 | | ++ | | ++ | | | | | | ++ | | | |
| 5-60: Japan's own manned space system (manned launch vehicle, manned spacecraft) | 2024 | 2033 | | + | | ++ | | | | | | ++ | | | |

חלק ב':

מודלים לחיזוי כוח אדם

במדינות נבחרות

1. תקציר מנהלים - חלק ב'

תחזיות לגבי התפתחויות בשוק העבודה במדינות ה-OECD, קיימות כבר משנות ה-60 של המאה הקודמת. תחזיות אלה פותחו ושונו עם השנים בעקבות ביקורות של המשתמשים בתחזיות והתאמה לדרישותיהם. לדוגמא, על ידי שינוי תקופת החיזוי מטווח ארוך לטווח בינוני. התחזיות כיום מדגישות את ההשלכות של המגמות הקיימות בשוק התעסוקה, מספקות מידע לממשלות ולקובעי מדיניות לגבי סוג השינויים שסביר שיקרו בשוק העבודה, ועל ההשלכות הרחבות של שינויים אלו לגבי מדיניות בנושאי תעסוקה, השכלה, הגירה, והכשרה. כמו כן, התחזיות לא מבוססות רק על מודלים, אלא גם על כלים רבים אחרים שפותחו ויושמו על מנת לחזות נטיות והתפתחויות עתידיות בשוק התעסוקה.

במדינות שנסקרו נערכות התחזיות במשך עשורים על ידי מערכות גדולות ומסועפות שכוללות אנשי מקצוע בתחומים שונים (סטטיסטיקאים, כלכלנים, סוציולוגים, סוקרים ועוד). ברוב המדינות מממן התחזיות הוא גוף ממשלתי והמבצעים הם מכוני מחקר או מוסדות ממשלתיים. התחזיות הינן לטווחים קצרים עד בינוניים הנעים בין שנתיים לחמש שנים. התחזיות מתבססות על הנתונים הסטטיסטיים הקיימים באותה מדינה וחלק מהנתונים נאספו והתאמו במיוחד לצורך התחזיות. לדוגמא, מפקד אוכלוסין, סקרי כוח אדם, סקרים על מבנה שוק העבודה, ביטוח לאומי ועוד.

ברוב המדינות התחזיות מפולחות על פי משלחי היד (ומותאמות בדרך כלל לסיווג של משלחי היד של אותה מדינה). התחזיות הגדולות והמפורטות ביותר מתבצעות בארה"ב (BLS) וכוללות 750 משלחי יד בכ-300 ענפי כלכלה. בקנדה התחזית צומצמה ל-139 משלחי יד. בנוסף לתחזיות מפורסמים בארה"ב ובקנדה גם נתונים סטטיסטיים על משלחי היד הכוללים לדוגמא: תיאור תפקידים במשלח יד זה, הרכב מגדרי, מספר משרות פתוחות במוצע, שכר ממוצע לפי משלחי היד, התפלגות גילאים, חלוקה מחוזית של תעסוקה, שיעורי צמיחת תעסוקה שנתיים ממוצעים, תחזית של שינויים טכנולוגיים והשפעתם על משלחי היד, ענפים עיקריים לתעסוקה במשלח יד זה, רקע וכישורים נדרשים למשלח יד זה.

תחזיות אלה ממומנות ברובן על ידי הממשלה אך מיועדות לא רק לקובעי מדיניות אלא גם למוסדות ההשכלה, לצורך עדכון והתאמה של תכניות הלימודים, ולציבור הרחב. לדוגמא, בארה"ב ובקנדה המידע מופץ באמצעות אתר אינטרנט ומותאם לקהלי יעד שונים כגון: יועצי קריירה, עובדים המועסקים ושוקלים שדרוג או שינויים בקריירה, מידע לתלמידי תיכון לקבלת החלטות חינוכיות וקריירה, סטודנטים לתואר שני המתעניינים בסיכויי עבודה בתחומים שונים, אנשים שחוזרים לשוק העבודה ועוד.

על מנת לבנות בישראל תשתית לחיזוי שוק העבודה יש לקבוע מספר פרמטרים בסיסיים:

טווח התחזית (קצר - שנה, בינוני - שנתיים עד חמש ארוך - מעל חמש שנים), היקף התחזיות - אילו משלחי יד ובאיזה פירוט (שתי ספרות / שלוש ספרות), מי קהל היעד של תחזיות אלה ואיזה מידע יעניין אותם, למי, היכן ובאיזה אופן יוצג המידע - דוחות תקופתיים, אתר באינטרנט, מי המממן והמבצע של תחזיות אלה ובאיזה תדירות תעודכנה התחזיות?

בישראל נערכו תחזיות תעסוקה למשלחי יד ספציפיים (היי-טק, הוראה, כוח אדם רפואי מים ובינוי ועוד) וכן קיימים בלמ"ס, במשרד העבודה ובביטוח לאומי נתונים סטטיסטיים לגבי המצב הקיים במשק.

על מנת לבצע בישראל תחזיות כוח אדם לפי ענפי כלכלה ומשלחי יד אנו ממליצים לבחור מספר מצומצם של משלחי יד ולבצע עליהם "פיילוט". ממאמרים שונים בעיתונות ומחקרים שהוזמנו בועדות הכנסת עולה כי בישראל צפוי מחסור הנדסת תוכנה וחומרה, הנדסת מכונות והנדסה אזרחית לכן ניתן אולי לבחור תחילה במשלחי יד אלה. הפיילוט יכלול איסוף נתונים והתאמתם למודל חיזוי שיותאם לישראל ולצרכיה.

2. סקירת ספרות של מודלים בשימוש לצפי כוח אדם בארה"ב ובאירופה

2.1 הקדמה

ישנה הסכמה בקרב קובעי מדיניות ואנשי אקדמיה שהשקעות בהון אנושי מניבות רווחים לפרט, לארגונים ולחברה בכללותה. לאנשים משכילים יש סיכויים גבוהים יותר להשתלב בשוק העבודה, ולהרוויח יותר. התועלת של השכלה לחברה מתבטאת בצמיחה כלכלית, לכידות חברתית ואחוזי פשיעה נמוכים. ברם, למרות שחינוך, הכשרה ולמידה לאורך מעגל החיים (life long learning) הם צורה מבטיחה של השקעה, יש להקצות את המשאבים המבוקשים לכך באופן יעיל. חשוב לקחת בחשבון שמערכת ההשכלה וההכשרה תהיה גמישה ומותאמת לשינויים בכישורים הנדרשים בשוק העבודה, לאורך זמן. אתגרים אלו אינם עומדים רק בפני קובעי המדיניות, אלא גם בפני מוסדות, חברות ואנשים פרטים. הכשרה והשכלה מותאמים לצורכי השוק יתרמו לרווחה האישית של העובד, לתחרותיות ולחדשנות של החברות במגזרי המשק השונים ולחברה בכללותה.

למרות שקיימת אחידות דעים בנוגע לחשיבות של כוח אדם משכיל ומיומן, הקניית הכישורים וההכשרה הרלבנטים לשוק העבודה העתידי איננה ודאית. ישנה הסכמה בקרב קובעי המדיניות שהשכלה גבוהה, הכשרה מקצועית ולמידה נוספת הם מרכיבים חשובים ומרכזיים, אבל קשה לקבוע אילו תחומים של הכשרה/השכלה יהיו הנדרשים בעתיד.

תחזיות של שוק העבודה העתידי מאפשרות גישה אסטרטגית לזיהוי ופתרון של בעיות בתחום ההכשרה והתעסוקה. מחקרים שנערכו אודות תחזיות אלו מראים שחלקם הניבו מידע מהימן ותקף על המגמות העתידיות בשוק העבודה. אולם חלק מהתחזיות נכשלו בחיזוי מגמות עתידיות בתחומים מסוימים. לעיתים התחזיות מוטות בשל הנחות קבועות מראש שהתגלו כשגויות.

במידה והתחזיות מכסות מגוון רחב מספיק של מקצועות, ניתן להשתמש בהן לצורך תכנון מדיניות, במיוחד בתחומים שדורשים הכשרה ארוכה של כוח אדם כדוגמת הנדסה, רפואה ועוד. בנוסף, יש צורך במידע על מגמות תעסוקה בקרב מקצועות הדורשים הכשרה של "דרג הביניים" (middle-level skills) מכיוון שלעיתים קרובות קיים מחסור או עודפים דווקא במקצועות אלו.

תחזיות על שוק העבודה העתידי מספקות מידע חשוב לנכנסים החדשים לשוק העבודה וגם לאלו הנמצאים כבר בשוק העבודה והמבקשים לעשות הסבה מקצועית, או לאלו המבקשים להיכנס מחדש לשוק העבודה (Neugart & Schomann, 2002).

2.2 היתרונות של תחזיות כוח אדם

תועלת כלכלית מרכזית של התחזיות היא האפשרות לזהות ולהתמודד עם צווארי בקבוק של חוסר יעילות בשוק העבודה, לדוגמה, ענפים בהם נוצר חוסר שיווי משקל שמתבטא בעודף או במחסור של עובדים (Adams et al., 1992).

יתרון נוסף של התחזיות הוא צמצום המחזוריות הנפוצה בעולם העבודה. כאשר סטודנטים מתחילים את לימודיהם, הם מעדיפים מקצועות שנתפסים כמבוקשים - מקצועות בהם חסרים עובדים. כתוצאה מכך, מספר הבוגרים במקצועות אלו הולך וגדל עד ליצירת עודף במקצוע. תופעה זו מכונה מעגלי גאות ושפל. הסטודנטים אינם בוחנים את הביקושים הצפויים בשוק העבודה במועד סיום לימודיהם ומסתמכים על מצב השוק בשנים הקודמות. גם המוסדות להשכלה גבוהה מגיבים לאט לשינויים החלים בשוק העבודה ומלמדים לעיתים נושאים שכבר אינם רלבנטיים במקום

להתמקד בצרכים העדכניים של שוק העבודה. פער זה בין הכישורים הנדרשים בשוק העבודה לכישורים הנלמדים מכונה "פער ציפיות" (CCI, 2007). תחזיות של שוק העבודה מנסות להתמודד עם התנודתיות של שוק העבודה ולהקטין את "פער הציפיות". מטרת התחזיות היא שתוכניות להכשרה מקצועית יתאימו את עצמן לצרכים הנוכחיים של שוק העבודה ולא לצרכי העבר. תחזיות אלו אינן יכולות לפתור לחלוטין את המחזוריות של שוק העבודה, אלא לקדם פתרונות לבעיות מבניות גם בטווח הבינוני-ארוך ולא לפתור בעיות בטווח הקצר בלבד (Neugart & Schomann, 2002).

2.3 מדוע לא ניתן להסתמך על מנגנוני השוק?

בחלק מהמקרים השוק יכול להביא את עצמו לשיווי משקל באמצעות שינויים בשכר. אולם, על פי תיאוריות שונות, מנגנוני השכר אינם מווסתים בהכרח את הביקוש וההיצע בשוק העבודה. השכר משולם לעובדים לא רק לפי כישוריהם אלא גם לפי משתנים נוספים: ותק, ניסיון ותפוקה במקום העבודה. בנוסף, קיימים מנגנונים נוספים השולטים בשכר המשולם בשוק העבודה – תקנות, הסכמי שכר והסכמי עבודה המתעדכנים כל מספר שנים ואלה אינם מגיבים במהירות המתאימה בכדי להחזיר את האיזון בהיצע ובביקוש בשוק העבודה (Neugart & Schomann, 2002). בנוסף, גם כאשר המשכורות משתנות, העובדים לא בהכרח יגיבו כצפוי. יתכן, למשל, שהם יניחו שהירידה במשכורת היא זמנית ולא יחפשו משכורת גבוהה יותר בתחום אחר. במידה והעובדים כן מגיבים לשינוי ומחפשים מקומות תעסוקה חלופיים, התהליך הוא איטי והדרגתי ויתכן שיעברו שנים עד שמספיק אנשים יתחילו לעבוד וללמוד במקצוע בו יש מחסור. לכן יש צורך לזהות את השינויים בשוק העבודה מוקדם ככל האפשר ולא לסמוך רק על מנגנוני השוק שיתקנו את עצמם. טענה נוספת היא שהמעסיקים אמורים להיות אלה האחראים על מתן הכשרה המותאמת לצרכי שוק העבודה ולא הממשלה. אולם, לעיתים קרובות מעסיקים מעדיפים להתפשר על הדרישות במשרות מסוימות, ובכך להוריד את איכות העובדים ולא לייצר תמריצים לעובדים להשקיע בהכשרתם, בכך המעסיקים שומרים על שיווי משקל של כישורים נמוכים/משכורות נמוכות. בנוסף, אנשים פרטיים וחברות יכולים להיכשל בזיהוי סימני השינויים בשוק העבודה. העובדים יכולים לבחור להישאר מובטלים באופן זמני, או לחכות למשרה חדשה. גם אם העובדים מגיבים לשינויים בשוק העבודה, הרי שמוסדות הכשרה לא יוכלו להיענות לביקוש הגואה ללא סיוע או הכוונה ממשלתית (CCL, 2007).

2.4 ההשלכות של חוסר איזון בשוק העבודה

חוסר איזון בשוק העבודה משפיע על המשכורות, על התפוקה, על הצמיחה ועוד. לפי התיאוריות המקובלות, מחסור בשוק העבודה גורם לעלייה במשכורות. תיאוריות אלו אינן בהכרח מתאימות למציאות - למרות, שביקוש מוגבר בתחום מסוים יביא קרוב לוודאי לעלייה במשכורות, הרי שההשפעה ברמה המקרו כלכלית אינה ברורה - ביקוש במגזר מסוים יכול להיות מלווה בהיצע מוגבר במגזר אחר, וכך הדברים מבטלים אחד את השני. חוסר התאמה בין הכשרה של העובדים לתעסוקה בפועל נמצאה גם היא כמשפיעה על רמות השכר. נמצא שאנשים עם הכשרה/השכלה שאינה תואמת את המשרה שבה הם מועסקים מרוויחים פחות

מאנשים עם רמת הכשרה התואמת את המשרה. להשכלה עודפת יש השפעה רבה יותר על השכר מאשר להשכלה חסרה – אולם, קשה למדוד במדויק נושא זה. אפשרות נוספת היא שאם יש מחסור בכוח אדם בעל כישורים מתאימים, חברות ישכרו למשרות שמחייבות כישורים גבוהים, עובדים בעלי כישורים נמוכים, דבר שיגרום לפגיעה ביעילות ובתפוקה (Neugart & Schomann, 2002).

2.5 תחזיות שוק העבודה כמוצר לטובת הציבור

ניתן לטעון שאם למגזר הפרטי חשוב מספיק לחזות שינויים בשוק העבודה, אין צורך שהמדינה תקדם תחזיות אלו. אולם למרות שלחברות ולאנשים פרטיים יש אינטרס בניתוח של שוק העבודה, לרובם אין תמריץ, מימון או יכולת לערוך ניתוח מקרו כלכלי מעמיק של המשק בעצמם. המדינה צריכה לספק את הניתוח של שוק העבודה המהווה טובין ציבורי (public good), זאת מכיוון שעל מנת לפתח מודלים של חיזוי כוח אדם, נדרשים נתונים ברמת המיקרו והמקרו, והשקעה כספית (CCL, 2007).

השימוש במודלים אינו יכול להיות מוגבל רק לאלו שמשלמים עבור פיתוחם ועבור המידע המופק מהם. החברה בכללותה יכולה להרוויח ממידע עדכני ומתאים על שוק התעסוקה. כאן נכנסים לפעולה משרדי הממשלה השונים. אם גורם ממשלתי יספק שירות זה, התפקוד של שוק העבודה ישתפר על ידי כך שהוא יתאים ויסתגל בצורה טובה יותר לשינויים המבניים (Neugart & Schomann, 2002).

2.6 מי משתמש במידע?

בשנת 1998, מדינות ה-OECD הוציאו 0.9% מהתוצר המקומי הגולמי (GDP) על מדיניות המכוונות לשוק התעסוקה (active labour market policies), מתוך סכום זה, 25% הושקע בהכשרה. כמו כן, מחקרים הראו שלתוכניות הכשרה יש הצלחה מוגבלת בהשמה מחדש של המשתתפים בהן. ידע מוקדם על מחסור עתידי אפשרי בהיצע לעומת ביקוש צפוי במקצועות/כישורים מסוימים, יאפשר להקצות את הסכומים הללו באופן יעיל.

במדינות רבות בהן מבוצע באופן סדיר חיזוי של שוק העבודה, מופץ מידע זה למשרדי ממשלה ולסוכנויות התעסוקה. אבל קיים מגוון רחב של משתמשים אפשריים בתחזיות עתידיות של שוק העבודה, מעבר לגופים האחראים על תעסוקה והשמה.

לממשלה תפקיד חשוב בניהול ובהשקעות במערכת החינוך וההשכלה הגבוהה ולכן היא מעוניינת בקבלת תמורה על הוצאותיה. מחקרים מראים שהבחירה במסלול לימודים מושפעת מרקע משפחתי, אבל גם משיקולי הכנסה עתידית. לכן, גם לאנשים פרטיים יש עניין במחקרים על התפתחויות עתידיות בשוק העבודה. היצע עודף של כוח אדם יפגע בסיכוייהם למצוא עבודה בסיום הלימודים. במידה והתחזיות לגבי שוק העבודה מדויקות מספיק, הדבר יכול לתרום להקטנת חוסר הוודאות.

משתמשים נוספים בתחזיות הם חברות. מחסור בהיצע של כוח אדם גורם, בדרך כלל, לצווארי בקבוק ולעלייה במשכורות, לירידה באיכות המוצרים, לעובדים מיומנים פחות ובטווח הארוך להקטנת חלקה של החברה במשק ופוגע בסיכוייה להיכנס לשווקים חדשים. מידע על מגמות

עתידיות שמצביעות על מחסור אפשרי יסייע לחברות לנקוט מבעוד מועד בצעדים שיבטיחו כוח עבודה מתאים (Neugart & Schomann, 2002).

2.7 רקע היסטורי

חיזוי באופן שיטתי של שוק העבודה החל בארה"ב, לאחר מלחמת העולם השנייה, כאשר מספר גדול של חיילים חזר ונדרש למצוא להם עבודה. מאז, חיזוי של שוק התעסוקה משמש גופי ממשל בארה"ב, בקנדה ולאחרונה גם במדינות אירופה, בין השאר, לתכנון מדיניות הגירה. תחזיות לגבי התפתחויות בשוק העבודה במדינות ה-OECD, קיימות משנות ה-60 של המאה הקודמת, לדוגמה, פרויקט "Manpower Planning Project" שבמסגרתו פותח "Manpower Requirement Approach". המניע לביצוע תחזיות אלו תוך שימוש במודלים של חיזוי היה למטרות תכנון של מסלולי לימוד והכשרה הנחוצים לשם השגת יעדים כלכליים מסוימים. מודלים אלו זכו לביקורת רבה מסיבות מתודולוגיות - נטען שהמודלים אינם גמישים מספיק ושהם לא לוקחים בחשבון תחלופה בין מגזרים ותחומי עיסוק, אינטראקציות בין ביקוש והיצע. ביקורות אלו גרמו לשינוי הגישה על ידי שינוי תקופת החיזוי מטווח ארוך לטווח בינוני ועל ידי התמקדות בקווים מנחים להכשרה ולא בתוכניות הכשרה מפורטות. התחזיות כיום מדגישות את ההשלכות של המגמות הקיימות בשוק התעסוקה, מספקות מידע לממשלות ולקובעי מדיניות לגבי סוג השינויים שסביר שיקרו בשוק העבודה, ועל ההשלכות הרחבות של שינויים אלו לגבי מדיניות בנושאי תעסוקה, השכלה, הכשרה והגירה. מלבד תחזיות המבוססות על מודלים, כלים רבים אחרים פותחו ויושמו על מנת לחזות נטיות והתפתחויות עתידיות בשוק התעסוקה. לדוגמה – ראיונות עם מעסיקים, ועם מנהלי משאבי אנוש, ניתוח של מודעות דרושים וכדומה. מתודולוגיות אלו יכולות לשמש כאיזונים ובלמים לחוסר הוודאות הקיים במודלים המבוססים על נתונים מקרו כלכליים (Neugart & Schomann, 2002).

לוח 8: מודלים לחיזוי כוח אדם במספר מדינות

| מאפיינים נוספים | יישום | משתמשים בתחזית | מי מבצע את התחזית? | מי משלם עבור התחזית? | מקור נתונים עיקרי | עדכון | |
|--|--|---|--|---|---|---------|-------|
| נגיש דרך האינטרנט, כל מדינה מחויבת לייצר תחזיות לגבי תעסוקה | ברמת המדינה | גופי הממשל לצורך הכשרה, מדיניות חינוך והגירה, יועצי קריירה, חברות, אנשים פרטיים | Statistical Institute of the ministry of labor (BLS) | משרד העבודה (Ministry of Labor) | מפקד, נתונים סטטיסטיים על מועסקים ותעסוקה | שנתיים | ארה"ב |
| שיטות ברמת המקרו על מנת לייצר תחזית בסיס לגבי הכישורים הנדרשים | על ידי מוסדות להכשרה מקומיים והממשל המקומי | הדיון נערך בעיקר ברמה של מומחים | מוסד מחקר | השלטון המקומי (במידה ומדובר בתחזיות לגבי אזור מסוים), קרנות | סקרי כוח אדם, חשבונאות לאומית (national accounts) | לא סדיר | ספרד |

| מאפיינים נוספים | יישום | משתמשים בתחזית | מי מבצע את התחזית? | מי משלם עבור התחזית? | מקור נתונים עיקרי | עדכון | |
|--|---|--|--|--|---|----------|---------|
| קיימת התייחסות גם לנושא הנשירה מהלימודים | מעורבות רבה של גופים חברתיים (תכנון ההכשרה) | משרדי הממשלה למחקר, עבודה וחקלאות, אנשים פרטיים לצורך בחירת קריירה ולימודים, חברות כדי לחזות מחסור בהיצע, לשכות תעסוקה | מרכז מחקר עצמאי (ROA) | משרדי הממשלה למחקר, תעסוקה וחקלאות Central Employment Broad; LDC Expertise for centre Career Issues | סקרי כוח אדם | שנתיים | הולנד |
| וועדה ממשלתי מציגה את התוצאות ומעוררת דיון ציבורי כחלק מהתחזית הכלכלית | ממשלה, גופים חברתיים | אחד המקורות שמשמשים לדיון על מדדי התעסוקה | Research Committee for Employment Policy | משרד העבודה | מפקד תושבים, סקר בסיסי של מבנה שוק התעסוקה | חמש שנים | יפן |
| התייחסות למגדר | המחלקה לעסקים, מסחר ותעסוקה, משרד החינוך והמדע, גופים חברתיים מ-FAS | הממשלה והשלטון מקומי עבור תכנון מדיניות תעסוקה והשכלה, הנחייה למדיניות בנושאי מדע, טכנולוגיה וחדשנות, חברות וארגוני מסחר, יועצי קריירה, אנשים פרטיים | מוסד מחקר עצמאי (ESRI) | National Employment and Training Authority (FAS) | סקר כוח אדם שנתי, סקר משקי בית רבעוני | שנתיים | אירלנד |
| פרוגנוזה קצרת טווח | יישום חלש | לא נראה שיש ביקוש רב לתוצאות החיזוי | מוסדות מחקר עצמאיים | | מפקד ומדגם מהמפקד, בסיס נתונים סוציו-אקונומי, ביטוח לאומי, נתונים מהחברות, נתוני מיקרו מדמי אבטלה ומערכות לביטחון חברתי | לא סדיר | אוסטריה |

| מאפיינים נוספים | יישום | משתמשים בתחזית | מי מבצע את התחזית? | מי משלם עבור התחזית? | מקור נתונים עיקרי | עדכון | |
|---|---|---|---|--|--|----------|---------|
| שימוש נרחב בתחזית, גרסה מודפסת וגרסה באינטרנט, חלוקת תקליטורים לבתי ספר | משרד העבודה, הפדראלי, מחלקות אזוריות לחינוך ותעסוקה | הממשל הפדראלי עבור תכניות הכשרה הערכת הכשרה, פיתוח תכניות לימודים, יועצי קריירה | מוסדות מחקר עצמאיים, תחזיות של הממשל הפדראלי מושלמות על ידי תחזיות לגבי מגזר מסוים ותחזיות אזוריות/מק ומיות | משרד העבודה (HRDC) | מפקד תושבים, סקר חודשי של כוח אדם | חמש שנים | קנדה |
| מושם דגש על הקשר בין משרדי החינוך והעבודה | משרד החינוך והממשל המקומי האחראי על מדיניות ההכשרה | הממשלה והממשל מקומי, וועדות מיוחדות וגופים חברתיים | משרד התעסוקה – מחלקת למחקר כלכלי וסטטיסטי (DARES) | מחלקת המחקר של משרד התעסוקה | סקרי כוח אדם, חשבונאות לאומית (national accounts) | לא סדיר | צרפת |
| שקיפות ונגישות מוגבלת | הבדלים ביישום בין אזורים, אין קשר הדוק בין שימוש מקומי ופדראלי | בעיקר לשימוש ממשלתי | מוסדות מחקר עצמאיים ומוסדות מחקר ממשלתיים | הממשל מרכזי ומקומי | סקר כוח אדם, חשבונאות לאומית (national accounts), רישומי הביטוח הלאומי | חמש שנים | גרמניה |
| סקר מיוחד נערך על כישורים חסרים | משרד החינוך והתעסוקה מעביר את האחראיות לשותפים המקומיים המקבלים מימון מהציבור | קובעי מדיניות, קיימים מודלים המאפשרים סימולציה ברמה האזורית | מוסד מחקר עצמאי | מוסד מחקר שממומן על ידי משרד החינוך והתעסוקה | מפקד תושבים, סקר כוח אדם בשילוב עם נתונים מהתעשייה לגבי תעסוקה המבוססים על סקרים | שנה | בריטניה |

2.8 ביקורות והמלצות לשיפור המודלים

אחד הנושאים השנויים במחלוקת הינו האם יש טעם בחיזוי של ביקוש לכוח אדם מדעי וטכנולוגי עתידי, מכיוון שרמת הדיוק של התחזיות האלו תלויה בחיזוי אירועים בסביבה דינאמית ומשתנה. באופן כללי, הדיוק של תחזיות ביקוש בשוק העבודה המדעי והטכנולוגי אינו טוב דיו. בדרך כלל, מעבר לשנה הראשונה של התחזית אחוזי הטעויות עולים. החוקרים ניסו לבדוק מה מבדיל תחזית מדויקת מתחזית שאיננה מדויקת (מכיוון שנמצא כי רוב התחזיות מכסות את אותה תקופת זמן ומבוצעות באותה שיטת הערכה). אחד המשתנים אשר נמצאו מנבאים את דיוק המודל הינו הבחירה של משתני התחזית. תחזיות ביקוש לבעלי תואר ראשון בדרך כלל יותר מדויקות מתחזיות ביקוש לבעלי תואר שלישי. קטגוריות מסוימות בשוק העבודה הינן יותר קשות לחיזוי בשל קשרים מורכבים ומשתנים עם משתני שוק העבודה (Oaxaca & Leslie, 1990).

Cervantes (2004) טוען שחיזוי הביקוש של כוח אדם מדעי וטכנולוגי הינו בעל סיכון מכיוון שהוא מתבסס על אקסטרפולציות שנעשו לנתוני ומגמות העבר. על סמך נתוני העבר, קשה לקבוע בוודאות אילו תעשיות וטכנולוגיות חדשות יופיעו בעתיד.

ה- NSF (2006) מפרט את הקשיים הבאים הייחודים לחיזוי הביקוש לכח-אדם מדעי וטכנולוגי:

- קושי לחזות החלטות על הוצאות במחקר ופיתוח הנעשות על ידי ממשלה וחברות.
- קושי לחזות הופעת תעשיות ותהליכים טכנולוגיים חדשנים.

בהתייחסות למודלים של חיזוי ביקוש יש לשים לב לשני פרמטרים: יעילות המודל ומגבלותיו. אחד הנושאים החשובים במודלים של ביקוש הינו כיצד לייצג חוסר ודאות. כל מודל נשען על הנחות שאינן ודאיות לגבי משתני העתיד. השאלה המתבקשת הינה עד כמה ניתן להיות בטוחים בהנחות הללו.

Oaxaca & Leslie (1990) טוענים שמטרת תחזיות ביקוש הינה לשפר את ההבנה של תהליכי קבלת החלטות. לשם כך, אין צורך לבנות מודל מתוחכם ומובנה היטב אלא לחקור את המשתנים השונים: התנהגות השכר, מדיניות בנוגע לקביעות, מדיניות המוסדות להשכלה גבוהה בנושא משרות מחקר. יש להגיע להבנה טובה של תהליכים אלו, מעין מחקר בסיסי בשוק העבודה. לטענתם למודלים של ביקוש יש ערך מפקפק בחיזוי העתיד, פרט לחיזוי המיועד לעתיד הקרוב, בטווח של עד שנה. עדיף להתרכז בהבנת הגורמים המניעים את שיקולי ההיצע והביקוש של שוק המדענים והמהנדסים. השאלה אינה כמה מדענים ומהנדסים יהיו ולכמה מדענים ומהנדסים נזדקק, אלא מהם הגורמים שישפיעו על ההיצע והביקוש של מהנדסים ומדענים ומה גודל השפעתם. מומלץ לארגן את המידע הנאסף לפחות בשלושה אופנים: על-פי תחום (פיזיקה, כימיה), על-פי משתנים תלויים (מספר התארים הראשונים, מספר הנרשמים) ועל-פי משתנים מסבירים (משכורות).

Richardson & Tan (2007), בדו"ח שהוכן למרכז הלאומי לחקר ההכשרה המקצועית באוסטרליה טוענים, שתחזיות כוח אדם אינן ריאליות לתקופה של מעל לעשר שנים. מגבלות נוספות שזוהו על ידם במודלים לחיזוי כוח אדם הם: הנתונים הנדרשים לבניית המודל לא תמיד זמינים בצורה המתאימה, קושי בסיווג נתונים מסוימים (לדוגמא משלחי יד), חוסר עקביות באיסוף הנתונים ומגוון של מקורות שונים המשמשים לאיסוף הנתונים.

דו"ח של ה- NRC²¹ משנת 2000 מונה ארבעה גורמים עיקריים המשפיעים על חוסר הודאות בתחזיות ביקוש:

- גורמים ממקורות חיצוניים אשר הינם מחוץ לשוק העבודה והמשפיעים עליו. דוגמאות: צמיחה כלכלית, צמיחה טכנולוגית, צרכי בטחון, מלחמות, דמוגרפיה של שוק העבודה המדעי והטכנולוגי.
- גורמים המושפעים ממדיניות ממשלתית אבל אינם בהכרח זהים לאינטרסים של שוק העבודה המדעי והטכנולוגי. דוגמאות: מדיניות הגירה, מימון מחקרים.
- חוסר ודאות הנובע מגורמים התנהגותיים – חוסר היכולת לחזות כיצד אנשים יגיבו לשינויים בשוק העבודה.

National Research Council - principal operating agency of both the National Academy of Sciences 21 and the National Academy of Engineering. <http://www.nationalacademies.org/nrc/>

- חוסר ודאות הנובע מגורמים כלכליים. חוסר ודאות זו מחולקת לשני סוגים :
 - חוסר ודאות פרמטרית - אי היכולת לתאר במודל את כל הפרמטרים והדקויות הקיימים בעולם האמיתי.
 - חוסר ודאות הטבועה במודל - אין אפשרות לכייל את המודל בהתאם לכל הפרמטרים הקיימים בעולם האמיתי.
- קיים הבדל בין תחזיות לטווח קצר ותחזיות לטווח ארוך. לתחזיות אלו יש מטרות שונות, שימושים שונים וסוגי טעויות שונים. תחזית לטווח קצר מיועדת לשנה או לשנתיים הקרובות, התחזית כוללת נתונים שנתיים ויש לה יכולת חיזוי טובה. תחזיות לטווח ארוך הינן מורכבות יותר מכיוון שהן רגישות יותר לשינויים בלתי צפויים בסביבה הכלכלית ולכן הן מדויקות פחות.
- המלצות דו"ח ה-NRC (2000) לשיפור המודלים של החיזוי כוללות את הצעדים הבאים :
1. לקחת בחשבון מיהם הלקוחות של תחזיות הביקוש - תחזיות ביקוש משמשות בדרך כלל ארבעה מגזרים נפרדים: סטודנטים לצורך קבלת החלטות עתידיות לגבי הקריירה שלהם, גופים ממשלתיים לצורך קביעת מדיניות בנושאי כוח אדם, מעסיקים מהתעשייה והאקדמיה וקהילת המדע.
 2. הקף התחזית – יש לשים לב לפרמטרים הבאים :
 - 2.1. האם התחזית מותנה או לא מותנה - מודל לא מותנה מוגדר כאשר ערכי העתיד של המשתנים המסבירים ידועים בוודאות. מודל מותנה מוגדר כאשר ערכי העתיד של המשתנים המסבירים אינם ידועים בוודאות.
 - 2.2. רמת הדיסאגרגציה (disaggregation) – רצוי להשתמש ברמות מרובות של דיסאגרגציה לפי תחומים שונים. לדוגמא: פיזיקה, פיזיקה של מוצקים, פיזיקה של חומרים.
 - 2.3. המשתנים המיוצגים בתחזית – יש לקחת בחשבון את המשתנים הבאים: משכורות, איכות כח האדם, ואיכות העבודה.
 - 2.4. רמת הירידה לפרטים – שוק העבודה המדעי והטכנולוגי מגוון ומורכב, האם נדרשות תחזיות נפרדות לביולוגים, לתעשיות פרמצבטיות וכו'.
 - 2.5. הגורמים המתוארים במודל – תיאור התחלופה בשוק העבודה או ציפיות השכר.
 - 2.6. ייצוג חוסר הודאות במודל – במודלים קיימים נתונים מפוזרים רבים ויש בעיה לייצג פיזור זה. לכן אין תמיד טעם בשימוש בנתון הממוצע (לדוגמא, משכורת).
 - 2.7. איכות הנתונים והמשתנים הכלולים במודל- תיאום ביו הגופים השונים האחראים לאיסוף הנתונים, תיעוד מלא של איסוף הנתונים, שיפור איכות הנתונים הנאספים.
 - 2.8. נושאים הקשורים למודל – מהם המשתנים מחוץ לשוק העבודה המדעי והטכנולוגי המשפיעים על המודל. לדוגמא: מחירים, משכורות, משרות, ואיכות האנשים בשוק. יתכן שצריך לקחת בחשבון משתנים נוספים כדוגמת, משרות פנויות ותת-תעסוקה.
 - 2.9. טבע המודל – יש אבחנה בין מודלים מסוג gap אשר אינם כוללים את מנגנוני שיווי המשקל (שינוי שכר, שינויים בתיאור התפקיד, האצה בתוכניות מחקר) ומודלים שמרנים הכוללים מנגנוני שיווי משקל. מודלים מסוג gap מזהים את הבעיה ואילו המודלים השמרנים מתקשים להגדיר אילו מנגנוני שיווי משקל יכולים לטפל בבעיה. יש לזהות ולנתח באופן אמפירי את מנגנוני שיווי המשקל ואופן פעולתם.

- 2.10. מורכבות המודל – מודלים של ביקוש כוח אדם בתחום ההנדסה נוטים להיות מורכבים מדי על חשבון היעילות.
- 2.11. ייצוג מרכיבים התנהגותיים - מודל טוב אמור להתייחס גם למרכיב ההתנהגותי. אנשים מגיבים לתמריצים בשוק העבודה ויש לכמת את תגובותיהם. בד"כ, כלכלנים מכינים מודל מתמטי-אקונומטרי ומשתמשים בנתוני העבר כדי להסיק על הפרמטרים של התגובה ההתנהגותית. יש להימנע ממודלים שאינם לוקחים בחשבון גורמים התנהגותיים, מכיוון שמודלים אלו יוצרים רושם מוטעה. אין מודל אחד שמתאים לכל המגזרים והלקוחות, יש צורך במבנה גמיש של מודל שיותאם למטרות ובצרכי הלקוחות.
3. הפרדה בין איסוף הנתונים לבניית התחזית - צריכה להיות הפרדה בין הגופים האוספים את הנתונים לבין הגוף המגיש את התחזיות וזאת על מנת למנוע ניגודי אינטרסים.
4. איסוף נתונים עדכניים - בדיקה שכל הגופים משתמשים באותן ההגדרות, מעקב אחרי כל מגזרי השוק השונים (סטודנטים, בוגרים, הסבה מקצועית, ועוד). בנוסף לכך, ישנה ירידה בגדלי המדגם המקשה על תחזיות בשווקים קטנים, בתחומים מוגדרים ולאירועים פחות שכיחים כמו הסבה מקצועית.
5. איסוף נתונים המשמשים את המודל בהיקף ובזמן המתאים. הנתונים יכללו יצור סטטיסטיקות תיאוריות על-פי זמן המתאימות למשכורות ולתעסוקה ע"פ הכשרה, מקצוע ומגזר, רמת תואר, ניידות פנימית. על הנתונים הנאספים לאפשר לתחזיות להיות נבדלות לאורך הממדים הבאים:
- 5.1. תחזית מותנה/לא מותנה
- 5.2. ייצוג מגזרים שונים בתחזית: אקדמיה (משרות קבועות, משרות של פוסט דוקטורנטים), תעשייה.
- 5.3. נושאי תחזית הביקוש: ביקוש, ניידות וקריירות.
- 5.4. תחזיות מפורטות ומקיפות יותר מעבר לממוצעים וסטיות תקן, באופן שיתארו פיזור מלא של התוצאות האפשריות.
- 5.5. תחזיות בצירי זמן שונים.
- 5.6. הצגת הנתונים בטבלאות הניתנות לניתוח של מדיניות וגם לתכנון קריירה ע"י סטודנטים ולמחקר ע"י מהנדסים ומדענים.
6. פיתוח תכנית מחקר שתעסוק בשיפור מודלי ביקוש של כוח אדם מדעי וטכנולוגי – יש לשים דגש מיוחד על הפרמטרים הקריטיים של תגובת שוק העבודה כמו תנודות בשכר, מעברים בין מקצועות, מדידת איכות כוח האדם ההנדסי והטכנולוגי.
- כמו כן, על עורכי תחזיות עתידיות של שוק העבודה לקחת בחשבון את השינויים הבאים שחלו בשוק העבודה בעולם המערבי בעשורים האחרונים. לשינויים אלו יש השלכות שונות על שוק העבודה:
- שינויים דמוגרפים – הזדקנות האוכלוסייה (עלייה בתוחלת החיים וירידה בריבוי הטבעי) הגורמים לכך שמספר המצטרפים החדשים לשוק העבודה הולך וקטן ולעלייה במקצועות בתחומי הסייעוד והבריאות.

- גלובליזציה – התחרות הבין-לאומית בין תעשיות ממדינות שונות גרמה להתמחות של כל מדינה בתחומים ספציפיים. מכיוון שהיתרון של המדינות המתפתחות הוא כוח אדם זול, מדינות המערב מסתמכות יותר ויותר על מקצועות הדורשים התמחות וכישורים גבוהים ופחות על מקצועות בתחום הייצור.

- התפתחות טכנולוגית – לטכנולוגיה השפעה כפולה – מצד אחד היא מייצרת מקצועות רבים באמצעות תהליכי מחשוב ומצד שני היא יוצאת צורך בעובדים במקצועות חדשים כמו היי-טק, ביו-טק וקליני-טק. השינויים הטכנולוגיים הם קשים לחיזוי, קשה להעריך מראש איזו טכנולוגיה תפרוץ ובאיזה קצב. ניתן לזהות סימנים למקצועות חדשים, אך תמיד צריך לקחת בחשבון שיפרוץ תחום חדש לגמרי (נתנזון ולוי, 2010).

לסיכום, תחזיות לגבי שוק העבודה תורמות להחלטות מושכלות ברמה האישית וברמת המדיניות. התחזיות טובות ככל שהמידע שהם מתבססות עליו מהימן. תחזיות המתבססות על הנחות פגומות לגבי העתיד יהיו לא מדויקות ויבילות לתחזיות מוטעות לגבי ביקוש בענפים מסוימים. סוגים שונים של תחזיות מותאמות למטרות שונות ולקהלים שונים ודורשים סוגי מידע שונים (CCL, 2007).

3.1 הקדמה

תכנון כוח-אדם מתבצע על ידי מודלים שונים לחיזוי ביקוש והיצע כדי לקבוע את דרישות כוח-האדם העתידיות של המדינה, החברה והארגון. רוב המודלים לתחזיות של כוח-אדם מורכבים מהחלקים הבאים:

- חיזוי ביקוש - הערכת צרכי כוח-האדם העתידיים על-ידי התייחסות לתוכניות העסקיות והפונקציונליות לרמות פעילות עתידיות.
- חיזוי היצע - הערכת היצע כוח-האדם על-ידי התייחסות לניתוח המשאבים הנוכחיים וזמינות בעתיד. חיזוי היצע מודד את כמות כוח-האדם שסביר שתהיה זמינה.
- קביעת דרישות כוח-האדם - ניתוח תחזיות הביקוש מול ההיצע כדי לזהות חוסרים או עודפים עתידיים.
- תכנון מדיניות - הכנת תוכניות לטיפול בגרעונות או עודפי כוח-אדם הצפוי לשיפור ויעול.

קיימות שתי גישות לתחזיות שוק התעסוקה העתידי: תכנון כוח העבודה (Workforce Planning) וניתוח שוק העבודה (LMA - Labor Market Analysis)

תכנון כוח עבודה – מייצרות תחזיות ארוכות טווח ברמת המדינה והפרובינציה. דוגמאות לכך הם המודל הקנדי והאמריקאי לחיזוי כוח אדם. גישה זו מספקת תחזיות ארוכות טווח הקושרות בין ההכשרה העתידית לצמיחה הכלכלית הצפויה בשנה מסוימת, בהתבסס על "הנחות סבירות". המודלים מורכבים משלבים דומים: צעד ראשון הוא תחזית לגבי התמ"ג הצפוי, וכיצד השינוי בתמ"ג יתחלק בין הענפים השונים, לאחר מכן מתבצע חיזוי של רמת התעסוקה (דרישות כוח האדם) הנחוצה להשיג צמיחה כלכלית בשנה מסוימת בכל ענף/מגזר כלכלי (יחס תמ"ג – עובדים) ולבסוף מחשבים את הביקוש לעובדים בכל ענף, בהתבסס על חוסר שיווי המשקל בין הגידול הצפוי בתעסוקה לבין הביקוש. מרכיב הביקוש כולל שני תתי מרכיבים: תחלופה (replacement) - צורך בעובדים חדשים בשל יציאה לגמלאות, קידום, חילופי משרות, תחלואה ומוות והכניסה הצפויה של עובדים חדשים - בוגרי אוניברסיטה שסיימו את לימודיהם, מהגרים ואנשים שנכנסים מחדש לשוק העבודה. ניתן להשתמש בהערכות אלו על מנת לקבוע מהם צרכי ההכשרה העתידיים. רב המודלים נוקטים בגישת "למעלה – למטה" (top-down) – קודם כל הגעה לרמת התעסוקה הנדרשת בתעשייה ואחר כך פרוק של רמה זו למשלחי היד בכל תעשייה.

היתרונות של גישה זו הן בכך שהיא מעשית יחסית ודורשת כמות נתונים סבירה. אולם יש מספר נושאים שעלולים לפגום במהימנות של השיטה – ההערכות הן טובות כל עוד ההנחות שעליהן הן מתבססות מתאימות. יש גורמים בלתי צפויים רבים היכולים להשפיע על הצמיחה הכלכלית ועל שוק העבודה. דוגמא לכך, היא העלייה של המחשבים האישיים ושל האינטרנט בשנות ה-80 וה-90 שגרמה לדרישה לסט חדש של כישורים שלא נחזו. כמו כן, השיטה מניחה שיעורי שכר קבועים יחסית וקשר קבוע בין מספר העובדים הדרוש וכמות הסחורות המופקת. בעוד שבמציאות יש דרכים רבות שבהם כוח אדם וטכנולוגיה יכולים לשנות את היצרנות במגזרים שונים. איכות תחזיות אלו יורדות ככל שזמן החיזוי מתארך. אולם שימוש בגישה זו על מנת לחזות שינויים בענף כלכלי מסוים היא מדויקת באופן יחסי. הקושי מתעורר כאשר יש צורך "לתרגם" את דרישות

התעסוקה לצרכי ההכשרה וההשכלה העתידיים. ההנחה שהכשרה הנדרשת בזמן החיזוי תהיה זהה להכשרה שתידרש בעוד מספר שנים אינה מיד נכונה. קיימים מקצועות שבעבר הספיקה השכלה תיכונית על מנת לעסוק בהם וכיום נדרשת השכלה אקדמית. שינוי בדרישות ההכשרה אינן בהכרח זהות לשינויים במשלחי היד.

כיום, רוב השיטות המודרניות המשמשות את גישת תכנון כוח האדם מבוססות על כלים אקונומטריים וסימולציות של העתיד בהתבסס על נתונים היסטוריים רבים. שיטות אלו אינן מתיימרות לתכנן איך יראה המשק, אך מתבססות בעיקר על נתונים מקרו-כלכליים ומתמקדות בטווח הבינוני-רחוק. מודלים אלו מבוססים על משוואות מתמטיות (רגרסיה) המייצגות את הקשרים שבין משתנים כלכליים וענפי כלכלה. בתיאוריה ניתן לייצר אינסוף משוואות לתיאור הקשרים. אולם במציאות יש כמות מוגבלת של נתונים. לכן, רוב הכלכלנים נוטים לפשט את המודלים. אחד מהחוזקות של מודלים המבוססים על כלים אקונומטריים הוא טבעם הדינמי והיכולת לעדכן את הנתונים שמשתמשים בהם באופן שוטף. ניתן להשתמש במשוואות רגרסיה על מנת להעריך את ההשפעה של משתנים רבים על מספר המועסקים העתידי ולבדוק את השפעת תרחישים שונים על שוק העבודה (לוי ונתנזון, 2010; 2007; Richardson & Tan, 2007, CCL).

Burns & Shanahan (2000) מפרטים את המאפיינים הנחוצים למודלים האקונומטריים: על המודל להיות עקבי, כלך שתחזיות מחלק אחד של המודל לא יסתרו תחזיות מחלק אחר של המודל. שנית הקשר שבין ההיצע לביקוש צריך להיות מבוסס על תיאוריה כלכלית מוצקה.

למודלים האקונומטריים יש חסרונות: קיימים אירועים שלא ניתן לחזות, יש משתנים שהינם מחוץ לשליטתן של ממשלות וקשה להכין מודל מדויק שיחזה את תהליכי קבלת ההחלטות בקרב אנשים פרטיים וממשלות. בנוסף, מודלים אלו דורשים קלט של נתונים ומידע רב, ותחזוקה שוטפת שהינה יקרה. כמו כן, המשוואות מבוססות על הנחות מובלעות שונות. לדוגמא, רגרסיה ליניארית מבוססת על ההנחה שניתת ההשפעה של פרמטרים שונים על שוק העבודה לא תשתנה כאשר הפרמטרים יגדלו. בפועל שינוי גדול במשק כמו התפתחות טכנולוגית יכול להפר את ההנחות הבסיסיות והתחזית תאבד מערכה (CCL, 2007; לוי ונתנזון, 2010).

שיטה נוספת היא שימוש בטבלאות תשומה – תפוקה (input-output) - טבלאות אלו מתארות את היחסים בין הענפים השונים במשק ומראות אילו תשומות נחוצות לכל ענף על מנת להפיק יחידת תפוקה. מודל זה שימושי לחישוב כיצד הגידול בתפוקה של ענף מסוים יגדיל את התעסוקה באותו ענף באופן ישיר וישפיע על התעסוקה בענפים אחרים באופן עקיף. מכיוון שהמודל מבוסס על תמונת המצב האמיתית במשק וכולל נתונים רבים, הוא נחשב אמין יחסית, אבל הוא גם יקר. במדינות בהן נאסף המידע הנחוץ למודל, טבלאות תשומה-תפוקה מתפרסמות את לחמש שנים (נתנזון ולוי, 2010). השיטה פותחה ויושמה לראשונה על ידי וסילי ליאונטיף (Wassily Liantief), כלכלן אמריקאי ממוצא רוסי שזכה ב-1973 בפרס נובל לכלכלה על פיתוח השיטה.

ניתוח שוק העבודה/ניתוח על פי אותות (Labour Market Analysis) – נדרשות מגוון שיטות המספקות נקודות מבט שונות על שוק העבודה על מנת להשלים את טכניקות החיזוי מבחינת דיוק ויישום לתחומים שונים. ניתוחים מסוג LMA מספק מגוון של אמצעים, המאפשרים תרגום של סיווג משלחי יד לדרישות הכשרה. גם נושאים כמו עוני ושיווין נלקחים בחשבון בניתוחי LMA. מטרת גישה זו היא למצוא את נקודות אי שיווי המשקל בשוק העבודה הנוכחי. לצורך כך, ניתן להיעזר המספר טכניקות: לדוגמא, מעקב אחר מודעות דרושים, המעידות על דרישות המעסיקים

להשכלה, כישורים וניסיון רלבנטיים. באמצעות מאגר מודעות הדרושים ניתן לתר שינויים בשוק העבודה לאורך זמן ולזהות מגמות. טכניקות נוספות הן סקרים בקרב מעסיקים ומשקי בית – המספקים תיאור של מצב השוק הנוכחי וציפיות לגבי שוק העבודה העתידי; מחקרי מעקב אחר בוגרים של תוכניות להכשרה מקצועית ומוסדות להשכלה גבוהה – שבאמצעותם ניתן לבדוק האם תוכניות להכשרה מקצועית משיגות את מטרתן ומהם השיפורים הנדרשים; ראיונות עם מומחים (עובדים בחברות השמה, מנכ"לי כוח אדם בחברות גדולות וחוקרים של שוק העבודה) – ראיונות אלו מאפשרים עריכת ניתוח איכותני של שוק העבודה. החסרונות של גישה זו הם: דגש על ניתוחים איכותיים ולא כמותיים, וחיזוי לטווח זמן קצר ולא לטווח זמן בינוני-ארוך. כמו כן, מדובר בניתוח סובייקטיבי. כאשר מסתמכים על נתונים חלקיים ממקור מסוים – יתכן שהם לא מייצגים את כלל המשק ויש חשש מהטיית נתונים (נתנזון ולוי, 2010; CCL, 2007).

תחזית כוח אדם לפי משלח יד והשכלה על בסיס גישת תכנון כוח העבודה נוצרו על בסיס קבוע במספר מדינות OECD, מקובל לציין חזיות של שש מדינות בולטות: ארה"ב, קנדה, אוסטרליה, גרמניה, הולנד ובריטניה (Richardson & Tan, 2007).

בפרק הנוכחי יוצגו חמשה מודלים לתחזיות של ביקוש לכוח אדם מדעי וטכנולוגי בצפון אמריקה (ארה"ב וקנדה) ובאירופה (אירלנד, בריטניה והולנד). יוצגו ההנחות העומדות בבסיס המודלים, המתודולוגיות שעל פיהן נערכים המודלים, יתרונות וחסרונות של המודלים השונים, התפתחויות עתידיות בנושא.

3.2 המודל של ה-BLS לחיזוי כוח אדם

ה-BLS²² היא מחלקה במשרד העבודה האמריקאי האחראית על מדידת הפעילות בשוק העבודה, תנאי התעסוקה ועוד. משימתה העיקרית היא לאסוף, לנתח ולהפיץ מידע בנושאים אלו למקבלי ההחלטות במגזר הציבורי ובמגזר הפרטי.

העניין של BLS החל בחיזוי כוח אדם בתום מלחמת העולם השנייה על מנת לספק מידע לחיילים שנכנסו מחדש לשוק העבודה. התחזיות הרשמיות הראשונות פורסמו במהלך שנות ה-60. מאז, ה-BLS פתח תחזיות של דפוסי התעסוקה לטווח הרחוק. התחזיות כוללות מידע לגבי את גודל והיקף כוח העבודה, צמיחה כלכלית, הערכות לגבי התפוקות של התעשייה ותעסוקה בתעשייה. המשתמשים תחזיות הם אנשים פרטיים המחפשים יעוץ תעסוקתי, ארגונים ויועצים המספקים הכוונה תעסוקתית, קובעי מדיניות, גורמי חינוך, שצריכים מידע לצורך תכנון ארוך טווח.

החל משנות ה-90, ה-BLS מפרסמת כל שנתיים תחזית לטווח זמן בינוני (תקופה של עשור), התחזית הנוכחית היא לתקופה של 2010-2020. התחזיות מתפרסמות באופן מקוון וגם בכתבי עת ומשמשות בסיס לפרסום ה-Occupational Outlook Handbook²³.

התחזיות משמשות הורים, מורים, תלמידי בתי ספר תיכון וקולגיים שנדרשים להחליט לגבי עתידם. הם משמשות גם את סוכנויות התעסוקה כנקודת מוצא המסייעת להם בפיתוח של תחזיות מקומיות ואזוריות. תחזיות מקומיות אלו בשילוב עם תחזיות לאומיות משמשות גם לקביעת

²² <http://www.bls.gov> - Bureau of Labor Statistics

²³ המקור העיקרי בארה"ב להצגת מידע על משלחי יד: השכלה נדרשת, שכר צפוי, ביקוש ועוד

ולמימון תכניות חינוך והכשרה. בנוסף, סוכנויות פדראליות וחוקרים מהאקדמיה משתמשות בתחזיות על מנת להבין מגמות בכלכלה ובשוק העבודה.

יש לציין כי ה-BLS מייצר ומפיץ את התחזיות, אך הוא אינו ממליץ על תוכניות ומדיניות בנושא הכשרה. גופים ממשלתיים אחרים כדוגמת ה-Employment and Training Administration אחראים על נושא ההכשרה. תחזית התעסוקה של ה-BLS הינה לאומית והמדינות השונות בארה"ב נדרשות לפתח תחזיות משלהן. כמו כן, תחזיות שונות לגבי משלחי יד ספציפיים מבוצעות לעיתים על ידי גופים ממשלתיים. לדוגמה, משרד הבריאות ערך מחקר על כוח אדם בתחום הסיעוד, במסגרת משרד המסחר והתעסוקה בוצע מחקר לגבי משלחי יד הקשורים לטכנולוגית המידע ואילו הקרן הלאומית למדע אחראית על שוק העבודה של מדענים ומהנדסים (Barnow, 2002).

המרכיב החשוב ביותר הוא המבנה המקיף של התחזית. כדי להבטיח עקביות פנימית, תהליך החיזוי כולל ניתוח מקיף ומפורט בכל שלב. מומחים בתוך הצוות ומחוץ לצוות בודקים את כל התוצאות הרלבנטיות. התחזיות מפותחות על בסיס של הנחות מפורשות וסמויות תוך כדי שימוש במודלים אקונומטריים ביחד עם ניתוח סובייקטיבי. ההנחות הבאות עומדות בבסיס התחזית:

- לא יהיה שינוי דרסטי במגמות הדמוגרפיות והחברתיות
- לא תפרוץ מלחמה או קונפליקט פוליטי מהותי
- לא יתרחשו אסונות טבע גדולים
- החוקים והמדיניות הקיימים ימשיכו להשפיע לאורך תקופת התחזית

יש להתייחס לתחזיות התעסוקה של ה-BLS כאל projection ולא כאל forecast. המונח projection מתייחס לתקופות ארוכות יותר ולמגמות המבוססות על סדרה של הנחות ומספקת תסריטים עתידיים אפשריים, בעוד שהמונח forecast מספק תחזית הכוללת את הערכים הממשיים בעתיד הקרוב.

מתודולוגיה

מאז שנת 1970 נעשה שימוש באותה מתודולוגיה בסיסית להכנת התחזית. התחזיות מבוססות על סדרה בת ששה שלבים שכל אחד מהם מבוסס על מודלים, הליכים והנחות קשורות. התוצאות של כל שלב מהוות את הקלט (input) של השלב הבא. כל שלב כולל מספר איטרציות שנועדו להבטיח עקביות התוצאות והנחות של כל שלב מבוקרות ומוערכות. ששת השלבים הם:

- הגודל וההרכב הדמוגרפי של כוח העבודה
- צמיחה כלכלית מצרפית (aggregate economic growth)
- דרישה לסחורות (commodity final demand)
- טבלאות תשומה תפוקה (Input-output)
- תפוקות התעשייה ותעסוקה בתעשייה (industry output and employment)
- תעסוקה לפי מקצועות ומשרות חדשות (occupational employment and opening)

להלן יובא פרוט קצר על המרכיבים השונים בתחזית ה-BLS:

הגודל והרכב הדמוגרפי של כוח העבודה

תחזיות על שיעור ההשתתפות העתידי בשוק העבודה מבוססות על תחזיות של גודל והרכב האוכלוסייה המבוצעות על ידי לשכת מרשם האוכלוסין של ארה"ב²⁴. התחזיות כוללות הנחות לגבי שיעורי פריון/ילודה עתידיים, שיעורי תמותה, והגירה. העיבוד של ה-BLS לסקר זה הוא מפקד אוכלוסין ה-Current Population Survey (CPS)²⁵ הכולל את חישוב כוח העבודה העתידי על ידי הפחתה של אוכלוסיית הילדים מתחת לגיל 16, אנשי צבא ואנשים המאושפזים במוסדות שונים. ה-BLS יש מאגרי נתונים על השתתפות בשוק העבודה לפי 136 קבוצות של גיל, מגדר וקבוצה אתנית ונבדקות מגמות תעסוקה לפי המשתנים אלו. הקבוצות השונות מסוכמות על מנת להגיע לגודל כוח העבודה האזרחי שמהווה את הקלט לשלב הבא.

צמיחה כלכלית מצרפית (aggregate economic growth)

השלב השני בתהליך החיזוי הוא פיתוח תחזיות על התוצר המקומי הגולמי (GDP) ועל הקטגוריות של ביקוש והכנסה. הערכים לגבי הביקוש בכל מגזר משמשים בשלב הבא לפיתוח תחזיות לגבי צריכה אישית, השקעות במגזר העסקי, סחר חוץ ועוד.

התחזיות האחרונות התבססו על המודל המקרו כלכלי שפותח על ידי ה-St Louis Macroeconomic Advisers LLC (MA) המודל כולל 744 משתנים המתארים את כלכלת ארה"ב, ושניתן לסווג אותם לשלוש קטגוריות: 134 משוואות התנהגותיות (Behavioral Equation), 409 הנחות (identities) ו-291 משתנים אקסוגניים (exogenous), הכוללים הנחות בסיסיות כדוגמת מדיניות מוניטרית, מדיניות פיסקלית, מחירי ואספקת אנרגיה, צמיחה כלכלית עולמית ושינויים דמוגרפיים. המודל משמש להכנת התחזית של התוצר המקומי הגולמי ומרכיביו, תעסוקה של משקי בית ושיעור האבטלה.

זרישה לסחורות (commodity final demand)

המודל המקרו כלכלי מספק תחזיות לגבי הביקוש הסופי במגזרים (final demand sectors) וכולל את הנתונים הבאים: הוצאות צריכה פרטיות, gross private fixed investment, שינויים ב-private inventories, יצוא ויבוא של סחורות ושירותים, הוצאות של הממשל המקומי, הוצאות של הממשל הפדראלי ועוד. השלב כולל את פילוח התוצאות ממודל המקרו לקטגוריות מפורטות ולסוגי הסחורות שנרכשות בכל קטגוריה. החלוקה של סחורות לקטגוריות הינה מפורטת ככל שניתן ונתמכת על ידי ה-Input output Accounts, National Income and Product Accounts, המפורסמים על ידי ה-Bureau of Economic Analysis (BEA)²⁶. שלב זה כולל טיפול בארבעה משתנים.

• Personal consumption expenditures (PCE) – החיזוי של הוצאות הצריכה נעשה ברמה אגרגטיבית, לפי המודל של Houthakker Taylor²⁷ על מנת לחזות את הוצאות הצריכה לפי

²⁵ <http://www.census.gov/cps>

²⁶ <http://www.bea.gov>

²⁷ Houthakker H.S and Lester D. Taylor, Consumer Demand in the United States: Analyses and Projections, 1970 Harvard University Press

88 קטגוריות במהלך התקופה. מתקבלת טבלה המפרטת את ההוצאות לפי 88 קטגוריות ב-200 תעשיות.

- Gross private domestic investment – חיזוי של השקעות פרטיות בציוד ותוכנה (PIES). התחזית מתבצעת עבור 28 קטגוריות של השקעה פרטית בציוד ובתוכנה. ההערכות מקובצות לרמת המקרו ונבדקות כך שתהיה עקביות בין רמת המקרו לרמה המפורטת.
 - Foreign trade – סחר חוץ ברמת המקרו - חיזוי של יצוא ויבוא של סחורות ושירותים.
 - Government demand – תחזית עבור שלוש קטגוריות עיקריות: בטחון לאומי, הוצאות לאומיות ממשלתיות שאינן קשורות לביטחון, והוצאות הממשל המקומי של המדינות השונות. התחזיות עבור כל קטגוריה כוללות הערכות לגבי שני סוגי הוצאות: צריכה והוצאות גולמיות (gross investment). חלוקה נוספת של הנתונים נעשת לפי מגמות שהיו בעבר ושינויי מדיניות ושינויים פוליטיים צפויים.
- המשתנים שפורטו לעיל מקובצים למטריצה שכוללת 200 שורות של סחורות ו-200 עמודות של דרישה לסחורות השונות. פילוח זה של התוצר המקומי הגולמי (GDP) מהווה את הקלט לשלב הבא.

טבלאות תשומה-תפוקה (Input-Output)

כל מגזר תעשייה נשען על מגזרי התעשייה האחרים לצורך אספקה של סחורות ושירותים הדורשים עיבוד נוסף. התוצר המקומי הגולמי משקף מכירות רק לצרכנים הסופים. טבלאות תשומה-תפוקה מתארות כיצד תפוקה של תעשייה אחת עוברת כתשומות לתעשיות אחרות. באופן זה מתוארים הקשרים בין התעשיות השונות, הן כספקים של תשומות והן כצרכנים של התפוקות. מודל התשומה-תפוקה משמש אמצעי על מנת להגיע להערכה מצד התעשייה לגבי התפוקה והתעסוקה הנדרשת כדי להגיע לרמה נתונה של תוצר לאומי גולמי. טבלאות תשומה-תפוקה הן טבלאות שקשה להשיג נתונים עבורם. בארה"ב ובמדינות אחרות אין טבלאות שנתיות מפורטות מסוג זה, אלא טבלאות הכוללות נתונים לגבי חמש השנים הקודמות. ה-BLS מספק סדרה של הערכות לגבי התעשייה והתפוקה המבוססות על סדרה של מקורות, לדוגמא, סקר יצרנים שנתי, וסקרים של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. מקורות נוספים לנתונים הם סקרים של משרד החקלאות, ומשרד האנרגיה. ה-BLS מקבץ את הנתונים הללו לסדרה של מדדי תפוקה של התעשייה.

המודל כולל שתי טבלאות בסיסיות לכל שנה: טבלה אחת "use" וטבלה שנייה "make". הטבלה הראשונה "use" מציגה נתונים לגבי שימוש בסחורות לכל ענף תעשייה כתשומה בתהליכי הייצור של התעשייה. הטבלה השנייה "make" מציגה נתונים לגבי התפוקה של כל ענף תעשייתי. התוצר הסופי של שלב זה הוא טבלאות של הערך המוסף לפי ענפי התעשייה.

תפוקות התעשייה ותעסוקה (Industry output and employment)

מטרת שלב זה היא להגיע להערכות לגבי תעסוקה על פי ענפי התעשייה הדרושה להשגת רמת תפוקה מסוימת. לצורך כך, משלבים נתונים משני מקורות עיקריים:

1. Current Employment Statistics (CES) – סקר הכולל נתונים סטטיסטיים לגבי תעסוקה (לא כולל את ענפי החקלאות) - נתוני שכר, תפוקה ושעות שבוועיות.

2. Current Population Survey (CPS) – סקר משקי בית המספק מידע לגבי תעסוקה במגזר החקלאות, עצמאים ואנשים שעובדים מהבית ועקרות בית.

המודל מחשב את התעסוקה בענפי התעשייה כפונקציה של תפוקה, משכורות, מחירים וזמן. ה-EPP (Employment Projections Program) מודד את התעסוקה הכללית כמספר של משרות, ולא של עובדים ומכסה את כל סוגי המשרות. לאחר מכן, נערך חיזוי של התעסוקה בענפי התעשייה לפי המגמות שהיו בעבר בין המשתנים. התעסוקה מבוטאת במספר המשרות ובמספר השעות, גם לעובדים שכירים המקבלים משכורת וגם לעצמאיים ולאנשים שעובדים בבית ולא מקבלים תשלום על כך (עקרות בית).

באמצעות מערכת של משוואות, מגיעים להערכה של תעסוקה לעובדים שכירים לכל ענפי תעשייה במשך העשור הקרוב. משוואה זו קושרת בין הביקוש לעובדים של התעשייה (סה"כ שעות) והתפוקה של התעשייה, תוך שקלול השינויים הטכנולוגיים שחלו בתעשייה. מערכת נפרדת של משוואות המתארת את השעות השבועיות עבור כל תעשייה, המוערכות כפונקציה של זמן ושיעור אבטלה. החיזוי לעצמאיים ועקרות בית מתבצע במודל נפרד.

הנתונים בשלב זה בשילוב עם התחזיות לגבי תפוקות התעשייה מספקים מדד לפריון העבודה. האנליסטים של ה-BLS בוחנים האם שיעורי הגידול הצפויים בפריון העבודה וביצרנות תואמים למגמות ההיסטוריות. כמו כן, האנליסטים מנסים לזהות תעשיות החורגות מהדפוסים שחלו בעבר, בשל שינויים טכנולוגיים או גורמים אחרים.

ההערכות הסופיות לגבי התעסוקה הצפויה ב-200 ענפי תעשייה משמשות כקלט על מנת לקבוע את התעסוקה לפי משלחי יד בעשור הקרוב.

תעסוקה לפי משרות ומשרות חדשות (Occupational employment and job opening)

הטכניקה לפיתוח תחזיות תעסוקה מבוססת על מטריצה National Employment Matrix של תעשייה-משלח יד. המטריצה כוללת פילוח לפי 750 משלחי יד בכ-300 ענפים, המקובצים ל-10 קטגוריות. הנתונים על משכורות לפי משלח יד מבוססים על סקר ה-BLS Occupational Employment Statistics (OES) - 800 משלחי יד לפי הסיווג של Standard Occupational Classification (SOC) ב-450 תעשיות המסווגות לקבוצות לפי ה-North American Industry Classification System (NAICS) (ברמה של 3,4,5 ספרות). בעת פיתוח המטריצה, משלחי יד שבהם מועסקים פחות מ-5,000 עובדים מקובצים לקטגוריות רחבות יותר.

משלחי יד שבהן יש פחות מ-5,000 עובדים מקובצים לקטגוריות נרחבות יותר. נעשות התאמות גם למידע לגבי דפוסי תעסוקה שנלקחים ממקורות אחרים מלבד ה-OES (מידע לגבי עובדים במגזר הציבורי, עצמאיים ועקרות בית).

התהליך כולל מספר שלבים: נערכת סקירה של נתוני עבר על מנת לזהות מגמות, לאחר מכן הגורמים המנחים מגמות אלו מזוהים באמצעות מחקרי ניתוח של תעשיות ספציפיות, משלחי יד ספציפיים, שינויים טכנולוגיים ונתונים כלכליים אחרים. לבסוף, נקבעים דפוסי התעסוקה הצפויים על בסיס ההחלטה האם וכיצד הדפוסים ישתנו בעתיד. הגורמים העתידיים להשפיע על השינויים כוללים: התפתחויות טכנולוגיות המשפיעות על התפוקה ועל מוצרים, חדשנות במגזר העסקי, שינויים של דפוסים ארגוניים, הענות למדיניות ממשלתית והחלטות לגבי הוספה או הפסקה של מוצרים ושירותים שונים. תהליך זה נעשה לתעסוקת שכירים.

לגבי עצמאיים – מתבצע ניתוח נפרד ומשולב ביחד עם השכירים על מנת להפיק תחזית לגבי התעסוקה הצפויה בארה"ב.

בנוסף לחיזוי של שינויים בתעסוקה לפי משלחי יד, ה-BLS מספק גם תחזיות לגבי משרות שנוצרות עקב פרישה לגמלאות (replacement needs) – שמשולבים יחד עם משרות פנויות עקב צמיחה כלכלית על מנת להגיע למספר המשרות בתקופת החיזוי. על מנת להגיע למספר המשרות הפנויות, מבוצעים ניתוחים של מגמות העבר ממפקדי אוכלוסין וחישוב שיעורי הפורשים לגמלאות לפי קבוצת גיל. ההנחה היא שלא יחול שינוי בדפוסי הפרישה לגמלאות. ה-BLS מספק מידע לגבי דרישות ההכשרה במקצועות השונים ברמות ההשכלה השונות: מקצועי, תואר ראשון, שני שלישי, השכלה על תיכונית, ניסיון תעסוקתי, הכשרה במקום העבודה.

סיכום תחזיות לתקופה 2010-2020

התחזיות לתקופה של 2010-2020 לוקחות בחשבון את המשבר הכלכלי והשפעתו על התחזיות העתידיות. ההנחה היא שלארה"ב יש היסטוריה של התאוששות ממשברים כלכליים וכך יהיה גם בעשור הבא. יש לקחת בחשבון שהמיתון משפיע באופן שונה על התעשייה ועל התעסוקה: חלק נפגעים מהמיתון באופן קשה, חלק באופן קל וחלק כלל לא. ענפי תעשייה ומשלחי יד שגדלו במהלך המיתון ימשיכו לגדול גם לאחריו ולהפך. הכנה של תחזית לעשר שנים כוללת בתוכה חוסר ודאות. בשל המיתון הקשה, התחזיות מתמודדות עם חוסר ודאות קשה יותר בהשוואה לעבר. בין הגורמים שאינם ודאיים: המדיניות הפיסקאלית, התאוששות שוק הדיור, ומשבר החוב הלאומי באירופה. הצפי הוא שהתעסוקה בעשור 2010-2020 תגדל ב-14.3% ותיצור 20.5 מיליון משרות חדשות. המקצועות בעלי הגידול המהיר ביותר הצפוי הם מקצועות עזר רפואיים (health care support) כ-34.5%, לאחריהם מקצועות הקשורים לשירותי בריאות ורווחה (personal care and services) – 25.9%. באופן פרטני, המקצועות בעלי הגידול המרשים ביותר הם אחיות מוסמכות (712,000 משרות), אנשי מכירות קמעונאים (707,000), home health aide (706,000) ו-personal care aides (607,000). מאפייני שוק העבודה העתידי:

- כוח העבודה יגדל באופן איטי ויזדקן מכיוון שדור ה"בייבי בום" מגיע לעשור השישי של חייו והשתתפותם בשוק העבודה הולכת וקטנה.
 - כוח העבודה יהפך למגוון יותר, כאשר ההיספנים יהוו 18.6% ממנו בשנת 2020.
 - בהתאם להנחות על גידול איטי בכוח העבודה, שיעור הגידול השנתי של התוצר המקומי הגולמי יהיה 3%.
 - התעסוקה במשלחי היד הקשורים לבריאות (health care), טיפול אישי (personal care services), שירותים חברתיים (social care) ובנייה צפויים לגידול המהיר ביותר. למרות הגידול במגזר הבנייה, רמת התעסוקה לא תשוב לרמה שהיתה לפני המשבר הכלכלי של שנת 2008.
 - מקצועות הדורשים תואר שני צפויים לגידול של 21.7%, שיעור הגידול המהיר ביותר בהשוואה לרמות ההשכלה האחרות (Sommers & Franklin, 2012).
- לוח מספר 9 מציג מספר משתנים בולטים בתחזיות של ה-BLS, בשלוש נקודות זמן: 2006, 2010 ותחזית לשנת 2020.

לוח 9: כוח העבודה, מקרו כלכלה, תפוקות ומשתני תעסוקה 2006, 2010 ותחזית ל-2020 בארה"ב (מספרים באלפים)

| אחוז השינוי | | שינוי | | מספר | | | מרכיב בתחזית |
|---------------|-----------|---------------|-----------|----------|----------|----------|--|
| צפי 2010-2020 | 2006-2010 | צפי 2010-2020 | 2006-2010 | צפי 2020 | 2010 | 2006 | |
| | | | | | | | כוח העבודה |
| 10.6 | 3.9 | 25,179 | 9,015 | 263,009 | 237,830 | 228,815 | אוכלוסייה אזרחית שאינה נמצאת במוסדות (noninstitutional) population |
| - 3.4 | - 2.3 | - 2.2 | - 1.5 | 62.5 | 64.7 | 66.2 | שיעור השתתפות בכוח העבודה |
| 6.8 | 1.6 | 10,471 | 2,461 | 164,360 | 153,889 | 151,428 | גודל כוח העבודה |
| - 45.8 | 108.7 | - 4.4 | 5.0 | 5.2 | 9.6 | 4.6 | שיעור האבטלה |
| | | | | | | | משתנים מקרו כלכליים |
| 33.8 | 1.0 | \$4,425 | \$130 | \$17,513 | \$13,088 | \$12,958 | Real gross domestic product (billions of chained 2005 dollars) |
| | | | | | | | Industry Output |
| 33.3 | -1.9 | \$7,705 | \$-453 | \$30,876 | \$23,171 | \$23,625 | תפוקה (gross duplicated output, billions of chained 2005 dollars) |
| | | | | | | | תעסוקה (אלפים) |
| 12.1 | - 3.7 | 16,837 | - 5,363 | 155,901 | 139,064 | 144,427 | תעסוקה משקי בית |
| 15.2 | - 4.6 | 19,712 | - 6,268 | 149,530 | 129,818 | 136,086 | Nonfarm payroll employment |

מקור: Sommers & Franklin (2012). Employment Outlook: 2010-2020, table 1

אם מתמקדים בשוק העבודה המדעי והטכנולוגי, לפי התחזית לשנים 2008-2018, התעסוקה במקצועות המסווגים כמדע וטכנולוגיה תגדל ב-20.6% בעוד שהתעסוקה הכללית תגדל ב-10.1%, (תוספת של 15.3 מיליון משרות חדשות) כאשר הגידול המשמעותי ביותר צפוי במקצועות בתחומי הבריאות והמחשבים (NSF, 2012) כמפורט בלוח הבא:

לוח 10: מספר המשרות המשוער (באלפים) בארה"ב ב-2018 בהשוואה ל-2008

| משלח יד | תעסוקה ב-2008 | תעסוקה ב-2018 | מספר המשרות שהתווספו | אחוז השינוי |
|---------------------------------------|---------------|---------------|----------------------|-------------|
| כל המקצועות | 150,932 | 166,206 | 50,929 | 10.1 |
| כלל המקצועות המסווגים כמדע וטכנולוגיה | 5,571 | 6,717 | 2,321 | 20.6 |
| מחשבים/מתמטיקה | 3,101 | 3,895 | 1,353 | 25.6 |
| מדעי החיים | 279 | 354 | 144 | 26.7 |
| מדעים פיזיקאליים | 276 | 317 | 123 | 15.1 |
| מדעי החברה ומקצועות קשורים | 343 | 400 | 170 | 16.5 |
| מהנדסים | 1,572 | 1,750 | 531 | 11.3 |
| מקצועות הקשורים למדע והנדסה | | | | |
| מדע והנדסה - מנהלים | 522 | 589 | 166 | 13 |
| מדע והנדסה - טכנאים | 855 | 925 | 298 | 8.2 |
| מתכנתי מחשב | 427 | 414 | 80 | -2.9 |
| בריאות וטכנאים | 7,491 | 9,091 | 3,139 | 21.4 |
| מקצועות נבחרים אחרים | | | | |
| מורים בחינוך העל תיכוני | 1,699 | 1,956 | 553 | 15.1 |
| עורכי דין | 759 | 858 | 240 | 13 |

מקור: NSF Science & Engineering Indicators 2012, table 3-A

לסיכום, תחזית ה-BLS מתפרסמת כל שנתיים ומספקת מידע לטווח בינוני (עשר שנים). התחזית מבוססת על מפקד האוכלוסין האמריקאי שבעזרתו מפרקים את האוכלוסייה ל-136 קבוצות וחוזים את ההשתתפות של כל קבוצה בכוח העבודה על פי מגמות העבר ושינויים צפויים. לאחר מכן, מתבצעת תחזית למרכיבי התמ"ג באמצעות מערכת של משוואות מורכבות הכוללות מאות משתנים. בשלב הבא מתבצעת תחזית של הביקוש הממשלתי, הצריכה הפרטית, וסחר החוץ הצפוי. באמצעות שימוש בטבלאות תשומה-תפוקה מחשבים את הגידול הצפוי בתפוקה של כל ענף במשק. לבסוף, מומרת התפוקה הצפויה בכל ענף למספר עובדים (נתנון ולוי, 2010).

3.3 המודל הקנדי לחיזוי כוח אדם על פי משלח יד

COPS (Canadian Occupational Projection System)

המשרד לפיתוח משאבי אנוש ומיומנויות בקנדה מפתח תחזיות לביקוש ולהיצע תעסוקתי לפי משלחי ידי ורמת מיומנות, באמצעות המודלים של מערכת COPS-Canadian Occupational Projection System. המיקוד במודלים של COPS הוא על המגמות בהיצע בשוק העבודה, בביקוש בשוק העבודה ובהתאמה ביניהם, בטווח תחזית של עשר שנים. תחזיות אלה מאפשרות לזהות מקצועות שיתכן שיהיה בהם מחסור או עודף עובדים לטווח בינוני. התחזית האחרונה מכסה את התקופה של 2010 עד 2020 ומוצגת בפילוחים שונים - משלחי יד, תעשייה, מגדר ועוד²⁸. האתר מאפשר את תחזיות עבור מספר קטגוריות כפי שמוצג באיור הבא.

איור 5: תחזיות לפי קטגוריות באתר COPS

The screenshot shows a web form for searching the COPS database. It includes three input fields: 'NOC Title' (a dropdown menu), 'NOC Code' (a text box), and 'NOC Title Begins with' (a dropdown menu followed by a text box). Below these fields is a section titled 'Available Components' which contains a list of eight categories, each with a checkbox: Employment, Expansion Demand, Retirements, Other Replacement Demand (which is checked), Job Openings, School Leavers, Immigration, and Job Seekers.

²⁸ את התחזיות ונתונים נוספים ניתן למצוא באתר המשרד <http://www23.hrsdc.gc.ca/w.2lc.4m.2@-eng.jsp>

לוח 11: תחזית למספר המועסקים בקנדה לפי משלחי יד נבחרים לשנים 2010-2020

| Employment Level | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Occupation | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Architects, Urban Planners And Land Surveyors | 41,163 | 41,607 | 42,112 | 42,352 | 42,808 | 43,153 | 43,168 | 42,837 | 42,831 | 42,788 | 42,720 |
| Civil, Mechanical, Electrical And Chemical Engineers | 129,154 | 132,443 | 135,743 | 138,277 | 141,438 | 144,544 | 147,510 | 149,852 | 152,328 | 154,758 | 157,368 |
| Computer and Information Systems Professionals | 372,787 | 381,386 | 392,374 | 401,286 | 410,254 | 418,561 | 427,522 | 436,210 | 444,457 | 452,451 | 461,187 |
| Electrical Trades And Telecommunications Occupations | 172,673 | 176,606 | 178,941 | 183,829 | 190,268 | 196,329 | 200,774 | 202,926 | 205,207 | 207,201 | 208,500 |
| Legislators And Senior Management | 75,999 | 78,201 | 80,250 | 81,544 | 82,560 | 83,440 | 83,973 | 84,524 | 85,156 | 85,909 | 86,812 |
| Life Science Professionals | 24,081 | 24,738 | 25,687 | 26,256 | 26,800 | 27,168 | 27,476 | 27,609 | 27,695 | 27,776 | 27,880 |
| Managers In Communication (Except Broadcasting) | 15,540 | 15,973 | 16,396 | 16,687 | 16,907 | 16,928 | 16,878 | 16,874 | 16,915 | 16,959 | 17,018 |
| Managers In Construction And Transportation | 200,470 | 206,980 | 207,168 | 210,496 | 215,375 | 219,990 | 223,648 | 224,570 | 227,031 | 230,146 | 232,764 |
| Managers In Engineering, Architecture, Science And Information Systems | 77,671 | 78,472 | 80,975 | 82,943 | 84,935 | 86,760 | 88,143 | 89,686 | 91,292 | 92,804 | 94,204 |
| Managers In Health, Education, Social And Community Services | 105,907 | 108,370 | 110,667 | 112,399 | 114,208 | 115,644 | 116,815 | 117,893 | 118,976 | 120,093 | 121,310 |
| Managers In Manufacturing And Utilities | 84,087 | 87,878 | 89,088 | 90,040 | 90,830 | 91,212 | 91,545 | 92,179 | 92,552 | 92,705 | 93,084 |
| Managers In Primary Production (Except Agriculture) | 9,548 | 10,144 | 10,632 | 11,158 | 11,494 | 11,824 | 12,168 | 12,348 | 12,521 | 12,665 | 12,855 |
| Mathematicians, Systems Analysts And Computer Programmers | 8,791 | 9,065 | 9,326 | 9,501 | 9,640 | 9,712 | 9,740 | 9,760 | 9,771 | 9,800 | 9,842 |
| Physical Science Professionals Policy And Program Officers, Researchers And Consultants | 34,995 | 34,744 | 34,990 | 35,544 | 36,276 | 36,971 | 37,677 | 38,286 | 38,840 | 39,430 | 39,950 |
| Stationary Engineers And Power Station And System Operators | 198,636 | 202,702 | 208,365 | 213,404 | 218,104 | 221,988 | 225,566 | 229,219 | 232,356 | 235,282 | 238,551 |
| Technical Occupations In Civil, Mechanical And Industrial Engineering | 27,236 | 27,918 | 28,424 | 28,655 | 28,803 | 28,827 | 28,798 | 28,787 | 28,767 | 28,774 | 28,751 |
| Technical Occupations In Computer and Information Systems | 68,841 | 69,103 | 69,948 | 71,074 | 72,583 | 74,070 | 75,345 | 76,352 | 77,312 | 78,489 | 79,398 |
| Technical Occupations In Electronics And Electrical Engineering | 119,034 | 122,705 | 126,228 | 128,656 | 131,242 | 133,435 | 135,720 | 137,823 | 139,576 | 141,089 | 142,596 |
| Technical Occupations In Life Sciences | 109,759 | 111,427 | 113,509 | 115,364 | 116,953 | 118,622 | 120,308 | 121,839 | 123,297 | 124,682 | 126,235 |
| Technical Occupations In Physical Sciences | 39,195 | 39,103 | 40,638 | 41,373 | 42,241 | 42,998 | 43,854 | 44,061 | 44,431 | 44,838 | 45,264 |
| Transportation Officers And Controllers | 28,404 | 29,838 | 30,731 | 31,165 | 31,439 | 31,594 | 31,767 | 31,929 | 32,102 | 32,295 | 32,511 |
| University Professors And Assistants | 27,292 | 28,297 | 28,428 | 28,410 | 28,427 | 28,539 | 28,710 | 28,951 | 29,164 | 29,410 | 29,657 |
| | 87,338 | 90,730 | 93,530 | 95,292 | 96,767 | 97,598 | 97,952 | 98,063 | 98,057 | 97,911 | 97,561 |

מקור: Canadian Occupational Projection System

מתודולוגיה

ה- (Canadian Occupational Projection System) COPS הוא מודל היצע-ביקוש המספק תחזיות ל-137 מקצועות המסווגים על פי חמש קטגוריות עיקריות וברמה של שלוש ספרות המבוססים על הסיווג הקנדי. במקור המודל פותח כמודל ביקושים "manpower requirements". בשנות ה-80 המודל שופר ובאמצע שנות ה-90 עודכן שוב על מנת להוסיף מידע על צד ההיצע המבוסס על נושאים מבית הספר, הגירה וכוח עבודה. במקום התחזיות של המודל הישן המבוססות על ביקושים, ה-COPS בנה מודל חיזוי המבוסס על משלח יד ורמת השכלה. התפתחות המודלים של COPS על פי משלחי יד:

- מודל ביקוש: $\text{משרות פתוחות} = \text{משרות חדשות} + \text{החלפה כוח אדם במשרות קיימות}$
- מודל היצע: $\text{היצע} = \text{נושאים מבית הספר} + \text{מהגרים} + \text{השתלבות מחודשת בשוק העבודה}$
- $\text{שווי משקל} = \text{מודל משולב של ביקוש והיצע}$
- $\text{עודף/גרעון} = (\text{היצע} + \text{מובטלים}) - \text{משרות פתוחות}$
- (עודף אם היצע גדול מאפס, גרעון אם היצע קטן מאפס)

מודל הביקוש

מודל הביקוש של ה-COPS מספק הערכות למספר מועסקים עתידי לפי משלחי יד. המודל מבוסס על מודלים של סדרות מקרו-כלכליות. התרחישים המקרו-כלכליים נבחנו על ידי צוות ה-COPS ועל ידי מומחים בכלכלת עבודה מהמשרדים הממשלתיים השונים. ניתוח זה מבוסס על קלט ממגוון מודלים קנדיים לתחזיות מקרו-כלכליות בשילוב של תחזיות לגידול בתוצר המקומי הגולמי. שילוב של תרחישים אלו מורץ במודל מקרו-כלכלי כדי לבצע הערכה למספר המועסקים במגזר העסקי הצפוי לתקופה הנחקרת.

רמות התעסוקה במשק עבור תקופת התחזית מפולחים על ידי מטריצה של ענף כלכלי/משלחי יד. הנתונים לפיתוח המטריצה נלקחים מתוך מפקד האוכלוסין של קנדה ומתוך סקרי כוח אדם, שנאספו על ידי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה של קנדה. גישה זו אופיינית למודלי חיזוי ונקראת פעמים רבות כגישה של "מקדמים קבועים". זה נכון חלקית במודל של COPS, שבו מתבצע ניתוח מעמיק להערכת מקדם שינוי לאורך זמן. המודל הנוכחי עושה שימוש בנתונים היסטוריים ומבצע עליהם רגרסיה פשוטה כדי לחשב את המקדם להערכות עם אפשרות לשינוי בהתאם לתקופת התחזית. עם זאת, לא תמיד מודלים אלה חזקים, וכאשר יש שינויים בלתי צפויים במקדמים אלו, מודלים אלה מהווים מקור חשוב של בחינת הטעות בתחזית.

מודל הביקוש של COPS מבצע את ההערכה השנתית לביקוש של המועסקים החדשים או מקומות עבודה חדשים נטו (NEW) בכל משלח יד. סכום זה מורכב מהביקוש להחלפת מועסקים (RD- Replacement Demand) וביקוש הרחבה (ED-Expansion Demand):

$$RD + ED = NEW$$

בנוסחה זו, הביקוש להחלפת מועסקים מבוסס על מספר משוער של פורשים מן העיסוק בשל מוות או פרישה לגמלאות בתוספת התרומה נטו של תנועת מועסקים מעיסוק אחד לאחר. הגידול בביקוש משקף צמיחה צפויה בתעסוקה כפי שנקבע על ידי שילוב של תחזיות בתעשייה ובשירותים והמקדמים שחושבו במטריצת ענף כלכלי/משלחי יד. התוצאה מספקת את המספר הכולל של עבודות העשויות להיות זמינות עבור מועסקים חדשים המצטרפים לכוח העבודה. סיכויי ההעסקה של כוח אדם חדש לפי משלח יד מסוים יושפע באופן קריטי על ידי המדד של המשרות החדשות הפנויות. בתחזית ה-COPS לשנים 2000-2004, כ-60 אחוזים מן המשרות הפנויות הן תוצאה של תחלופת מועסקים. ו-40 אחוז מהמשרות הפנויות החדשות בתחזית נובע מהצמיחה הכלכלית כלומר - הרחבת הביקוש. התפוקה של COPS מספקת רשימה של:

- משלחי יד עם מספר המשרות הפנויות הנובעת מהרחבה והחלפה
- רמות מיומנות עם מספר המשרות הפנויות מהגבוה ביותר אל הנמוך ביותר הנובעת מהרחבה והחלפה

יש לשים לב כי רמות מיומנות מסווגות לחמש קטגוריות רחבות:

- מנהלים: נדרש בדרך כלל סיום לימודים באוניברסיטה
- מקצועיים: נדרש בדרך כלל סיום לימודים באוניברסיטה
- הנדסיים וטכנאים: מכללה או הסמכה מקצועית
- בוגרי תיכון או מיומנים חלקית: סיום בית ספר תיכון
- עובדים לא מקצועיים: לא נדרש סיום לימודים בתיכון

המאפיין הבולט ביותר בתחזיות התעסוקה במגזר העסקי בקנדה הוא הצפי להתחזקות המתמשכת של מגזר השירותים בכלכלה הקנדית. גם בענפי התעשייה והבנייה חל גידול משמעותי במספר המועסקים על פני תקופת התחזית. עם זאת, מגזר השירותים מהווה כ-80 אחוזים בין השנים 2000 - 2004. הביקוש להחלפת מועסקים צפוי להיות גבוה בענפי החינוך, בנקאות ומינהל ציבורי בגלל התפלגות הגיל הקיימת במגזרים אלה.

מודל ההיצע

בספרות מועלים חששות רבים לגבי הישימות הכללית של מודלים לחיזוי תעסוקתי בהעדר צד ההיצע. רוב הכלכלנים מצפים כי מקצועות בהם יש ביקוש גבוה במיוחד יהיו יותר אטרקטיביים וצד ההיצע יגדל. התאמה זו היא תהליך מקובל המתבצע בשוקי עבודה תחרותיים. בעקבות כך, התחזית לפי המודל של COPS הורחבה כדי לספק מידע מפורט על מצב היצע התעסוקה לפי משלחי יד.

מודל הביקוש, כאמור לעיל, מציג משרות חדשות נטו (NEW) לפי משלח יד. ההיצע של מועסקים חדשים הבא לענות לדרישה זו של מקומות עבודה חדשים מגיע משלושה מקורות עבור כל משלח יד: סך ההיצע מחושב כסכום של בוגרי לימודים, מהגרים ונכנסים מחדש לכוח העבודה במשלח היד הרלוונטי.

בוגרי בתי ספר מחולקים למשלחי היד השונים על בסיס של מטריצת המרה ממוסד הלימודים והתחום לקטגוריה של משלח יד. מטריצה זו פותחה על ידי שימוש בנתונים הסטטיסטיים הקיימים בקנדה כולל סקרים של המחוזים האחרונים של בוגרי תיכון. עבור בוגרי אוניברסיטאות, בוגרי מכללות קהילתיות ואנשים שעזבו את מערכת החינוך קיימות הערכות נפרדות. בוגרי תיכון מחולקים למשלחי יד על בסיס הקשר בין תוכנית הלימודים (בתוכניות השונות) למשלח יד ספציפי. במקצועות מסוימים סוג זה של הקצאה עשוי להיות בעייתי, מכיוון שלא נלקחת בחשבון האפשרות שבוגרי תוכנית לימודים מסוימת משתלבים בכמה משלחי יד.

גישה זו לחלוקה של בוגרי בית הספר, מספקת אומדנים של משלחי היד האפשריים לקבוצה של בוגרי תוכנית לימודים מסוימת. תחזיות לטווח ארוך למשלח יד לקבוצה זו מבוססים על מודל דמוגרפי המשלב הערכות סטטיסטיות של נתוני העבר ודעות מומחים.

קנדה נחשבת למדינת הגירה ועדיין קיים בה מספר ניכר של מהגרים המגיעים כל שנה. כחלק מהתהליך המינהלי בקנדה לקליטת המהגרים, נאספים נתונים על מיומנויות, חינוך ומשלח יד מתוכנן. נמתחה ביקורת על גישה זו, מכיוון שהקשר בין הצהרת העולים לתעסוקה לבין התעסוקה בפועל לא היה חזק. לצורך אימות הנתונים, מערכת COPS בצעה ניתוחים נוספים תוך שימוש בנתונים סטטיסטיים שלא פורסמו כדי לחזות קשר בין מקצוע המהגרים לקטגוריות משלח היד שלהם בפועל. לסיכום, התחזית של המהגרים לפי משלח יד נקבעת באמצעות נתונים היסטוריים על עיסוקים בפועל שהוזנו על ידי מהגרים חדשים.

המרכיב האחרון במודל ההיצע הוא: נכנסים מחדש לשוק העבודה, שהם מקור פוטנציאלי למועסקים למשרות הפתוחות בצד הביקוש. כמו במקרה של משתנים אחרים במודל, מערכת COPS היתה אחראית על עבודת מחקר מקיפה על דפוסי מעבר מנתונים היסטוריים לשימוש בהם כדי לחזות היצע עתידי. במקרה זה, הדגש הוא על נכנסים מחדש לשוק העבודה לפי משלחי יד. המודל הנוכחי מבוסס על ההנחה שכאשר אנשים נכנסים מחדש לכוח העבודה, הם חוזרים למשלח היד הקודם שלהם. בגרסה הנוכחית של מודל החיזוי, המספר הכולל של נכנסים מחדש נאמד על ידי שימוש בנתונים היסטוריים על יוצאים מכוח העבודה והסתברותם לכניסה מחדש. לכל משלח יד יש את התחזית השנתית למספר המועסקים היוצאים. בכל משלח יד נבנה צפי ההיצע על סמך נתוני היוצאים והנכנסים מחדש לשוק העבודה.

המודל המשולב ביקוש והיצע

המודל המשולב בנוי מאומדנים המבוססים על הסיווג הקנדי למשלחי יד ברמה של שלוש ספרות המגיעה ל- 139 משלחי יד. נתוני ההיצע והביקוש נבנו כך שיהיה ניתן להשוות ביניהם באופן ישיר, כך עודף היצע מחושב כהפרש בין ההיצע והביקוש מותאמים למספר הבלתי מועסקים כיום לפי משלח יד. כלומר, עודף היצע מוגדר כהיצע בתוספת המובטלים פחות מספר המשרות הפנויות החדשות. אם ערכים אלה שווים זה לזה, אז עודף היצע הוא אפס ושוק העבודה לפי משלח יד נמצא בשיווי משקל. עודף היצע חיובי מייצג עודף מועסקים. עודף היצע שלילי (כלומר, עודף ביקוש), מייצג מחסור במועסקים.

מטרת המערכת של COPS היא לבנות צפי עתידי, כך שהתחזיות לתקופה של שנה ותחזיות לתקופה ארוכה יותר יישמשו לפיתוח והערכה של מצב שוק העבודה העתידי (FLMS - forward labour).

(market situation). תחזיות אלה משפרות את מצב שוק העבודה ומקטינות את שיעור הזמן הדרוש לטיפול במצבים של עודף או מחסור במועסקים לפי משלח יד. ברור שאם אנו מעוניינים בתחזיות להעסקה על פי משלח יד או מדיניות להכשרה, המדד הרלוונטי צריך להיות המדד המשלב את שני המודלים: הביקוש וההיצע. הסיבה לכך היא, מודל הביקוש מתייחס רק לשינויים בעקומת הביקוש (בהנחה שהשכר הריאלי קבוע). לעלייה בביקושים, עקומת הביקוש תגיב בתזוזה ימינה ותיתן הערכה חדשה לכמות המועסקים העולה על הערכה של שנת הבסיס. שינוי כזה מכונה מחסור במודל הביקוש ומבוסס על ההנחה כי ההיצע נשאר ללא שינוי. לעומת זה במודל המשולב עבור שינוי חיובי נתון של עקומת הביקוש, קיימים שלושה תרחישים אפשריים עבור עקומת ההיצע, היא יכולה להשתנות ביחס המדויק עם הביקוש, היא יכולה להשתנות יותר או היא יכולה להשתנות פחות. כלומר, אותו שינוי בעקומת הביקוש יכול לגרום לעודף, או למחסור בשוק העבודה.

תוצאות התחזית לשוק העבודה על פי משלחי יד

סיכום של התחזיות

מערכת COPS מספקת תחזיות לטווח הבינוני, התחזית המתוארת בסקירה זו מכסה את פרק הזמן 2004-2000. התחזיות עבור 139 משלחי יד הם ברמה של שלוש ספרות (לפי הסיווג של NOC²⁹) מבוססים על נתוני תעסוקה על פי משלחי יד של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה בקנדה. תחזיות אלה ניתנות ברמה הלאומית, המחוזות משתמשים בנתוני התחזיות הלאומיות כדי להפיק תחזיות דומות ברמה של המחוז. במחוזות מסוימים קיים שימוש בתחזיות עבור מקצועות ספציפיים. המחלקה של COPS המפיקה את התחזיות הלאומיות ממומנת על ידי הממשלה. היא ידועה כמומחית לנושא והיא בעלת רמה גבוהה יחסית של אוטונומיה בהכנת התחזיות. חלק מהשיטה המשמשת לפיתוח תחזיות הוא תהליך התייעצות עם מומחים. קבוצות היעד של תחזיות אלה הם: קובעי מדיניות לאומית ומחוזית בתחומי החינוך וההכשרה, משאבי אנוש במגזר הפרטי, יועצי קריירה וסטודנטים הנעזרים בתחזיות אלה לצורך קבלת החלטות. תחזיות התעסוקה העתידית ערוכות לפי רמת השכלה עם דגש ספציפי על בוגרים חדשים או פורשים ממערכת החינוך.

דיוק ואמינות התחזיות

אין הערכה קבועה לאמינות התחזיות המפותחות על ידי מודל COPS בקנדה. מחקר של Foot ו- Meltz משנת 1992 מספק הערכה לדיוק תחזיות כוח אדם הקנדי לפי משלח יד לתקופה בין 1961 ל- 1981, לפני הפיתוח של הגרסה הנוכחית של מודל COPS. אחד הקשיים בהערכת הדיוק היא ההשוואה של התחזית עם התוצאות בפועל בשוק העבודה, כי אין תקן מקובל או טווח שגיאה מוגדר. Foot ו-Meltz מדווחים על תוצאות עבור תחזיות ל- 12 קטגוריות של משלחי יד לשנים 1971, 1975 ו-1981. שגיאות התחזית (התחזית כאחוז מכוח האדם בפועל באותה שנה) נעות בין פחות מ- 1 אחוז ליותר מ- 40 אחוזים. אחוז השגיאה הממוצע (תוך התעלמות מסימן השגיאה - עודף או חוסר) הוא 11.5 אחוזים. יש לשים לב כי המודלים שנבדקו היו לכל סוגי "הדרישות לכוח אדם".

²⁹ National Occupational Classification (NOC)

אחת ההשוואות הסטנדרטיות היא להשתמש בהנחה "תמימה" שאחוז השינוי שווה בכל הקטגוריות של משלחי היד. הבדיקה במקרה כזה מאששת את המודל. עם זאת, חשוב לציין כי מדובר רק ב-12 קטגוריות מאוחדות של משלחי יד. Foot ו-Meltz מצאו כי דיוק התחזיות בהשוואה לערכים בפועל פוחת באופן משמעותי, ככל שהרמה יורדת (מספר הקטגוריות עולה). לדוגמא, בתחזיות של 1981, שבע מבין עשרת הקטגוריות המאוגדות היו בטווח של 10 אחוזי טעות מהערך בפועל, אבל רק 107 מתוך 283 התחזיות עבור קטגוריות ברמה נמוכה יותר היו בתוך 10 אחוזי טעות. ברור, כי בתחזיות עבור קטגוריות מאוחדות יש קיזוז שגיאות בתוך הקטגוריה.

Meltz ו-Foot העריכו גם את ההשפעה של גישת מקדם קבוע על ידי השוואת התחזיות של אותו מודל על ידי שימוש גם במקדמים קבועים וגם במקדמים משתנים. השוואה זו הינה מוגבלת ל-12 הקטגוריות המאוחדות, המודל עם המקדם המשתנה עבד טוב יותר ב-8 מתוך 12 הקטגוריות. באופן כללי, החוקרים חיזקו את הטענה הקודמת של פרימן (1980), כי מודלים אלה מספקים תוצאות סבירות של עבור קטגוריות מאוחדות של משלחי יד בהגדרה הרחבה.

נשאלת השאלה האם התחזיות האלה יכולות לשמש ככלי אמין לקביעת מדיניות. במקרים רבים החיזוי נדרש לפי משלחי יד ברמה המפורטת, ולמרבה הצער דווקא התחזיות בפילוחים אלה הן פחות טובות.

הערכת תחזיות שוק העבודה חייבת להתמודד גם עם נקודה בסיסית יותר שהועלתה על ידי Borghans, de Grip and Heijke ואחרים (1996). צריך להיות ברור שהתחזיות של COPS ותחזיות אחרות דומות הן "תחזיות על תנאי". כלומר, הביקוש וההיצע מוערך ואנחנו לוקחים בחשבון מראש את ה"פער" שיווצר. הפער הזה מתגלה כבעיה בדיעבד רק אם התחזית לא מתממשת. ההנחה היא כי המידע מהתחזיות יחד עם הניסיון של המועסקים בשוק העבודה וכוחות השוק יפעלו לסגור את הפער ולהגיע לשיווי משקל. מסיבה זו, הכשלון במציאת פערים של ממש התואמים לפערים בתחזית לא מעיד חוסר הדיוק של המודלים. אם תהליכי הסתגלות בפועל היו מהירים מספיק, לא היינו מצליחים לזהות פערים בין התחזיות לערכי הצרכים בפועל.

שימושי התחזיות

ועדות מיעצות

כפי שצוין לעיל, מערכת COPS הנוכחית פותחה במהלך 1980, בנייתו של מודל הביקוש (מודל COFOR) התאימה באותה עת. הסיבה המרכזית לתיקון מודל חיזוי התעסוקה לפי משלחי יד בקנדה היתה החשיבות הרבה שמידע כמותי ואיכותי על דרישות המגזר העסקי יהיה משולב בתוך מודל החיזוי. תהליך שילוב המידע העסקי במודל של COPS לא התבצע בקלות. הנתונים של המודלים של COPS מפלחים על פי סיווג משלחי היד הקנדי, אבל חברות וארגונים בדרך כלל לא אוספים ומפלחים את הנתונים שלהם בפורמטים דומים. חברות מחזיקות נתונים שונים ומפורטים על המועסקים שלהם, אבל לא במונחים של הסיווג של משלחי היד הקנדי המשמשים לניתוחים סטטיסטיים בקנדה. בתהליך איסוף הנתונים מהמגזר העסקי ושילובם עם הנתונים הכמותיים במודלים של COPS, התברר שהמידע מהמגזר העסקי לא תמיד שלם וכשיש מידע הוא בדרך כלל נאסף ונשמר שונה מהמידע והנתונים הנאספים במגזר הממשלתי.

כדי להתגבר על בעיה זו, היחידה לפיתוח משאבי אנוש בקנדה מימנה וביצעה סדרה של מחקרים בנושא סיווג עובדים לפי מגזרים. מטרת המחקרים היתה למפות את דרישות כוח האדם במגזר

העסקי. במחקרים שנערכו נדרשו מנהלי חברות וארגונים ובעלי עניין מרכזיים אחרים להגדיר את דרישות כוח האדם בהווה ועל פי תוכניות הפיתוח והתחזיות גם את דרישות כוח האדם העתידי. מטרת המחקרים (שנערכו בשנות השמונים המאוחרות וגלשו לתוך שנות התשעים) הייתה:

- לתאר את משלח היד של העובדים והארגונים המעסיקים אותם לפי סקטורים
- לזהות מגמות מפתח וגורמים המשפיעים ועשויים להשפיע על המגזרים השונים
- הערכה להיצע ולביקוש של כוח אדם לפי משלח יד ומיומנויות בתחום
- להעריך את ההכשרה הנוכחית הנדרשת של העובדים ולהעריך את הצרכים והמיומנות העתידיות.

רבים מן המחקרים במגזר מכילים מידע רלוונטי לאנשים צעירים או לאנשים המעוניינים להחליף עבודה ומתכננים קריירה. כל ענף ומשלח יד במחקר סיפקו מידע על:

- אילו מקצועות קיימים בתחום מסוים ומהן תוכניות הלימודים המובילות למשלח יד זה
 - גורמים שיש בהם כדי להפוך את התחום מוצלח מבחינה כלכלית
 - שאלות פוטנציאליות בראיונות עבודה בתחום
 - כישורים העשויים להיות נדרשים במשלח היד לפי התחום.
- בעקבות מחקרים אלה הוקמו קבוצות מייעצות ב-22 ענפים. מועצות אלה עסקו במגוון רחב של פעילויות לדוגמא:

- ביצוע הערכות סקטוראליות של צרכי הכשרה
- פיתוח תקנים ותוכניות הכשרה עבור מוסדות לימודים
- פיתוח תוכנית לימודים או התאמתם לצרכי התעשייה טוב יותר
- שיתוף מידע בין חברות על הכשרה בתחום
- פיתוח סטנדרטים תעסוקתיים
- הערכת האפקטיביות של תוכניות ההדרכה לעובדים בענף

המחויבות העיקרית של הממשלה הפדרלית היתה לממן את המועצות המייעצות כדי שיסייעו לפתח יוזמות בענפים השונים שיתמכו בניהול משאבי אנוש במגזר העסקי. בעיקר, מועצות אלה נועדו למלא תפקיד מרכזי בפיתוח מדיניות הכשרה מתקדמת יותר בקנדה.

תוכניות הדרכה תוצאות מודל COPS שימשו גם כאחד המרכיבים להערכה של תוכניות הדרכה והכשרה המועברות על ידי הממשלה הפדרלית. תכניות אלה נועדו לצמצם מחסור בעובדים מיומנים שעשוי להגביל את הצמיחה של התוצר ושל התעסוקה במשק הקנדי. באופן ספציפי יותר, הכשרה באמצעות תוכניות הכשרה אלה נועדה לספק הכשרה ומיומנות ייעודיות לעובדים בתחומים ספציפיים שבהם צפוי מחסור.

למרות שזה נראה טבעי להשתמש בתוצאות מודלי החיזוי התעסוקתיים הזמינים, התכנית לא עבדה בדיוק בדרך זו. תפוקות COPS נלקחו בחשבון בתהליך גיבוש המדיניות במונחים של עידוד עיסוקים הצפויים לחוסר. אבל בתהליך קבלת ההחלטות לא נלקחו מדדים כמותיים נוספים ולא גורמים אחרים חוץ מתחזיות COPS. מחסור 'מקומי', למשל, יכול להתקיים גם אם ברמה

הלאומית היה עודף במשלח היד בהתאם למודל COPS. קריטריונים שונים וגישה כלכלית שמשו לפתרון בעיות מחסור במשלח יד ספציפי אך לא רק. גם גורמים פוליטיים הקשורים להפצת קרנות השתלמות פדרליות בין האזורים השונים מלאו תפקיד בתהליך ההחלטות לגבי זכאות למימון השתלמות במשלחי יד הנמצאים בחסר.

תעסוקה עתידית

המחלקה הממשלתית הקנדית האחראית על יצירה והפצה של מידע בשוק עבודה (LMI³⁰) היא HRDC⁴. מחלקה זו מייצרת כמויות ניכרות של מידע על שוק העבודה כולל מידע הנגזר מהתחזיות התעסוקתיות של COPS. פרסום הדגל של HRDC³¹ הוא מידע על תחזיות תעסוקה אזורית (Job Future). התחזיות בגרסה הנוכחית מכסות את שוק העבודה לתקופת הזמן 2000-2004. פרסום זה נשלח למוסדות השכלה רבים לשימוש, והוא זמין בעותק קשיח, על גבי תקליטור ובאתר האינטרנט של HRDC³².

אתר זה מכיל שני חלקים עקריים שנועדו לספק מידע על תנאים בשוק עבודה הנוכחי על פי משלחי יד ותחזיות לביקושים עתידיים. חלק אחד מספק תחזיות ומידע על 211 משלחי יד. החלק השני מכיל מידע על תחזיות תעסוקה לפי תחומי לימוד. האתר מספק מידע על ההשכלה והניסיון בעבודה של בוגרים שסיימו לפי 155 תחומי לימוד ו"עוקב" אחריהם במשך חמש שנים. מידע זה מופץ במטרה להגיע לקהל היעד הבא:

- יועצי קריירה
- עובדים המועסקים ושוקלים שדרוג או שינויים בקריירה
- מידע לתלמידי תיכון לקבלת החלטות חינוכיות וקריירה
- סטודנטים לתואר שני המתעניינים בסיכויי עבודה בתחומים שונים
- הורים שעוזרים לילדיהם בקבלת החלטות בנושאי לימודים וקריירה
- מובטלים המחפשים עבודה ואפשרויות הכשרה
- אנשים שחוזרים לשוק העבודה.

האתר מספק לא רק תיאור של תנאי השוק הנוכחיים, אלא גם צפי לשינוי בטווח הבינוני. התחזיות התעסוקתיות מבוססות בעיקר על מודל התחזיות של COPS והתחזיות של סיכויי הקריירה של בוגרי אוניברסיטאות לפי תחומים מסתמכות על הסקרים של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה הקנדית. התחזיות לפי משלחי יד, מכילים נתונים ליותר מ-200 קבוצות תעסוקתיות במטרה לסייע בתכנון קריירה.

המידע הניתן בכל משלח יד כולל את המרכיבים הבאים:

- תיאור תפקיד טיפוסי
- הרכב מגדרי
- מספר נוכחי של משרות פתוחות

³⁰ Labour Market Information (LMI)

³¹ The Federal government's Department of Human Resources Development (HRDC)

³² אתר זה נסגר ב-2010 והוטמע בתוך האתר: <http://www.workingincanada.gc.ca>. אתר זה כולל נתוני תחזית עד שנת 2020.

- שכר נוכחי
- התפלגות גילאים
- שיעורי תעסוקה במשרה חלקית ובמשרה מלאה
- חלוקה מחוזית של תעסוקה
- שיעורי צמיחת תעסוקה שנתיים ממוצעים
- אפיון האנשים שמועסקים במשלח יד זה
- סיכויים למציאת עבודה
- תחזית של שינויים טכנולוגיים והשפעתם על משלח היד
- ענפים עיקריים לתעסוקה במשלח יד זה
- רקע וכישורים נדרשים למשלח יד זה.

כאמור, התחזיות התעסוקתיות מבוססות על הנתונים שנאספו ונותחו כחלק ממודל COPS. אולם, התיאורים של מקצועות העתיד מבוססים על חוות דעת של מומחים לפי התעשיות השונות. החלק השני באתר מתאר את שוק העבודה העתידי ואת תחומי הלימוד ומסתמך במידה רבה על תוצאות סקר בוגרים שנערך באופן קבוע על ידי הלמ"ס הקנדי. חלק זה מספק את המידע בקטגוריות הבאות:

- קשר בין מקצועות לימוד עיקריים ומשלחי יד ספציפיים
- תנאים מוקדמים הנדרשים בדרך כלל על ידי תחום הלימודים
- תכניות לימוד לפי מחוזות
- משך תכניות הלימוד
- דיווח על נסיון תעסוקתי של מסיימי תארים שנכנסו לאחרונה לשוק העבודה
- סוגי העבודות של מסיימי תארים לאחרונה
- חוות דעת על תחום הלימודים של בוגרים העובדים בתחום וסיימו לאחרונה את לימודיהם
- תכניות אפשריות ללימודי לתואר שני

לאחר שני חלקים. חלק אחד משתמש בתחזיות המסורתיות לתעסוקה ומספק מידע על מצבי שוק עבודה בהווה ובעתיד למשלחי יד ספציפיים. החלק השני, לעומת זאת, הוא יותר ממוקד במעבר מלימודים לעבודה על יד ניתוח של שוק עבודה של בוגרים ברמה על תיכונית.

שימוש בתחזיות תעסוקה לפי משלחי יד בתהליך גיבוש המדיניות הקנדי

קבוצת COPS מבקשת ומקבלת מידע בשלבים רבים בבניית התחזיות, המתחיל בתרחיש מקרו כלכלי תוך התייחסות לתעסוקה. מידע זה מגיע בעיקר מהמשרדים המחוזיים עם תחזיות לחינוך והכשרה. הועדות המיעצות משתמשות בתוצאות התחזיות בתכנון הכשרה ובהערכות שלהם לשוק העבודה. כנסים לאומיים בנושא זה כבר נערכו בקנדה, אבל אף לא אחד נערך בעשור האחרון. למרות שנראה שיש יוזמה רחבה בתחזיות תעסוקה, תהליך האינטראקציה לא מאוד מוגדר. הרציונל לבצע תחזיות COPS הוא ששחקנים במגזר הפרטי (סטודנטים, עובדים, מעסיקים) יקבלו החלטות טובות יותר אם יהיה להם מידע טוב יותר ורחב יותר.

על פי רוב, מדיניות ממשלת קנדה מסתמכת על תהליך התאמת השוק, ונתמכת על ידי המידע הטוב ביותר שיכול להיות זמין, כדי להתמודד עם מצבים אפשריים של מחסור או עודף בשוק עבודה. כל זה בתוספת מגוון רחב של צעדי מדיניות, למשל, בנושא המעבר מבית הספר לעבודה, קיימת מעורבות מדיניות אקטיבית. עם זאת, כמו במקרה של הכשרת מועסקים במגזר הציבורי כפי שתואר על ידי רידל (1995), מאמצי הממשלה הם חלק קטן יחסית בתהליך המעבר הכללי מעבודה ללימודים לאנשים צעירים.

תהליך התאמת שוק העבודה

התהליך של התאמת שוק עבודה הוא תהליך מתמשך. גורמים עונתיים, מחזוריים, מבניים ודמוגרפיים משפיעים על טיבו של שיווי משקל בשוק עבודה. ההשפעות יכולות להיות לטווח קצר או לטווח ארוך.

אנליסטים המתעניינים בתוצאות של תחזיות תעסוקה חייבים להיות מודעים לאופן שבו מתרחש תהליך התאמת שוק עבודה ואיך מתייחסים בתחזיות למחסור או עודף בשוק עבודה. ניתוח מפורט של סוגיה זו נחקר על ידי Roy, Henson and Lavoie (1996). באופן מסורתי, המטרה של תחזיות בשוק עבודה הייתה לספק מידע על מצבים אפשריים בעתיד עודף או מחסור בשוק עבודה. בגרסאות המוקדמות של מודלים כאלה, בעיקר במהלך שנות ה-1960, אנליסטים רבים וקובעי מדיניות חשבו שתוצאות התחזיות התעסוקתיות ישמשו כחלק ממערכת תכנון כוח האדם ארצי.

הרלוונטיות של מידע ותחזיות על עודף או חוסר בשוק עבודה במשלחי יד ספציפיים אולי נראה ברור בקביעת מדיניות. אולם כלכלנים רבים החל מ-Arrow and Capron (1959) הראו כי כאשר ההתאמה היא יקרה, שוק העבודה צפוי להציג מצבים חוזרים ונשנים של מחסור או עודף למרות המדיניות הממשלתית. תהליכי התאמה בשוק עבודה תמיד יפעלו להגיע לשווי משקל. חוסר איזון בפועל עשוי להמשך זמן מה כי תהליך ההסתגלות אינו מיידי. השאלה הרלוונטית היא האם פעולות ממשלה, המבוססות על תחזיות תעסוקתיות, עשויות להפוך את תהליך ההתאמה לפחות או ליותר יעיל.

בקנדה, חוסר איזון חמור ומתמשך נצפה בשוק העבודה למורים (עודף), לאחיות (מחסור) ולרופאים (מחסור). אלה הם שווקי עבודה שהממשלה היא שחקן דומיננטי גם בהיצע וגם בביקוש שוק העבודה. זה לא אומר שמעורבות ממשלתית בהכרח תורמת למצבים של מחסור או עודף. אך זה כן מעיד כי מעורבות ממשלתית לא פותרת באופן אוטומטי חוסר שווי המשקל.

משלח יד שמשמש כדוגמה בספרות של מצב כזה הוא חרטות (Tool and die). מחסור במשלח יד זה נוטה להיות מחזורי. תנודות בביקוש לסחורות ושירותים משפיע על תנודות בביקוש למשלח יד זה. משלחי יד זה מאופייין כבעל מיומנות גבוהה ועם תקופת הכשרה ממושכת. כאשר הביקוש במשק יורד גם הביקוש למשלח יד זה יורד והחברות מפטרות עובדים אלה. אנשים אלה הם בעלי כישורי הסתגלות מהירים ולכן קליטתם בשוק העבודה מהירה, כך שהם מועסקים מחדש במקום אחר. בשלב שהמשק מתאושש הביקוש גדל אבל להיצע לוקח זמן להגיב. לא ברור האם מידע מוקדם במצב זה יכול הועיל.

הפתרון של מעסיקים למחסור של משלח יד זה בקנדה, במשך שנים רבות, היה לייבא עובדים ממדינות אחרות (הגירה). פתרון אחר היה לקדם עובדים פחות מיומנים או להעסיק עובדים עם כישורים חלופיים ולספק להם הכשרה מתאימה. המשותף להתאמות אלה הוא מחירם הגבוה.

דוגמה זו באה להמחיש כי אין זה ברור כי שמודלים לחיזוי תעסוקה, גם אם הם מדוייקים, יכולים לשנות באופן משמעותי את מדיניות התעסוקה בשווקים אלה. בתהליך התאמת שוק עבודה יש משמעות לרמת הפירוט של משלחי היד בתחזיות ואת השימוש בהם. כפי שצויין קודם ככל שהתחזיות אגרטיביות יותר, כך הן מדויקות יותר. הסבר אפשרי הוא, שבחיזוי מצטבר יש קיזוז של טעות. זה עשוי להיות הסבר טוב, אבל זה אינו ההסבר היחיד.

מסקנות

בקנדה יש היסטוריה ארוכה, שהחלה בהקמה של מחלקת כוח האדם במשרד העבודה בשנות ה-60 המאוחרות, שהקצתה משאבים רבים לפיתוח גישות שונות לחיזוי תעסוקה. המודל הקנדי הנוכחי מורכב ממודל היצע המשולב באינטראקציה עם הגישה המסורתית למודל ביקוש כוח אדם. משאבים רבים הושקעו לשיפורים שהוכנסו למודל זה בעשור האחרון.

מודל COPS המשולב הנוכחי מספק תחזיות ל-139 משלחי יד בעלי שלוש ספרות בחמש קטגוריות של מיומנות המבוססים על הסיווג הקנדי של משלחי היד (NOC). המודל שופר במהלך 1980 ושונה שוב באמצע שנות ה-1990 כדי להוסיף מידע על צד ההיצע המבוסס על נתונים של מסיימי בתי ספר, הגירה ומועסקים החוזרים מחדש לשוק העבודה. במקום התחזיות הישנות שסיפקו בעיקר דרישות עתידיות, מודל COPS המעודכן מספק תחזיות לחוסר שיווי משקל צפוי על פי משלחי יד ורמה נדרשת של השכלה.

הצעד הראשון בהערכות במודל COPS המשלב היצע וביקוש הוא הערכה של מקומות עבודה חדשים ממודל הביקוש וההיצע של משרות פנויות ממודל ההיצע. נתוני ההיצע והביקוש נבנו כדי לאפשר ביצוע של השוואה ישירה, כך שעודף היצע מחושב כהפרש בין ההיצע לביקוש והתאמה לאבטלה הנוכחית לפי משלחי יד במשק. כלומר, עודף היצע מוגדר כהיצע בתוספת המובטלים פחות מספר המשרות חדשות. אם המדידות האלה שוות זו לזו, אז עודף היצע הוא אפס והשוק התעסוקתי המסוים הוא באיזון. עודף היצע חיובי מייצג עודף בעיסוק. עודף היצע שלילי (כלומר, עודף ביקוש) מייצג מחסור בעיסוק. לאנליסטים וקובעי מדיניות המעוניינים בסיכויי עבודה או דרישות הכשרה, האינדיקטור הרלוונטי צריך להיות כזה שלוקח בחשבון גם את הביקוש וגם את ההיצע. הגרסה הנוכחית של COPS פותחה כדי לספק הערכות מסוג זה.

הבנת תהליכים בשוק היא משימה מרכזית בניתוח כלכלי. שוק העבודה הוא השוק החשוב ביותר עבור רוב האנשים, כך שכל הבנה שמאפשרת שיפור יעילות של שוק זה יכולה להפיק תועלת חברתית משמעותית. המודל הקנדי COPS הוא מודל מסורתי לדרישות כוח אדם עם תוספת של צד ההיצע בשילוב עם תרחישי הביקוש. עם זאת, גם עם תחזיות מדויקות של היצע וביקוש, עדיין קיימים תרחישים בהם לשוק אין פתרון למצבים של חוסר שיווי משקל. היתרון החשוב של המערכת הקנדית הקיימת הוא שימוש נרחב במידע התעסוקתי ש-COPS מספק בנוסף לתחזיות עצמם ומשמש בתהליך התכנון התעסוקתי וחינוכי.

3.4 תחזיות כוח אדם – אירלנד

החל משנת 1991, המכון למחקר חברתי וכלכלי³³ (ESRI) בשיתוף פעולה עם הרשות הלאומית לתעסוקה והכשרה באירלנד³⁴ (FAS) מפרסמים סדרה של דו"חות הכוללים תחזיות של תעסוקה לפי משלחי יד (occupational employment forecast) באירלנד. הדו"ח האחרון, ה-13 במספר, פורסם בשנת 2010, וכולל תחזיות לשנת 2015.³⁵

המטרה של תחזיות אלו היא לפתח מערכת שתספק מידע על הדפוסים המשתנים של משלחי היד ותזהה את השינויים האפשריים בכישורים הנדרשים בשוק העבודה העתידי בכלכלה האירית. מידע זה מסייע לרשות הלאומית לתעסוקה והכשרה בקבלות החלטות על מדיניות לטווח זמן בינוני. לצורך תכנון ההכשרה העתידית, יש לבחון את ההתפתחויות העתידיות על מנת להבטיח איזון מתאים בין הכישורים הנחוצים להרחבתה של הכלכלה האירית, השינויים המבניים והרכבו העתידי של שוק התעסוקה. תחזיות התעסוקה משמשות את הגופים הבאים:

- גורמים האחראים למדיניות השכלה והכשרה
- גורמים האחראים למדיניות שוק עבודה (תכניות להכשרת מובטלים)
- גורמים האחראים למדיניות הגירה
- יועצי קריירה, סטודנטים ואנשים פרטים המקבלים החלטות לגבי עתידם.

תחזיות התעסוקה כוללת, בין השאר, את הפרקים הבאים:

- סקירת התחזית הכלכלית של המכון למחקר כלכלי וחברתי, בהנחה של תרחיש של התאוששות כלכלית, וגידול בשוק התעסוקה החל משנת 2011
- השוואה עם נתונים היסטוריים המציגה את השינויים בין דפוסי התעסוקה הצפויים לדפוסי התעסוקה בעבר
- תחזית תעסוקה לעשרים ענפי כלכלה (economic sectors).
- תחזיות תעסוקה ל-19 קטגוריות של משלחי יד ו-43 משלחי יד
- ניתוח של המניעים/סיבות לשינוי בשיעור התעסוקה עבור כל משלח יד
- תחזיות תעסוקה לפי רמת השכלה
- תחזית תעסוקה לפי מגדר

Economic and Social Research Institute (ESRI) - <http://www.esri.ie> ³³

Irish National Employment and Training Authority (FAS) - <http://www.fas.ie/en> ³⁴

Behan J. & Shally C. (2010). Occupational Employment Forecasts 2015. FAS/ESRI Manpower Forecasting Studies. Report no. 13 ³⁵

<http://www.fas.ie/NR/rdonlyres/FDBB3580-C466-4002-8EE7-C289E9E8BAB2/999/OccupationalEmploymentForecastsMarch2010.pdf>

הנחות ומגבלות

מחברי הדו"ח מדגישים כי התחזיות המוצגות בדו"ח נוצרו בתנאי חוסר וודאות. יש לפרש אותם ביחס להנחות שפורטו בדו"ח, הנוגעות להתאוששות הכלכלה העולמית, שיקום המגזר הפיננסי, הגירה, שינויים בשכר הנומינאלי ורמת האבטלה.

התחזית מתמקדת בטווח זמן בינוני ולא בטווח זמן קצר. לצורך התחזית, המכון למחקר כלכלי וחברתי יצר שני תסריטים: התאוששות מהמיתון של שנת 2008 ומיתון מתמשך. לבסוף, פורסם רק התסריט של התאוששות.

המודל כולל בתוכו מגבלות מובנות. לדוגמה, אחת השיטות שלפיהן נבנה המודל היא רגרסיה לינארית של מגמות העבר. רגרסיה זו מושפעת מגורמים רבים שאת חלקם לא ניתן לכמת. על מנת להביא למינימום את טעויות החיזוי, תקפות התחזית מוערכת על ידי תהליכי ייעוץ חיצוניים ונתונה למשוב. אין לפרש את הצפי כחיזוי מדויק של העתיד אלא כאינדיקציה של תוצאות עתידיות אפשריות.

התחזיות לשנת 2015 נשענות על ההנחות הבאות:

- רוב כלכלות העולם יתאוששו מהמיתון באמצע שנת 2010 ויצמחו בשיעור הקרוב לפוטנציאל שלהן בין השנים 2011-2015. בהנחה, שהתחרותיות תשתקם, הדרישה העולמית לסחורות מאירלנד צפויה גם היא להתאושש מהמיתון בשנת 2011.
- המודל המקרו כלכלי של המכון למחקר כלכלי וחברתי מספק הערכה טובה של מצב הכלכלה האירית בשנת 2015
- מגמות השינויים במשלחי יד בענפי המשק שנצפו בעשור שבין 1998-2008 ימשיכו גם לשנת 2015.

מתודולוגיה

השלב הראשוני בהכנת התחזית, הוא שימוש במודל המקרו כלכלי (HERMES) של המכון למחקר כלכלי וחברתי על מנת לייצר תחזית תעסוקה כללית לשנת 2015, לעשרה ענפים כלכליים (economic sectors). עשרה ענפים אלו, מתבססים על חלוקה שפותחה על ידי המכון למחקר כלכלי וחברתי בשנות ה-80, בשם Medium Term Reviews (MTR). בהמשך, הצוות של מכון למחקר כלכלי וחברתי והרשות הלאומית לתעסוקה והכשרה באירלנד, ביצע תת חלוקה נוספת של עשרת הענפים הכלכליים לעשרים ענפים, כפי שמוצג בלוח מספר 12. כלומר, תוצאת שלב זה, היא הצגת מספר המועסקים ב-20 ענפים כלכליים.

לוח 12: חלוקה (דיסאגרציה) של קטגוריות ה- MTR לקטגוריות ה-ESRI/FAS באירלנד

| FAS/ESRI Sector | MTR Sector |
|---|------------------------------|
| חקלאות | חקלאות |
| מתכות מכונות וציוד כימיקלים | היי-טק - ייצור |
| מזון, משקאות, טבק ביגוד וטקסטיל ייצור - אחר | ייצור - אחר |
| שירותים ציבוריים (utilities) | שירותים ציבוריים (utilities) |
| בנייה | בנייה |
| סיטונאות כלי רכב קמעונאות | Distribution |
| תחבורה תקשורת | תחבורה ותקשורת |
| פיננסים וביטוח שירותים עסקיים אחרים מלונאות ומסעדות שירותי שוק אחרים | שירותי שוק אחרים |
| מינהל ציבורי וביטחון | מנהל ציבורי וביטחון |
| בריאות חינוך | בריאות וחינוך |

מקור: Behan J. & Shally C. (2010). Occupational Employment Forecasts, table 1.1

מטרת השלב הבא היא להציג נתוני תעסוקה לפי משלח יד. המכון למחקר כלכלי חברתי משתמש בסיווג משלחי היד המשמש את הסקר הלאומי רבעוני של משקי הבית³⁶ של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה³⁷ האירית. סיווג זה מבוסס על הסיווג הבריטי למשלחי יד³⁸ משנת 1990 (עם התאמות לשוק העבודה האירי) והוא תואם את הסיווג הבין לאומי האחיד של משלחי יד מטעם משרד העבודה העולמי³⁹. הסקר הרבעוני של משקי הבית כולל פרוט של מספר המועסקים ב- 237 משלחי יד ב-62 ענפי תעשייה בין השנים 1998 ל-2008. בסיום שלב זה, הנתונים מהסקר הרבעוני של משקי הבית, מקובצים לטבלאות המציגות את מספר המועסקים ב-43 משלחי יד בעשרים ענפי תעשייה ושירותים בתקופה של 11 שנים.

השלב הבא – הוא חיזוי מגמות התעסוקה העתידיות. לרוב, מגמות אלו מוסקות מאקסטרפולציה של קו הרגרסיה הליניארי המתאים ביותר לרמת התעסוקה בעבר בכל מגזר/ענף. תוצאות שלב זה הוא סדרה של טבלאות/מטריצות הכוללת תחזית של (43 משלחי יד ב-20 ענפים). התחזית העתידית מושפעת משלושה גורמים:

- הגידול הכללי בתעסוקה בכלכלה האירית
- הגידול היחסי של ענפי תעשייה שונים כחלק מהגידול הלאומי (השפעת התעשייה)
- שינויים במבנה התעסוקה בענפים השונים

³⁶ Quarterly National Household Survey (QNHS)

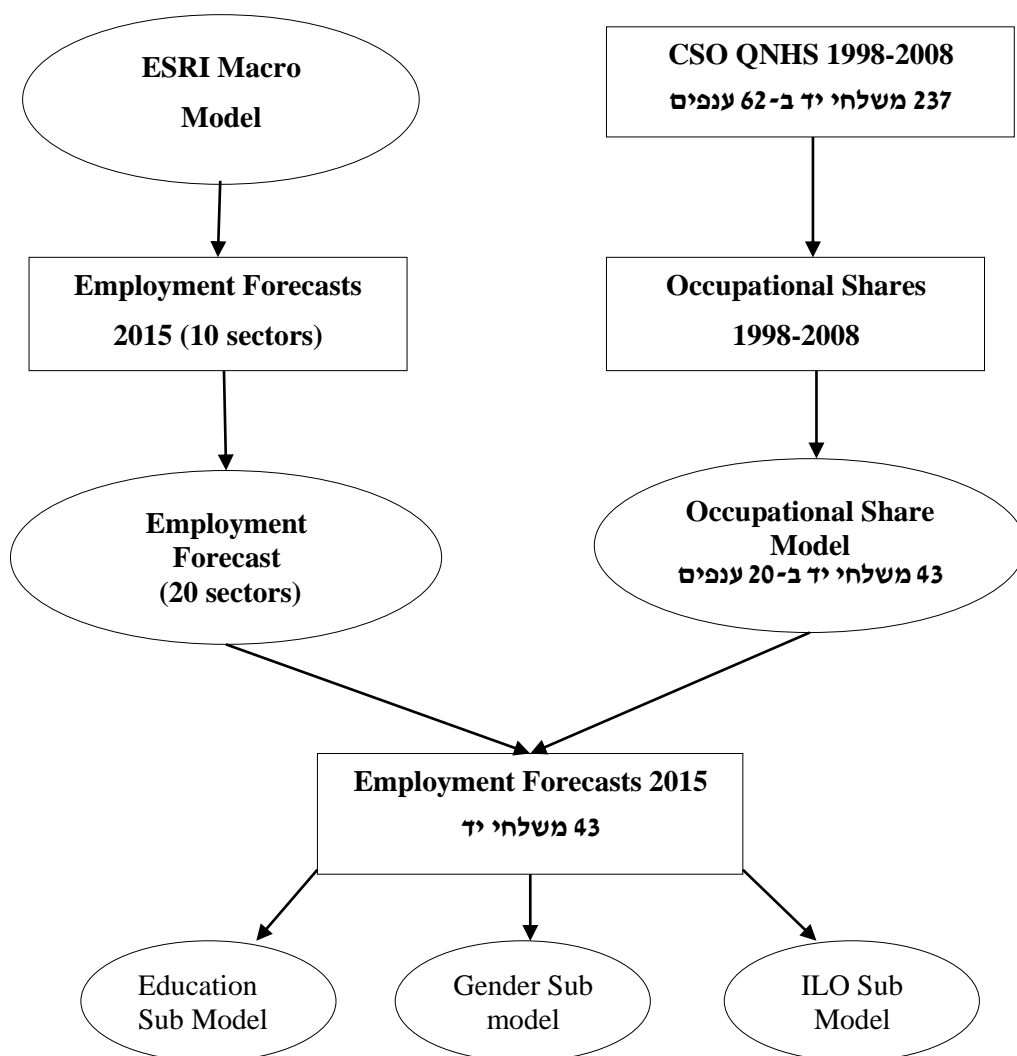
³⁷ Central statistics Office (CSO)

³⁸ Standard Occupational Classification (SOC)

³⁹ International Standard Classification of Occupations (ISCO)

מהתחזית הכללית, נגזרים שלוש תת תחזיות נוספות: תחזית תעסוקה לפי מגדר - העלייה החדה בהשתתפות הנשים בשוק העבודה, גרמה לבדיקה של השינויים הצפויים בהשתתפות נשים בתעסוקה. תת מודל מיוחד לנשים מספק תחזית לתעסוקת נשים ב-43 משלחי היד בשנת 2015. תת מודל נוסף הוא של תחזית תעסוקה לפי השכלה, הכוללת נתונים על כמות המועסקים ב-43 משלחי יד לפי חלוקה לשלוש רמות השכלה – השכלה עד לתיכון, השכלה תיכונית ומעלה והשכלה אקדמית. תת המודל השלישי הוא תחזית תעסוקה ב-19 משלחי יד ו-20 ענפים, לפי הגדרת התעסוקה של ה-ILO⁴⁰ – אדם מוגדר מועסק במידה והוא עבד לפחות שעה בתשלום בשבוע מסוים. בעוד שהתחזית של FAS משתמשת מסיבות היסטוריות, בהגדרת התעסוקה של PES⁴¹ – שלפיה הנשאלים בסקר מגדירים האם הם מועסקים או לא. האזור הבא מציג את השלבים השונים במודל החיזוי של FAS/ESRI:

איור 6: שלבים במודל החיזוי של FAS/ESRI.



International Labour Organization⁴⁰
Principal Economic Status⁴¹

סיכום התחזית של אירלנד לתקופה 2008-2015

- התעסוקה ברוב משלחי היד צפויה להתאושש מהשפל אליו הגיעה בשנת 2010. מהירות ומידת ההתאוששות צפויה להשתנות בין משלחי היד השונים.
- משלחי היד שצפויים להגיע לרמות שלפני המיתון הם משלחי יד אקדמיים, חופשים וטכניים (professional) בתחומי המדע, הנדסה, עסקים, שירותים וטכנולוגיית מידע (IT). משלחי יד שאינם צפויים להתאושש בדומה לרמה שהיו בה בשנת 2008 הם משלחי יד בתחום הבנייה, עובדים לא מיומנים, אנשי מכירות, עובדי ייצור ופקידים.
- משלחי יד חופשיים, טכניים ומנהלים צפויים להוות 38% מהתעסוקה הכוללת בשנת 2015, בהשוואה ל-34% בשנת 2008 ו-31% בשנת 1996.
- תעסוקת הנשים צפוי להתאושש ולעלות בשנת 2015 בהשוואה לשנת 2010. תעסוקת הגברים אינה צפויה להתאושש ולהגיע לרמות שלפני המשבר הכלכלי. בשנת 2015, נשים צפויות להיות יותר ממחצית מבעלות משלחי יד אקדמיים וחופשיים בתחום השירותים והעסקים וכמעט מחצית מהמנהלים. להלן לוח המציג את תחזית התעסוקה לפי ענפים כלכליים בשנים 2008 ו-2015

2015

לוח 13: מספר המועסקים (באלפים) בעשרים ענפים כלכליים בשנת 2008 ובשנת 2015 באירלנד

| ענף כלכלי | 2008 | 2015 | שינוי 2008-2015 |
|------------------------|--------------|--------------|-----------------|
| חקלאות | 117 | 87 | -30 |
| ייצור - היי-טק | 138 | 160 | 22 |
| מתכות | 28 | 31 | 3 |
| מכונות וציוד | 69 | 72 | 4 |
| כימיה | 42 | 57 | 15 |
| תעשייה מסורתית | 146 | 100 | -46 |
| מזון, משקאות, טבק | 50 | 47 | -3 |
| ביגוד וטקסטיל | 9 | 3 | -6 |
| אחר | 87 | 51 | -37 |
| בנייה | 254 | 191 | -63 |
| Distribution | 281 | 262 | -19 |
| סיטונאות | 63 | 62 | -1 |
| כלי רכב | 46 | 42 | -4 |
| קמעונאות | 171 | 158 | -17 |
| תחבורה ותקשורת | 117 | 128 | 11 |
| תחבורה | 80 | 86 | 6 |
| תקשורת | 37 | 42 | 5 |
| שירותים אחרים | 508 | 567 | 59 |
| כספים וביטוח | 93 | 101 | 8 |
| שירותים עסקיים אחרים | 194 | 231 | 37 |
| מלונאות ומסעדות | 112 | 107 | -5 |
| אחר | 109 | 128 | 19 |
| מנהל ציבורי וביטחון | 110 | 110 | 0 |
| בריאות וחינוך | 359 | 348 | -11 |
| חינוך | 142 | 138 | -4 |
| בריאות ועבודה סוציאלית | 217 | 211 | -6 |
| סך הכל | 2,030 | 1,953 | -77 |

מקור: Behan J. & Shally C. (2010). Occupational Employment Forecasts, table 1

הלוח הבא מציג את מספר המועסקים לפי משלח יד בארבע נקודות זמן, בתקופה שבין 2008 ל - 2015.

לוח 14: מספר המועסקים (באלפים) לפי משלח יד בשנת 1996, 2001, 2008 ו-2015 באירלנד

| שינוי 2008-2015 באחוזים | שינוי 2008-2015 באלפים | 2015 | 2008 | 2001 | 1996 | משלח יד |
|-------------------------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| -26.7 | -28.5 | 78.1 | 106.5 | 105.5 | 115.0 | חקלאות |
| 3.3 | 7.0 | 219.4 | 212.4 | 164.5 | 116.8 | מנהלים |
| -23.1 | -7.6 | 25.1 | 32.6 | 51.0 | 41.0 | proprietors |
| -0.4 | -0.5 | 107.3 | 107.8 | 83.6 | 75.4 | בריאות וחינוך |
| 17.9 | 11.0 | 72.2 | 61.3 | 44.7 | 23.1 | מדע והנדסה |
| 11.5 | 11.6 | 111.7 | 100.2 | 61.0 | 39.0 | עסקים, משפטים ומשלחי יד אקדמיים אחרים |
| -1.4 | -1.0 | 74.2 | 75.2 | 53.0 | 43.0 | משלחי יד הקשורים לבריאות |
| 21.5 | 9.1 | 51.6 | 42.5 | 38.4 | 24.7 | משלחי יד הקשורים למדע ולהנדסה |
| 3.4 | 2.4 | 72.4 | 70.1 | 52.7 | 33.7 | אחר |
| -2.4 | -5.9 | 245.4 | 251.3 | 210.5 | 177.7 | פקידות |
| -16.3 | -13.6 | 69.6 | 83.1 | 60.7 | 27.8 | עובדי בנייה מיומנים |
| -17.0 | -12.9 | 62.9 | 75.8 | 66.2 | 52.8 | עובדי תחזוקה מיומנים |
| -25.1 | -21.9 | 65.3 | 87.1 | 70.4 | 56.2 | עובדי כפיים מיומנים – אחר |
| -16.7 | -19.8 | 98.8 | 118.7 | 159.3 | 111.1 | Operatives |
| 0.4 | 0.4 | 94.7 | 94.3 | 76.5 | 54.9 | תחבורה |
| -3.8 | -6.7 | 168.6 | 175.2 | 132.5 | 99.1 | מכירות |
| 0.0 | 0.0 | 83.9 | 84.0 | 40.0 | 27.0 | סיעוד וטיפול |
| 6.8 | 8.4 | 131.0 | 122.6 | 96.9 | 79.8 | שירותי אחרים |
| -6.8 | -8.8 | 120.4 | 129.2 | 86.2 | 99.8 | עובדי כפיים לא מיומנים |
| - 3.8 | - 3.77 | 1,952.7 | 2,029.9 | 1,653.5 | 1,297.2 | סה"כ |

מקור: Behan J. & Shally C. (2010). Occupational Employment Forecasts, table 4.1.

4.1 מחסור בכוח אדם מיומן בטכנולוגיה עילית⁴²

ב-2011 הוקם במועצה הלאומית לכלכלה צוות לבחינת מחסור בכוח אדם מיומן במשלחי יד בתחום היי-טק במגזר העסקי. מחקר זה שנערך לא ביצע תחזיות אלא בא לבדוק טענה שנשמע בשנים האחרונות מגופים שונים כי כוח האדם המיומן אינו מספיק לצרכי המשק. המחקר בדק גם את הסיבות למחסור ונתן המלצות להקטנת המחסור בטווח הזמן הקצר, הבינוני והארוך.

מתודולוגיית הבחינה הורכבה ממספר היבטים:

- **בחינת הביקוש לעובדים בנתוני התעסוקה:** נבחנו וזוהו משלחי היד בהם יש ביקוש מוגבר לעובדים מיומנים, וזאת בהתבסס על אינדיקטורים שונים – מספר המשרות הפנויות במשק על פי סקרי הלמ"ס, סקרי מעסיקים ומשך הזמן הנדרש למחפש עבודה עד למציאת עבודה בתחומו.
 - **בחינת היצע העובדים המיומנים בהתבסס על כמות בוגרי מוסדות הלימוד, והשוואתו לביקוש לעובדים:** בהמשך לבדיקת המשרות הפנויות במשק המשקפות את הביקוש לעובדים מיומנים יש לבדוק את השינויים בהיצע העובדים. לצורך השוואת הביקוש וההיצע נבדק הביקוש לעובדים כפי שבא לידי ביטוי בכמות המשרות הפנויות ובקצב יצירת המשרות החדשות במשלחי היד השונים, והשוואתו להיצע העובדים החדשים כפי שבא לידי ביטוי בכמות השנתית של בוגרי מוסדות הלימוד האקדמאים בתחומים הרלוונטיים. זאת תחת ההנחה כי תחום בו קיים מחסור בכוח אדם יתאפיין בפער משמעותי - בין ביקושים גבוהים להיצע עובדים מצומצם.
 - **בדיקת גובה השכר במשלחי היד השונים:** זיהוי משלחי היד בהם יש עלייה מהירה בשכר, ומשלחי היד בהם השכר גבוה בצורה ניכרת ביחס למקצועות אחרים. זאת תחת ההנחה כי תופעות אלו לא יכולות להתקיים במקרה שיש היצע גדול וזמין של דורשי עבודה רלוונטיים, וכי הן מעידות על מחסור יחסי בעובדים.
 - **בדיקת התפישות והעמדות של חברות השמה ושל בכירים בתעשייה:** הצוות בחן תפישות ועמדות של בכירים בתעשייה ושל חברות השמה, לגבי התחומים בהם קיים המחסור ולגבי מידת עוצמת המחסור. זאת הן באמצעות סקרים (כגון סקר החברות של בנק ישראל וסקר התאחדות התעשיינים) ושאלונים, והן באמצעות מגוון רחב של פגישות וראיונות.
- מהבדיקה עלו המימצאים הבאים:**
- במגזר העסקי קיים מחסור בכוח אדם מיומן בעיקר בתחומי התוכנה (מדעי מחשב והנדסת מחשבים), האלקטרוניקה, והמחקר והפיתוח. המחסור אינו אחיד על פני כל ענפי ההיי-טק, ובחלק מן המקצועות יתכן שאף מתקיים היצע עודף של עובדים.

⁴² המועצה הלאומית לכלכלה (2012). המחסור בכוח אדם מיומן בטכנולוגיה עילית: המלצות הצוות הבין משרדי. <http://www.pmo.gov.il/Lists/FAQkalkala/Attachments/21/tech.pdf>

- אחת העדויות הבולטות לקיומו של מחסור מתבטאת בשיעור בוגרי מוסדות ההשכלה הגבוהה לעומת הביקוש לעובדים.
- הצוות לא זיהה בצורה ברורה מחסור חריג בכוח אדם מיומן במגזר העסקי בתחומים אחרים, לרבות מדעים מדויקים, תחומי הנדסה נוספים, ומדעי החברה. בפרט, זיהה הצוות עודף היצע משמעותי של כוח אדם מיומן בתחומי מדעי החיים.
- נראה כי עיקר המחסור הינו בבוגרי אוניברסיטאות מצטיינים בתחומי החומרה והתוכנה שהם בעלי ניסיון תעסוקתי. עוד נמצא כי ישנם מקרים רבים בהם התעשייה מסתייגת מהעסקת בוגרי מכללות במקצועות הרלוונטיים.
- נראה כי כבר כיום יש למחסור השפעות שליליות על המשק הישראלי, בהן עליית שכר הפוגעת ביתרון התחרותי של תחום ההיי-טק בישראל, האטת קצב הצמיחה של התחום ואובדן משרות פוטנציאליות לטובת מיקור חוץ בחו"ל. ברמה הנוכחית של המחסור הנוק עדיין לא מורגש בחוזקה, אך יחד עם התאוששות של הכלכלה עולמית המחסור יעשה נזק משמעותי לכלכלה הישראלית.

4.2 מודל של הלמ"ס לתחזית כוח אדם בהוראה בישראל

מערכת החינוך בישראל, בדומה למערכות חינוך בעולם המערבי, ניצבת בפני התפתחויות חברתיות, כלכליות וטכנולוגיות. כדי להיערך לקראת העתיד, הוחלט במשרד החינוך לנסות לחזות את השינויים הצפויים בהיקף כוח האדם בהוראה, שבין היתר יושפע מהיקף אוכלוסיית התלמידים בעתיד, ובהתאם לחזות את היקף ההכשרה להוראה הנדרשת בעקבות שינויים אלו.

בשנת 2007 פרסמה הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, לבקשת משרד החינוך, עבודה בנושא "תחזית כוח אדם בהוראה במערכת החינוך 2006-2012"⁴³

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה פיתחה שיטה מדעית-טכנולוגית לחיזוי כוח האדם בהוראה ברמה הכלל-ארצית. התחזיות מבוססות על שיטות סטטיסטיות ושיקול דעת מקצועי ומניחות כי התנאים שבהם פועלת כיום מערכת החינוך – קצב כניסת מורים חדשים למערכת, היקף משרות של מורים, גודל הכיתות וכדומה ימשיכו להתקיים גם בעתיד.

הפיתוח המתודולוגי והממצאים של תחזיות כוחות ההוראה וצורכי ההכשרה התנהל בארבעה שלבים עיקריים: חיזוי של מספר התלמידים, חיזוי של מספר המורים, חיזוי של מספר המורים החדשים וחיזוי של צורכי ההכשרה להוראה.

לחיזוי של מספר התלמידים נעשה שימוש בשיטה שפותחה בלמ"ס והמתבססת על שלושה רכיבים עיקריים: שיעור התלמידים מאותו דרג חינוך שיעברו לשנה הבאה, שיעור התלמידים שייכנסו לאותו דרג מדרגי חינוך נמוכים יותר ושיעור התלמידים החדשים (כיתה א' לדוגמא).

לחיזוי של מספר המורים נעשה שימוש בקובץ המורים הרב שנתי ופותרה מתודולוגיה לחיזוי מספר המורים בכל דרג חינוך. במודל שפותח חולקה מערכת החינוך ל- 11 תאים לפי מגזר, פיקוח (במגזר העברי בלבד) ודרג חינוך, יחידת החקירה הייתה המורה היחיד על מאפייניו האישיים

⁴³ הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2007). תחזית כוח אדם בהוראה במערכת החינוך 2006-2012. http://www.cbs.gov.il/www/publications/education/tahazit/tahaziot_morim2012.pdf

והתעסוקתיים – גיל, מין, ותק, שעות עבודה, השכלה וכדומה. על סמך המאפיינים הללו נלמדה ההסתברות של כל מורה בכל תא להמשיך בו בשנה הבאה, או לחלופין לצאת ממנו באופן זמני (מסיבות של שבתון, חלי"ת, וכדומה) או באופן קבוע (מסיבות של פנסיה, נשירה, מעבר לדרג חינוך או לפיקוח אחר וכדומה).

4.3 מודל של משרד הבריאות לתחזית כוח אדם רפואי וסיעודי בישראל⁴⁴

במרץ 2009 הוקמה במשרד הבריאות ועדה לבדיקת כוח אדם רפואי וסיעודי במערכת הבריאות. ביוני 2010 פרסמה הועדה דוח הכולל אומדנים ותחזיות לכוח האדם הרפואי והסיעודי בישראל. בדו"ח מצוין כי שיטות שנוסו בעבר לאומדן צרכים בתחום כוח האדם הרפואי לא הגיעו לאומדנים נכונים ולמעשה, במדינות מסוימות חזו מגמה שהתבררה כהפוכה מהמציאות (עודף במקום מחסור). בשנים האחרונות נמצא בשימוש מודל ניתוח שונה שאומץ גם על ידי HRSA⁴⁵, ארה"ב. הדו"ח מציג מספר מודלים ששימשו בשנים האחרונות גופים בינלאומיים לשם אומדן צרכים בתחום הבריאות, את הגורמים העיקריים שעשויים להשפיע על תחזית הצרכים העתידיים של רופאים וכן את המודלים שנבחנו על ידי חברי הוועדה, כבסיס להחלטה בדבר המתודולוגיה בה יש לבחור. מודלים עיקריים ששימשו בשנים אחרונות לחיזוי כוח אדם במערכות בריאות:

- **Need based approach – מודל המבוסס על צרכי בריאות של האוכלוסייה**, וכפועל יוצא מכך - אומדן זמן רופא ואחיות והיקף המשרות הדרוש כדי לענות על צרכים אלה. מודל זה, מביא בדרך כלל להערכת-יתר של הצרכים בתחום כוח האדם, כיוון שהוא מתעלם ממצוינות כלכלית ומגורמים אחרים המשפיעים על הביקושים.
- **Utilization based approach מודל מבוסס ביקושים/שימושים בשירותי בריאות** המתבסס על המגמות בדרישה/ביקוש לשירותי בריאות כדי לבצע אומדן עתידי. תת קבוצה של מודל זה היא שיטת ה-Benchmarking, בשיטה זו התייחסו לשיעור רופאים לאוכלוסייה ולהיקף השימוש בשירותי בריאות בקרב ה-HMOs⁴⁶ בארה"ב ומתוך כך ביצעו אומדן לכלל האוכלוסייה במדינה – מודל זה היה מקובל בשימוש בשנות התשעים. אך הוא לא הצליח לחזות מגמות באופן מדויק דיו, בין השאר, מאחר והוא התעלם ממאפיינים של רכיבי מערכת הבריאות שאינם חלק מה-HMOs.
- **Physician Supply Model (PSM) – מודל המבוסס על היצע הקיים ועל פיו חוזה את הצורך העתידי**. בבסיס מודל זה קיימת הנחת יסוד שההיצע והביקוש בנקודת המוצא מאוזנים. המודל יוצא מתוך מצב קיים בנקודת המוצא ומביא בחשבון את המשתנים הבאים: היצע נוכחי של רופאים לפי גיל, מין, התמחות, ארץ לימוד, עיסוק עיקרי (קליני/ מנהלתי/מחקר). על בסיס מצב נוכחי מתבצע אומדן עתידי – לפי היקף ההכשרות השנתיות

⁴⁴ משרד הבריאות (2010). דו"ח הועדה לתכנון כוח אדם רפואי וסיעודי בישראל
http://www.health.gov.il/PublicationsFiles/mp_june2010.pdf

⁴⁵ Health Resources and Services Administration (HRSA)

⁴⁶ Health Maintenance Organization

בישראל (רופאים ומומחים), היקף הגירת רופאים (חיובית ושלילית) ונשירה מהמקצוע (מסיבות של פרישה, שינויים בקריירה המקצועית, תמותה, או נכות).

- **Physician Requirement Model – מודל משולב** (בבסיסו, מבוסס ביקושים) המודל מבוטא במונחים של שיעורי רופא לאוכלוסייה, בכל אחד משטחי הרפואה ומול אוכלוסיות הנבדלות ביניהן במגדר, עיור וסוג ביטוח. האומדנים מתייחסים בנפרד לאומדני אוכלוסייה לפי המשתנים הנ"ל, אומדני כיסוי ביטוחי לפי המשתנים הנ"ל וכן לאומדן של שיעור רופא אוכלוסייה ומנסה לשלב ביניהם כדי להגדיר את הצורך ברופאים. המודל מביא גם בחשבון משתנים שעשויים להשפיע על האומדן כגון, מגמות וביקושים נוכחיים בתחומי הרפואה השונים ומשלב גם התייחסות למגמות עתידיות בסוגיות מדיניות - כגון היקף הכיסוי הביטוחי, ואופן אספקת השירות. מודל זה משתייך לתת קבוצה של ה- utilization based model הנמצא בשימוש כיום בארה"ב (HRSA).

5. כוח העבודה בישראל

ניתוח שוק העבודה חשוב במיוחד בישראל משתי סיבות עיקריות: בישראל אין משאבים טבעיים רבים והמדינה מתבססת באופן מובהק על הון אנושי. לכן, חשוב שצעירים ילמדו מקצועות שיש להם ביקוש בשוק העבודה, כך שהדור הבא יוכל להרוויח משכורת ראויה והמשק ירוויח עובדים מיומנים בתחומים הנחוצים. מאפיין ייחודי נוסף לשוק העבודה בישראל הוא הצטרפות לשוק העבודה בגיל מאוחר יחסית (לאחר הצבא) ולעיתים גם עם ניסיון שנרכש בצבא. לכן המשק הישראלי אינו יכול להסתמך על ניתוחים בינלאומיים של שווקי עבודה שונים ויש צורך להבין את היצע העבודה הייחודי בארץ (נתנזון ולוי, 2010).

בפרקים הקודמים הצגנו תחזיות המפורסמות במדינות אחרות וכן תחזיות קיימות שהתבצעו בישראל. מסקירות אלה עולה כי אין עבור ישראל תחזיות קבועות וסדרתיות של שוק העבודה על פי משלחי יד או ענפי הכלכלה. התחזיות הקיימות הן ממוקדות ובאות לסייע בפתרון בעיה ידועה וקיימת.

על מנת לבנות מודל תחזיות שוק העבודה המותאם לישראל, יש תחילה צורך בנתונים סטטיסטיים ובהצגת מצב קיים. בפרק זה נציג את הנתונים ומקורותיהם הקיימים בישראל על שוק העבודה והנדרשים על מנת לבנות מודל חיזוי. לדוגמה בצד ההיצע את בוגרי אוניברסיטאות ומסיימי בגרות ובצד הביקוש יוצגו מספר המועסקים לפי משלח יד וגם נתונים מקרו כלכליים כגון גידול באוכלוסייה, גידול בתמ"ג וכד'.

5.1 נתונים מקרו כלכליים

השלב הראשון של תחזיות תעסוקה הוא קביעת גודל האוכלוסייה הצפוי, ממנו ניתן לגזור את גודלו של כוח העבודה האזרחי (בני 15 ומעלה), ממנו נגזר שיעור ההשתתפות בכוח העבודה. במדינת ישראל שיעור זה משתנה בין המגזרים השונים (נשים ערביות, גברים חרדים). ישנו צפי לעלייה במספר של עובדי הידע ובמשקל של הטכנולוגיה בשוק התעשייה. בישראל קיימת מדיניות ממשלתית של קידום אוכלוסיות מסוימות כמו חרדים, נשים ערביות, אתיופים ועוד להשתלב בשוק העבודה. כאשר מתייחסים לתחזית של אוכלוסייה לצורכי חיזוי כוח אדם יש להתייחס גם לשינויים דמוגרפים לדוגמה עליה בתוחלת החיים ובעקבות כך עלייה של גיל הפרישה. בישראל עלה גיל הפרישה מ-65 ל-67 לגברים ומ-60 ל-62 לנשים.

שוק העבודה מושפע מתהליכים מקרו כלכליים כגון:

- שינויים דמוגרפים

- גלובליזציה

- התפתחות טכנולוגית.

בישראל קיימת תחזיות של הלמ"ס לגבי גודלה של אוכלוסייה במדינת ישראל (שיעורי פריון, תמותה והגירה) בשלוש חלופות: נמוכה (השארית המצב כפי שהוא) בינונית וגבוהה (עלייה דרמטית בשיעור הפריון והעלייה לישראל)⁴⁷

⁴⁷ ראיון שנערך ב-29/7/2012 עם פרופ' אמנון פרנקל מהטכניון. פרופ' פרנקל עוסק בתחזיות כוח אדם הניתנות במסגרת תכנית מתאר ארצית לתחבורה יבשתית משולבת (תמ"א 42) - התחזית היא לשנת 2040. התוכניות כוללות תחזית אוכלוסייה וסה"כ תחזיות מועסקים (לפי אזורים ולא לפי מקצועות/משלח יד).

לוח 15: תחזיות אוכלוסייה לטווח ארוך 2009-2059 בישראל- לפי שלוש חלופות

| תחזית גבוהה | תחזית בינונית | תחזית נמוכה | |
|-------------|---------------|-------------|------|
| 8,303,500 | 8,183,400 | 8,066,400 | 2014 |
| 9,128,400 | 8,843,000 | 8,563,700 | 2019 |
| 10,021,500 | 9,524,800 | 9,043,700 | 2024 |
| 10,992,700 | 10,237,900 | 9,507,700 | 2029 |
| 12,057,600 | 10,981,200 | 9,943,400 | 2034 |
| 13,275,300 | 11,780,500 | 10,353,900 | 2039 |
| 14,702,200 | 12,649,500 | 10,732,600 | 2044 |
| 16,364,800 | 13,583,400 | 11,078,300 | 2049 |
| 18,253,800 | 14,572,700 | 11,372,900 | 2054 |
| 20,385,700 | 15,607,600 | 11,613,800 | 2059 |

נתונים נוספים המשמשים לתחזיות שוק העבודה הם גידול בתמ"ג. נתונים אלה ניתן למצוא בבנק ישראל ומשרד האוצר בדרך כלל לטווחים קצרים.

לדוגמא, בספטמבר 2012 פורסם מסמך⁴⁸ שהכינה חטיבת המחקר של בנק ישראל המציג את התחזית המקרו-כלכלית, במהלך ארבעת הרבעים הבאים (המסתיימים ברביע השלישי של 2013). לפי התחזית צפוי שיעור האינפלציה להסתכם ב-2.6%, וריבית בנק ישראל צפויה להיוותר ברמתה הנוכחית, 2.25%. התוצר המקומי הגולמי צפוי לצמוח בשנת 2012 ב-3.3%, ובשנת 2013 – ב-3.0%.

איור 7: תחזית בנק ישראל למדדים כלכליים נבחרים

לוח 1: המשק הישראלי
תחזית חטיבת המחקר לשנים 2012 ו-2013
(אחוזים, שיעורי שינוי - אלא אם כן צוין אחרת)

| תחזית 2013 | תחזית 2012 | נתונים בפועל 2011 | |
|------------|------------|-------------------|---------------------------------|
| 3.0 | 3.3 | 4.7 | התמ"ג |
| 2.0 | 9.0 | 9.6 | היבוא האזרחי ללא יהלומים ואו"מ |
| 2.2 | 3.4 | 4.3 | הצריכה הפרטית |
| 1.0 | 5.6 | 17.6 | ההשקעה בנכסים קבועים ללא או"מ |
| 3.4 | 2.7 | 2.7 | הצריכה הציבורית ללא יבוא בטחוני |
| 3.8 | 6.3 | 4.4 | היצוא ללא יהלומים והזנק |
| 7.6 | 7.1 | 7.1 | האבטלה (שיעור) ¹ |
| 2.2 | 2.7 | 2.5 | אינפלציה ² |
| 2.25 | 2.25 | 2.90 | ריבית בנק ישראל ³ |

(1) שיעור האבטלה עקב עם שיסות האמדיה החדשה של של הלמ"ס.
(2) מדד המחירים לצרכן הממוצע ברביע האחרון של השנה לעומת רביע האחרון אשתקד.
(3) ממוצע הרביע האחרון בשנה.
המקור: נתונים - הלמ"ס ובנק ישראל, ותחזיות - בנק ישראל

⁴⁸ תחזית מקרו-כלכלית של חטיבת המחקר בבנק ישראל ל 2012- ול 2013, בנק ישראל, חטיבת המחקר, 2012
<http://www.boi.org.il/he/NewsAndPublications/RegularPublications/DocLib3/ResearchDepartmentForecast/Staff-Forecast-Sep-2012-Heb.pdf>

5.2 נתוני היצע וביקוש

מאחר ועבודה זו מתרכזת בכוח אדם מדעי וטכנולוגי תחזית להיצע הרלוונטי הוא בוגרים של מערכת ההשכלה הגבוהה וכן דורשי עבודה במשלחי היד כמו אקדמאי, מנהלים, מקצועות חופשיים וטכניים. הלמ"ס ולשכת התעסוקה מפרסמים נתונים על דורשי עבודה ומובטלים בלוח הבא מתוארים נתוני השינוי בשיעור הדרישה לעובדים בכל אחד ממשלחי היד בהשוואה לחודש מקביל אשתקד.

לוח 16: נתוני השינוי בדרישה לעובדים לפי משלח יד בישראל בהשוואה לחודש מקביל אשתקד⁴⁹

| קבוצות מקצוע (משלח יד) ³ | יולי | | השינוי בהשוואה לחודש מקביל אשתקד במספרים | באחוזים |
|-------------------------------------|---------------|---------------|--|--------------|
| | 2012 | 2011 | | |
| אקדמאי | 657 | 682 | -25 | -3.7% |
| מקצועות חופשיים וטכניים | 1,008 | 1,044 | -36 | -3.4% |
| מנהלים | 372 | 345 | 27 | 7.8% |
| עובדי פקידות | 1,837 | 2,489 | -652 | 26.2% |
| עובדי מכירות/שירותים | 4,490 | 4,411 | 79 | 1.8% |
| עובדים מקצועיים בחקלאות | 138 | 130 | 8 | 6.2% |
| מקצועיים בתעשייה/בינוי/אחר | 4,281 | 5,014 | -733 | -14.6% |
| בלתי מקצועיים | 10,626 | 11,675 | -1,049 | -9.0% |
| ארצי | 23,409 | 25,790 | -2,381 | -9.2% |

מקור: לשכת התעסוקה

לוח 17: מועסקים, לפי משלח יד בקבוצות נבחרות בישראל (קבוצה משנית - שלוש ספרות), 2010-2006

| סמל | משלח יד | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 2010 | (3)2009 | 2008 | 2007 | 2006 |
| סך כולל⁽²⁾ | 2,938.2 | 2,841.0 | 2,776.7 | 2,682.0 | 2,573.6 |
| 0 בעלי משלח יד אקדמי | 441.2 | 405.1 | 396.8 | 374.7 | 358.0 |
| 001 ביולוגים ובעלי משלח יד דומה | 4.6 | 5.2 | 5.7 | 7.2 | 4.3 |
| 015 מנתחי מערכות ובעלי משלח יד אקדמי במדעי המחשב | 22.7 | 23.9 | 23.3 | 22.1 | 17.8 |
| 020 אדריכלים ואדריכלים מתכנני ערים | 8.1 | 9.1 | 9.6 | 9.4 | 8.3 |
| 021 מהנדסים אזרחיים | 15.5 | 13.0 | 11.5 | 11.4 | 10.6 |
| 023 מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה | 22.4 | 19.2 | 22.0 | 21.2 | 21.0 |
| 024 מהנדסי מכונות | 9.9 | 9.4 | 10.7 | 9.5 | 9.0 |
| 027 מהנדסי מחשבים | 17.5 | 17.3 | 17.2 | 15.5 | 16.8 |
| 028 מהנדסי תעשייה וניהול | 13.1 | 9.7 | 11.0 | 7.8 | 7.3 |
| 030 רופאים | 26.7 | 25.8 | 25.1 | 24.1 | 21.4 |
| 031 רופאי שיניים | 6.4 | 6.1 | 5.8 | 5.7 | 5.6 |
| 032 רוקחים | 4.9 | 5.9 | 4.3 | 3.7 | 4.9 |
| 039 בעלי משלח יד אקדמי אחר ברפואה | 18.0 | 16.8 | 15.1 | 13.6 | 13.2 |
| 041 עורכי דין | 39.2 | 33.3 | 31.5 | 28.1 | 29.8 |
| 050 כלכלנים ודומיהם | 28.2 | 23.5 | 23.5 | 17.8 | 14.5 |
| 051 פסיכולוגים | 9.4 | 10.1 | 8.5 | 7.0 | 7.5 |
| 052 מנתחי עיסוקים ודומיהם | 4.8 | 5.1 | 5.8 | 5.9 | 4.4 |
| 053 עובדי רווחה וקהילה | 20.2 | 19.0 | 17.0 | 14.8 | 12.4 |

⁴⁹ לשכת התעסוקה. הודעה לעיתונות – ביקוש לעובדים יולי 2012 <http://www.taasuka.gov.il>

| 2010 | (3)2009 | 2008 | 2007 | 2006 | משלח יד | סמל |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|----------|
| 17.6 | 17.0 | 12.6 | 13.1 | 12.6 | רואי חשבון | 055 |
| 8.1 | 7.4 | 8.2 | 9.9 | 9.5 | אקדמאים במדעי הרוח | 060 |
| 5.2 | 3.4 | 3.2 | 4.4 | 3.4 | מרצים למדעי הטבע | 071 |
| 4.8 | 4.6 | 4.1 | 4.6 | 5.0 | מרצים למדעי החברה ולעבודה סוציאלית | 075 |
| 5.1 | 4.5 | 4.7 | 4.4 | 5.7 | מרצים למדעי הרוח ואמנויות | 076 |
| 43.0 | 39.3 | 44.0 | 40.9 | 41.5 | מורים במוסדות תיכונים | 083 |
| 5.9 | 4.9 | 3.7 | 3.2 | 4.3 | ראשי ישיבות ומורים בישיבות (פרט לישיבות תיכוניות) | 084 |
| 15.6 | 14.0 | 13.9 | 12.3 | 11.1 | מורים בחטיבות הביניים | 086 |
| 8.4 | 7.5 | 6.2 | 9.2 | 10.1 | מורים ועובדי חינוך אחרים | 089 |
| 440.7 | 440.8 | 422.2 | 421.9 | 402.3 | בעלי מקצועות חופשיים וטכניים | 1 |
| 6.9 | 7.3 | 7.1 | 6.5 | 6.6 | הנדסאים וטכנאים בהנדסה אזרחית | 110 |
| 9.1 | 10.3 | 10.4 | 9.8 | 11.9 | הנדסאי אלקטרוניקה וטכנאי אלקטרוניקה | 121 |
| 12.2 | 12.2 | 11.4 | 12.0 | 11.0 | הנדסאי מכונות וטכנאי מכונות | 122 |
| 6.4 | 5.9 | 6.1 | 5.0 | 4.6 | הנדסאים וטכנאים לתעשייה וניהול | 127 |
| 69.6 | 69.5 | 67.9 | 66.0 | 67.1 | הנדסאי מחשב, וטכנאי מחשב ומתכנתים | 130 |
| 4.9 | 5.3 | 3.8 | 3.2 | 3.6 | צלמים | 144 |
| 31.1 | 29.1 | 29.3 | 30.3 | 30.2 | אחיות מוסמכות | 151 |
| 5.2 | 4.7 | 6.9 | 6.8 | 6.5 | אחיות מעשיות | 152 |
| 6.7 | 7.1 | 5.9 | 6.8 | 6.7 | תרפיסטים | 154 |
| 12.4 | 11.4 | 10.6 | 11.5 | 11.1 | עובדים אחרים במקצועות פרה-רפואיים | 159 |
| 68.9 | 70.1 | 67.1 | 65.3 | 59.0 | מורים בבתי ספר יסודיים | 161 |
| 21.0 | 17.8 | 16.6 | 18.0 | 14.7 | מורים בחינוך המיוחד | 162 |
| 30.2 | 31.5 | 30.1 | 28.3 | 25.3 | גננות | 163 |
| 27.2 | 29.5 | 25.4 | 25.3 | 24.9 | מורים במוסדות אחרים | 164 |
| 19.4 | 18.9 | 19.8 | 20.6 | 18.9 | מדריכים חברתיים וקהילתיים | 166 |
| 17.1 | 16.5 | 14.2 | 18.3 | 15.2 | עיתונאים ותסריטאים | 170 |
| 12.5 | 13.0 | 13.1 | 14.2 | 12.7 | גרפיקאים ובעלי משלח יד דומה | 171 |
| 9.3 | 9.1 | 9.4 | 9.2 | 8.7 | מעצבים ובעלי משלח יד דומה | 172 |
| 14.7 | 13.7 | 12.1 | 9.8 | 11.7 | ספורטאים ובעלי משלח יד דומה | 177 |
| 202.4 | 185.3 | 187.9 | 174.2 | 156.1 | מנהלים | 2 |
| 41.8 | 36.6 | 36.9 | 39.5 | 35.1 | מנהלי חברות ומנהלים כלליים במגזר העסקי(כולל חברות ממשלתיות) | 211 |
| 9.5 | 9.3 | 12.1 | 10.4 | 9.0 | מנהלי ייצור (בכל התחומים) | 220 |
| 12.2 | 12.1 | 11.3 | 11.9 | 10.2 | מנהלים בשירותים פיננסיים ובמיסוי | 221 |
| 13.6 | 11.8 | 13.5 | 11.2 | 8.4 | מנהלי כוח אדם ומשאבי אנוש | 222 |
| 32.7 | 30.7 | 31.0 | 31.0 | 25.1 | מנהלי פרסום ושיווק | 223 |
| 17.1 | 12.6 | 13.6 | 9.6 | 7.7 | מנהלי אספקה | 224 |
| 4.9 | 3.0 | 6.2 | 5.7 | 4.7 | מנהלי שירותי מחשב | 225 |
| 6.4 | 4.2 | 4.1 | 4.6 | 5.8 | מנהלים בשירותי אבטחה | 226 |
| 9.8 | 7.0 | 9.0 | 9.8 | 8.8 | מנהלי שירותים קהילתיים ורפואיים | 227 |
| 8.9 | 8.6 | 8.7 | 6.1 | 7.6 | מנהלים בכירים אחרים | 229 |
| 42.6 | 46.0 | 39.3 | 31.4 | 30.3 | מנהלים אחרים | 239 |

מקור: הלמ"ס, סקרי כוח אדם 2010, לוח 2.18

הערות: (1) בלוח מובאים משלחי יד שיש בהם לפחות 5,000 מועסקים באחת השנים.

(2) כולל מקרים שבהם משלח היד אינו ידוע.

(3) על בסיס אומדני מפקד האוכלוסין 2008 והגדרה מעודכנת של תכונות כוח העבודה האזרחי.

גץ ד., בוכניק צ., זלמנוביץ ב., ואחרים (2008). כוח אדם מדעי וטכנולוגי בישראל. חיפה: מוסד שמואל נאמן.

<http://www.neaman.org.il/Neaman2011/Templates/ShowPage.asp?DBID=1&TMID=581&LANGID=2&FID=646&IID=8002>

משרד ראש הממשלה. המועצה הלאומית לכלכלה. (2012). המחסור בכוח אדם מיומן בטכנולוגיה עילית: המלצות הצוות הבין משרדי.

[/http://www.pmo.gov.il/Lists/FAQkalkala/Attachments/21/tech.pdf](http://www.pmo.gov.il/Lists/FAQkalkala/Attachments/21/tech.pdf)

נתנון ר' ולוי ר'. (2010). המלצות ליצירת מודל להכשרה מקצועית בישראל. הרצליה: מרכז מקרו לכלכלה מדינית.

<http://www.macro.org.il/lib/File/VocationalTraining/VocationalTrainingBookletHebrew2010.pdf>

Adams, A. V., Middleton, J. and Ziderman, A. (1992). Market-based manpower planning with labour market signals. *International labor review*, 131 (3), 261-279.

Barnow B.S. (2002). Occupations and skills in the United States: projections methods and results through 2008 In M. Neugart & S. Schomann (Eds.), *Forecasting labor Markets in OECD countries: measuring and tackling mismatches* (pp. 26-65). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.

Burns, M. & Shanahan, M. (2000). *Labour market models and their use in projecting vocational education and training requirements*. University of Melbourne: National Centre for Vocational Education Research.

<http://www.ncver.edu.au/publications/436.html>

Behan, J. & Shally, C. (2010). *Occupational Employment Forecasts 2015. FAS/ESRI Manpower Forecasting Studies*. Report no. 13

[http://www.fas.ie/NR/rdonlyres/FDBB3580-C466-4002-8EE7-](http://www.fas.ie/NR/rdonlyres/FDBB3580-C466-4002-8EE7-C289E9E8BAB2/999/OccupationalEmploymentForecastsMarch2010.pdf)

[C289E9E8BAB2/999/OccupationalEmploymentForecastsMarch2010.pdf](http://www.fas.ie/NR/rdonlyres/FDBB3580-C466-4002-8EE7-C289E9E8BAB2/999/OccupationalEmploymentForecastsMarch2010.pdf)

Cervantes, M. (2004). Scientists and engineers crisis, what crisis? *OECD Observer*, No. 240/241.

http://www.OECDobserver.org/news/fullstory.php/aid/1160/Scientists_and_engineers.html

Canadian Council on Learning (2007). *Is it possible to accurately forecast labour market needs?*

<http://www.ccl-cca.ca/pdfs/SystematicReviews/IsitPossibletoAccuratelyForecastLabourMarketNeedsFinalReport.pdf>

Neugart, M. & Schomann, K. (2002). Why forecast and for whom? some introductory remarks In M. Neugart & S. Schomann (Eds.), *Forecasting labor markets in OECD Countries: measuring and tackling mismatches* (pp. 1-25). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.

National Science Foundation. National Science Board.(2012). *Science & engineering indicators 2012*

<http://www.nsf.gov/statistics/seind12/pdf/c03.pdf>

National Research Council. (2000). *Forecasting demand and supply of doctoral scientists and engineers: report of a workshop on methodology*. Washington, DC: The National Academies Press

<http://www.nap.edu/catalog/9865.html>

Oaxaca, R.L., & Leslie, L.R. (1990). Scientist and engineer supply and demand, In Stephan, P. E & Audretsch, D. (Eds.), *Economics of science and innovation II*, (pp. 154- 189). UK, Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Richardson, R., & Tan, Y. (2007). *Forecasting future demands: What we can and cannot know*. Adelaide: National Centre for Vocational Education Research.

<http://www.ncver.edu.au/publications/1744.html>

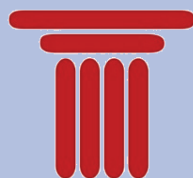
Sexton, J. (2002). A review of occupational employment forecasting for Ireland In M. Neugart & S. Schomann (Eds.), *Forecasting labor Markets in OECD Countries: Measuring and Tackling Mismatches* (pp. 151-184). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.

Sommers, D. & Franklin, J.C. (2012). Overview of projections to 2020. *Monthly Labor Review*, (3), 3-20.

<http://www.bls.gov/opub/mlr/2012/01/art1full.pdf>

United States Department of Labor. (2012) Chapter 13: BLS Projections methodology In *BLS Handbook of Methods*. <http://www.bls.gov/opub/hom/>

<http://www.bls.gov/opub/hom/pdf/homch13.pdf>



מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה
הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל
טל. 04-8292329, פקס 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 32000
www.neaman.org.il