

השקעות בהשכלה גבוהה וצמיחה כלכלית:

ישראל במבט משווה בינלאומי
אמנון פרנקל • ערן לק



מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

1 מבוא

מוסד נאמן הוקם בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל נאמן. מטרת המוסד ודרך פעולתו פורטו במסמכי ההקמה: "מוסד נאמן מוקם לסייע בחיפוש פתרונות לבעיות הלאומיות בתחום הפיתוח הכלכלי, המדעי והחברתי במדינת ישראל"; "בחירת נושאי הפעילות תותנה על ידי השאיפה לעידוד בפתרון בעיות המדינה לטווח בינוני וארוך, תוך ניצול מאגר כוח האדם המדעי והטכנולוגי הנמצא בטכניון וגיוס צוותות המורכבים מאנשי הטכניון ומחוצה לו לתקופות מוגבלות אשר ירכזו מאמציהם בנושאים שנקבעו".

להשגת יעדים אלה מקדם מוסד נאמן מחקרי מדיניות ומדיניות מו"פ מתוך כוונה לגבש על בסיסם ניירות עמדה ומסמכי מדיניות, אשר יובאו לפני הציבור המקצועי וציבור קובעי המדיניות, ויצילו לפנייהם חלופות שונות לקבלת החלטות.

2 ייעוד והיקף פעולה

הדגש העיקרי בפעילות המקצועית במוסד נאמן היא באותם תחומים שהם כפף הביניים, שבין מדע וטכנולוגיה ובין כלכלה וחברה. הפעילות בתחומי ביניים אלה הינה חשובה כיום יותר מאשר אי פעם בעבר, וזאת משום שבתקופתנו המדע והטכנולוגיה הם הכוח המניע לקידום ושגשוג כלכלי ויש להם השפעה מהותית על איכות החיים ועל מגוון של היבטים חברתיים. זה הייחוד של מוסד נאמן כמכון למחקרי מדיניות. היבט חשוב נוסף לפעילות בתחומי ביניים אלה גלום ביכולתם להשפיע על המחקר המדעי והטכנולוגי ועל קביעת סדרי עדיפויות בתחומים אלה. קשרי הגומלין ההדוקים בין מדע וטכנולוגיה, כלכלה וחברה יוצרים מערכת מורכבת של היזונים הדדיים וכתוצאה מכך ההתפתחות המדעית והטכנולוגית כיום אינה מתנהלת בדרך עצמאית לחלוטין, כפי שהיה בעבר הלא רחוק. היא מושפעת בצורה גוברת והולכת על ידי צרכים כלכליים וחברתיים. לפיכך, ההבנה של קשרי גומלין אלה הינה אלמנט חשוב נוסף בקביעת מדיניות מחקר ותחומי מחקר באוניברסיטאות ובמכוני מחקר.

3 מבנה ודרך פעולה

מוסד נאמן ממוקם בתוך קמפוס הטכניון ונהנה מהתשתית של מוסד זה. יחד עם זאת מוסד נאמן הינו גוף עצמאי מבחינה משפטית ומנהלית. מבנה זה מאפשר לו פעולה יעילה למילוי ייעודיו בכל הקשור לגמישות בהרכבת צוותי חוקרים ומומחים, הכוללים גם נציגים מאוניברסיטאות וגופים מחוץ לטכניון, הדרושים לפעילות הבין-תחומית.

4 פעילות מקצועית

סקירות של פרויקטים שונים, שבוצעו במוסד נאמן מוצגות בדיווחים השנתיים המופצים בציבור. חומר זה ופרסומים אחרים מוצגים באתר האינטרנט של המוסד www.neaman.org.il.

תחום מחקרי מדיניות לאומית הקשורים במדע וטכנולוגיה הנו גרעין הפעולה של מוסד נאמן. הוא משתלב בפעילויות יישום ופעולות משלימות נוספות, שעיקרן הוא יצירת קשר עם השטח, בכל הקשור לנתונים הנדרשים למחקרי מדיניות, שמטרתן ליצור תודעה בציבור המקצועי ובציבור מקבלי ההחלטות כדי ליישם את מחקרי המדיניות. הפעילות במחקרי מדיניות מקיפה ארבעה תחומים עיקריים: מדע-טכנולוגיה-כלכלה; סביבה, תשתיות ותכנון לאומי; טכנולוגיה וחברה; חינוך אוניברסיטאי, הון אנושי והתפתחויות מדעיות. פעילויות היישום כוללות, בין השאר, ייזום וניהול של השותפים האקדמיים בקונסורציה שבמסגרת מגנ"ט ומאגרי מידע לשימוש החוקרים והציבור הרחב.

השקעות בהשכלה גבוהה וצמיחה כלכלית:

ישראל במבט משווה בינלאומי
אמנון פרנקל • ערן לק



מוסד שמואל נאמן
הטכניון, חיפה



הטכניון
מכון טכנולוגי לישראל

Investments in Higher Education and the Economic Performance

Israel in an international perspective

Amnon Frenkel Eran Leck

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה
הטכניון, חיפה 32000
טל: 04-8292329, פקס 04-8231889
<http://www.neaman.org.il>
ד"ר אמנון פרנקל amnonf@tx.technion.ac.il

© 2006 כל הזכויות האקדמיות לפרסום זה שמורות לחוקרים ולמוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה.

למען הסר ספק, מודגש בזאת כי החוקרים ו/או מוסד נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה לא יהיו אחראים לכל נזק ו/או להוצאה ו/או להפסד מכל מין וסוג אשר יגרמו ל/או עלולים להיגרם לכם או למי מטעמכם עקב דו"ח זה, או בהקשר אליו.

אין להעתיק, לצלם, או לשכפל כל חלק מספר זה ללא רשות בכתב ומראש מבעלי הזכויות.

ISBN

מסת"ב

ברצוננו להודות
לפרופ' אביב רוזן
המשנה הבכיר לנשיא הטכניון
על סיועו במימון המחקר

השקעות בהשכלה גבוהה וצמיחה כלכלית: ישראל במבט משווה בינלאומי

אמנון פרנקל וערן לק

תקציר לקובעי מדיניות

בשנים האחרונות הולכת וגוברת המודעות בעולם לחשיבותה של ההשכלה הגבוהה כמחוללת צמיחה כלכלית. רוב המחקרים העוסקים בהשפעה ארוכת הטווח של שתי הפעילויות האקדמיות: הוראה ומחקר בסיסי על כלכלת המדינות המפותחות מראים כי תרומה זאת משמעותית ביותר. מחקרים רבים שבוצעו בעולם מראים כי לאוניברסיטאות המחקר יש השפעה ישירה ועקיפה על הכלכלה האזורית והלאומית המתבטאת בהגדלת התמ"ג ופריון העבודה (באמצעות אספקת כוח עבודה טכנולוגי ומיומן - בעיקר מהנדסים ומדענים לשוק העבודה), המרצת חידושים טכנולוגיים, הצגת טכנולוגיות ושיטות מחקר חדשות ועידוד דיפוזיה וזליגת ידע מהסקטור האקדמי לתעשייה עתירת הידע והטכנולוגיה.

במהלך שלושת העשורים הראשונים לקיומה, השכילה ישראל לבנות מערכת השכלה גבוהה מפוארת. מערכת זאת אחראית בין היתר להכשרתם ויצירתם של מהנדסים, מדענים וחוקרים מהשורה הראשונה, אשר תרמו רבות לביסוס מעמדה וחוסנה החברתי, הכלכלי והביטחוני של המדינה. התשתיות המדעיות והטכנולוגיות הענפות אשר הוקמו על ידי אוניברסיטאות המחקר תרמו רבות להתפתחותה ולשגשוגה של התעשייה עתירת הידע, אשר תרומתה היחסית לצמיחת המשק הסתכמה בעשור האחרון בכ-30%. בתחום המחקר הבסיסי, רשמה ישראל הישגים כבירים והיא נמנית בעקביות בשנים האחרונות עם חמש המדינות המובילות בעולם במספר המאמרים והציטוטים היחסיים לנפש. בשנתיים האחרונות קצר המדע הישראלי את פירות ההשקעה, כאשר שני מדענים מהטכניון, פרופ' אברהם הרשקו ופרופ' אהרון צ'חנובר, ומתמטיקאי מהאוניברסיטה העברית, פרופ' ישראל אומן, זכו בפרס נובל בכימיה ובפרס נובל בכלכלה.

ההישגים המדעיים והטכנולוגיים האדירים אליהם הגיעה ישראל ומעמדה המדעי בקרב מדינות העולם המפותח נמצאים בשנים האחרונות בסכנת נסיגה בשל הקיצוץ החריף בתקציבי ההשכלה הגבוהה. הישגי ההווה משקפים כיום במידה רבה את השקעות העבר. ההשקעות ההולכות ופוחתות להן אנו עדים בעשור האחרון מאיימות על שחיקת תשתית המחקר המדעי והטכנולוגי של ישראל, על הכשרת הדור הבא של המהנדסים והמדענים, ויותר מכל על צמיחתו של המשק הישראלי בעתיד. עדות ראשונה לאיומים אלו מספקת עבודה זאת, **הבוחנת את ההשתנות במעמדה המדעי והטכנולוגי של ישראל לאורך השנים בקרב קבוצת המדינות המפותחות, ואת ההשפעה של השקעות בהשכלה גבוהה על ביצועיה הכלכליים של ישראל ושל מדינות אחרות.**

במסגרת עבודת המחקר, זוהו ואותרו מסדי נתונים סטטיסטיים השוואתיים ורב-שנתיים אשר כללו אינדיקטורים שונים מתחומי ההשכלה הגבוהה והכלכלה. השלב הראשון של המחקר הוא תיאורי ברובו, ומתמקד במסלולי הפיתוח של ישראל והמדינות המפותחות. הוא בודק את ההשתנות במאפייני ההשכלה הגבוהה והצמיחה הכלכלית במדינות ה-OECD לאורך ארבע תקופות זמן. דגש מיוחד הושם על בחינת מיקומה היחסי של ישראל בתוך קבוצת מדינות ה-OECD, והשוואת מעמדה למדינות קטנות אחרות כדוגמת אירלנד ופינלנד, הדומות יותר במאפייניהן לישראל. חלקו השני של המחקר הוא אמפירי בעיקרו ואומד באמצעות שני מודלים (מודל דו שלבי ומודל גרסיה מרובה), את הקשר בין ההשקעה בהשכלה גבוהה לבין ביצועי המשקים במדינות המפותחות.

השערת המחקר המרכזית גורסת כי קיים קשר מובהק וחיובי בין השקעה בהשכלה גבוהה לבין הביצועים הכלכליים של המדינות המפותחות. השערה זאת נבדקה תחילה בצורה בלתי ישירה באמצעות המודל הדו-שלבי. הנחתנו הייתה כי מתקיים תהליך מדורג בו השקעות בהשכלה גבוהה מתורגמות תחילה לרמה גבוהה יותר של הון אנושי, והיא שתורמת בשלב המאוחר יותר לצמיחה הכלכלית של המשקים. לאחר אישושה של השערה זו, נבדקה ההשערה המרכזית באופן ישיר על ידי מודל גרסיה מרובה.

הממצאים העולים מהשלב הראשון והתיאורי של המחקר משרטטים **תמונה מדאיגה אודות מצב ההשכלה הגבוהה בישראל.** הנתונים מראים כי חלה הרעה משמעותית במעמדה ובמיקומה של ישראל ביחס למדינות המפותחות האחרות, בעיקר בכל הנוגע להשקעות בסטודנטים ולמשיכת סטודנטים למקצועות המדעיים. ההוצאה לסטודנט על השכלה גבוהה יחסית לתמ"ג ירדה בתקופה של 15 שנים בכ-60%. ישראל ממוקמת במקום האחרון בין מדינות ה-OECD בשיעור גידול הסטודנטים ביחס לגודל האוכלוסייה

במקצועות המדעיים. הנתונים מראים על ירידה עקבית ורצופה במיקום היחסי של ישראל, מהמקום השלישי בשנת 1960 למקום ה-17 בשנת 1995. בהשוואה לישראל, מדינות קטנות כמו אירלנד ופינלנד רושמות בשנים אלו גידול מרשים בשיעור הסטודנטים במקצועות המדעיים ועולות באופן עקבי בדירוג היחסי לאורך השנים. מצבה של ישראל בתחום ההנדסי מעט טוב יותר. היא שומרת על מיקומה היחסי (אמצע האשכול השני) בקבוצת המדינות המפותחות במספר הסטודנטים במקצועות ההנדסיים יחסית לגודל האוכלוסייה לאורך כל ארבע העשורים מאז שנות ה-60.

הממצאים האמפיריים מהשלב השני של המחקר מצביעים על קיומו של קשר סטטיסטי מובהק וחיוני בין השקעות בהשכלה גבוהה ומחקר מדעי וטכנולוגי, לבין הביצועים הכלכליים של המדינות המפותחות. שתי הפעילויות העיקריות של אוניברסיטאות - הוראה ומחקר, קשורות בצמיחה הכלכלית הנמדדת ביכולתה של מדינה להגדיל את היקף ייצור המוצרים והשירותים שלה. הנתונים מראים כי ככל שהמדינה משקיעה יותר במו"פ אוניברסיטאי ומכשירה כמות גדולה יותר של כוח אדם המיומן במו"פ, כך גדל שיעור המועסקים בכוח העבודה במדינה בענפים מוטי הנדסה, מדע וטכנולוגיה. ישראל מצליחה מחד גיסא לתרגם את שיעורי ההשקעה הבינוניים שלה בהשכלה גבוהה לרמה גבוהה של הון אנושי, אך מתקשה מאידך גיסא לנצל את כוח העבודה האיכותי שלה להפקת רמה גבוהה של רווחה וצמיחה כלכלית.

המחקר מראה כי עבור כלל מדינות ה-OECD, הוצאה של אחוז נוסף על מו"פ לסטודנט והשקעה של אחוז נוסף בהוראה באוניברסיטאות המחקר מביאה לתוספת של 0.78% לתמ"ג. מחישוב הגמישות הנקודתית עבור ישראל עולה כי הגדלת ההשקעה במו"פ לסטודנט באוניברסיטאות המחקר באחוז אחד עשויה לגרום לעליה של כחצי אחוז בתמ"ג לנפש, וזאת בהנחה כי היקף ההשקעה בהוראה באוניברסיטאות המחקר נותר קבוע. הגדלת ההשקעה במו"פ לסטודנט באוניברסיטאות המחקר בישראל לרמת ההשקעה הגבוהה ביותר בקרב מדינות ה-OECD (שוודיה) תצריך תוספת של כ-375 מליון דולר לשנה, וזאת עשויה להביא לתוספת של כ-600 מליון דולר לתמ"ג.

תוכן עניינים

1	..... חלק א' - סקירת ספרות בינלאומית
3	..... פרק 1 : תרומת ההשכלה הגבוהה למשק
3	..... 1.1 התרומה של אוניברסיטאות המחקר לצמיחה כלכלית
6	..... 1.2 הקשר בין השכלה גבוהה לצמיחה כלכלית של המשק
8	..... 1.3 השקעות בהשכלה וצמיחה כלכלית – מבט משווה בינלאומי
11	..... חלק ב' - ממצאים אמפיריים
11	..... מבוא
13	..... פרק 2 : מסלולי הפיתוח של ישראל ומדינות ה-OECD
13	..... 2.1 הגדרת מאפייני השכלה גבוהה וצמיחה כלכלית
14	..... 2.2 בחינת מאפייני ההשכלה גבוהה
25	..... 2.3 בחינת מאפייני צמיחה כלכלית
32	..... 2.4 סיכום המגמות
32	..... 2.5 השקעות בהשכלה גבוהה וצמיחה כלכלית
37	..... פרק 3 : השקעה בהשכלה גבוהה וצמיחה כלכלית
37	..... 3.1 מודל דו-שלבי - מתודולוגיה
40	..... 3.2 ממצאי המודל הדו-שלבי
55	..... 3.3 מודל רב משתני
61	..... חלק ג' - דיון ומסקנות
63	..... פרק 4 : סיכום הממצאים
67	..... רשימת מקורות

חלק א'

סקירת ספרות בינלאומית

פרק 1:

תרומת ההשכלה הגבוהה למשק

פתיחה

בפרק זה נציג את עיקרי הדברים העולים מסקירת הספרות הבינלאומית של נושא המחקר. בחינת ממצאי המחקרים אשר דנים בסוגיה שלפנינו אפשרה לאמץ כלי מחקר דומים, במטרה להצביע על מעמדה של ישראל בקרב מדינות העולם המפותח בכל הקשור בהשקעות בהשכלה גבוהה והקשר שבין השקעות אלה ותוצריהן, לבין מדדי הצמיחה הכלכלית של המשקים שייבחנו.

1.1 התרומה של אוניברסיטאות המחקר לצמיחה כלכלית

בספרות הכלכלית הבינלאומית ישנה הסכמה רבה בין החוקרים לקיומו של קשר חיובי ומובהק בין השקעות בהשכלה גבוהה, לבין צמיחתה הכלכלית של המדינה. הסיבה לכך טמונה בעובדה שפיתוח כלכלי תלוי בעיקר בהתקדמות טכנולוגית ומדעית (Becker et al., 1990). לאוניברסיטאות יש תפקיד מכריע בהעצמת קשר זה בכך שהן מעודדות דיפוזיה של ידע, טכנולוגיה, ופיתוח כלים ושיטות מחקר חדשות (Mansfield and Lee, 1996). המחקר האקדמי עצמו תורם תרומה ישירה לכלכלה בכך שהוא מקדם הבנה עמוקה ורחבה יותר של תופעות ותהליכים חברתיים וכלכליים. הסטנדרטים החברתיים והתרבותיים המוצבים על ידי אוניברסיטאות משפרים את התשתית החברתית התומכת בעבודה ההרמונית של החברה והכלכלה (Sianesi and Reenen, 2003).

התרומה של השכלה גבוהה ומחקר אוניברסיטאי לכלכלה מתבטאת בגידול ישיר בתעסוקה, הגדלת מלאי הידע והכשרת מהנדסים, חוקרים ומדענים מיומנים. השקעות בהשכלה גבוהה מניבות גם השפעות בלתי ישירות על הצמיחה, כגון: עידוד השקעות הון ואימוצם של חידושים טכנולוגיים. התועלות הכלכליות של השקעות בהשכלה גבוהה נושאות בחובן תשואה פרטית וציבורית. **התשואה הפרטית** (Private returns to higher education) מבטאת את התועלת שהפרט מפיק כתוצאה מהשקעתו בהשכלה גבוהה (יכולת השתכרות גבוהה יותר, הסתברות גבוהה יותר להישאר בכוח העבודה לאורך שנים רבות יותר וכו'), או תועלתה של הפירמה המתבטאת ביעילות וחסכון גדול יותר (כתוצאה מהעסקת עובד משכיל יותר). **התשואה הציבורית** (Public returns to higher education) מבטאת לעומת זאת את התועלת שמפיקים המשק והחברה כתוצאה מהשקעה ציבורית בהשכלה גבוהה ומחקר ופיתוח אקדמי (גידול בתמ"ג ובפריון, ירידה בשיעורי הילודה והפשע וכו'). ההשפעה הציבורית נחלקת אף היא לשתי רמות - סטטית ודינאמית. **ההשפעה הסטטית** מתייחסת לאפקט הישיר שיש להשקעה ציבורית בהשכלה גבוהה על הפעילות הכלכלית של המשק. הכוונה היא להשפעה הישירה בייחוד של הגידול בתעסוקה במוסדות להשכלה גבוהה ומכוני מחקר (העסקת אנשי סגל, חוקרים, ואסיסטנטים בתחומי ההוראה ומו"פ) על התמ"ג. **ההשפעה הדינאמית** מתייחסת לאפקט ארוך הטווח וההשפעה העקיפה שיש להשקעה ציבורית בהשכלה גבוהה על פרוץ המשק (Martin, 1998).

Martin et al. (1996) חילקו את התרומה של מחקר אוניברסיטאי לצמיחה כלכלית לחמש קטגוריות עיקריות, אשר קיימת חפיפה ביניהן:

- הגדלת צבר הידע
- זליגת ידע (spillovers)
- הכשרה ושילוב של בוגרי אוניברסיטאות בתעשייה
- יצירת מתודולוגיות וכלים מדעיים חדשים
- הגדלת היכולת לפתירת בעיות מדעיות וטכנולוגיות

למחקר אוניברסיטאי יש השפעות חיצוניות ועקיפות על הכלכלה שאינן נכללות בתועלות הישירות למשק. הגדלת צבר הידע על ידי בוגרי האוניברסיטאות וזליגת ידע מהוות שתיים מהשפעות בלתי ישירות אלו. הגדלת צבר הידע הטכנולוגי מהווה את ההצדקה המסורתית למימון ציבורי של מחקר המבוצע בעיקר על ידי אוניברסיטאות. הגדלת צבר הידע מרחיבה את מאגר הידע המדעי ובכך מסייעת לפעילותן של הפירמות. Van Pottelsberge de la Potterie ו-Guellec (2001) טוענים כי ישנה התעלמות מההשפעה של צבר הידע על הכלכלה משום שידע חדש לא נחשב כתפוקה של מערכת החשבונאות הלאומית (בניגוד למשל להשקעות פיזיות בתשתית) ולכן הוא לא נלקח בחשבון במדידת התמ"ג.

Anselin et al. (1997) טוענים כי החשיבות של מחקר אוניברסיטאי כממריץ חידושים טכנולוגיים, מקורו באופיו כמוצר ציבורי המייצר השפעות חיצוניות חיוביות על המגזר הפרטי בצורה של זליגת ידע. שני סוגים של זליגות ידע זהו בספרות – זליגות ידע גיאוגרפיות וזליגות ידע בין סקטוראליות. הכוונה בסוג הראשון היא לאותן תועלות הנגרמות לפירמות כתוצאה ממיקום בסמיכות לפירמות אחרות, מרכזי מחקר ואוניברסיטאות. הסוג השני מתייחס להעברת טכנולוגיות וידע מהאוניברסיטאות לפירמות פרטיות, ולתועלות הכלכליות הנגרמות לפירמה כתוצאה מכך.

מחקרים רבים בדקו את הקשר בין התהוותן של אגלומרציות כלכליות (בעיקר בתחום המחשבים והאלקטרוניקה) וזליגות ידע גיאוגרפיות. החוקרים Feldman (1993), ו-Feldman ו-Audrestch (1999) מצאו כי תעשיות הממוקמות בסמיכות לאוניברסיטאות ומוקדי מו"פ נוטות להתקבץ, וכי התקבצות זאת משפיעה על מעבר של אינפורמציה בין האקדמיה לבין התעשייה ובין הפירמות הממוקמות במקבץ לבין עצמן. שני מחקרים בולטים אשר נערכו על ידי Saxenian (1985) על צמיחתו של עמק הסיליקון בסאן חוזה, קליפורניה ועל ידי Miller ו-Cote (1987) על אגלומרצית הטכנולוגיה לאורך כביש 128 בבוסטון, מסצ'וסטס, הראו כי הפיכתם לאזורי יזמות עסקית וחדשנות טכנולוגית קשורה במידה רבה לקרבתם לאוניברסיטת סטנפורד ולאוניברסיטת MIT. במחקר נוסף של Saxenian (1994) על עמק הסיליקון וכביש 128 בבוסטון נמצא כי אוניברסיטאות ומוסדות להשכלה גבוהה הממוקמים בסמיכות לפירמות משפיעים באופן מהותי על יכולות החידוש הטכנולוגי ברמה האזורית. מחקרים אחרים הראו כי בחירת המיקום של פירמות טכנולוגיה עילית וחברות הזנק חדשות בסמיכות לאוניברסיטאות ומכוני מחקר הגבירה את העברת הידע מהאקדמיה לתעשייה, ובכך תרמה להעצמת הפירון האזורי והלאומי (Hall and Markusen, 1985; Nelson, 1986; Malecki, 1997).

מחקר נוסף של Jaffe (1989) אמד את ההשפעה של זליגות ידע גיאוגרפיות בארה"ב באמצעות מודל אקונומטרי אשר כלל שלושה מרכיבים עיקריים: פטנטים, מו"פ עסקי ומחקר אוניברסיטאי. Jaffe השתמש בפטנטים כמשתנה מקורב (proxy) המתאר תפוקה של חדשנות טכנולוגית, ובחן את הקשר בין פטנטים

לבין מו"פ עסקי ומחקר אקדמי ב-29 מדינות בארה"ב. תוצאות מחקרו אשר התייחסו לאמצע שנות השבעים של המאה העשרים הראו כי קיימת זליגת ידע מהאוניברסיטאות לשאר הסקטורים. Jaffe מצא כי למחקר אוניברסיטאי יש השפעה בלתי ישירה על חידושים טכנולוגיים מסחריים ברמה המקומית, המתבטאת בעידוד השקעות מו"פ בתעשייה, אולם לא קיימת השפעה הפוכה מצד המו"פ המסחרי על המו"פ האוניברסיטאי. ממחקרו של Jaffe עולה כי ההשפעה של מחקר אוניברסיטאי על פטנטים מסחריים מתבטאת בעיקר בתחום התרופות, טכנולוגיה רפואית, אלקטרוניקה, אופטיקה וטכנולוגיה גרעינית.

מחקרים רבים אשר בדקו את התועלות הכלכליות של השקעות במחקר, רואים **בהכשרה של בוגרי אוניברסיטאות** כאחד הגורמים החשובים בצמיחה של פירמות. בוגרי אוניברסיטאות חדשים הנכנסים אל תוך התעשייה מביאים לפירמה לא רק ידע מדעי עדכני בעל ערך רב, אלא גם את היכולת לפיתרון בעיות, לביצוע מחקרים ולפיתוח כלים, שיטות ורעיונות חדשים. למרות שהכניסה של סטודנטים אל התעשייה אינה חלקה (אפילו אלו הבאים מרקעים מדעיים וטכנולוגיים), ומחייבת לעיתים השקעה גדולה מצד הפירמה בהכשרתם, בוגרים צעירים אלה הנכנסים לתעשייה מביאים איתם "רוח חדשה", התלהבות וגישות ביקורתיות אשר מהוות השראה לאחרים ומעלות את הסטנדרטים של הפירמה (Salter and Martin, 2001). Irvine ו-Martin (1981) הראו כי אפילו סטודנטים מרקעים לא מדעיים או טכנולוגיים מסוגלים להשתלב בתעשייה ולתרום תרומה של ממש לפירמות בהן הם עובדים.

האתגרים הכרוכים במחקר מדעי מאלצים באופן מתמיד את החוקרים לתכנן **מכשירים, שיטות וכלים אנליטיים** על מנת להתמודד עם בעיות המחקר. חלק ניכר משיטות ומתודות אלו, המהווים במידה רבה את התפוקה החשובה ביותר של אוניברסיטאות ומוסדות מחקר לחזית הידע, מגיעים בסופו של דבר לתעשייה ונטמעים בהון האנושי (Salter and Martin, 2001). פירמות משתמשות בידע המדעי והטכנולוגי המיוצר באוניברסיטאות על מנת לשפר את פריון ההון ולייצר מוצרים, שירותים ותהליכים חדשים, המתורגמים למשק בחזרה בצורה של תעסוקה חדשה, צמיחה בייצוא וכמובן ברווחים כלכליים (Martin, 1998). דוגמא לכך מביאים Mansfield ו-Lee, אשר העריכו שבין השנים 1975-1985 כ-10% מהמוצרים והתהליכים החדשים בתעשיות ההי-טק האמריקאיות היו מבוססים באופן ישיר על מחקר אקדמי (Mansfield and Lee, 1996).

תרומה נוספת של מחקר אוניברסיטאי לכלכלה מתבטאת ביכולתו לסייע לתעשייה **לפתור בעיות מדעיות וטכנולוגיות מורכבות**. המחקר המבוצע על ידי האוניברסיטאות נותן מענה לצורך של פירמות מוטות טכנולוגיה לשלב טכנולוגיות רבות בתהליך הייצור שלהן. פיתוח המיומנויות של חוקרים המשתתפים במחקר (בעיקר סטודנטים לתואר שני ושלישי) מניבות תועלות כלכליות, בעיקר כאשר אותם סטודנטים המצוידים בידע חדשני עוברים מהאקדמיה לתעשייה. העובדה שסטודנטים וחוקרים העוסקים במחקר מצטיינים בפתרון בעיות מורכבות, מוכיחה עצמה לעיתים קרובות כתועלת בעלת חשיבות רבה לתעשייה (Patel and Pavitt, 1995; Martin et al., 1996).

1.2 הקשר בין השכלה גבוהה לצמיחה כלכלית של המשק

בעשרים השנים האחרונות החל להיחקר בצורה שיטתית ורחבה יותר הקשר בין השקעות בהשכלה לבין צמיחה כלכלית. אחד המניעים העיקריים לחקירה היסודית יותר של סוגיה זאת נבע מהתפתחותן של תיאוריות חדשות, ובראשן תיאורית הצמיחה האנדוגנית אשר ראתה במרכיב ההון כמאיץ העיקרי לצמיחה ופיתוח כלכלי, וזאת בניגוד למודלים הניאו-קלאסיים בהן מרכיבים אלו נחשבו כחיכונים למערכת הכלכלית. מחקרים אנדוגניים ראשוניים, שנחשבו כפורצי דרך בתחום (Romer, 1990; Barro and Lee, 1995; Barro and Sala-i-Martin, 1993) השתמשו במודל גרסיה משולב של צמיחה כלכלית (growth regression) והתבססו על נתונים השוואתיים מכ-150-200 מדינות. המשתנה התלוי במודלים אקונומטריים אלו היה בדרך כלל מדד של פרויון (תמ"ג לנפש או למועסק), והמשתנים הבלתי תלויים כללו מדדים של הון אנושי (מספר הנרשמים לבתי ספר או אוניברסיטאות, ממוצע שנות השכלה, אחוז מכוח העבודה בעל השכלה יסודית או תיכונית וכו'). עדויות ממחקרים אלו תומכות בהשערה באשר לקיומו של קשר חיובי ומובהק בין מדדים של השכלה וצמיחה כלכלית. באופן כללי המחקרים הראו כי הגדלת שיעור הנרשמים לבתי ספר יסודיים ותיכוניים באחוז אחד, מגדילה את התמ"ג לנפש בשיעור של אחד עד שלושה אחוזים בשנה (Sianesi and Reenen, 2003).

בשנים האחרונות, סוג זה של מודלים אקונומטריים הוסב גם לאמידת ההשפעה הספציפית של השקעות בהשכלה גבוהה ומחקר מדעי על צמיחתן הכלכלית של מדינות. Chatterji (1998) חקר את התרומה של השכלה גבוהה לצמיחה כלכלית באמצעות מודל צמיחה מבוסס גרסיה רב משתנית. מחקרו הקיף 98 מדינות (מפותחות, מתפתחות ובלתי מפותחות) והתייחס לשש תקופות זמן באינטרוולים של 5 שנים (1985-1960). במחקר נמצא כי קיים קשר חיובי ומובהק מאוד בין אחוז הצמיחה השנתי של מדינות (במונחים של תמ"ג לנפש) לבין תוספת הנרשמים במוסדות להשכלה גבוהה באותן המדינות בין השנים 1985-1960. מחקרו אף הראה כי התרומה של השכלה גבוהה לצמיחה אף גבוהה יותר מזו של השכלה יסודית ותיכונית, וזאת בשונה ממחקרם פורץ הדרך של Romer (1990) ו-Barro ו-Sala-i-Martin (1995), אשר הראו כי רמות ההשכלה הנמוכות הן דווקא אלו אשר תורמות יותר לצמיחה.

מחקר אקונומטרי נוסף שנערך על ידי McMahon (1993) ב-11 מדינות ה-OECD מצא אף הוא קשר משמעותי בין השקעות בהשכלה גבוהה (הוראה, מחקר בסיסי, הטמעה של טכנולוגיה שפותחה באוניברסיטאות בסקטור הפרטי, הכשרת חוקרים) לצמיחה כלכלית. McMahon עשה שימוש ב**גישת פונקצית הייצור** (Production Function Approach), שהיא אחת מהגישות הנפוצות ביותר לאמידת ההשפעה הדינאמית של ההון האנושי על הצמיחה הכלכלית המצרפית. בסוג מודל זה, סך כל השירותים והמוצרים בכלכלה מסוימת (נמדדים על ידי התמ"ג) הם פונקציה של תשומות ההון הפיזי וההון האנושי. היתרון הגדול שבשימוש בגישה זאת היא האפשרות לערוך לוג-ליניאריזציה של הפונקציה (במקרה של פונקציה מסוג Cobb-Douglas), ובכך להסביר ולחזות באמצעות גרסיה רב משתנית תופעות הקשורות בתרומה של השכלה גבוהה לצמיחה. ממצאי מחקרו של McMahon הראו שבין השנים 1980-1960, התרומה של השקעות בהשכלה גבוהה ומחקר ופיתוח במדינות ה-OECD לפריון הכללי הייתה גדולה מאוד, והיוותה בממוצע בכל ארבעת החומשים שבין 1980-1960, כ-13% מתוך סך כל גידול הפריון שעמד על כ-19%. Voon (2001), בדומה ל-McMahon השתמש בגישת פונקצית הייצור על מנת להעריך את התרומה

הכלכלית של השקעות בהשכלה גבוהה לכלכלת הונג-קונג. מחקרו מצא כי התרומה של השכלה גבוהה למשק של הונג-קונג היא משמעותית ביותר. בין השנים 1976-1996, העלייה באחוז בוגרי האוניברסיטאות בכל התארים מ-3.8% ל-21%, תרמה לגידול של 9% בתמ"ג של המדינה.

Adams (1990, 1993) בדק את הקשר בין מחקר בסיסי (מספר הפרסומים של מאמרים מדעיים שימש כמשתנה מקורב להיקף המחקר הבסיסי במודל), לבין הגידול בפריזון ב-18 תעשיות מוטות ייצור בארה"ב. ממצאי המחקר הראו כי קיים קשר מובהק בין מחקר בסיסי לבין הצמיחה בפריזון. Adams מצא כי קיים פער זמן (lag) העומד על עשרים שנים בתחום המדעים Guellec ו-Van Pottelsberge de la Potterieu (2001) חקרו את ההשפעות ארוכות הטווח של פעילויות מו"פ שונות על מדדי צמיחה בפריזון ב-16 מדינות ה-OECD, בין השנים 1980-1998. הם מצאו כי הגדלת השקעות מו"פ ציבוריות באחוז אחד מביאות להרחבת צמיחת הפריזון ב-0.17%. השפעה זאת נמצאה גדולה יותר במדינות בהן שיעור המו"פ האוניברסיטאי מתוך סה"כ המו"פ במדינה הוא גבוה.

Martin (1998) חקר את התרומה של ההשכלה הגבוהה לכלכלה הקנדית באמצעות שימוש **במודל תשומה-תפוקה**. Martin העריך כי התרומה הסטטית (ישירה) של השכלה גבוהה לתמ"ג בשנת 1993 נאמדה בתוספת של כ-5 מיליארד דולר קנדי ובתוספת של כ-80,000 מקומות עבודה במוסדות להשכלה גבוהה ומכוני מחקר (פרופסורים, חוקרים, סטודנטים העוסקים בהוראה ובמחקר וכו'). הערכתו הייתה שהתרומה הדינאמית למשק הקנדי גדולה פי שלושה מהתרומה הסטטית, והיא נאמדה בתוספת של כ-15 מיליארד דולר לתמ"ג ויצירת כ-200,000 מקומות עבודה חדשים באותה שנה. סה"כ התרומה של השכלה גבוהה לצמיחה בקנדה היוותה על פי חישוביו בשנת 1993 כ-3.3% מהתמ"ג.

הביקורת העיקרית על המחקרים האקונומטרים מהסוג המתואר לעיל היא שהקשר בין שינוי טכנולוגי וצמיחה כלכלית הנו בעייתי למחקר כלכלי. קשה למצוא אינדיקטורים מהימנים המבטאים שינויים טכנולוגיים וקיימת בעיה אקונומטרית מהסקת מסקנות מנתונים לא ניסויים (Griliches, 1995). אחת הביקורות, המוצגות על ידי Nelson (1998) גורסת כי מודלים אלו לא מסבירים את הקשר בין השקעות באוניברסיטאות ובמחקר אוניברסיטאי לבין הביצועים הכלכליים בדרך ישירה. הטענה היא שהמודלים האקונומטרים פשוט מסתכלים על תשומות (כגון פרסומים מדעיים) ותפוקות (כגון המחזור והמכירות של פירמות) ומסיקים מכך מסקנות לגבי הקשר ללא הבנה של התהליך העומד מאחורי זה.

שלוש שיטות נוספות לאמידת הקשר בין השקעות בהשכלה גבוהה וצמיחה כלכלית אשר זוהו מתוך הספרות הן הגישה המעין-ניסויית (Quasi-experimental Approach), שיטתו של Mansfield (1991) המבוססת על תשאול פירמות, והגישה הדו-שלבית (Maital et al., 1994).

הגישה המעין ניסויית היא גישה המערבת קבוצת ניסוי וקבוצת ביקורת. בגישה זאת משווים את המצב הכלכלי באזורים בהן קיימות אוניברסיטאות מחקר, למצב הכלכלי באזורים באותה המדינה בהן לא קיימות אוניברסיטאות שכאלה. במחקר שנערך באמצעות גישה זו על ידי Goldstein ו-Renault (2004) ב-312 אזורים מטרופוליניים בארה"ב בין השנים 1986-1998, נמצא שלנוכחות של אוניברסיטת מחקר מובילה באזור מסוים יש ההשפעה מובהקת וחיובית על רמת הפיתוח האזורי. אזורים בהם היו קיימות

אוניברסיטאות מחקר מובילות נהנו מרמת שכר ורווחה כלכלית גדולה יותר מאזורים שבהן לא נמצאו אוניברסיטאות.

מחקרו של Mansfield (1991) נחשב כאחד מהמחקרים פורצי הדרך במדידת התועלות הכלכליות הנובעות ממחקר אוניברסיטאי. במחקר תושאלו 76 פירמות משבעה ענפי תעשייה שונים בארה"ב. בשאלון שחילק לנציגי הפירמות, הוא ביקש מהם לציין האם הם יכלו לפתח מוצרים, שירותים ותהליכים ללא עזרתם של אוניברסיטאות מחקר. ממצאי מחקרו הראו כי למחקר אוניברסיטאי יש השפעה משמעותית על הכלכלה האמריקאית. הפירמות ציינו שכ-11% מהמוצרים וכ-9% מהתהליכים החדשים שהן יצרו בין השנים 1985-1975 לא היו יכולים להיות מפותחים ללא עיכוב משמעותי, אלמלא ההסתמכות על מחקר אקדמי. מוצרים ותהליכים אלו היוו 3%-1% בהתאמה מהמכירות הכלליות של הפירמות. Mansfield ערך מחקר המשך בשנת 1998, בו מצא כי החשיבות של מחקר אקדמי לפעילות של הפירמות הולכת וגוברת. בהסתמכות על מחקר שכלל מדגם של 70 פירמות, Mansfield העריך ש-15% מהמוצרים החדשים וכ-11% מהתהליכים לא היו יכולים להיות מפותחים (ללא עיכוב משמעותי) אלמלא מחקר אוניברסיטאי. בסך הכל, חידושים טכנולוגיים שלא היו יכולים להיות מפותחים ללא מחקר אקדמי היוו כ-5% מהמכירות של הפירמות.

Beise ו-Stahl (1999) התאימו את מחקרו של Mansfield לגרמניה, תוך כדי שימוש במדגם גדול יותר אשר כלל תשואו של 2,300 פירמות והתייחס לתקופה שבין השנים 1993-1996. המחקר מדווח על תוצאות דומות מאוד לזה של Mansfield, כאשר כ-10% מהמוצרים או התהליכים של החברות הגרמניות לא היו יכולים להיות מפותחים ללא מחקר אוניברסיטאי ציבורי. החוקרים מצאו כי למחקר אקדמי יש השפעה גדולה יותר על מוצרים חדשים מאשר על תהליכים וכי ההסתברות היא שפירמות קטנות ישאבו מידע ממחקר אקדמי קטן יותר מאשר פירמות גדולות.

שיטה שלישית לאמידת הקשר בין תשומות של מחקר אוניברסיטאי לבין תפוקות כלכליות מתוארת במחקרם של Maital et al. (1994) העוסק בקשר בין מצוינות טכנולוגית ומדעית לבין היקף הייצוא של מוצרי טכנולוגיה עילית ב-12 מדינות השוק האירופי המשותף. החוקרים פיתחו **מודל דו-שלבי** של חדשנות טכנולוגית ומדעית, בו תשומות כלכליות (השקעה במו"פ) מחוללות תפוקות מדעיות וטכנולוגיות (פרסומים מדעיים, ציטוטים ופטנטים), אשר משמשות בעצמן כתשומות המחוללות יצוא מבוסס מוצרי טכנולוגיה עילית. באמצעות השימוש במודל זה, הצליחו החוקרים לאושש את השערתם בדבר קיומו של קשר מובהק בין התשומות והתפוקות של שני השלבים.

1.3 השקעות בהשכלה וצמיחה כלכלית – מבט משווה בינלאומי

למחקר הנוכחי שתי מטרות עיקריות. האחת היא לאמוד את הקשר הקיים בין השקעות בהשכלה גבוהה לצמיחה כלכלית במדינות המפותחות (OECD), והשנייה היא לבחון את מיקומה היחסי של ישראל בתוך קבוצת המדינות המפותחות באמצעות ניתוח השוואתי רב-משתני. השיטות והגישות הסטטיסטיות והכלכליות שתוארו לעיל, יכולות לתת מענה לחקר המטרה הראשונה, אך לא לשנייה.

בספרות העוסקת בתהליכי פיתוח, ניתן למצוא מספר כלים ושיטות המאפשרים לייצר טיפולוגיות של מדינות לפי רמת פיתוחן. שתי דוגמאות לשיטות שאלו הן ניתוח גורמים (Factor Analysis) וניתוח אשכולות (Cluster Analysis). ניתוח גורמים הוא טכניקה סטטיסטית המיועדת לצמצם מערכות רבות

היקף של נתונים, בעלי תלות הדדית בינם לבין עצמם, למספר קטן יחסית של משתנים מלאכותיים, בהתאמה לקריטריון המהימנות (Kim & Mueller, 1978). ניתוח אשכולות הנו למעשה כמעין תמונת ראי של ניתוח הגורמים. במקום לצמצם את מערכת המשתנים למספר גורמים מצומצם יותר, ניתוח האשכולות אמור לקבץ את התצפיות לקבוצות הומוגניות, המוגדרות אף הן, באמצעות קריטריון המהימנות (Everitt, 1993).

בסקר הספרות לא מצאנו מחקרי מיון של מדינות אשר הטיפולוגיה שלהן מבוססת על מדדים הקשורים בהשקעות בהשכלה גבוהה והקשר שיש לזאת על מדדי הצמיחה הכללית של המשק. המחקרים הרלבנטיים לעניינינו, בהיבט המתודולוגי, הם אלה אשר עסקו בהשוואה בין מדינות על בסיס רמת הפיתוח הכוללת שלהן. המתודולוגיות בהן השתמשו החוקרים, תוך אימוץ שיטות למיון משתנים, עשויות להיות לנו לעזר בשיטת המיון שפיתחנו המתוארת בפרק הבא (מעברים בין אשכולות איכות) ולכן הן יסקרו להלן.

Tata ו-Schultz (1988) עשו שימוש בניתוח גורמים על מנת לבנות מדד בר השוואה להערכת הרווחה הכלכלית-חברתית של 160 מדינות העולם. בבניית המדד שולבו ארבעה מרכיבים עיקריים של תפוקות: מרכיב פיסי שכלל משתנים כגון ערך התפוקה לנפש של התעשייה ומספר נפשות לקמ"ר; מרכיב כלכלי אשר כלל משתנים כגון תמ"ג לנפש והערך המוסף בתעשייה לנפש; מרכיב חברתי אשר הכיל משתנים כגון תמותת תינוקות ל-1000 לידות ואחוז הסטודנטים במוסדות להשכלה גבוהה בקבוצת גיל מסוימת; ומרכיב פוליטי שהכיל משתנים כגון אינדקס זכויות פוליטיות ומספר מקלטי הרדיו ל-1000 נפש. מחקרם מצא כי ארבעת הגורמים שזוהו בניתוח הסטטיסטי הסבירו למעלה מ-80% מהשונות בין המדינות.

שחר וחושן (1993) בחנו את מעמדה של ישראל בקרב אומות העולם באמצעות שימוש בניתוח גורמים וניתוח אשכולות. הם ניתחו את מעמדה של ישראל בשתי נקודות זמן - אמצע שנות השישים ואמצע שנות השמונים. מחקרם ההשוואתי כלל 36 משתנים שערכיהם מתארים את מצבן של שמונים מדינות מכל רמות הפיתוח. במודל הסופי שנבחר (גורם 1) היו עשרה משתנים (ביניהם התוצר המקומי הגולמי, ערך המוסף בחקלאות לנפש, שיעורי ילודה, אחוז האוכלוסייה העירונית, הסטודנטים במוסדות להשכלה גבוהה כאחוז מקבוצת הגיל 20-24 ועוד). תוצאות ניתוח הגורמים הראו כי הגורם הראשון הסביר כ-59% מהשונות בין המדינות בשנת 1965 וכ-55% מהשונות בשנת 1986. לאחר ניתוח הגורמים, ביצעו החוקרים ניתוח אשכולות שהסתמך על מדד הפיתוח שהתקבל מציוני ניתוח הגורמים. ניתוח האשכולות חשף שינוי משמעותי במעמדה של ישראל בקרב האומות. הוא הצביע על ירידה במעמדה של ישראל מהאשכול השלישי בשנת 1965 לאשכול הרביעי בשנת 1985 (יחד עימה באשכול זה היו מדינות כמו פורטוגל, אלג'יריה, דרום קוריאה, קוסטה ריקה ועוד). לדעת החוקרים, ירידת ישראל מן האשכול השלישי לאשכול הרביעי בעשרים השנים שבין אמצע שנות השישים לאמצע שנות השמונים, היא עדות לנסיגה יחסית ברמת פיתוחה והתקרבותה של ישראל לכמה מארצות העולם המתפתח (שחר וחושן, 1994; מזור ואחרים, 1996).

מחקר שנערך על ידי מזור ואחרים (1996) במסגרת תכנית האב 2020, השתמש בניתוח גורמים ובניתוח אשכולות על מנת להעריך את מיקומה היחסי של ישראל בקרב המדינות המפותחות בין השנים 1960-1990, במדרג של 30 מאפיינים, המשקפים את מרכיבי הפיתוח העיקריים מתחום החברה (לדוגמא: שיעור האוכלוסייה העירונית, שיעור השתתפות בהשכלה גבוהה, כמות הרופאים ל-1000 נפש) הכלכלה (לדוגמא: תמ"ג לנפש, שיעור המועסקים בשירותים) והסביבה (לדוגמא: פסולת מוצקה לנפש, פליטות NO_x לנפש). הממצאים העיקריים הראו כי ישראל התקדמה, בכל עשור למדרגת פיתוח גבוהה יותר (בשנות ה-90 היא

נמצאה באשכול אחד יחד עם אוסטרליה, ניו-זילנד, בריטניה וספרד וברמת פיתוח גבוהה יותר מיוון, פורטוגל, טורקיה ואירלנד), אך היא עדיין מצויה בפער של 10-20 שנה ברמת הפיתוח יחסית לרוב מדינות אירופה המערבית. בבדיקת על פי משתנים נמצא כי ישראל מדורגת גבוהה במשתנים המשקפים הון אנושי, השכלה ובריאות, ונמוך במשתנים המשקפים רמת חיים, כגון: תמ"ג לנפש, רמת מינוע וכדומה.

מתודולוגית המחקר הנוכחי אשר נבחרה על מנת לבחון את מיקומה היחסי של ישראל בקרב המדינות המפותחות (חלוקה לאשכולות איכות), ולאמוד את הקשר שבין השקעות בהשכלה לבין הביצועים הכלכליים של המדינות המפותחות (מודל דו-שלבי, אלמנטים אקונומטריים של רגרסיה רב משתנית, גישת פונקצית הייצור) מסתמכות במידה רבה על השיטות שנסקרו במסגרת פרק זה, ומפורטות בשני הפרקים הבאים.

חלק ב'

ממצאים אמפיריים

מבוא

מטרתנו בחלק זה של הדו"ח לאמוד ולזהות את הקשר בין השקעות בהשכלה גבוהה ומחקר אקדמי לבין צמיחתן הכלכלית של מדינות מפותחות. דגש מיוחד מושם במחקר זה על בחינת מיקומה היחסי של ישראל בתוך מדינות ה-OECD, והשוואת מעמדה למדינות קטנות אחרות הדומות במאפייניהן לישראל. חלקו האמפירי של הדו"ח שלהלן נחלק לשני פרקים (2 ו-3). הפרק השני מתמקד במסלולי הפיתוח של ישראל והמדינות המפותחות, או בהשתנות מאפייני ההשכלה הגבוהה והצמיחה הכלכלית במדינות השונות לאורך ציר הזמן. בסיס הנתונים בפרק זה מכיל מספר מצומצם יחסית של משתנים משום שהוא מבוסס על panel data, המקיף הן את המימד המרחבי (30 מדינות ה-OECD וישראל) והן את מימד הזמן (ארבע תקופות). בפרק השלישי ננסה לאמוד באמצעות שני מודלים (מודל דו שלבי ומודל רגרסיה מרובה), את הקשר בין השקעה בהשכלה גבוהה ומחקר מדעי וטכנולוגי, לבין ביצועי המשקים במדינות המפותחות. בסיס הנתונים בפרק השלישי מושתת על מספר רב של משתנים, אולם הוא מתייחס לנקודת זמן אחת בלבד בשל אילוצים של זמינות הנתונים.

פרק 2:

מסלולי הפיתוח של ישראל ומדינות ה-OECD

בפרק זה נבחן את השתנות מאפייני השכלה הגבוהה ומאפייני הצמיחה הכלכלית בישראל וב-30 מדינות ה-OECD, תוך התייחסות לארבע נקודות זמן (בין שנת 1960 לשנת 2000). תוצאות הבדיקה מוצגות באופן ויזואלי על ידי איורים המראים את מסלולי הפיתוח של כל אחת מהמדינות הנבחרות, ומבטאים את ההשתנות במיקום היחסי של כל מדינה ומדינה במאפיינים השונים לאורך ציר הזמן. בנוסף לכך, נבחנו בפרק זה קשרים סטטיסטיים פשוטים בין משתני השכלה הגבוהה לבין משתני הצמיחה הכלכלית. בחינה זאת בוצעה בנפרד עבור כלל המדינות, ועבור קבוצת המדינות הגדולות וקבוצת המדינות הקטנות (שישראל נימנת עימן).

2.1 הגדרת מאפייני השכלה גבוהה וצמיחה כלכלית

במסגרת המחקר נתקלנו בקושי רב באיתור נתונים המתייחסים למאפייני השכלה גבוהה. עיקר הבעיה הייתה באיתור נתונים השוואתיים, המקיפים את כל מדינות ה-OECD, ומתפרסים על פני מספר עשורים. היתרון הגדול באיתורן וזיהוין של סדרות עיתיות הוא ביכולתן לספק תמונה טובה לגבי ההתנהגות וההשתנות של מאפיינים שונים על פני ציר הזמן והמרחב. לאחר הצלבת מספר מסדי נתונים (Statistics Portal של ה-OECD, Science and Technology Indicators באתר ה-WDI של הבנק העולמי, והאתר הסטטיסטי של UNESCO) עלה בידנו להגדיר שלושה מדדים של השכלה גבוהה הכוללים מידע על שלושים המדינות המפותחות לאורך ארבע נקודות זמן, כדלהלן:

- **הוצאה לסטודנט בהשכלה גבוהה כאחוז מהתמ"ג.** מאפיין זה מתייחס להשקעה הציבורית והפרטית הממוצעת בהשכלה גבוהה לסטודנט כאחוז מהתמ"ג לנפש.
- **מספר הסטודנטים למיליון תושבים במקצועות המדעים.** משתנה זה כולל את התחומים והמקצועות הבאים: מדעי החיים ומדעי הטבע והדומם (ביולוגיה, פיסיקה, גיאופיסיקה, אסטרונומיה, כימיה, מתמטיקה, סטטיסטיקה, מדעי המחשב וכו').
- **מספר הסטודנטים למיליון תושבים במקצועות הנדסיים.** משתנה זה כולל מקצועות כגון: הנדסה אזרחית, אדריכלות, קרטוגרפיה, הנדסת תעשייה וניהול, הנדסת מכונות, הנדסת כימיה, הנדסת חשמל ומחשבים, הנדסת מזון וביוטכנולוגיה ומקצועות הנדסיים אחרים.

בנוסף למאפייני השכלה הגבוהה, נבחרו שני מדדים כלכליים:

- **תמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה (PPP) בדולרים שוטפים.** מקובל לראות במשתנה זה משתנה מקורב (proxy) טוב לרמת הרווחה ורמת הפיתוח הכלכלי של המדינה.
- **השקעות זרות כאחוז מהתמ"ג.** משתנה זה מצביע על מידת ה"אטרקטיביות" הכלכלית של המדינה.

2.2 בחינת מאפייני ההשכלה גבוהה

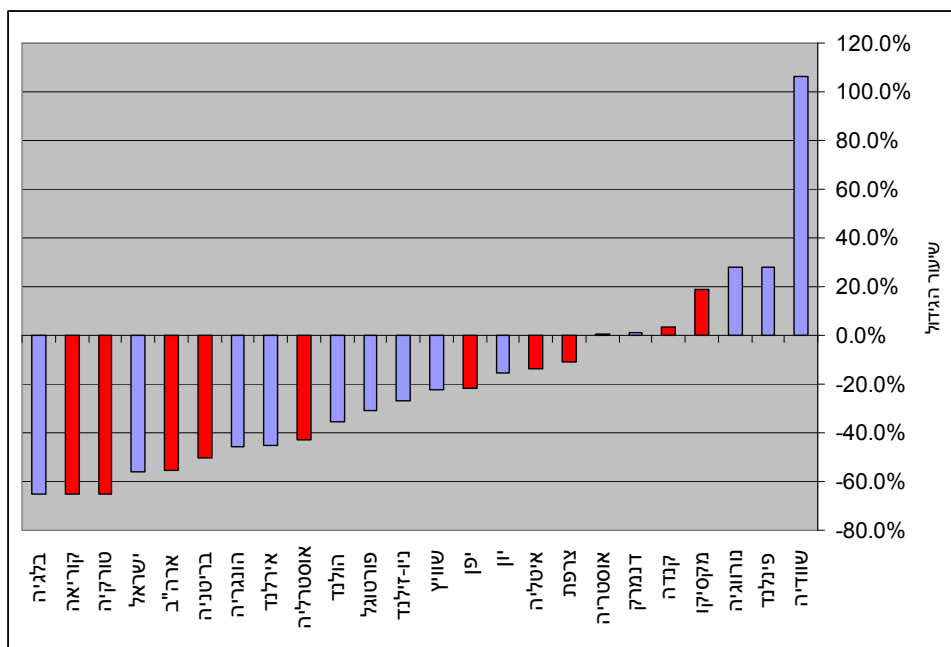
חלקו הראשון של פרק זה מתייחס כאמור לשלושה מאפיינים של השכלה גבוהה: ההוצאה לסטודנט בהשכלה גבוהה כאחוז מהתמ"ג, מספר הסטודנטים למיליון תושבים במקצועות המדעיים ומספר הסטודנטים למיליון תושבים במקצועות ההנדסה. לפני שנבחן את המעברים שעשתה כל מדינה על פני ארבע תקופות הזמן, וננתח את מיקומה היחסי של ישראל בתוך קבוצת מדינות ה-OECD, נתבונן תחילה בשיעורי הגידול שחלו במדינות השונות עבור כל מאפיין על ציר הזמן.

ניתוח שיעורי הגידול במאפייני ההשכלה הגבוהה

איור 2.1 מציג את שיעור הגידול בהוצאה לסטודנט בהשכלה גבוהה כאחוז מהתמ"ג ב 23 מדינות OECD (חסרו נתונים על שבע מדינות) וישראל בין השנים 1980-1995. העמודות ה**צבועות אדום** מציינות מדינות המשתייכות לקבוצת המדינות הגדולות (אוכלוסייה מעל 15 מיליון תושבים) והעמודות ה**צבועות כחול** מציינות מדינות המשתייכות לקבוצת המדינות הקטנות. כפי שניתן לראות מהאיור, במרבית מדינות ה-OECD חל גידול שלילי בשיעור ההוצאה היחסי בין שנים אלו. בבלגיה, קוריאה וטורקיה ההוצאה לסטודנט כאחוז מהתמ"ג פחתה ב-65% בטווח של 15 שנים. בישראל ירדה ההוצאה לסטודנט באופן ניכר, ביותר מ-56% מאז שנת 1980. יוצאות דופן הן מדינות סקנדינביה, ובמיוחד שוודיה, בהן שיעור ההוצאה עלה בעשרות אחוזים (107% בשוודיה ו 28% בפינלנד ונורווגיה).

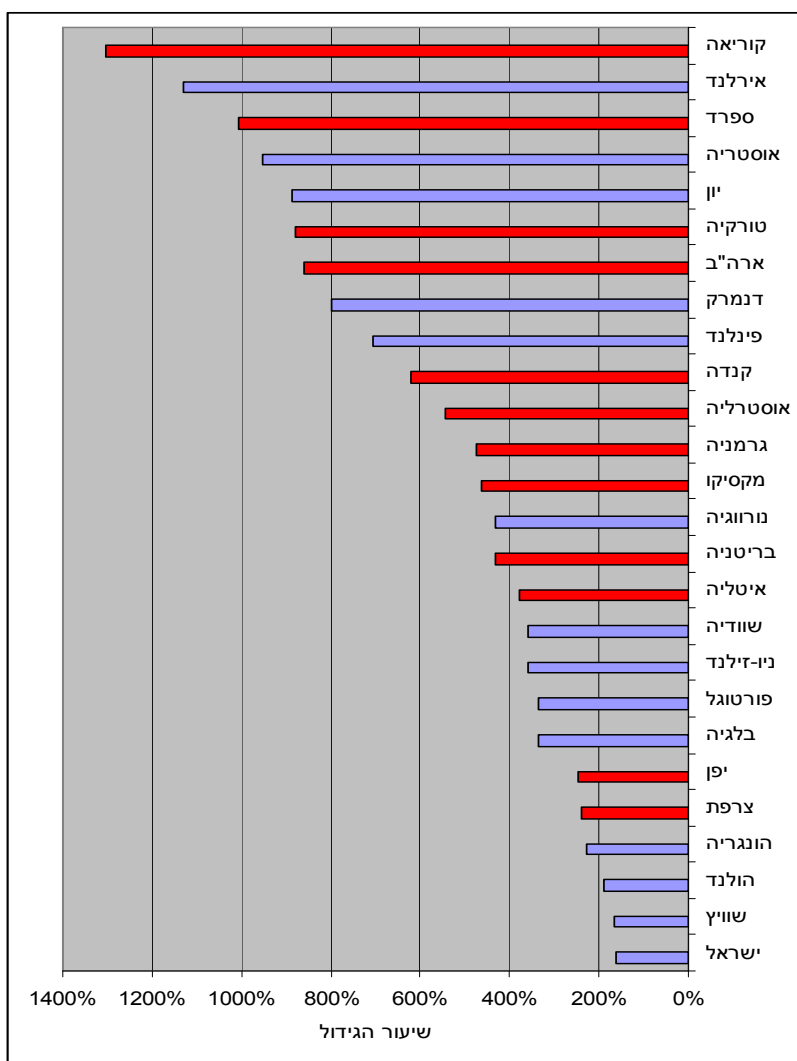
שיעור הגידול במשתנה הנ"ל בממוצע לכלל המדינות הגדולות עומד על שיעור שלילי של כ-30% לעומת כ-13% במדינות הקטנות. יחד עם זאת, ההבדל בין קבוצת המדינות הקטנות לבין קבוצת המדינות הגדולות במשתנה זה אינו מובהק סטטיסטית ($t=1.07, df=22, P>0.05$).

איור 2.1: שיעור הגידול בהוצאה לסטודנט בהשכלה גבוהה כאחוז מהתמ"ג 1980-1995



איור 2.2 מציג את שיעור הגידול במספר הסטודנטים למיליון תושבים במקצועות המדעיים בין השנים 1995-1960. מניתוח הנתונים שבאיור עולה תמונה מדאיגה בקשר למעמדה של ישראל בקרב המדינות המפותחות. ישראל ממוקמת במקום האחרון בין מדינות ה-OECD בשיעור גידול הסטודנטים ביחס לגודל האוכלוסייה במקצועות המדעיים. בתקופה זאת של 25 שנים, עלה שיעור הסטודנטים במקצועות המדעים בישראל ב-160% בלבד. לעומת זאת באירלנד, מדינה קטנה אשר מרבים להשוותה כיום לישראל, גדל שיעור הסטודנטים בשיעור עצום של 1130%. אולם, לא יהיה זה נכון במקרה זה להשוות את אירלנד, ובמידה מסוימת מדינה גדולה כמו קוריאה (בה שיעור הגידול בתקופה זאת עמד על 1305%) לישראל מבלי להביא בחשבון שכלכלותיהן של שתי מדינות אלו ומצב ההשכלה הגבוהה בהן בשנות השישים והשבעים של המאה ה-20, פיגרו באופן משמעותי אחר ישראל (לכן הקפיצה בשיעורי הגידול היא כה דרמטית). להערכתנו נכון יהיה יותר להשוות את ישראל למדינות קטנות אחרות כגון: אוסטריה, דנמרק ופינלנד, אשר היו מפותחות יותר מישראל בשנת 1965. אך עדין, שיעורי הגידול במדינות אלו נעו בסדרי גודל שבין 700%-950%, שהם גבוהים משמעותית מאלו של ישראל.

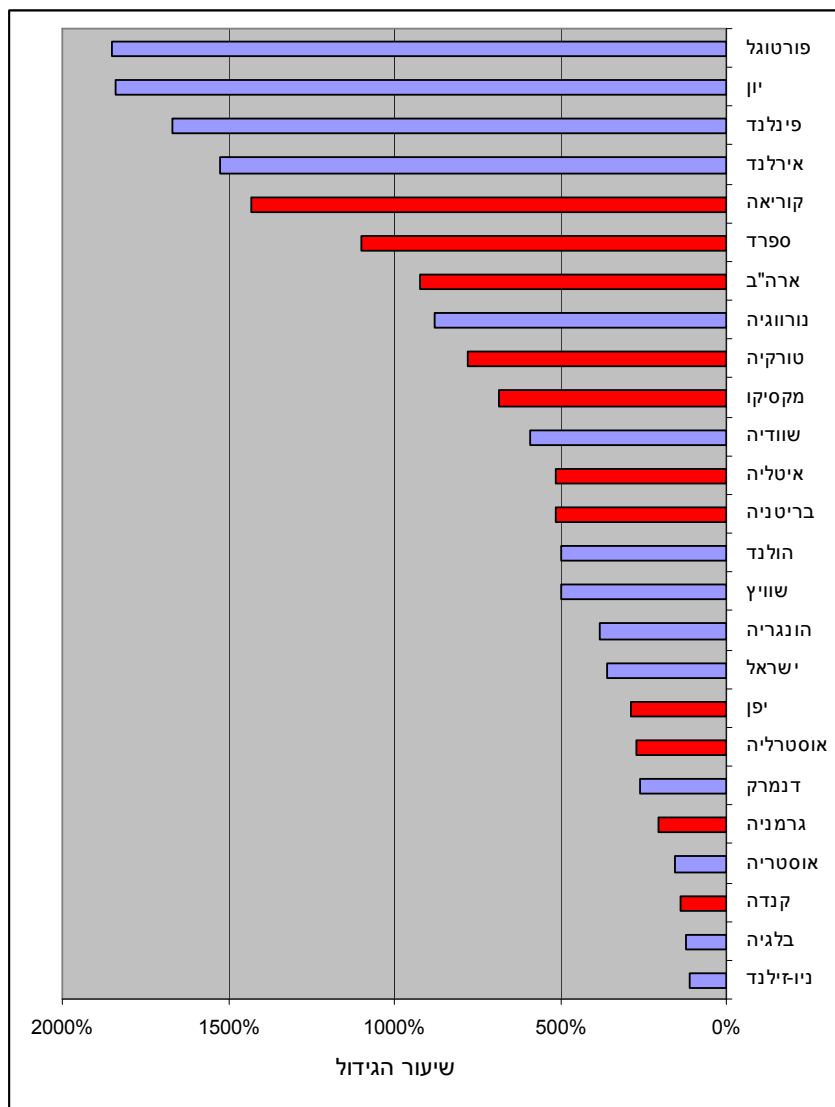
איור 2.2: שיעור הגידול במספר הסטודנטים במקצועות המדעיים למיליון נפש 1960-1995



שיעור הגידול הממוצע במספר הסטודנטים למיליון תושבים במקצועות המדעיים במדינות הגדולות (מוצגות באדום באיור) עומד על 620%, גבוהה במקצת מזה של המדינות הקטנות - 502% (בכחול באיור).

איור 2.3 מציג את שיעור הגידול במספר הסטודנטים למיליון תושבים במקצועות ההנדסה בין השנים 1995-1960. מצבה של ישראל במקצועות ההנדסה טוב יותר מאשר במקצועות המדעיים, והיא ממוקמת במקום ה-17 מתוך 25 מדינות OECD (חסרו נתונים על חמש מדינות) בשיעורי הגידול היחסיים במאפיין זה.

איור 2.3: שיעור הגידול במספר הסטודנטים למיליון נפש במקצועות ההנדסה 1995-1960



בין השנים 1995-1960 עלה השיעור היחסי של הסטודנטים להנדסה בישראל ב-360%. שיעור הגידול בסטודנטים במדינות קטנות אחרות, שהיו מפותחות פחות מישראל בשנות השישים והשבעים של המאה ה-20, כגון פורטוגל, יון ואירלנד, ובמדינה כמו פינלנד שהייתה בשנים אלו מפותחת מעט יותר מישראל, עלה בסדר גודל שנע בין פי 19 לפי 16. גם במידה ולא נתייחס לנקודת המוצא הנמוכה יחסית ברמת ההשכלה הגבוהה וברמת הפיתוח הכלכלי שמדינות כגון פורטוגל, יון ואירלנד נמצאו בהן בשנות השישים והשבעים, נחשב את שיעורי הגידול החל משנות השמונים, נמצא עדיין כי מדובר באחוזי גידול משמעותיים, הגבוהים

במאות אחוזים משל ישראל. יתכן ונתון זה מצביע על יכולתן הגבוהה של מדינות כמו אירלנד, פינלנד ופורטוגל להכוונת סטודנטים למסלולים ההנדסיים המהווים את התשתית האנושית ליצירת כוח אדם מיומן במקצועות מוטי הטכנולוגיה.

שיעור הגידול במספר הסטודנטים למיליון תושבים במקצועות ההנדסיים במדינות הגדולות במוצע לתקופה הנבחנת (אדום באיור) עומד על 622%, לעומת 767% במדינות הקטנות (בכחול). ההבדל בין שתי הקבוצות ביחס לשיעור הגידול במספר הסטודנטים אינו מובהק סטטיסטית ($t=0.64$, $df=23$, $P>0.05$).

המעברים בין אשכולות האיכות ומיקומה של ישראל: מאפייני השכלה גבוהה

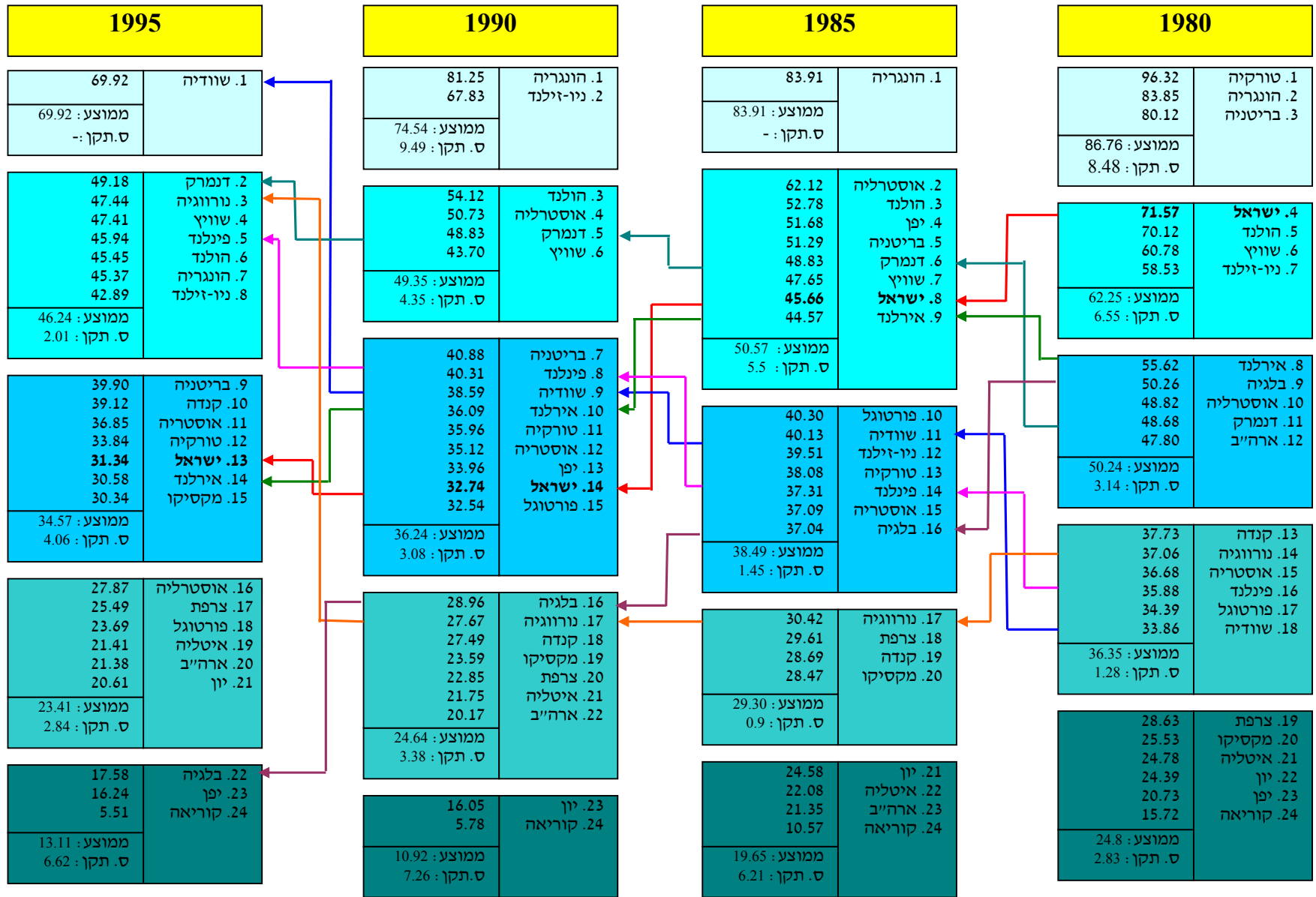
על מנת לבדוק את ההשתנות במיקום מדינות ה-OECD לאורך ציר הזמן ולבחון את מעמדה היחסי של ישראל, חולקו המדינות לחמש קבוצות או אשכולות איכות. חלוקה זו נעשתה עבור כל מאפיין ובכל עשור, וניתן היה ללמוד ממנה על המעברים שביצעו המדינות השונות לאורך השנים בין האשכולות. גודלו של כל "אשכול איכות" (מספר המדינות שהוא מכיל) נקבע על סמך הקרבה בערכי המשתנה בין המדינות בתוך האשכול. קפיצות המדרגה בין האשכולות (השונות בין קבוצה אחת לזו הנמוכה ממנה בהיררכיה) נבדקו ונמצאו מובהקות סטטיסטית.

איורים 2.4 ו-2.5 מציגים את ההשתנות בהוצאה לסטודנט בהשכלה גבוהה כאחוז מהתמ"ג לנפש בין השנים 1980-1995 עבור 23 מדינות OECD וישראל¹. חשוב לציין כי משתנה זה מודד למעשה את ההוצאה לסטודנט, המנומלת בתמ"ג לנפש של המדינות. זהו מדד מלאכותי אשר מטרתו העיקרית היא לאפשר השוואה בין המדינות. כפי שניתן לראות מאיור 2.4, המציג את המעברים הבולטים שביצעו המדינות הקטנות, שוודיה ביצעה את המעבר המשמעותי ביותר וטיפסה מתחתית האשכול הרביעי (מקום 18, הוצאה לסטודנט כ-34% מהתמ"ג לנפש) לראש האשכול הראשון (מקום 1, הוצאה לסטודנט של כ-70% מהתמ"ג לנפש). שתי מדינות סקנדינביות נוספות, נורווגיה ופינלנד ביצעו אף הן קפיצות חדות כלפי מעלה, ועלו מאמצע אשכול האיכות הרביעי (מקום 14, הוצאה לסטודנט של כ-37% מהתמ"ג לנפש; מקום 16, הוצאה לסטודנט כ-35.9% מהתמ"ג לנפש, בהתאמה) לקדמת אשכול האיכות השני (מקום 3, הוצאה לסטודנט של כ-47.4% מהתמ"ג לנפש; מקום 5, הוצאה לסטודנט כ-45.9% מהתמ"ג לנפש בהתאמה). לעומת מדינות סקנדינביה, בלגיה רשמה את הירידה החדה ביותר בין כלל המדינות המפותחות, וצנחה מקדמת האשכול השלישי (מקום 5, הוצאה לסטודנט של כ-50.2% מהתמ"ג לנפש) לראש אשכול האיכות החמישי (מקום 22, הוצאה לסטודנט של כ-17.6% מהתמ"ג לנפש). **ישראל** רשמה אף היא ירידה משמעותית, מאשכול המדינות השני לשלישי. היא התדרדרה בדירוג מהמקום ה-4 (הוצאה של כ-71.6% מהתמ"ג), למקום ה-13 (הוצאה של 31.4% מהתמ"ג).

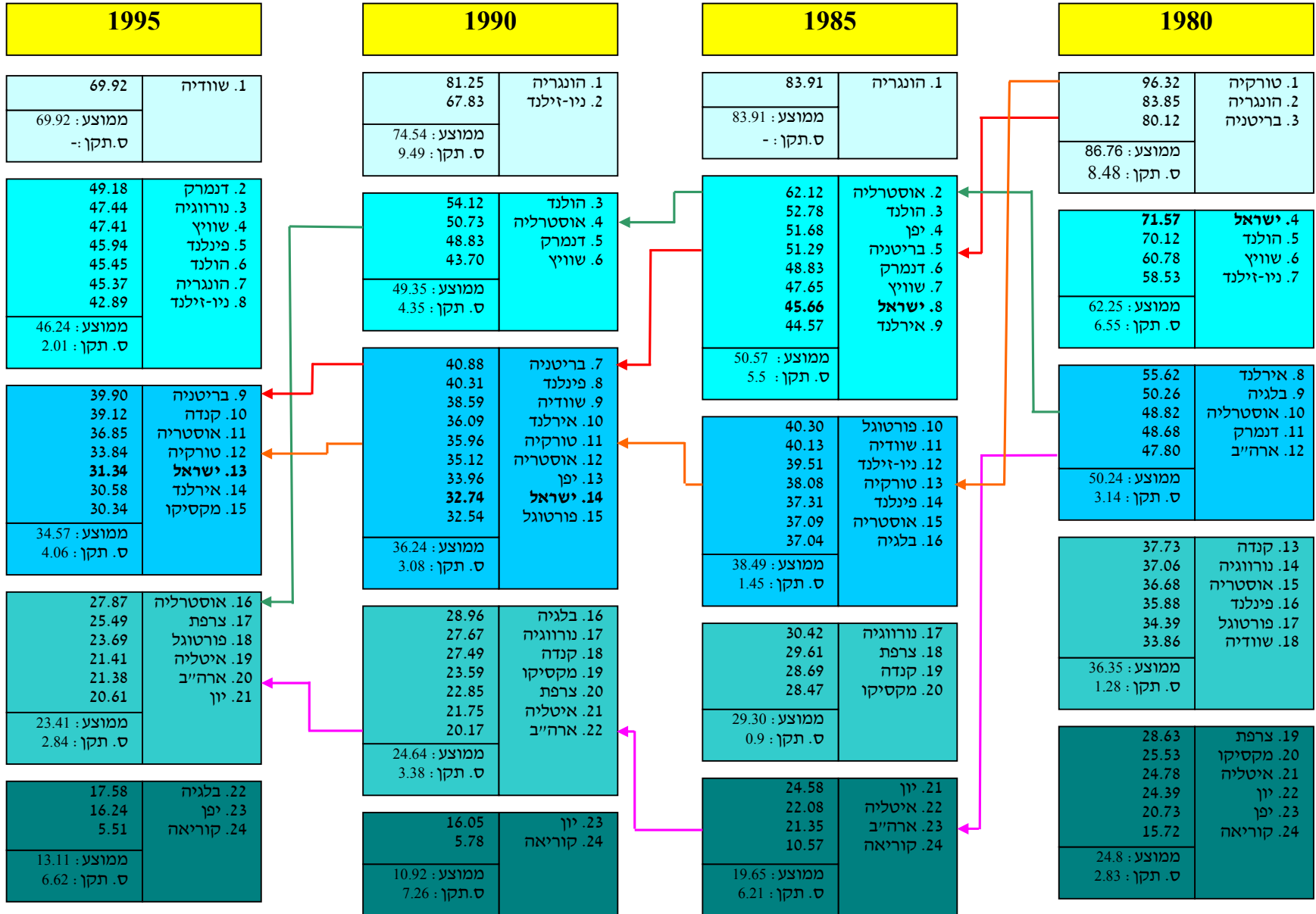
המעברים הבולטים בתוך קבוצת המדינות הגדולות (ראו איור 2.5) התבצעו על ידי טורקיה וארה"ב. טורקיה ירדה 11 מקומות, מראש האשכול הראשון (מקום 1) לאמצע אשכול האיכות השלישי (מקום 12), ואילו ארה"ב ירדה 8 מקומות, מתחתית האשכול השלישי (מקום 12) לתחתית האשכול הרביעי (מקום 20). מגמה מעניינת במיוחד הנראית משני האיורים המוצגים למטה היא ששיעור ההוצאה לסטודנט כאחוז מהתמ"ג

¹ במשתנה זה חסרו נתונים על התקופה המוקדמת יותר

איור 2.4: מעברים בולטים שביצעו מדינות קטנות בין אשכולות האיכות משנתה: הוצאה לסטודנט בהשכלה גבוהה כאחוז מהתמ"ג לנפש



איור 2.5: מעברים בולטים שביצעו מדינות גדולות בין אשכולות האיכות
 משתנה: הוצאה לסטודנט בהשכלה גבוהה כאחוז מהתמ"ג לנפש



לנפש הולך וקטן עם השנים. הסיבה לכך היא שהתמ"ג לנפש במדינות ה-OECD צמח באופן משמעותי בין 1980 ל-1995, בעוד שההוצאה לסטודנט גדלה בשיעורים מתונים בהרבה.

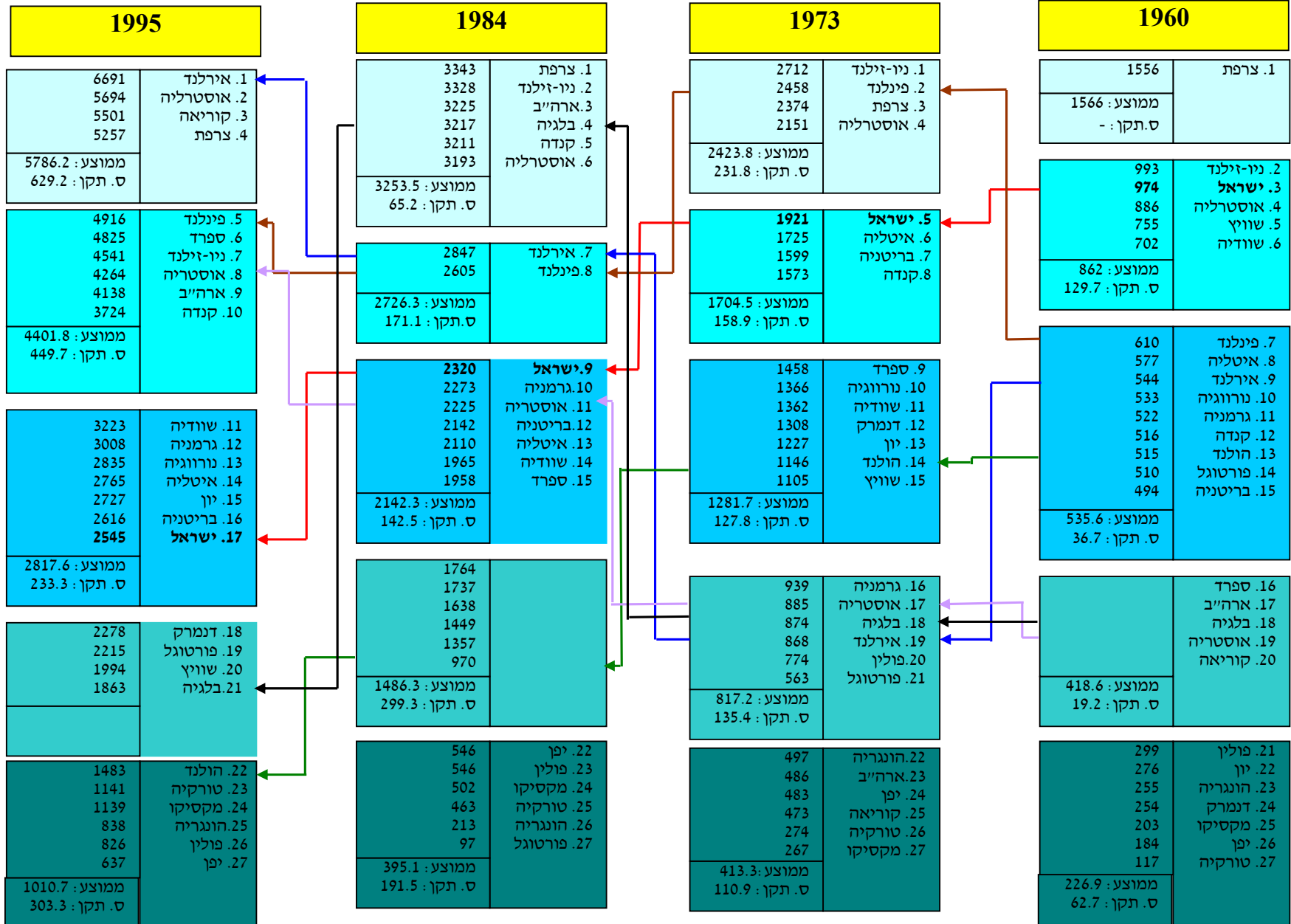
איור 2.6 ואיור 2.7 מציגים את ההשתנות במספר הסטודנטים במקצועות המדעיים למיליון תושבים בין השנים 1960-1995 עבור 26 מדינות OECD וישראל (חסרו נתונים רלוונטיים עבור ארבע מדינות). כפי שניתן לראות מאיור 2.6 המציג את המעברים שביצעו המדינות הקטנות, ישנה ירידה עקבית ורצופה במיקומה היחסי של ישראל. בין שנים אלו, ישראל מתדרדרת מראש האשכול השני (מקום 3, 974 סטודנטים במקצועות המדעים למיליון תושבים) לתחתית האשכול השלישי (מקום 17, 2,545 סטודנטים במקצועות המדעים למיליון תושבים). המדינה היחידה שרשמה ירידה חדה יותר מזו של ישראל היא שוויץ, אשר צנחה 15 מקומות, מאמצע האשכול השני (מקום 5, 755 סטודנטים במקצועות המדעים למיליון תושבים) לתחתית האשכול הרביעי (מקום 20, 1994 סטודנטים במקצועות המדעים למיליון תושבים). לעומת שוויץ וישראל, המדינה שביצעה את הזינוק המרשים ביותר היא אירלנד. לאחר ירידה של אשכול איכות אחד (מהשלישי לרביעי) ו-10 מקומות בדירוג (מהמקום ה-9 ל-19) בין השנים 1960-1973, זינקה אירלנד מהמקום ה-19 בשנת 1973 (868 סטודנטים במקצועות המדעים למיליון תושבים) למקום הראשון (6691 סטודנטים במקצועות המדעים למיליון תושבים) בשנת 1995. אוסטריה היא מדינה קטנה נוספת שביצעה קפיצה משמעותית של שני אשכולות איכות, מתחתית האשכול הרביעי (מקום 19, 406 סטודנטים במקצועות המדעים למיליון תושבים) לאמצע האשכול השני (מקום 8, 4264 סטודנטים במקצועות המדעים למיליון תושבים).

בין המדינות הגדולות (ראו איור 2.7), קוריאה ביצעה את הקפיצה המשמעותית ביותר במיקום. בין השנים 1960-1995 היא זינקה מתחתית האשכול הרביעי (מקום 20, 1994 סטודנטים במקצועות המדעים למיליון תושבים) לתחתית האשכול הראשון (מקום 3, 5501 סטודנטים במקצועות המדעים למיליון תושבים). מדינות גדולות נוספות אשר ביצעו קפיצה גדולה כלפי מעלה של שני אשכולות איכות הם ספרד (מהמקום ה-16 ל-6) וארה"ב (מהמקום ה-17 ל-9).

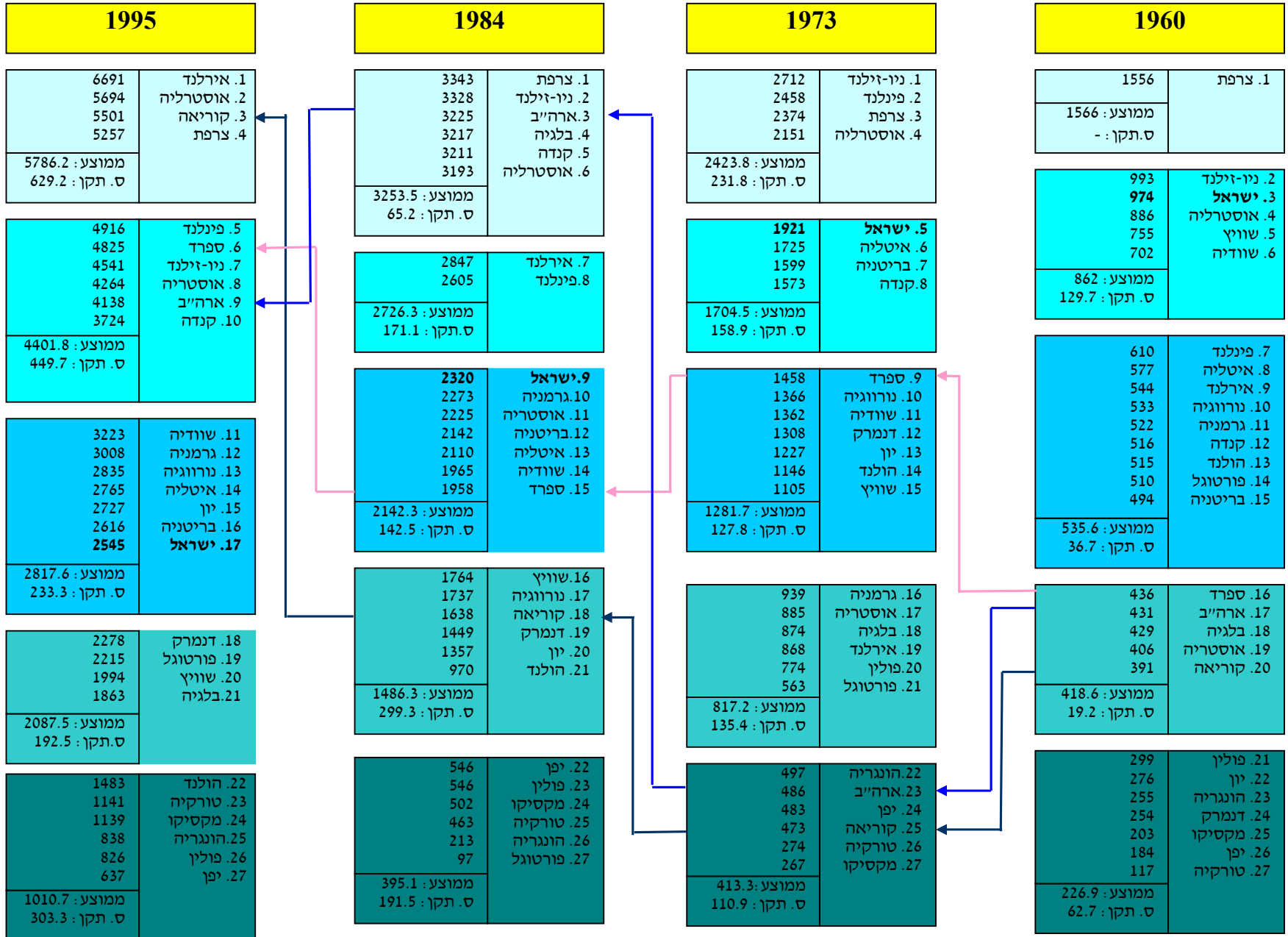
איור 2.8 ואיור 2.9 מציגים את ההשתנות במספר הסטודנטים במקצועות ההנדסה למיליון תושבים בין השנים 1960-1995 עבור 25 מדינות OECD וישראל (חסרו נתונים רלוונטיים עבור חמש מדינות). בתקופה זו, שומרת ישראל על מיקומה היחסי בקבוצת המדינות המפותחות וממוקמת בעקביות באשכול המדינות השני (מקומות 4-8). בשנים אלו, עלה מספר הסטודנטים במקצועות ההנדסה בישראל מ-907 ל-4,185 סטודנטים למיליון תושבים. המדינה שביצעה את הקפיצה המשמעותית ביותר כלפי מעלה במיקום בין המדינות הקטנות (19 מקומות) היא יון, אשר עברה מסוף אשכול האיכות החמישי (מקום 26, 228 סטודנטים בהנדסה למיליון תושבים) לאמצע האשכול השני (מקום 7, 4,432 סטודנטים בהנדסה למיליון תושבים). מדינות קטנות נוספות אשר טיפסו באופן חד במיקום היחסי הן פורטוגל (מהמקום ה-23 ל-5, שלושה אשכולות), אירלנד (מהמקום ה-24 ל-9, שלושה אשכולות) ופינלנד (מהמקום ה-18 ל-2, שלושה אשכולות). לעומתן, מדינות קטנות אחרות כגון בלגיה ואוסטריה ירדו מאשכול האיכות השני (מקום 6) לאשכול החמישי, ומהאשכול הראשון (מקום 3) לאשכול האיכות השלישי (מקום 13), בהתאמה.

הקפיצה המרשימה ביותר בין אשכולות האיכות בקרב המדינות הגדולות (ראו איור 2.9) התבצעה על ידי קוריאה, אשר עברה מאמצע האשכול השלישי (מקום 13, 658 סטודנטים להנדסה למיליון תושבים), לראש האשכול הראשון (מקום 1, 10,068 סטודנטים להנדסה למיליון תושבים). המעבר הבולט ביותר מבחינת

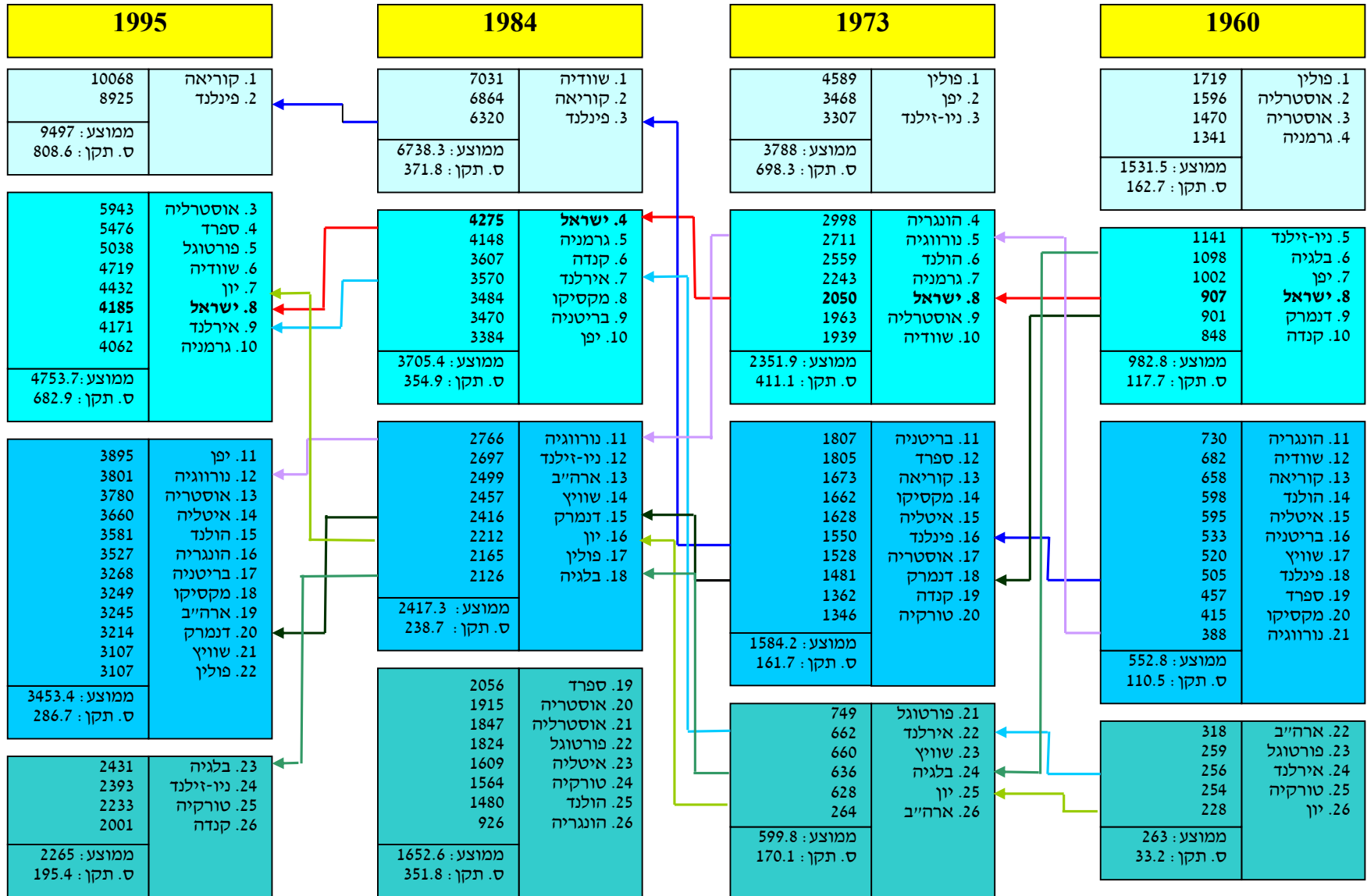
איור 2.6: המעברים הבולטים שביצעו מדינות קטנות בין אשכולות האיכות משתנה: מספר סטודנטים במקצועות המדעיים למיליון תושבים



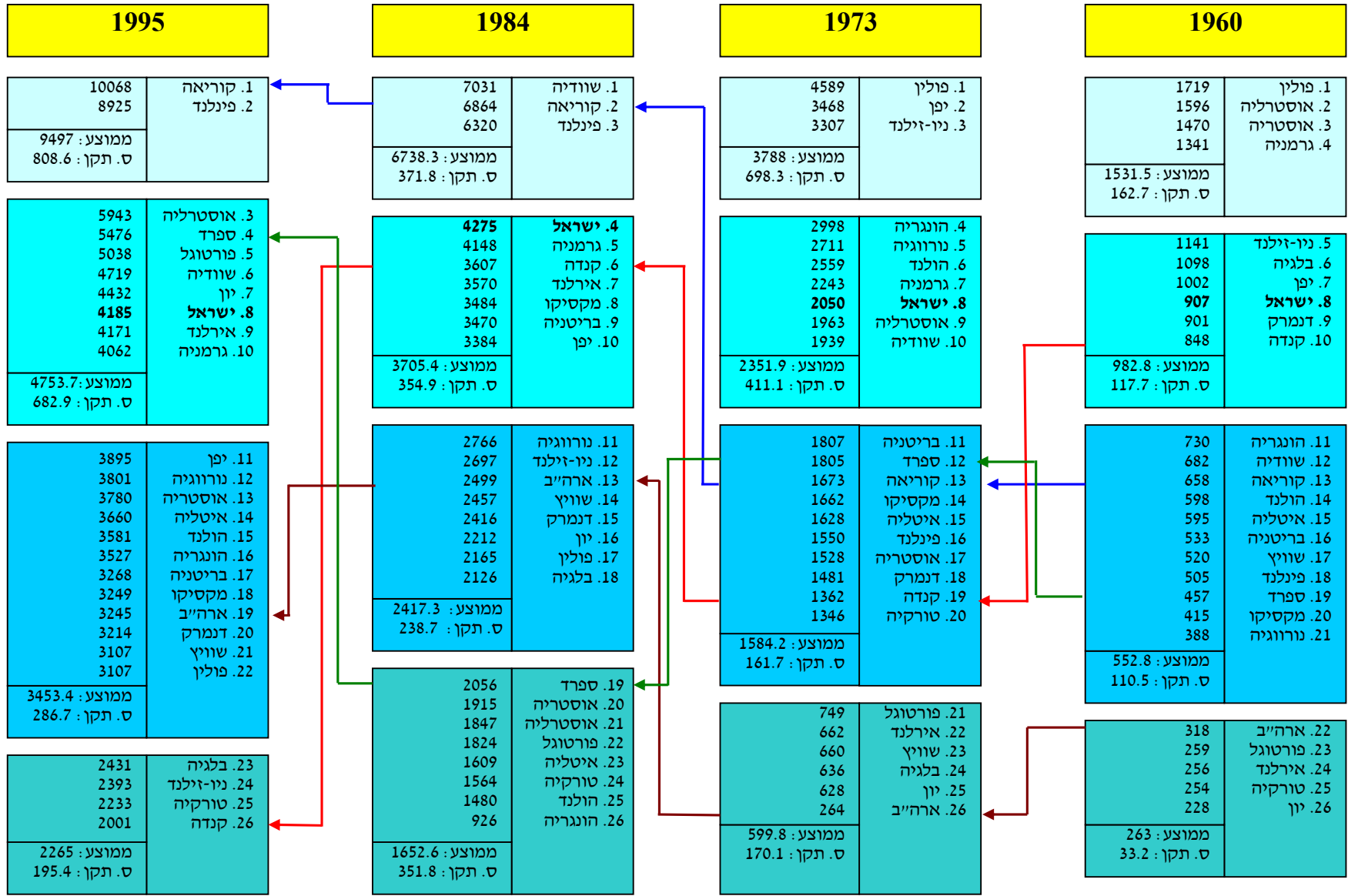
איור 2.7: המעברים הבולטים שביצעו מדינות גדולות בין אשכולות האיכות משנתה: מספר סטודנטים במקצועות המדעיים למיליון תושבים



איור 2.8: המעברים הבולטים שביצעו מדינות קטנות בין אשכולות האיכות משנתה: מספר סטודנטים במקצועות ההנדסיים למיליון תושבים



איור 2.9: המעברים הבולטים שביצעו מדינות גדולות בין אשכולות האיכות משנתנה: מספר סטודנטים במקצועות ההנדסיים למיליון תושבים



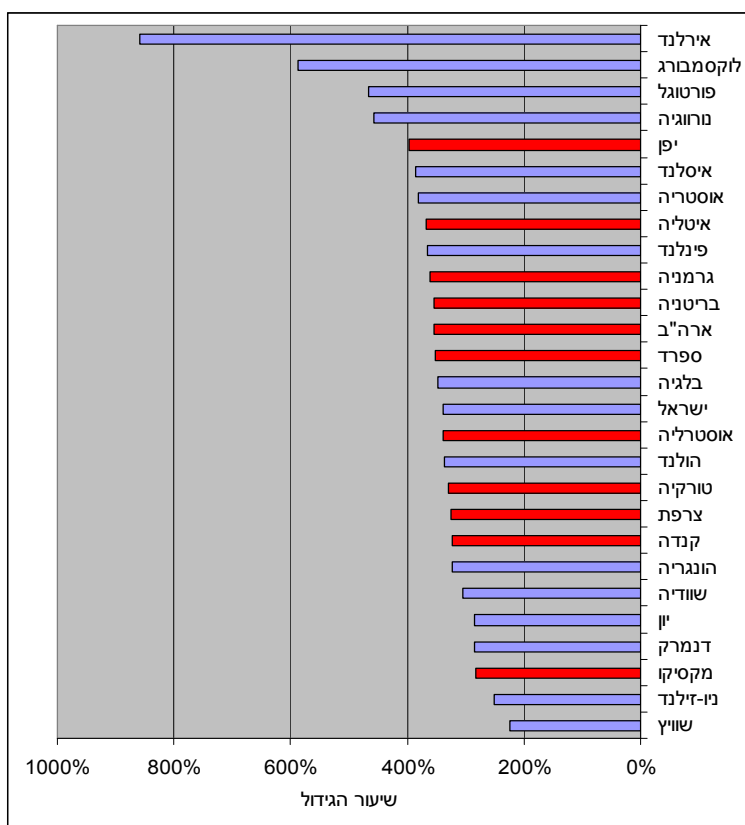
המיקום היחסי בקרב המדינות הגדולות, התבצע על ידי ספרד, אשר קפצה 15 מקומות בדירוג (מהמקום ה-19 למקום ה-4, עלייה מתחתית האשכול השלישי לראש האשכול השני). המעבר החד ביותר כלפי מטה התבצע על ידי קנדה אשר צנחה מתחתית האשכול השני (מקום 10) לתחתית האשכול החמישי (מקום 26).

2.3 בחינת מאפייני צמיחה כלכלית

ניתוח שיעור הגידול

איור 2.10 מציג את שיעור הגידול בתמ"ג לנפש (במונחי שווי כוח קנייה) בין השנים 1975-2000. ישראל ניצבת במקום ה-15 מתוך 27 מדינות ה-OECD (חסרו נתונים רלוונטיים עבור ארבע מדינות) בשיעורי הגידול היחסיים של משתנה זה.

איור 2.10: שיעור הגידול בתמ"ג לנפש (במונחי שווי כוח קנייה) בין השנים 1975-2000
דולרים שוטפים המתוקננים למחירי 1995

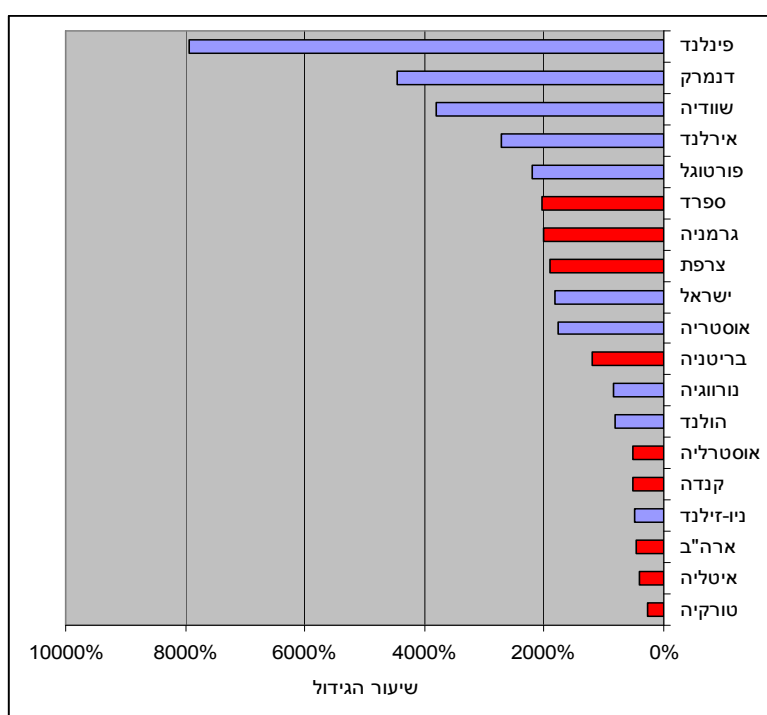


בין השנים 1975-1995 עלה שיעור הגידול בתמ"ג לנפש בישראל ב-338%, שיעור הנמוך במקצת משיעור הגידול הממוצע במדינות המפותחות אשר עמד על 371%. שיעור גידול הגבוה באופן משמעותי משאר המדינות המפותחות הושג באירלנד, אשר בה התמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה גדל בתקופה של שנים וחצי עשורים ב-860% (גידול שנתי של כ-34%). נתון זה משקף את הצמיחה הכלכלית המדהימה שעבר המשק האירי בסוף שנות השמונים ותחילת שנות התשעים של המאה העשרים, אשר הביאה לעליה חדה ברמת החיים במדינה זו. בעוד אשר באירלנד עלה התמ"ג לנפש פי עשרה בשנים 1975-1995, הרי שישראל הגדילה את התמ"ג לנפש שלה פי 4.3 בלבד בתקופה זו. בתחילת התקופה הפער במשתנה זה בין שתי המדינות עמד על 50% לטובת ישראל ובסוף התקופה הוא עומד על 46% אך הפעם לטובת אירלנד.

כפי שניתן לראות מאיור 2.10, למעט מספר מדינות (אירלנד, לוקסמבורג, פורטוגל, נורווגיה, שוויץ וניו-זילנד), שיעורי הגידול בתמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה במרבית המדינות דומים למדי. בכ-60% מהמדינות, שיעורי הגידול בין השנים 1975-2000 נעו בסדרי גודל של בין 300%-400%. שיעור הגידול בקבוצת המדינות הגדולות (מוצגות באיור) עומד על 344%, לעומת 387% בקבוצת המדינות הקטנות (בכחול). ההבדל בין שתי קבוצות המדינות ביחס לשיעור הגידול בתמ"ג לנפש אינו מובהק סטטיסטית ($t=-0.91$, $df=25$, $P>0.1$).

איור 2.11 מציג את שיעור הגידול בהשקעות זרות כאחוז מהתמ"ג בין השנים 1975-2000. ככלל, שיעורי הגידול במאפיין זה היו גבוהים מאוד, ונעו בין מאות לאלפי אחוזים. ישראל ניצבת במקום ה-9 מתוך 19 מדינות ה-OECD (חסרו נתונים בין שנים אלו ל-11 מדינות), עם שיעור גידול של 1827%.

איור 2.11: שיעור הגידול בהשקעות זרות כאחוז מהתמ"ג בין השנים 1975-2000



כפי שניתן לראות מהאיור, שיעורי הגידול במדינות הקטנות גבוהים במיוחד, ועלו בין השנים 1975-2000 במדינות כגון אירלנד, שוודיה, דנמרק ופינלנד בסדרי גודל של פי 28 עד פי 80. ההבדל בין קבוצת המדינות הקטנות, המוצגות באיור בכחול (שיעור גידול ממוצע של 2685%) לבין קבוצת המדינות הגדולות (שיעור גידול ממוצע של 1038%), המוצגות בתרשים באדום מובהק סטטיסטית ($t=2.09$, $df=17$, $P<0.1$).

המעברים בין אשכולות האיכות ומיקומה של ישראל: מאפייני צמיחה כלכלית

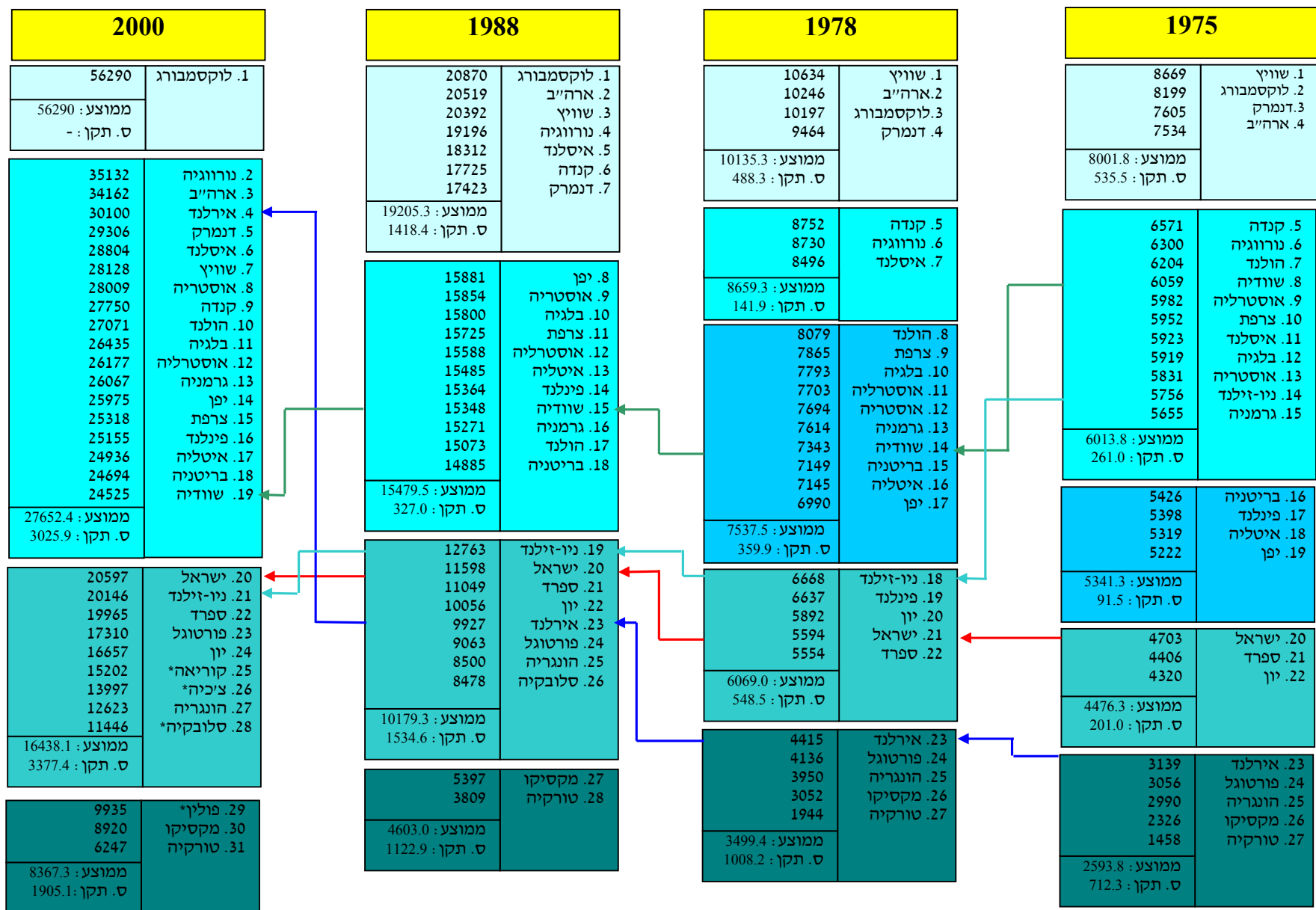
בנוסף לבדיקת השתנות מאפייני ההשכלה הגבוהה, נבדקה ההשתנות של שני מאפייני צמיחה כלכלית – השקעות זרות כאחוז מהתמ"ג, משתנה המציין את מידת האטרקטיביות של המדינה, והתמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה (PPP-Purchase Power Parity) המשמש משתנה מקורב טוב לרמת החיים. השימוש בתמ"ג לנפש במונחי שווי כוח קנייה היא שיטה מקובלת להמרת נתונים המבוטאים במטבע מקומי למטבע משותף "מלאכותי" על מנת שאפשר יהיה להשוות בין מדינות (גץ ואחרים, 2005).

איורים 2.12 ו 2.13 מציגים את ההשתנות בתמ"ג לנפש במונחי שווי כוח קנייה (דולרים שוטפים המתוקננים למחירי 1995) בין השנים 1975-2000, עבור 30 מדינות ה-OECD וישראל. כפי שניתן לראות משני האיורים, המעברים שביצעו המדינות בין אשכולות האיכות, שלא כמו במאפייני ההשכלה הגבוהה הם הרבה יותר מתונים. כך למשל, בין השנים 1975-2000 המיקום היחסי של ישראל (ראו איור 2.12) נשאר סטטי (מקום 20-21) והיא ממוקמת באשכול המדינות הרביעי לאורך כל תקופה זו. בין שנים אלו התמ"ג של ישראל במונחי כוח קנייה צמח ביותר מפי 4, מ-4,703 דולר לנפש בשנת 1975, ל-20,597 דולר לנפש בשנת 2000. שתי מדינות קטנות הבולטות בקפיצה הגדולה במיקום היחסי, אם כי בשני כיוונים מנוגדים הן אירלנד ושוודיה. אירלנד ביצעה את המעבר המשמעותי ביותר בין אשכולות האיכות ובמיקום, כאשר זינקה מראש האשכול החמישי (מקום 23, תמ"ג לנפש של 3,139 דולר) לקדמת האשכול השני (מקום 4, תמ"ג לנפש של 30,100 דולר). התמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה באירלנד גדל בין שנים אלו בשיעור עצום של כמעט פי עשרה! שוודיה ביצעה אף היא מעבר משמעותי, כאשר צנחה 11 מקומות בדירוג היחסי, מהמקום ה-8 למקום ה-19. למרות הירידה בדירוג נשארה שוודיה באשכול האיכות השני לאורך כל השנים, למעט שנת 1978 בה ירדה לאשכול האיכות השלישי.

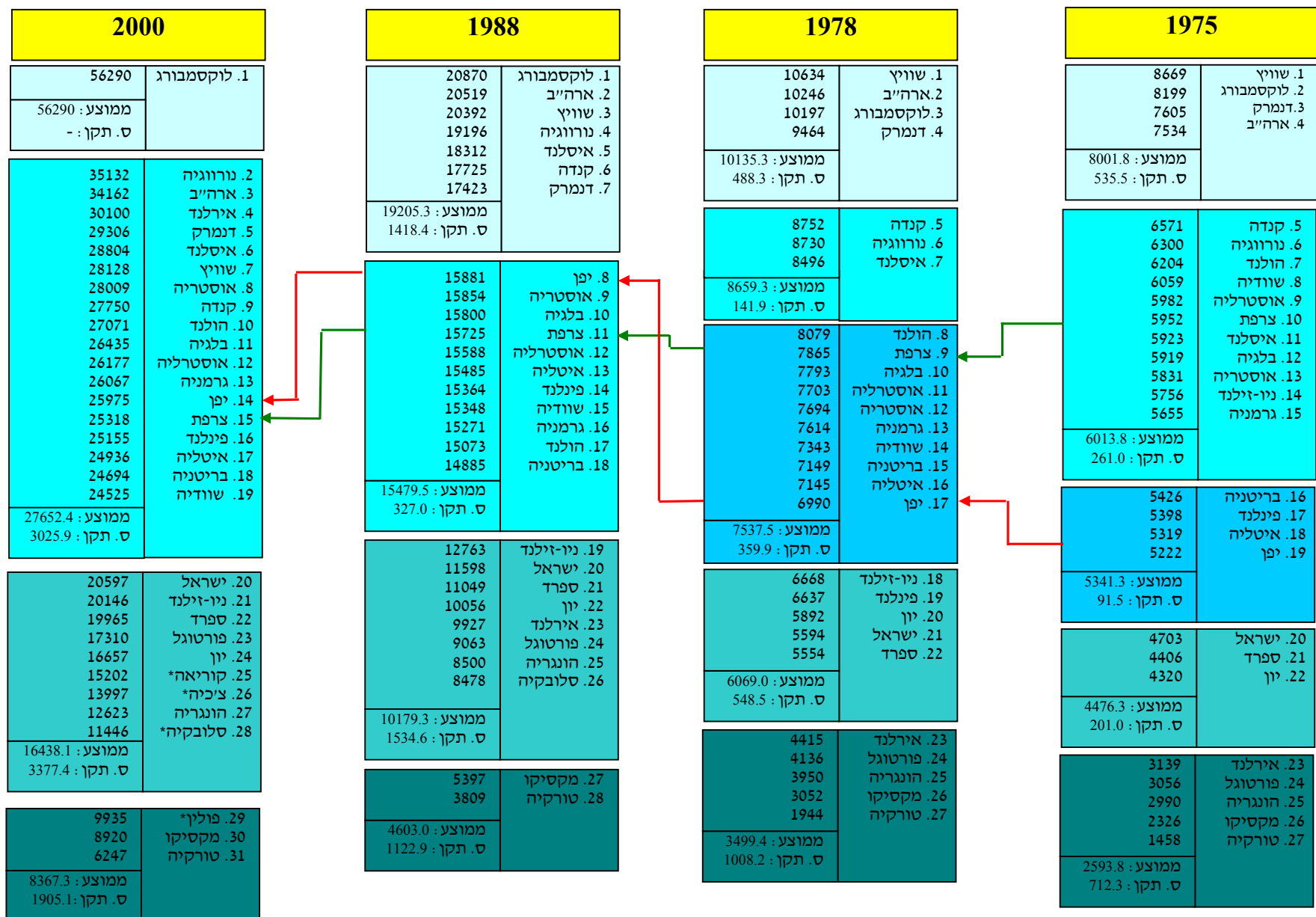
המעברים הבולטים בקרב המדינות הגדולות (ראו איור 2.13) התבצעו ביפן וצרפת. יפן התקדמה חמש מקומות בדירוג היחסי - מתחתית אשכול האיכות השלישי (מקום 19) לאמצע האשכול השני (מקום 14) וצרפת ירדה חמש מקומות בדירוג, מהמקום ה-10 ל-15, אם כי נשארה באשכול האיכות השני.

איורים 2.14 ו-2.15 מציגים את ההשתנות בהשקעות הזרות ביחס לתמ"ג בין השנים 1975-2000 עבור 25 מדינות ה-OECD וישראל. כפי שניתן לראות מהאיורים משתנה זה מאופיין בתנודות חריפות בין המדינות, כאשר מדינות רבות מחליפות מיקומים ועוברות בין האשכולות השונים. כך למשל בקרב המדינות הקטנות (איור 2.14) עלתה אירלנד מהאשכול השלישי (מקום 4) בשנת 1975 לאשכול השני בשנת 1978 (מקום 4) וצנחה בשנת 1988 לאשכול החמישי (מקום 25) וממנו זינקה לאשכול הראשון (מקום 1) בשנת 2000. דנמרק קפצה מתחתית אשכול האיכות החמישי (מקום 22) בשנת 1978 לראש האשכול השני (מקום 2) בשנת 2000. פינלנד ביצעה אף היא קפיצה מרשימה של 12 מקומות בין שנים אלו, מאמצע האשכול החמישי (מקום 16) לתחתית האשכול השני (מקום חמישי). נורווגיה ירדה את מספר המקומות הרב ביותר (8) בין שנת 1975 לשנת 2000, כאשר צנחה מהמקום ה-6 (אשכול 3) למקום ה-14 (אשכול 4). ישראל, למעט עלייה קלה של אשכול אחד בשנת 1988, ממוקמת מאז שנת 1975 באשכול המדינות החמישי בהיקף ההשקעות הזרות כאחוז מהתמ"ג. ככלל, ניתן להבחין כי בשנת 2000, מעמדן של מדינות קטנות כגון אירלנד, דנמרק, הולנד ופינלנד, במשיכת השקעות זרות חזק במיוחד, והן ממוקמות באשכול הראשון והשני. השיעור הממוצע בהשקעות הזרות כאחוז מהתמ"ג במדינות ה-OECD גדל בין שנת 1988 ל-2000 ביותר מפי שישה, מגמה הקשורה כנראה לתהליכי גלובליזציה. בקרב המדינות הגדולות (איור 2.15) נרשמו בעיקר ירידות בדירוג. אוסטרליה ירדה מראש אשכול האיכות השלישי בשנת 1975 (מקום 8) לאמצע האשכול החמישי (מקום 20) בשנת 2000. ארה"ב בין שנים אלו איבדה 12 מקומות בדירוג היחסי וצנחה מהמקום ה-7 (אשכול 4) למקום ה-19 (אשכול חמישי). ככל הנראה מגמה זאת מציינת השקעה גוברת מצד המדינות הגדולות במדינות הקטנות.

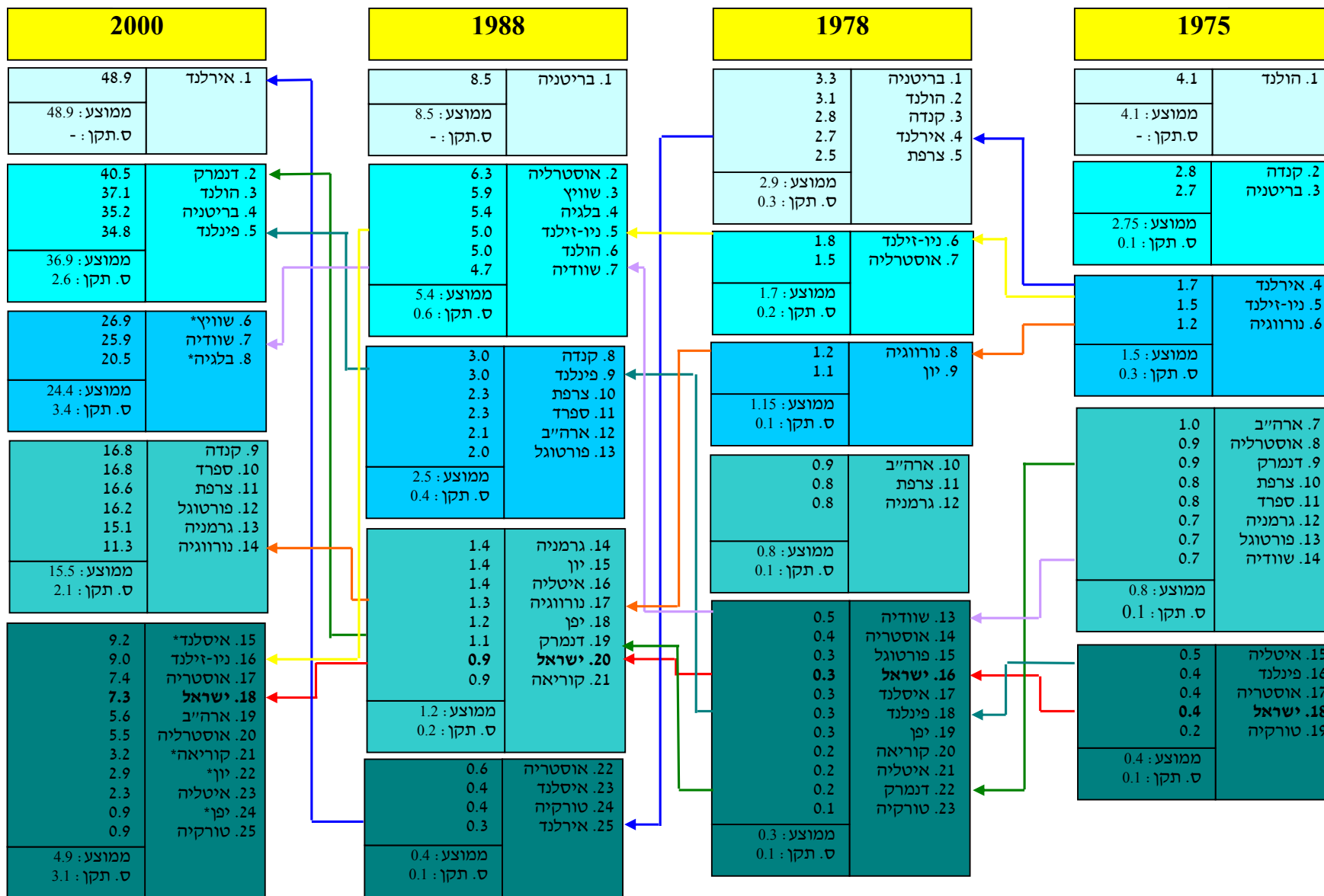
איור 2.12: המעברים הבולטים שביצעו מדינות קטנות בין אשכולות האיכות משנתה: תמ"ג לנפש, דולרים שוטפים במונחי שווי כוח-קנייה, מתוקנו למחירי 1995



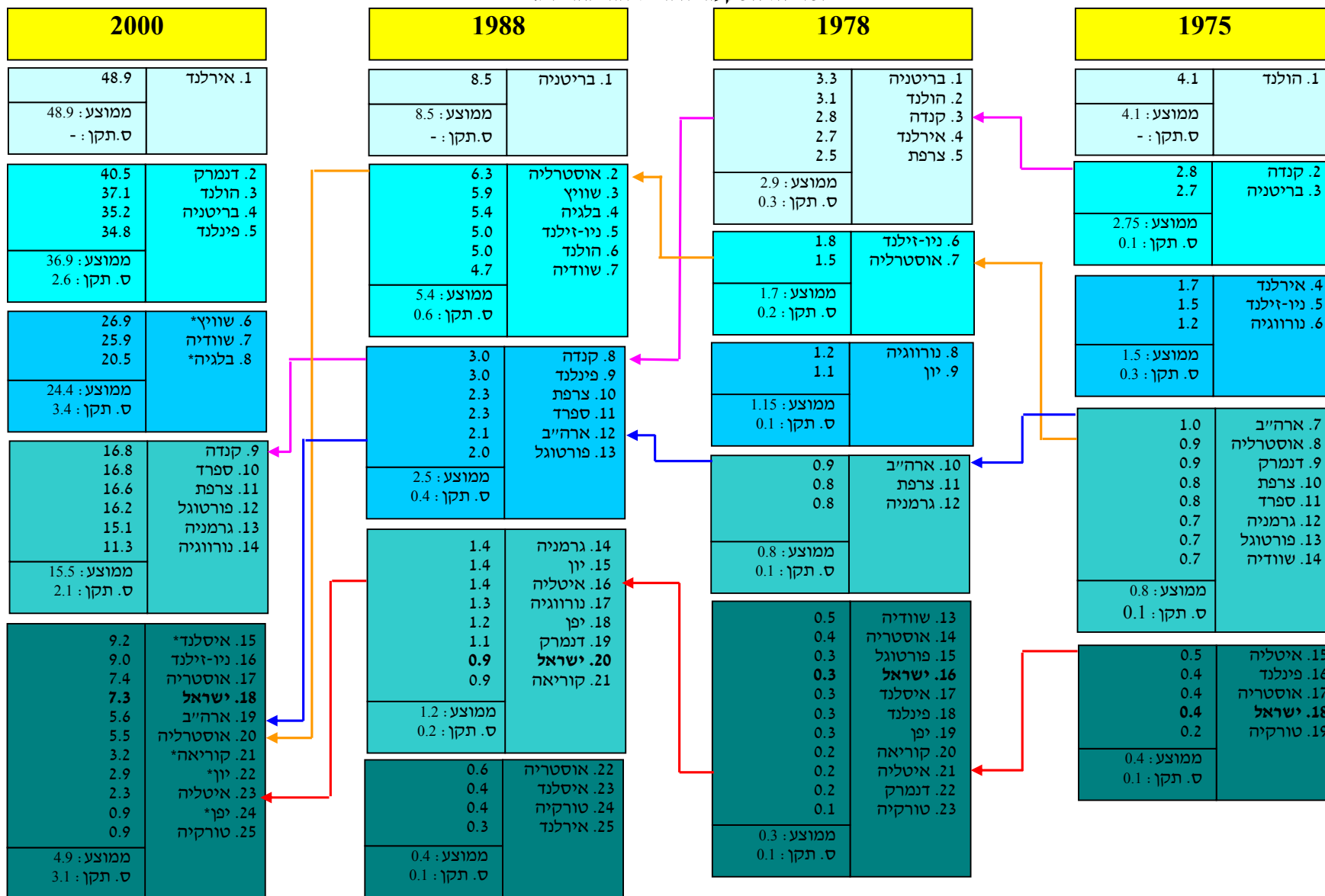
איור 2.13: המעברים הבולטים שביצעו מדינות גדולות בין אשכולות האיכות משנתה: תמ"ג לנפש, דולרים שוטפים במונחי שווי כוח-קנייה, מתוקן למחירי 1995



איור 2.14: המעברים הבולטים שביצעו מדינות קטנות בין אשכולות האיכות משנתה: השקעות זרות כאחוז מהתמ"ג



איור 2.15: המעברים הבולטים שביצעו מדינות גדולות בין אשכולות האיכות משנתה: השקעות זרות כאחוז מהתמ"ג



2.4 סיכום המגמות

הממצאים העולים מסקירת המגמות לאורך ציר הזמן משרטטים תמונה מדאיגה אודות מצב ההשכלה הגבוהה בישראל. הנתונים מראים כי חלה הרעה משמעותית במעמדה ובמיקומה של ישראל ביחס למדינות המפותחות האחרות, בעיקר בכל הנוגע להשקעות בסטודנטים ולמשיכת סטודנטים למקצועות המדעיים. ההוצאה לסטודנט על השכלה גבוהה יחסית לתמ"ג ירדה בתקופה של 15 שנים בכ-60%. שיעור גידול שלילי גבוה יותר מזה של ישראל נרשם רק בשלוש מדינות OECD - טורקיה, קוריאה ובלגיה.

ישראל ממוקמת במקום האחרון בין מדינות ה-OECD בשיעור גידול הסטודנטים ביחס לגודל האוכלוסייה במקצועות המדעיים. הנתונים מראים על ירידה עקבית ורצופה במיקום היחסי של ישראל, מהמקום השלישי בשנת 1960 למקום ה-17 בשנת 1995. מדינות קטנות כגון אירלנד ופינלנד רושמות בשנים אלו גידול מרשים בשיעור הסטודנטים במקצועות המדעיים ועולות באופן עקבי בדירוג היחסי לאורך השנים. מצבה של ישראל לכאורה בתחום ההנדסי מעט טוב יותר. היא שומרת על מיקומה היחסי בקבוצת המדינות המפותחות (אשכול שני) במספר הסטודנטים במקצועות ההנדסיים יחסית לגודל האוכלוסייה לאורך כל ארבע תקופות הזמן. אולם, כאשר מתבוננים על שיעורי הגידול היחסיים רואים כי אחוז הגידול במספר הסטודנטים במקצועות ההנדסיים בין השנים 1960 ל-1995 היו נמוכים למדי (ישראל ממוקמת ברבעון התחתון בשיעורי הגידול) ונפלים באופן משמעותי ממדינות קטנות אחרות הדומות במאפייניהן לישראל.

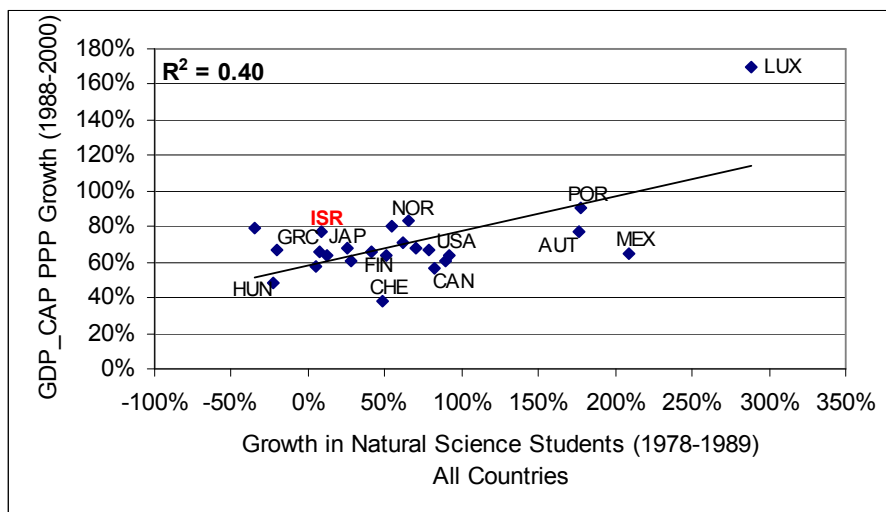
כאשר בוחנים על פני ציר הזמן את המגמות בשני המשתנים הכלכליים שנבחנו – התמ"ג לנפש במונחי שווי כוח קנייה ומשיכת השקעות זרות, רואים כי מצבה של ישראל רחוק מלהשביע רצון. התמ"ג לנפש בישראל צמח בשיעור הנמוך במקצת מממוצע ה-OECD, ונמוך משמעותית ממדינות קטנות אחרות כדוגמת נורווגיה ואירלנד. ישראל שומרת אומנם לאורך השנים על מיקומה היחסי בדירוג בראש האשכול השלישי, אך איננה מצליחה להמריא מעליו. ישראל ממוקמת מתחת לממוצע ה-OECD בשיעור הגידול במשיכת השקעות זרות, ושונה במובהק ממדינות קטנות אחרות כגון פינלנד, דנמרק ואירלנד אשר הציגו בין השנים 1975-2000, שיעורי גידול משמעותיים הגבוהים פי 2 עד פי 4 מאלו של ישראל.

2.5 השקעות בהשכלה גבוהה וצמיחה כלכלית

בחלק השני של פרק זה בחנו מספר קשרים סטטיסטיים פשוטים בין משתני ההשכלה הגבוהה לבין משתני הצמיחה הכלכלית. קשרים אלו נבחנו בעיכוב (lagging) של כעשר שנים בין המשתנה הבלתי תלוי למשתנה התלוי. הנחתנו היא שקיימת "תקופת הבשלה" מסוימת, בה תשומות ההשכלה הגבוהה מתורגמות לתפוקות של צמיחה כלכלית. בחינת הקשרים הסטטיסטיים בין משתני ההשכלה הגבוהה לבין משתני הצמיחה הכלכלית בוצעה בנפרד עבור כלל מדינות ה-OECD, ועבור קבוצת המדינות הגדולות וקבוצת המדינות הקטנות (שישראל נמנית עימן). בשל הגודל הקטן של שתי קבוצות תת המדגם, נלקח סף מובהקות סטטיסטית נמוך מהמקובל ($P < 0.1$). התוצאות המובהקות, או הקרובות למובהקות סטטיסטית מוצגות באיורים 2.16-2.20.

איור 2.16 בוחן את הקשר בין שיעור הגידול במספר הסטודנטים במקצועות המדעיים למיליון תושבים בין השנים 1978-1989, לבין שיעור הגידול בתמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה (דולרים שוטפים במחירי 1995) בין השנים 1988-2000 עבור כלל המדינות.

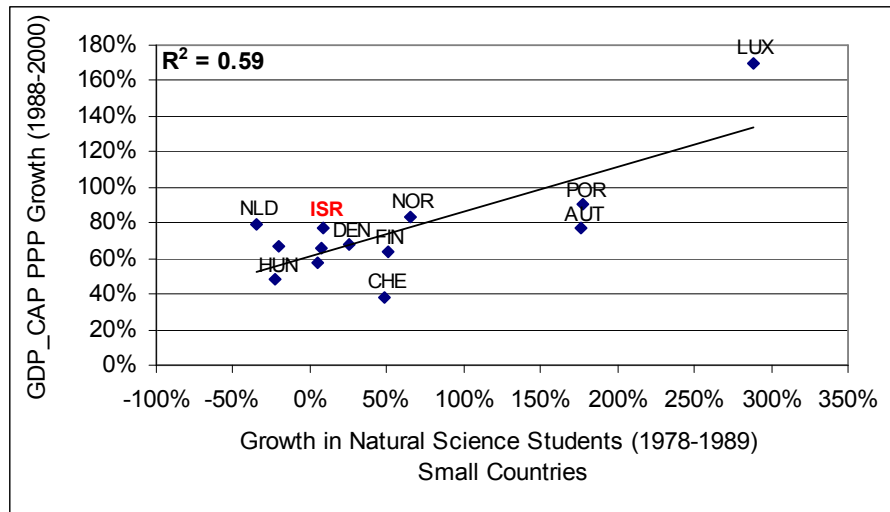
איור 2.16: הקשר בין שיעור הגידול במספר הסטודנטים במקצועות המדעיים לבין תמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה (כלל המדינות)



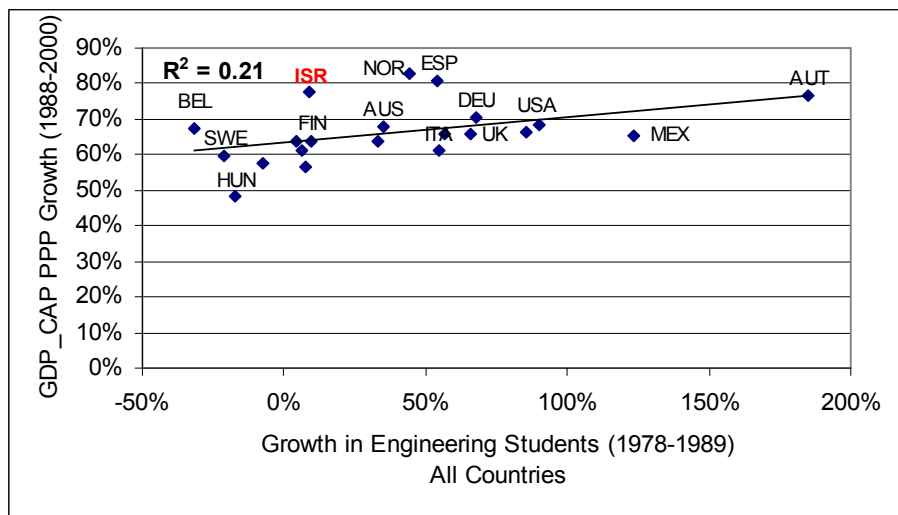
מבחן רגרסיה פשוטה שנערך לבדיקת הקשר בין שני משתנים אלו מצביע על קיום קשר מובהק מאוד ($P < 0.001$), ברמה בינונית ($R^2 = 0.40$). כלומר, להשקעה במקצועות המדעיים בעשור של שנות ה-80 יש ביטוי מסוים בשגשוג הכלכלי של המדינות עשור שנים לאחר מכן, כפי שהדבר בא לידי ביטוי בגידול בתמ"ג לנפש. מגמה זו בולטת עוד יותר כאשר בחנו זאת בקרב המדינות הקטנות כמוצג באיור 2.17. כפי שניתן לראות קיים קשר חיובי וחזק ($R^2 = 0.59$; $P < 0.01$) בין שני משתנים אלו. הקשר החיובי שנצפה באיור זה, מצביע על תרומה גבוהה של המקצועות המדעיים לצמיחה כלכלית בקרב המדינות הקטנות, ואולי על חשיבות יתרה שהן מייחסות להשקעות במקצועות אלו כאמצעי ליצירת כוח עבודה מיומן שיגביר את רווחתן. חשוב לציין כי בדקנו את הקשר עבור זוג משתנים זה גם עבור קבוצת המדינות הגדולות, אך הוא לא נמצא מובהק סטטיסטית.

איור 2.18 בוחן את הקשר בין שיעור הגידול במספר הסטודנטים במקצועות ההנדסה למיליון נפש בין השנים 1978-1989 לבין שיעור הגידול בתמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה (דולרים שוטפים במחירי 1995) בין השנים 1988-2000 עבור כלל המדינות. כפי שניתן לראות מהתרשים קיים קשר חלש יחסית בין שני המשתנים ($R^2 = 0.21$), אם כי מובהק סטטיסטית ($P < 0.05$). כפי שניתן לראות מהאיור, מרבית המדינות קרובות לקו הרגרסיה, למעט נורווגיה וספרד המציגות שיעורי גידול בינוניים במספר הסטודנטים במקצועות ההנדסה בהשוואה לשיעורי גידול גבוהים בתמ"ג לנפש, וישראל המציגה שיעורי גידול נמוכים מאוד במספר הסטודנטים לעומת שיעורי צמיחה גבוהים יחסית בתמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה.

איור 2.17: הקשר בין שיעור הגידול במספר הסטודנטים במקצועות המדעיים לבין תמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה (המדינות הקטנות)

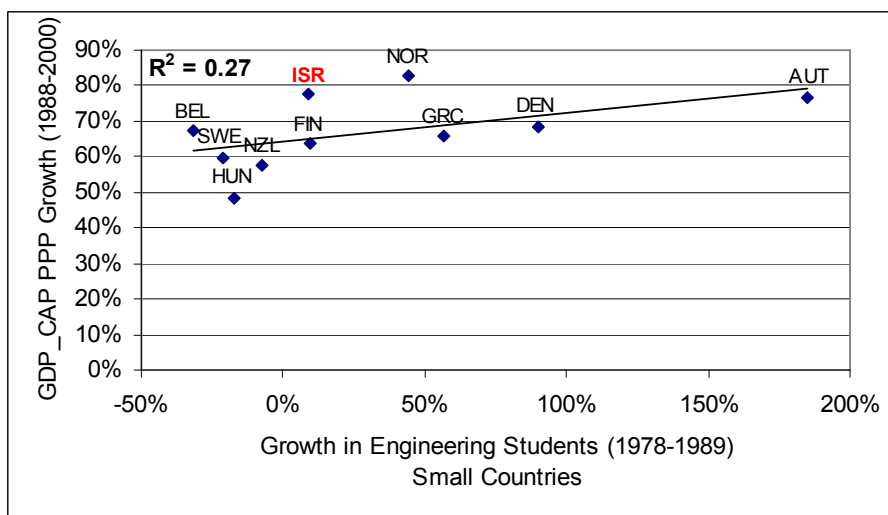


איור 2.18: הקשר בין שיעור הגידול במספר הסטודנטים בהנדסה לבין תמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה (כלל המדינות)

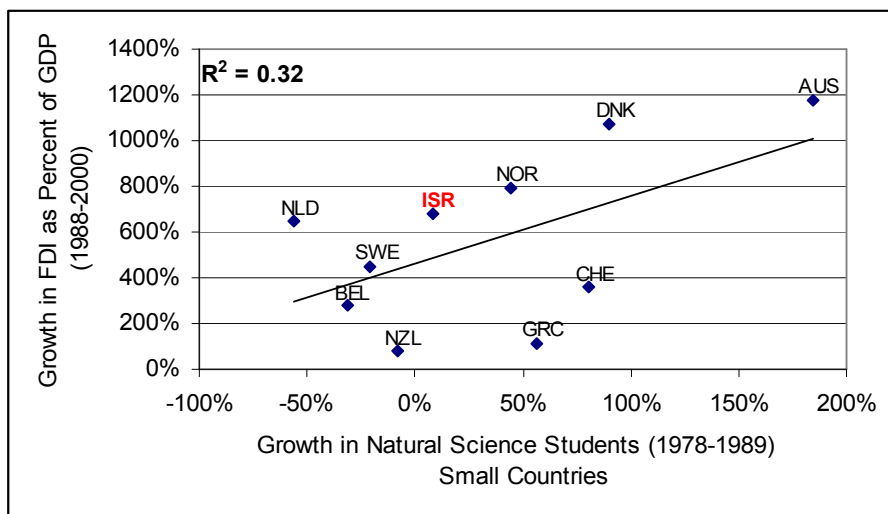


איור 2.19 מציג את הקשר בין שיעור הגידול בסטודנטים בהנדסה לבין שיעור הגידול בתמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה, עבור קבוצת המדינות הקטנות. כפי שניתן לראות מהאיור, הקשר הסטטיסטי עבור קבוצה זאת מעט חזק יותר ($R^2=0.27$), וקרוב למובהקות סטטיסטית ($P.value=0.11$). הקשר עבור קבוצת המדינות הגדולות נבדק, ולא נמצא מובהק סטטיסטית.

איור 2.19: הקשר בין שיעור הגידול במספר הסטודנטים במקצועות ההנדסה לבין תמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה (המדינות הקטנות)



איור 2.20: הקשר בין שיעור הגידול במספר הסטודנטים במקצועות המדעיים לבין שיעור הגידול בהשקעות הזרות כאחוז מהתמ"ג (המדינות הקטנות)



איור 2.20 בוחן את הקשר בין שיעור הגידול במספר הסטודנטים במקצועות המדעיים בין השנים 1989-1978, לבין שיעור הגידול בהשקעות הזרות כאחוז מהתמ"ג בין השנים 2000-1988, עבור קבוצת המדינות הקטנות. כפי שניתן לראות מהתרשים, קיים קשר מובהק ($P < 0.1$) ברמה בינונית-נמוכה ($R^2 = 0.32$) בין המשתנים. מיקומן של אוסטריה ודנמרק בולט במיוחד, והן מציגות שיעורי גידול גבוהים במספר הסטודנטים במקצועות המדעיים, בהשוואה לשיעורי גידול גבוהים בהשקעות הזרות. ישראל ממוקמת מעט מעל קו הרגרסיה, ומראה שיעורי גידול נמוכים במספר הסטודנטים לעומת שיעורי גידול גבוהים יחסית בהשקעות הזרות. הקשר עבור כלל המדינות ועבור קבוצת המדינות הגדולות נבדק, ולא נמצא מובהק סטטיסטית.

הקשרים הסטטיסטיים שנבחנו בפרק זה הניבו תוצאות חלקיות ומעורבות, כאשר רק חלק ממשתני ההשכלה הגבוהה שנבחנו נמצאו במתאם עם המשתנים הכלכליים. ממצא חשוב העולה מבחינת קשרים אלו כי קיים "עיכוב" של עשר שנים בתרגום תשומות ההשכלה הגבוהה לתפוקות כלכליות. על מנת לבחון את הקשר בין השקעות בהשכלה גבוהה וצמיחה כלכלית ברמת פירוט גבוהה יותר יש להשתמש במודל מפורט אשר יכלול משתנים מסבירים נוספים ויוכל למפות את הקשרים בצורה טובה ומדויקת יותר. בדיקה זאת תוצג בפרק הבא.

פרק 3:

השקעה בהשכלה גבוהה וצמיחה כלכלית

בחלקו השני של הפרק הקודם בחנו בצורה ישירה, תוך שימוש במספר קטן של מדדים, את הקשר שבין השקעה בהשכלה גבוהה לבין צמיחת הכלכלית של מדינות מפותחות. בדיקה זאת הניבה תוצאות מנוגדות ולא חד משמעיות בדבר קיומו של קשר חיובי ומובהק בין שני סוגי המדדים. במסגרת פרק זה ננסה לאמוד באמצעות שני מודלים, המתבססים על מספר רב יותר של משתנים, את הקשר בין השקעה בהשכלה גבוהה ומחקר מדעי וטכנולוגי לבין ביצועי המשקים במדינות המפותחות.

המודל הראשון הוא מודל רגרסיה דו-שלבי האומד **באופן בלתי ישיר** את הקשר הנ"ל. השערנו היא שקיים קשר מובהק וחיובי בין שני מדדים אלו, אלא שקשר זה עובר דרך "מדד מגשר", המיוצג על ידי רמת כוח העבודה במשק. הרציונאל העומד מאחורי השערה זאת הוא שבשלב הראשון השקעות גדולות בהשכלה גבוהה ובמחקר אוניברסיטאי מדעי תורמות להכשרת כוח אדם מיומן טכנולוגית ומדעית (סטודנטים) הנקלט עם סיום תקופת ההכשרה בשוק העבודה. התרומה של כוח עבודה משכיל ומיומן מתורגמת בשלב שני לרמה גבוהה יותר של פריון וצמיחה כלכלית, הבאים לידי ביטוי במדדים שונים כגון התמ"ג לנפש, ייצוא מוצרי טכנולוגיה מתקדמים והיקף משיכת השקעות זרות.

המודל השני אשר נעשה בו שימוש על מנת לאמוד את הקשר בין שני סוגי המדדים דלעיל הוא מודל רגרסיה מרובה. מודל זה אומד **באופן ישיר** את הקשר בין השקעה בהשכלה גבוהה לבין ביצועי המשקים במדינות המפותחות, תוך ויתור על המדדים המגשרים המיוצגים על ידי רמת כוח העבודה במשק. חשוב לציין כי מודל זה "הופעל" רק לאחר שההשערה המרכזית של המודל הדו-שלבי אוששה, כלומר כי מתקיים קשר בין שני סוגי המדדים, וכי קשר זה אינו אקראי.

3.1 מודל דו-שלבי - מתודולוגיה

בכדי לבחון את ההשערה שמתקיים תהליך מדורג בו השקעות בהשכלה גבוהה מתורגמות תחילה לרמה גבוהה יותר של הון אנושי, והיא שתורמת לצמיחה הכלכלית של המשק, אנו מציעים לבחון זאת באמצעות ניסוח מודל דו שלבי אשר יוצג להלן. בשלב א' של המודל, נחקר הקשר בין מדדים המשקפים את מידת ההשקעה של המדינה בהשכלה גבוהה לבין מדדים המשקפים את איכות ההון האנושי שלה, המתבטאים בהרכב כוח העבודה. בשלב ב', התפוקות המתקבלות בשלב א' (איכות כוח העבודה), הופכות להיות תשומות המסבירות את הביצועים הכלכליים של המשקים.

שלב א

בהינתן X וקטור של משתנים x_1, x_2, \dots, x_n המודד את היקף ההשקעות בהשכלה גבוהה ובמחקר מדעי וטכנולוגי (הוצאה לסטודנט באוניברסיטאות מחקר, הוצאה לסטודנט על מו"פ, חוקרים במו"פ ל-100,000 תושבים וכו'), ובהינתן Y וקטור של משתנים y_1, y_2, \dots, y_n המודד את התפוקה של השקעות אלו המתבטאת באיכות ההון האנושי במשק (שיעור המועסקים בענף המחשבים ושיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים מתוך סה"כ המועסקים בכוח העבודה), ניתן לבטא את הקשר שבין תשומות ההשקעה בהשכלה גבוהה X לבין תפוקות ההון האנושי Y כדלהלן:

$$[1] \quad Y=f(X)$$

על מנת לעמוד על הקשר האמפירי בין X ל-Y ולהשוות את המצב במדינות אשר נכללו בבדיקה נעשה שימוש במודל רגרסיה ליניארית חד-משתנית פשוטה, באמצעותה אמדנו את רמת ועוצמת המתאם בין שני סוגי המדדים וכן את מובהקותו הסטטיסטית של הקשר ביניהם. השערותנו היא שמתקיים קשר חיובי בין ההשקעה בהשכלה גבוהה ובמחקר מדעי וטכנולוגי במדינה, לבין קיומו של כוח עבודה ברמה גבוהה.

שלב ב

בשלב השני של המודל, איכות ההון האנושי (Y), הבאה לידי ביטוי בהרכב כוח העבודה במשק הופכת מתפוקה (משתנה מוסבר), לתשומה המסבירה את הצמיחה הכלכלית במשק כמפורט להלן:

יהיה Z וקטור של משתנים Z_1, Z_2, \dots, Z_n המציין מדדים של צמיחה כלכלית או איכות הביצועים הכלכליים במדינות השונות (השקעות זרות כאחוז מהתמ"ג, תמ"ג לנפש, שיעור ייצוא מוצרי טכנולוגיה-עילית מתוך סה"כ הייצוא וכו'), ו-Y, וקטור של משתנים המציין מדדים של איכות ההון האנושי במדינה, כי אז הקשר שבין תשומות ההון האנושי במדינה Y לבין רמת הצמיחה הכלכלית של המדינה Z יבוטא על ידי המשוואה שלהלן:

$$[2] \quad Z=f(Y)$$

בדומה למשוואה 1, גם במשוואה 2, ניתן לאמוד את הקשר האמפירי בין המשתנה המסביר למוסבר באמצעות מודל רגרסיה ליניארית. השערותנו היא שהצמיחה הכלכלית במשקים המפותחים הנה פונקציה של רמת ההון האנושי (כוח העבודה) באותן מדינות, וכי מתקיים קשר חיובי ומובהק בין שני סוגי המדדים.

אנו מציעים לבחון את ההשערה המרכזית בדבר קיומו של קשר בלתי ישיר בין השקעות בהשכלה גבוהה לבין צמיחתן הכלכלית של 30 מדינות ה-OECD וישראל על ידי שימוש בנתונים עבור X, Y ו-Z. לפני שנציג את הממצאים האמפיריים, נגדיר תחילה את הנחת המודל, בסיסי הנתונים אשר סיפקו את המקור למידע ואת המשתנים עבור כל אחד משלושת סוגי המאפיינים.

הנחת המודל המרכזית

התהליך של הפיכת תשומות של השקעה בהשכלה גבוהה לתפוקות של כוח עבודה מיומן, ואלה לתשומות המסבירות את הביצועים הכלכליים של המשקים, הנו תהליך ארוך שיש למדדו על פני ציר הזמן. בשל בעיה של זמינות ואיכות הנתונים (ראו בהמשך) נבצר מאיתנו במודל הדו-שלבי לשקף מצב תהליכי אמיתי המתפרס על פני מספר תקופות זמן, והמודל המתואר מתייחס עקב כך לנקודות זמן אחת, המהווה ממוצע של השנים האחרונות. למרות מגבלה זאת, ניתן לדעתנו להגדיר מודל זה כמודל "קווי-תהליכי". אנו מניחים שהשקעות על פני ציר הזמן בתשומות (דוגמא: הוצאה הכוללת לסטודנט באוניברסיטאות, השקעה לסטודנט במו"פ וכו') אינן נתונות לתנודות חריפות, ולכן ההטיה הנגרמת כתוצאה משימוש בנקודת זמן אחת איננה מכרעת.

בסיסי הנתונים למודל הדו-שלבי

שלב איסוף הנתונים עבור המודל הדו-שלבי היה תהליך מורכב אשר כלל עבודה עם חמישה בסיסי נתונים שונים. המורכבות נבעה מהצורך ללקט נתונים עבור שלושת סוגי המשתנים שהוצגו לעיל ביחס לקבוצת המדינות המפותחות וישראל. למרות שכוונתנו הייתה להתייחס גם למרכיב ההשתנות לאורך ציר הזמן, הדבר לא התאפשר בשל אילוצים הקשורים לזמינות ואיכות הנתונים. הנתונים העתיים האיכותיים ביותר אשר התפרסו על פני חמישה עשורים (1960-2004), היו נתונים מקרו-כלכליים אשר שיקפו מדדים של **צמיחה כלכלית** במשקים השונים. נתונים אלו, שבחלקם הוצגו במסגרת הפרק הקודם, נלקחו מבסיסי הנתונים האלקטרוניים של הבנק העולמי (WDI) ומדינות ה-OECD (Science and Technology Indicators). לעומת זאת, הנתונים על **ההשקעות בהשכלה גבוהה** מקורם בבסיסי הנתונים של UNESCO ומדינות ה-OECD. נתונים אלו אשר שיקפו את היקף ההוצאה של המדינות על השכלה אוניברסיטאית ומחקר מדעי וטכנולוגי זמינים רק עבור תקופת זמן אחת (שנות התשעים המאוחרות ותחילת שנות ה-2000) ומספקים מידע אודות מספר קטן יותר של מדינות (עבור חלק מהמשתנים חסרו נתונים על מדינות כגון פולין, הונגריה, צ'כיה, סלובקיה, טורקיה וקוריאה אשר הצטרפו מאוחר יותר לארגון המדינות המפותחות). נתונים על מדדי **כוח העבודה** עבור מדינות ה-OECD נלקחו מבסיס הנתונים של ארגון העבודה הבין-לאומי (LABORSTA). נתונים דומים המתייחסים לישראל מקורם בסקרי כוח אדם של הלמ"ס. בדומה לנתונים על מדדי השקעות בהשכלה גבוהה, גם הנתונים על מדדי כוח העבודה היו זמינים רק לתקופת זמן אחת (רובם התייחסו לסקרי כוח אדם שנערכו במדינות בשנת 2000 ומקצתם למפקדים שנערכו בשנת 1996). בשל אילוצים אלו הוחלט שהמודל הדו-שלבי יתמקד בתקופת זמן אחת (1998-2000) ולא יבחן את ההשתנות לאורך ציר הזמן הארוך יותר.

משתני המודל הדו-שלבי

משתני השקעה בהשכלה גבוהה (X)

מאפייני ההשקעה בהשכלה גבוהה נמדדו באמצעות שימוש בארבעה משתנים אשר בכוחם לספק אינדיקציה טובה להיקף ההשקעה של המדינות באוניברסיטאות מחקר, בסטודנטים ובמחקר מדעי וטכנולוגי. בכדי לנטרל הטיות במדגם ולאפשר השוואה בין המדינות השונות, עשינו שימוש במדדים מנורמלים ויחסיים (השיעור היחסי מהתמ"ג, אחוז הפרטים מכלל האוכלוסייה, דולרים במונחי כוח קנייה - PPP, וכו'). ארבעת מדדי ההשקעה בהשכלה גבוהה אשר נבחרו כוללים את:

1. ההוצאה הכוללת לסטודנט (דולרים שוטפים במונחי כוח קנייה) באוניברסיטאות מחקר (EX_STUD_UNI).
2. מספר החוקרים במו"פ ל-100,000 תושבים (RES_R&D_100K).
3. ההוצאה לסטודנט (דולרים שוטפים במונחי כוח קנייה) על מו"פ במוסדות להשכלה גבוהה (EX_STUD_R&D), משתנה המייצג את ההשקעה במו"פ אוניברסיטאי.
4. ההוצאה הכוללת על מו"פ כאחוז מהתמ"ג¹ (EX_R&D_GDP).

¹ לא כולל מו"פ צבאי

משתני איכות ההון האנושי (Y)

מאפיין ההון האנושי Y משמש במחקר כ"מדד מקשר" בין ההשקעות בהשכלה גבוהה במדינות לבין צמיחתן הכלכלית. מאפיין זה כולל שני מדדים:

1. שיעור המועסקים בענף המחשבים (מהנדסי מחשבים, מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה, מנחי מערכות וכו') מתוך סה"כ המועסקים בכוח העבודה (COMP).
2. שיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים מתוך סה"כ המועסקים בכוח העבודה (SCI_ENG).

שני מדדים אלו, המבטאים את כוח העבודה במקצועות טכנולוגיה העילית, ההנדסה והמדע נבחרו בשל יכולתם לשמש כמשתנים מקורבים טובים לרמת ההון האנושי היצרני במדינות השונות. שיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים מתייחס למקצועות הכוללים את מדעי הטבע והחיים, המדעים הפיסיים, מתמטיקה, סטטיסטיקה, ארכיטקטורה וכל תחומי ההנדסה, למעט תחום הנדסת המחשבים. האגרגציה של מקצועות ההנדסה והמקצועות המדעיים למשתנה אחד אפשרה לנו לקבל רמות הסבר גבוהות יותר במודל הרגרסיה.

משתני צמיחה כלכלית (Z)

המאפיין השלישי Z מהווה אינדיקטור לצמיחה כלכלית או לביצועים הכלכליים של המשק. הוא כולל ארבעה מדדים:

1. השקעות זרות כאחוז מהתמ"ג לנפש (INV_GDP).
2. הוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע כאחוז מהתמ"ג לנפש (EX_COM_TECH).
3. תמ"ג לנפש, במחירים קבועים בדולרים של שנת 1995 (GDP_CAP).
4. שיעור ייצוא מוצרי טכנולוגיה-עילית מתוך סה"כ הייצור (HI-TECH_EXP).

3.2 ממצאי המודל הדו-שלבי

הממצאים האמפיריים אשר התקבלו מהרצת הנתונים במודל מוצגים באיורים ובלוחות המסכמים את המדדים הסטטיסטיים השונים. באיורים הדגשנו את קו המגמה הליניארי וכן את מיקומה של ישראל ומדינות אחרות בהן היה לנו עניין מיוחד (מדינות בעלות מאפיינים דומים לישראל כגון אירלנד, פינלנד ושוודיה), או כאלו שהראו ביצועים חריגים ויוצאי דופן (מדינות אלו צוינו באיורים על פי הקיצורים הבין-לאומיים המקובלים). חשוב לציין שבשל מגבלה של זמינות הנתונים לא נכללו בכל האיורים כל 31 המדינות. הדבר בולט יותר בסדרת האיורים הראשונה בה חסרו נתונים לגבי מספר מדינות עבור משתני ההשקעה בהשכלה גבוהה (מדדי ה-X). מיקומה של ישראל באיורים ביחס לקו המגמה מודגש באדום.

שלב א': איכות ההון האנושי כפונקציה של ההשקעה בהשכלה גבוהה ובמחקר מדעי

בשלב הראשון של המודל "מתורגמות" תשומות ההשקעה בהשכלה גבוהה לתפוקות של איכות כוח העבודה. לוח 3.1 ואיורים 3.1-3.7 מציגים את הקשרים בין ארבעה מדדים של ההשקעה בהשכלה גבוהה (הוצאה באוניברסיטאות מחקר, מספר החוקרים במו"פ ל 100,000 תושבים, הוצאה לסטודנט על מו"פ במוסדות להשכלה גבוהה וההוצאה על מו"פ כאחוז מהתמ"ג), לבין שני מדדים של איכות כוח העבודה

(שיעור המועסקים בענף המחשבים ושיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים מתוך סה"כ המועסקים בכוח העבודה) במדינות ה OECD וישראל.

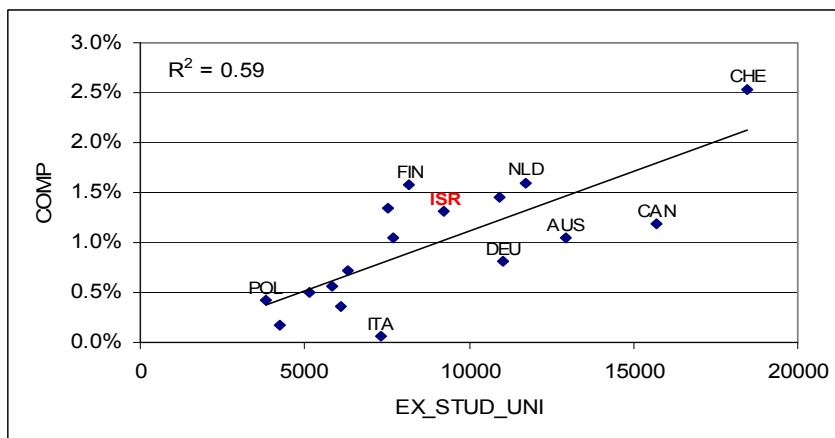
התוצאות מצביעות על קשר חזק ומובהק מבחינה סטטיסטית בין שני סוגי המדדים. רמת המתאם בין משתני ההשקעות בהשכלה גבוהה, לבין שיעור המועסקים בענף המחשבים הינה גבוהה יותר מאשר זו עם שיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים.

לוח 3.1: תוצאות מודל הרגרסיה עבור שלב א'

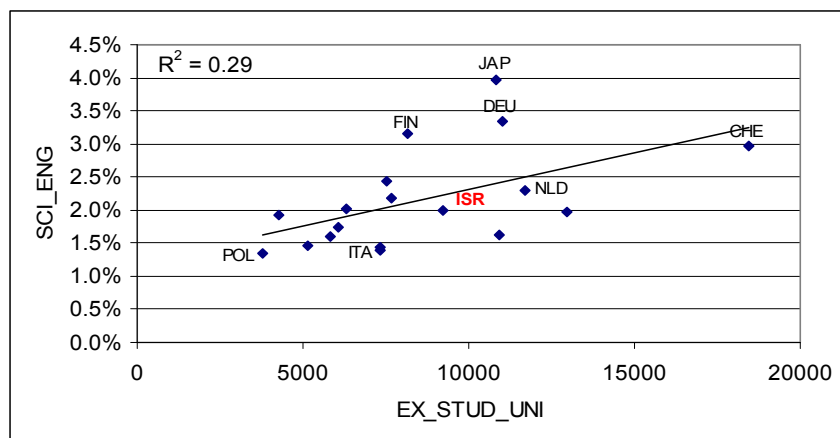
N	מובהקות (P)	R ²	ערך t	מדדי השקעה בהשכלה גבוהה (X)	COMP	מודי כוח עבודה (Y)
17	0.0003	0.59	4.67	EX_STUD_UNI		
20	0.0004	0.51	4.36	EX_STUD_R&D		
23	0.0001	0.54	4.98	RES_R&D_100K		
18	0.0210	0.29	2.54	EX_STUD_UNI	SCI_ENG	
19	0.0030	0.41	3.45	EX_STUD_R&D		
25	0.0010	0.35	4.83	RES_R&D_100K		

איורים 3.1 ו-3.2 מציגים את שיעור המועסקים בענף המחשבים ובמקצועות המדעיים (מתוך סה"כ המועסקים בכוח העבודה), כפונקציה של ההוצאה לסטודנט (בדולרים שוטפים במונחי כוח קנייה) באוניברסיטאות מחקר. כפי שניתן לראות הקשר בין ההוצאה לסטודנט באוניברסיטאות מחקר (משתנה המבטא את היקף השקעה הציבורית והפרטית באוניברסיטאות מחקר במדינה), לבין שיעור המועסקים בענף המחשבים ($R^2=0.59$) חזק בהרבה מזה הקיים עבור שיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים ($R^2=0.29$), אם כי הוא מובהק סטטיסטית עבור שניהם. נראה על כן כי גידול בהשקעות בהשכלה גבוהה באוניברסיטאות מחקר יש לו אכן קשר ישיר וחיובי עם הגידול בשיעור המועסקים במקצועות הטכנולוגיים והמדעיים במשק של אותן מדינות.

איור 3.1: אחוז המועסקים בענף המחשבים כפונקציה של ההוצאה לסטודנט באוניברסיטאות מחקר



איור 3.2: אחוז המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים כפונקציה של ההוצאה לסטודנט באוניברסיטאות מחקר

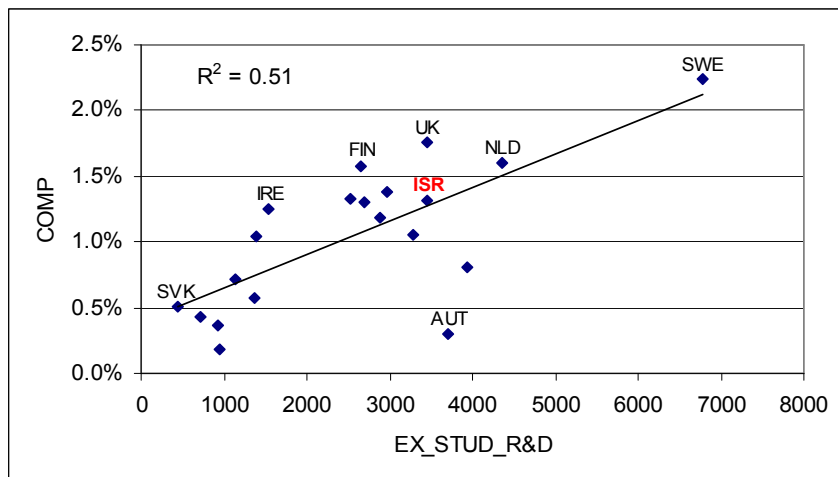


שוויץ (CHE) ממוקמת בשני האיורים מעט מעל או מעט מתחת לקו המגמה הליניארי המייצג את מדינות ה-OECD, ומציגה שיעורים גבוהים מאוד של השקעה בסטודנט באוניברסיטאות מחקר הבאות לידי ביטוי בתפוקות גבוהות של כוח עבודה מיומן, כפי שאלה נמדדות בשיעור המועסקים בענף המחשבים ובמקצועות המדעיים וההנדסיים מכוח העבודה במדינה זו. מגמה הפוכה מזו של שוויץ התקבלה במדינות כמו פולין ואיטליה המציגות הוצאות נמוכות במיוחד על סטודנט באוניברסיטאות מחקר ובמקביל שיעורי מועסקים נמוכים בענף המחשבים ובמקצועות ההנדסיים. מעניין במיוחד באיור 3.2 הוא המיקום של פינלנד, גרמניה ויפן אשר למרות ההשקעות בסטודנטים באוניברסיטאות המחקר, ברמה בינונית יחסית בלבד בהשוואה למדינות המפותחות, יש בהן שיעורים גבוהים של מועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים. יתכן וממצא זה מצביע על יעילות רבה של שלוש מדינות אלו אשר מצליחות לייצר תפוקה רבה של כוח אדם טכנולוגי יחסית בהשקעה בינונית בלבד של תשומות הון.

קשרים דומים התקבלו כאשר הימרנו את מדד הוצאה הכוללת לסטודנט במדד ההשקעה במו"פ אוניברסיטאי לסטודנט. הממצאים מצביעים על כך שככל שהמדינה משקיעה יותר במו"פ אוניברסיטאי, כך גדל שיעור המועסקים בכוח העבודה במדינה בענפים מוטי הנדסה, מדע וטכנולוגיה. קשרים אלה מוצגים באיורים 3.3 ו-3.4 שבהמשך, ומתארים את שיעור המועסקים בענף המחשבים ובמקצועות המדעיים (מתוך סה"כ המועסקים בכוח העבודה) כפונקציה של ההוצאה לסטודנט (דולרים שוטפים במונחי כוח קנייה) על מו"פ באוניברסיטאות. כפי שניתן לראות משני האיורים ומלוח 3.1 דלעיל, היקף ההוצאה לסטודנט על מו"פ אוניברסיטאי מסביר כ-51% מהשונות בשיעורי המועסקים בענף המחשבים וכ-41% מהשונות במקצועות ההנדסיים והמדעיים במדינות השונות.

כאשר מתבוננים במיקומן היחסי של המדינות באיור 3.3, בולט במיוחד מיקומה הגבוה של שוודיה, המציגה שיעורים גבוהים מאוד ביחס למדינות האחרות בהשקעות במו"פ לסטודנט ובשיעורי מועסקים בענף המחשבים.

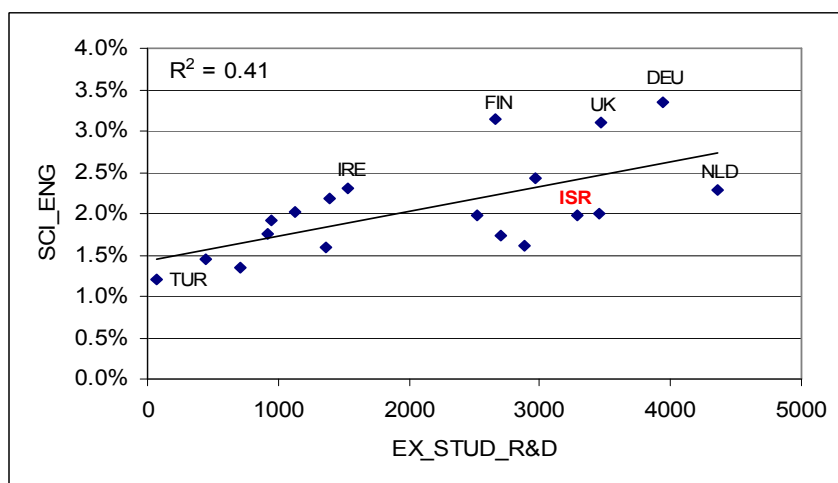
איור 3.3: אחוז המועסקים בענף המחשבים כפונקציה של ההוצאה לסטודנט על מו"פ במוסדות להשכלה גבוהה



בריטניה, הולנד ופינלנד מתרגמות תשומות השקעה בינוניות במו"פ אוניברסיטאי לתפוקות גבוהות של כוח עבודה מיומן בענף המחשבים. שיעור המועסקים בענף המחשבים בישראל הנו פרופורציונאלי לרמת ההשקעה במו"פ אוניברסיטאי (ישראל ממוקמת על קו הרגרסיה), דבר המרמז כי השקעה גדולה יותר במו"פ אוניברסיטאי בישראל עשויה להוביל לשיעור מועסקים גבוה יותר בענף זה.

באיור 3.4 ניתן להבחין כי בגרמניה ובריטניה ההשקעות (תשומות) הגבוהות יחסית במו"פ אוניברסיטאי באות לידי ביטוי גם בשיעור גבוה של מועסקים במקצועות מדעיים וטכנולוגיים בכוח העבודה במשק (תפוקות). לעומת גרמניה ובריטניה פינלנד יעילה יותר. היא משקיעה פחות במו"פ אוניברסיטאי ושיעור המועסקים בה במקצועות מדעיים וטכנולוגיים דומה לשלהן.

איור 3.4: אחוז המועסקים במקצועות המדעיים והנדסיים כפונקציה של ההוצאה לסטודנט על מו"פ במוסדות להשכלה גבוהה



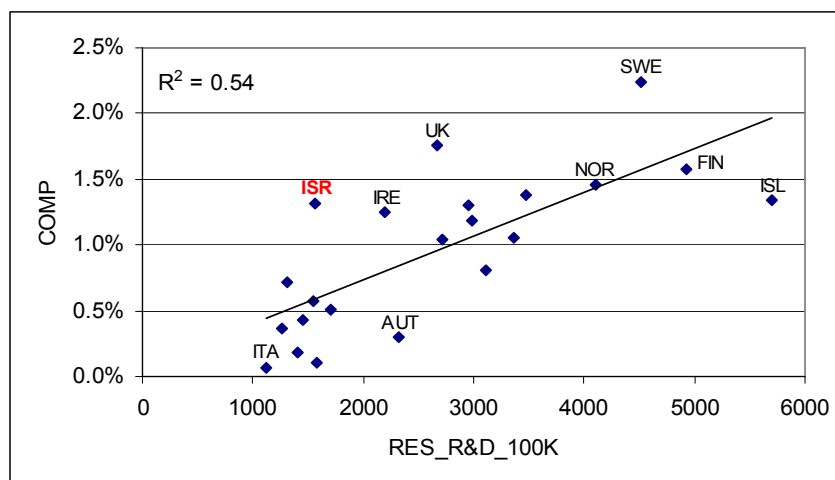
ממצא מעניין העולה משני האיוורים הוא מיקומה הנמוך יחסית של אירלנד, שהפכה ב-15 השנים האחרונות לאחד ממרכזי טכנולוגיה העילית החשובים בעולם. אולם, ממצא זה אינו כה מפתיע בהתייחס

לכך שיתרונה היחסי של אירלנד בתחום הטכנולוגי גלום בייצור טכנולוגי ולא במו"פ טכנולוגי. שני מחקרים אשר נערכו על ידי Roper ו-Frenkel (2000), ועל ידי Frenkel et al. (2003), אשר השוו את יכולות החדשנות הטכנולוגית ובחירת המיקום של פירמות טכנולוגיה עילית באירלנד וישראל, יכולים להסביר את מיקומה הנמוך יחסית של אירלנד. ממחקרים אלה עולה כי מפעל טכנולוגיה עילית ממוצע בישראל העסיק בשנת 1998 פי עשרה יותר עובדי מו"פ מאשר מפעל דומה באירלנד; בעוד השקעות המו"פ במפעל היי-טק ממוצע בישראל היווה בשנה זאת כ-30% מהמחזור, באירלנד עמד שיעור זה על אחוז בודד.

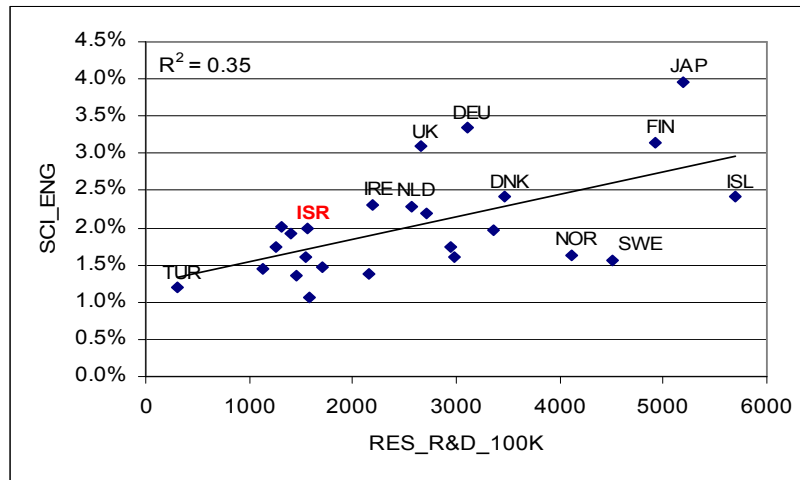
באיוורים 3.5 ו-3.6 הוחלף המשתנה התלוי במודל, במדד המציין את מספר החוקרים במו"פ ל-100,000 תושבים. משתנה זה יכול להיחשב כמשתנה מקורב טוב למידת ההשקעה של המדינה בהשכלה גבוהה, שכן חוקרים המועסקים במו"פ הם תוצר מובהק של מערכת ההשכלה הגבוהה. הממצאים גם מבדיקה זו מאששים את ההשערה בדבר קיומו של קשר חיובי ומובהק סטטיסטית בין מידת ההשקעה של המדינה בהשכלה גבוהה, לבין שיעור המועסקים בענף המחשבים ($R^2=0.54$). קשר חלש יותר ($R^2=0.35$), אם כי עדיין ברמת מובהקות סטטיסטית גבוהה קיים בין השקעה זאת לבין שיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים.

כפי שניתן לראות מאיור 3.5, שוודיה בולטת במיוחד במיקומה הגבוה הן בהיקף ההשקעה היחסי בהשכלה גבוהה (מספר המועסקים במו"פ ל-100,000 תושבים) והן בשיעורי המועסקים בענף המחשבים. מאיור 3.6 ניתן להבחין כי גרמניה ובריטניה מאופיינות בכמות בינונית של חוקרים במו"פ ל-100,000 תושבים, בהשוואה לשיעור גבוה של מועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים. ממצא מעניין במיוחד העולה מאיור 3.5 הוא המיקום החריג של ישראל ביחס לקו המגמה, המציג מספר קטן יחסית של חוקרים במו"פ לעומת שיעור גבוה יחסית של מועסקים בענף המחשבים.

איור 3.5: אחוז המועסקים בענף המחשבים כפונקציה של מספר החוקרים במו"פ ל-100,000 תושבים



איור 3.6: אחוז המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים כפונקציה של מספר החוקרים במו"פ ל-100,000 תושבים



שלב ב': הקשר בין איכות ההון האנושי לבין צמיחה כלכלית

בשלב השני של המודל, הופכות התפוקות שהתקבלו בשלב א' (רמת כוח העבודה או ההון האנושי במדינות) לתשומות המסבירות את הביצועים הכלכליים של המשקים במדינות הנבחנות במודל. לוח 3.2 ואיורים 3.7-3.12 מציגים את הקשרים בין שני המדדים של איכות כוח העבודה במשק, לבין ארבעה מדדים של צמיחה כלכלית וביצועי המשקים במדינות ה-OECD וישראל (תמ"ג לנפש, השקעות זרות כאחוז מהתמ"ג, שיעור ייצוא מוצרי טכנולוגיה-עילית מתוך סה"כ הייצור והוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע כאחוז מהתמ"ג לנפש).

לוח 3.2: תוצאות רגרסיה עבור שלב ב'

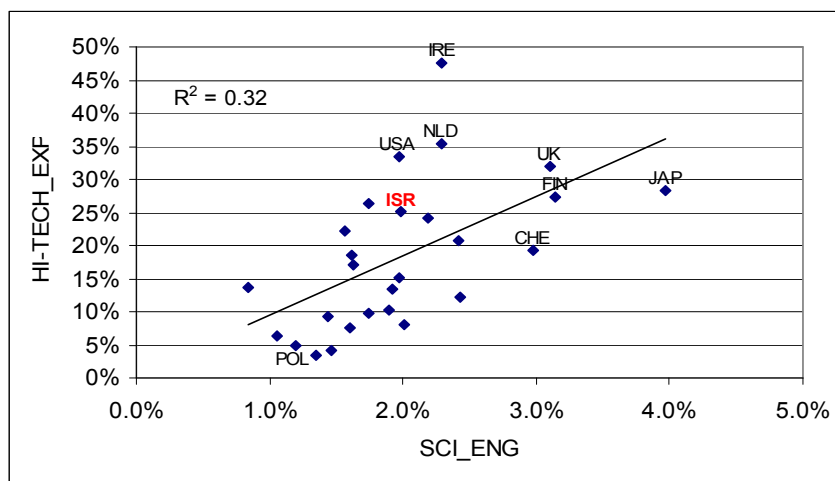
N	מובהקות (P)	R ²	ערך t	מדד איכות כוח עבודה (Y)	
27	0.0012	0.35	3.64	COMP	INV_GDP
26	0.0000	0.65	6.41		EX_COM_TECH
27	0.0022	0.32	3.39	SCI_ENG	HI-TECH_EXP
26	0.0025	0.32	3.36		GDP_CAP
27	0.0007	0.37	3.60		INV_GDP
25	0.0001	0.49	4.71		EX_COM_TECH

מדד צמיחה כלכלית (Z)

איורים 3.7 ו-3.8 מציגים את הקשר בין שיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים לבין שיעור ייצוא מוצרי טכנולוגיה-עילית (מתוך סה"כ הייצור), ולבין התמ"ג לנפש בהתאמה. כפי שניתן לראות מאיור 3.7, נמצא קשר חיובי ברמה בינונית ($R^2=0.32$), אך ברמת מובהקות סטטיסטית גבוהה בין שיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים לבין שיעור ייצוא מוצרי טכנולוגיה-עילית. ניתן לראות באיור כי מדינות המובילות בענפי הטכנולוגיה העילית כגון ארה"ב, הולנד ובייחוד אירלנד, מטיבות לתרגם את ההון האנושי האיכותי שלהן לשיעור גבוה של ייצוא שירותי ומוצרי היי-טק. ישראל גם היא מצויה מעל קו

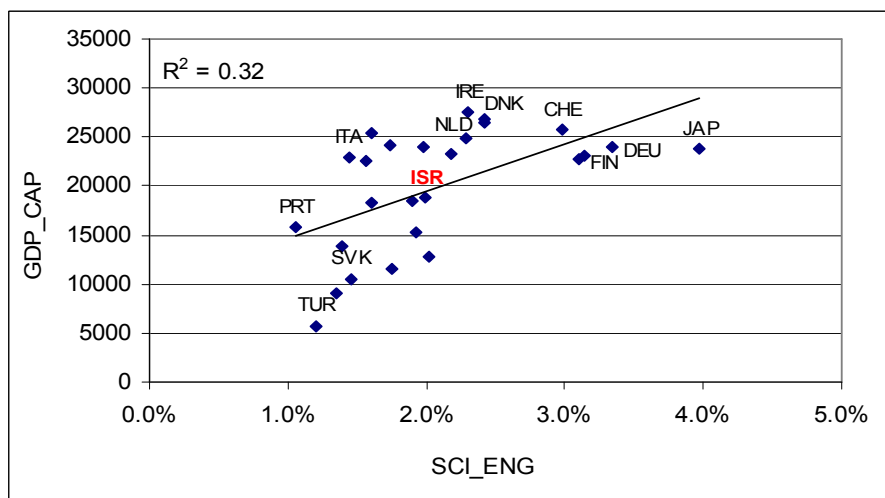
הרגרסיה, אם כי רמת היצוא של מוצרי הי-טק בה נמוך יותר. ניתן לשער כי יש לכך קשר להתמקדות הרבה במו"פ בתעשיית ההי-טק בישראל בהשוואה לייצור (הפוך מהמקרה של אירלנד).

איור 3.7: אחוז ייצוא מוצרי טכנולוגיה-עילית מתוך סה"כ הייצור כפונקציה של שיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים



קשר חיובי ברמת הסבר דומה ($R^2=0.32$), קיים בין שיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים לבין התמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה (איור 3.8). מדינות כגון יפן, גרמניה, פינלנד ושוויץ ממוקמות בחלקו הימני-עליון של האיור, ממצא המרמז על יכולתן לתרגם את תשומות ההון האנושי הגבוהות שלהן לרמה גבוהה של תוצר. מדינות כגון דנמרק, הולנד ואירלנד אף יעילות יותר, ומפיקות רמה דומה של תוצר בפחות תשומות הון-אנוש. ישראל ממוקמת על קו הרגרסיה ורמת ההון האנושי שלה המתבטאת בשיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים פרופורציונאלית לרמת התמ"ג לנפש שלה.

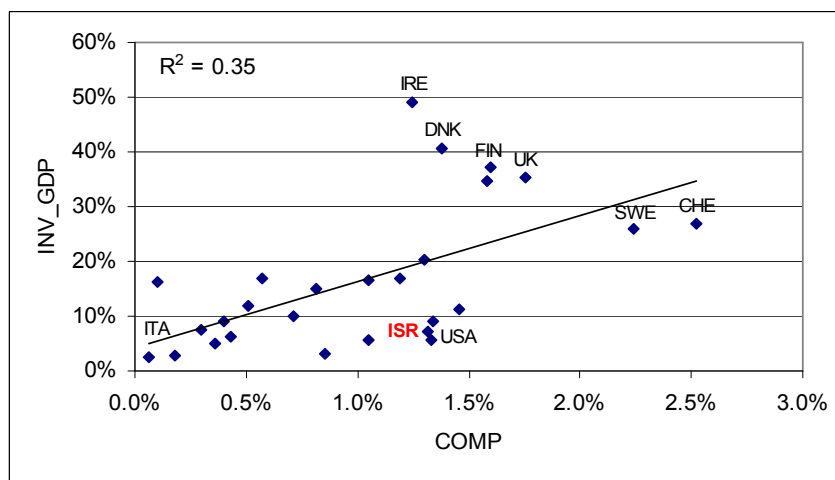
איור 3.8: תמ"ג לנפש כפונקציה של שיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים



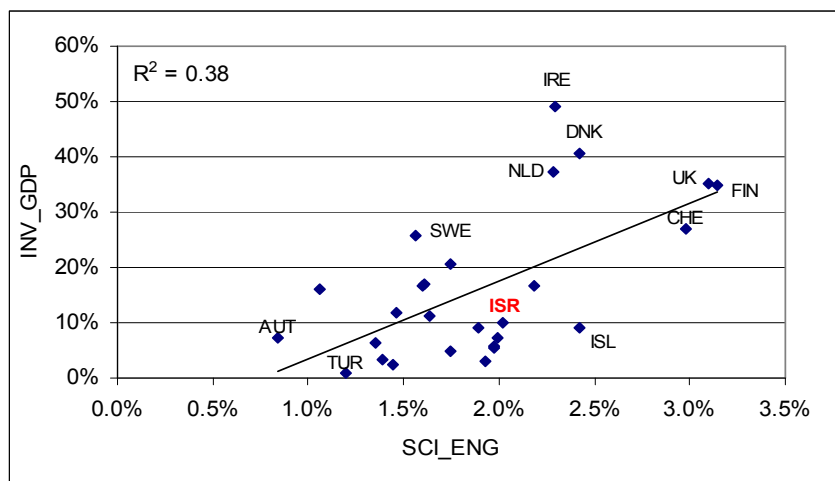
שני קשרים נוספים שנבדקו במודל בשלב השני היו הקשר שבין שיעור המועסקים בתחום המחשבים ובמקצועות המדעיים וההנדסיים, לבין ההשקעות הזרות כאחוז מהתמ"ג (איורים 3.9 ו-3.10), ובין שיעורי המועסקים בענפים אלו לבין ההוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע כאחוז מהתמ"ג (איורים 3.11 ו-3.12).

הנתונים המוצגים בלוח 3.2 דלעיל ובאיורים 3.9 ו-3.10 שלהלן מצביעים על קיומו של קשר חיובי ומובהק בין מאפייני ההון האנושי לבין השיעור היחסי של השקעות הזרות מהתמ"ג. אחוז השונות המוסבר על ידי המודל הליניארי עבור שני התרשימים עומד על 35%-38% בהתאמה.

איור 3.9: השקעות זרות כאחוז מהתמ"ג כפונקציה של אחוז המועסקים בתחום המחשבים



איור 3.10: השקעות זרות כאחוז מהתמ"ג כפונקציה של אחוז המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים



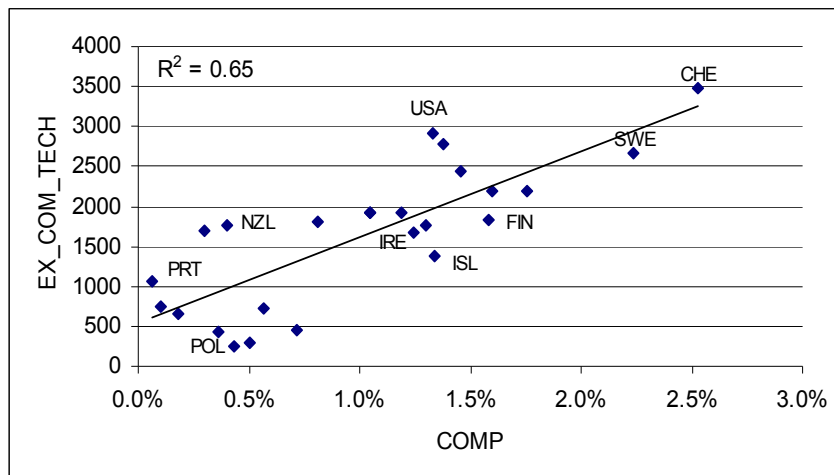
כפי שניתן לראות בשני האיורים דלעיל, מדינות קטנות (ראו את שוויץ, שוודיה ופינלנד באיור 3.9 ואת פינלנד, שוויץ, דנמרק, הולנד ואירלנד באיור 3.10) מאופיינות הן בשיעור גבוה של מועסקים במקצועות מפתח והן בשיעור יחסי גבוה של השקעות זרות. כלומר, כוח עבודה מיומן ככל הנראה מהווה מקור משיכה להשקעות זרות, בעיקר במדינות קטנות העושות שימוש בפוטנציאל ההון האנושי שיש להן. יחד עם זאת חייבים להתקיים מספר תנאים נוספים אשר מסייעים במשיכה של השקעות זרות למדינה. בהקשר זה ניתן להביא את ההשוואה שבין מיקומה של אירלנד לזה של ישראל בשני האיורים.

מיקומה של אירלנד חריג מאוד ביחס למדינות האחרות והיא מאופיינת בשיעור ממוצע של מועסקים במקצועות המפתח, בהשוואה לשיעור גבוה במיוחד של השקעות זרות. ההשקעות הזרות הישירות (FDI) המאסיביות שהחלו לזרום לאירלנד החל מאמצע שנות השמונים של המאה העשרים ותרמו לצמיחתה הכלכלית, היו תולדה של מספר גורמים. היותה של אירלנד ארץ דוברת אנגלית עם כוח אדם משכיל ומיומן אך זול באופן משמעותי מזה של מדינות ה-EU האחרות וארה"ב, תרם ככל הנראה רבות להכוונת ההשקעות הזרות למדינה. במקביל, שינויים מבניים שנערכו במשק האירי הכושל בתחילת שנות השמונים, התערבות חיצונית ויישום מדיניות של תמריצים מצד מדינות הקהילה האירופאית, תרמו רבות ליצירת יציבות כלכלית ואווירה של אמון במשק האירי מצד המשקיעים (Roper and Frenkel, 2000; Frenkel et al., 2003).

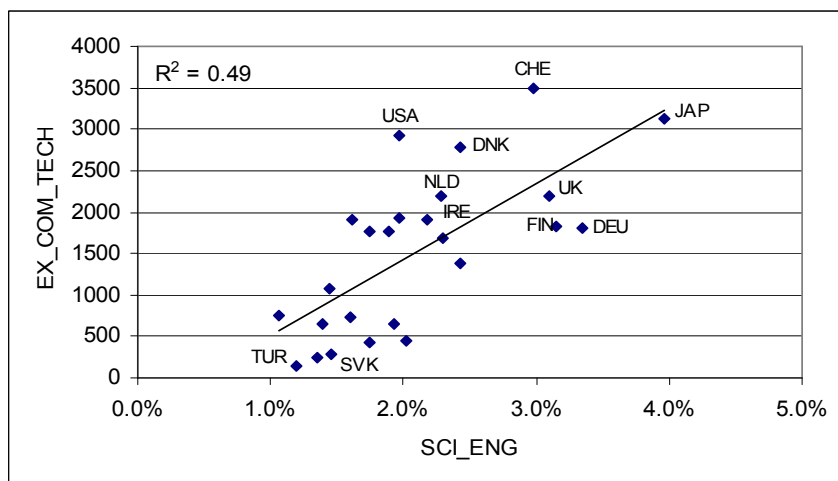
בניגוד לאירלנד, ישראל נמצאת בחלק הימני-תחתון בשני האיורים, ממצא המרמז על אי יכולתה, לפחות בסוף שנות התשעים ותחילת שנות האלפיים, להוות מוקד משיכה למשקיעים זרים למרות כוח העבודה האיכותי המצוי בה. מצב מנוגד לכאורה זה בין שתי מדינות קטנות ומתקדמות טכנולוגית, כמו אירלנד וישראל, מצביע כי בנוסף לשיקולים של איכות כוח העבודה, היקף ההשקעות הזרות במדינה תלוי ככל הנראה בשיקולים רבים נוספים, כגון המצב הגיאוגרפי באזור, המצב הכלכלי של המדינה ודירוג האשראי שלה, שיעורי המיסוי וכדומה. הנתונים לשני האיורים שלעיל מייצגים נתונים מהשנים 2001-1998, תקופה של תחילת האינפואדה השנייה והרעה משמעותית בהשקעות הזרות בישראל. מצב זה היה שונה במחצית שנות ה-90 לאחר חתימת הסכם אוסלו בהן החלו לזרום השקעות זרות משמעותיות לישראל (ראו Frenkel et al., 2003).

איורים 3.11 ו-3.12 מציגים את הקשר שבין אחוז המועסקים בענף המחשבים במקצועות המדעיים וההנדסיים, לבין ההוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע כאחוז מהתמ"ג לנפש [משתנה המהווה מדד מקורב טוב (proxy) לרווחה הכלכלית במדינה]. האיורים אינם מציגים את ישראל שכן חסרו נתונים על ההוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע בישראל.

איור 3.11: הוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע (כאחוז מהתמ"ג לנפש) כפונקציה של אחוז המועסקים בענף המחשבים



איור 3.12: הוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע (כאחוז מהתמ"ג לנפש) כפונקציה של אחוז המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים



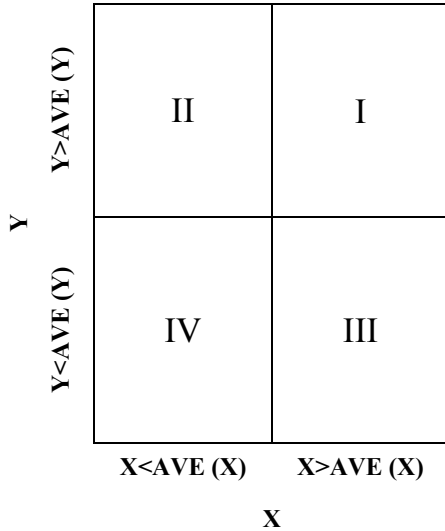
שני האיורים המוצגים דלעיל מצביעים על קיומו של קשר חיובי חזק ומובהק סטטיסטית בין אחוז המועסקים במקצועות מפתח במדינה, לבין שיעור ההוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע בה. כפי שניתן לראות בלוח 3.2 (דלעיל) המסכם את המדדים הסטטיסטיים, שיעור המועסקים בענף המחשבים מסביר כ-65% מהשונות בשיעור ההוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע, ושיעור המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים מסביר כ-49% משיעור ההוצאה זה. בדומה לאיורים הקודמים, גם בשני האיורים האחרונים ממוקמות מדינות אירופאיות קטנות כגון שוויץ, שוודיה, ודנמרק בחלק הימני-עליון של התרשים, דבר המרמז על יכולתן לתרגם את כוח העבודה האיכותי שלהן לרמת רווחה כלכלית גבוהה.

הקשר בין שני שלבי המודל

הממצאים אשר הוצגו בסעיף הקודם הצביעו על קיומם של קשרים מובהקים סטטיסטית בין מדדי ההשקעה בהשכלה גבוהה (X) לבין מדדי ההון האנושי (Y), ובין אותם מדדי הון אנושי לבין מדדים המשקפים את ביצועי המשק (Z). השאלה העולה לדיון היא האם ניתן להסיק מהממצאים כי קיים קשר מובהק וחיובי בין היקף ההשקעות בהשכלה גבוהה במדינה לבין צמיחתה הכלכלית ורמת ביצועי המשק בה. קשר שכזה בין מדדי ה X לבין מדדי ה-Z, דרך המדדים המגשרים Y, יכול להתקיים רק אם מיקומן של המדינות בסט האיורים הראשון (X*Y), המתאר את שלב א' של המודל, יהיה דומה למיקומן בסט האיורים השני (Y*Z) המתאר את שלב ב' של המודל. המשמעות של זהות במיקום המדינות בשני שלבי המודל היא שהתפוקה של שלב א' של המודל (ההון האנושי), שהנה פונקציה של ההשקעות בהשכלה גבוהה במדינות השונות, אכן הופכת לתשומה המסבירה את הביצועים הכלכליים במשק בשלב ב'.

בכדי לבחון האם קיים דמיון במיקום המדינות בשני שלביו של המודל, חלקנו את המרחב הדו-מימדי של איורי הפיזור לארבעה רבעונים (ראו תיאור סכמאטי באיור 3.13).

איור 3.13: תיאור סכמאטי של החלוקה לרבעונים



רבעון I - ממוקמות מדינות המציגות צירוף של מדד תשומה ומדד תפוקה הגבוהים מהממוצע.

רבעון II - ממוקמות מדינות המציגות צירוף של מדד תשומה הנמוך מהממוצע ומדד תפוקה הגבוה מהממוצע.

רבעון III - ממוקמות מדינות המציגות צירוף של מדד תשומה הגבוה מהממוצע ומדד תפוקה הנמוך מהממוצע.

רבעון IV - ממוקמות מדינות המציגות צירוף של מדד תשומה ומדד תפוקה הנמוכים מהממוצע.

השתייכותה של מדינה לרבעון מסוים היא פונקציה של מצרף מדד התשומה (המשתנה הבלתי תלוי) ומדד התפוקה (המשתנה התלוי). החלוקה לרבעונים התקבלה כתוצאה ממתחת קו אנכי מערכו הממוצע של מדד התשומה (ציר ה "X") וממתחת קו אופקי מערכו הממוצע של מדד התפוקה (ציר ה "Y").

בפועל, קיימים שלושים ושניים צירופים אפשריים, ככפולות שלוש קבוצות המדדים ($4 \times 2 \times 4$), לשידוך בין שלב א' לשלב ב' של המודל. בשל המספר הגדול של הצירופים, נציג רק שתי דוגמאות המייצגות בצורה מהימנה למדי את כלל הצירופים האפשריים. שתי הדוגמאות מוצגות בשני סטים של תרשימים: איורים 3.14a ו-3.14b ואיורים 3.15a ו-3.15b, המראים את מיקומי המדינות כפי שאלו התקבלו מניתוח הנתונים בשני השלבים של המודל. סט התרשימים הראשון מציג את הקשר בין הוצאה לסטודנט באוניברסיטאות מחקר (X) לבין אחוז המועסקים במקצועות המדעיים וההנדסיים במשק (Y), ובין אחוז זה לבין התמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה (Z). סט התרשימים השני מציג את הקשר בין ההשקעה במו"פ אוניברסיטאי (מנורמל במספר הסטודנטים) (X), לבין אחוז המועסקים בענף המחשבים במשק (Y), ובין אחוז זה לבין התמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה (Z).

כפי שניתן לראות מסט התרשימים הראשון המוצג לעיל ומסט התרשימים השני המוצג למטה, רוב התצפיות מתרכזות ברבעון הראשון (ימני-עליון) וברבעון הרביעי (שמאלי-תחתון), ממצא שכמובן הינו קונסיסטנטי עם קיומו של קשר ליניארי חיובי בין המשתנים הנבחרים. בסט התרשימים הראשון, חמש מתוך שש מדינות הממוקמות **ברבעון הראשון** בשלב א' של המודל ממוקמות ברבעון זה גם בשלב ב' (ישראל עוברת לרבעון השלישי). כל המדינות הממוקמות בשלב א' של המודל **ברבעון הרביעי**, ממוקמות ברבעון זה גם בשלב ב'.

איור 3.14b: מיקומן של המדינות ביחס למוצע המדדים בשלב ב' של המודל - שיעור המועסקים במקצועות המדעיים והנדסיים (Y) * תמ"ג לנפש (Z)

GDP_CAP (Z)	Z > AVE (Z)	AUS, AUT, BEL, CAN, SWE, USA	DEU, DNK, FIN, IRE, FRA, NLD, UK
	Z < AVE (Z)	ESP, GRC, HUN, POL, SVK, TUR	CZE, ISR
		Y < AVE (Y)	Y > AVE (Y)

SCI_ENG (Y)

איור 3.14a: מיקומן של המדינות ביחס למוצע המדדים בשלב א' של המודל - הוצאה לסטודנט * (X) שיעור המועסקים במקצועות המדעיים והנדסיים (Y)

SCI_ENG (Y)	Y > AVE (Y)	CZE, FRA, IRE	DEU, DNK, FIN, ISR, NLD, UK
	Y < AVE (Y)	ESP, GRC, HUN, POL, SVK, TUR	AUS, AUT, BEL, CAN, SWE, USA
		X < AVE (X)	X > AVE (X)

EX_STUD_UNI (X)

איור 3.15b: מיקומן של המדינות ביחס למוצע המדדים בשלב ב' של המודל - שיעור המועסקים בענף המחשבים (Y) * תמ"ג לנפש (Z)

GDP_CAP (Z)	Z > AVE (Z)	AUT, DEU	AUS, BEL, CAN, DNK, FIN, NLD, SWE, UK, FRA, IRE, USA
	Z < AVE (Z)	POL, SVK, GRC, HUN, CZE, ESP	ISR
		Y < AVE (Y)	Y > AVE (Y)

COMP(Y)

איור 3.15a: מיקומן של המדינות ביחס למוצע המדדים בשלב א' של המודל - הוצאה לסטודנט על מו"פ * (X) שיעור המועסקים בענף המחשבים (Y)

COMP (Y)	Y > AVE (Y)	FRA, IRE, USA	AUS, BEL, CAN, DNK, FIN, NLD, SWE, UK, ISR
	Y < AVE (Y)	POL, SVK, GRC, HUN, CZE, ESP	AUT, DEU
		X < AVE (X)	X > AVE (X)

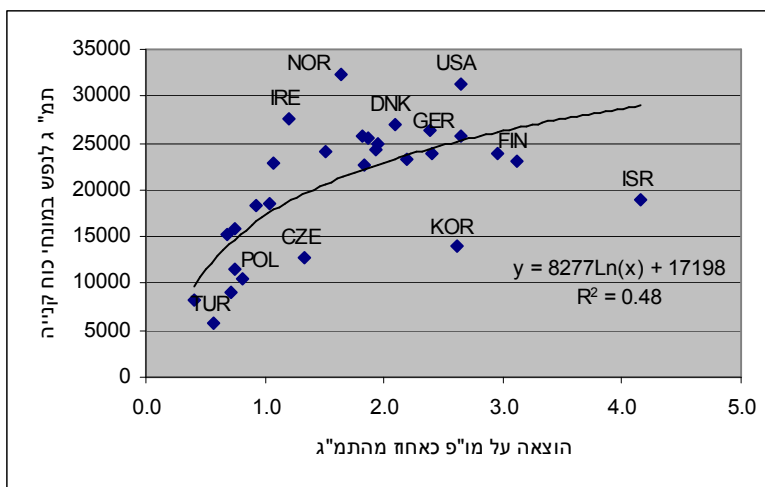
EX_STUD_R&D (X)

בסט התרשימים השני שמונה מתוך תשע מדינות הממוקמות **ברבעון הראשון** בשלב א' של המודל ממוקמות ברבעון זה גם בשלב ב' (ישראל עוברת לרבעון השלישי; צרפת, אירלנד וארה"ב מצטרפות לרבעון הראשון). כל המדינות הממוקמות בשלב א' של המודל **ברבעון הרביעי**, ממוקמות ברבעון זה גם בשלב ב'. ממצאים אלו, המצביעים על זהות גבוהה במיקום המדינות בשני שלבי המודל, מחזקים את ההשערה בדבר קיומו של קשר דו שלבי בין ההשקעות בהשכלה גבוהה במדינות ה-OECD, לבין צמיחתן הכלכלית. התפוקה של שלב א' של המודל, הבאה לידי ביטוי באיכות ההון האנושי שהיא פועל יוצא של היקף

ההשקעות בהשכלה גבוהה במדינות השונות, אך הופכת להיות תשומה המסבירה את הביצועים הכלכליים במשק בשלב ב' של המודל.

כאשר מתבוננים במיקומה של ישראל בשלב א' ובשלב ב' של המודל, רואים כי היא איננה מצליחה לתרגם את הרמה הגבוהה יחסית של כוח העבודה שלה לרמה גבוהה של צמיחה כלכלית. איור 3.16 מחזק מסקנה זו. באיור מוצג הקשר בין ההשקעה הכוללת של המדינה במו"פ כאחוז מהתמ"ג¹ לבין התמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה (הנתונים הם לשנת 2003). האיור מצביע על קיומו של קשר לוגיסטי מובהק ($R^2=0.48, P<0.01$) בין ההשקעה במו"פ לבין התמ"ג לנפש. כפי שניתן לראות מהאיור, ישראל משקיעה באופן יחסי יותר מכל מדינה אחרת במו"פ (כ 4.2% מהתמ"ג), אולם הדבר אינו מתבטא בתמ"ג לנפש שלה. מדינות כגון אוסטרליה, אירלנד, איטליה ונורווגיה יעילות יותר מישראל ומשאר מדינות ה OECD, בכך שהן משקיעות מעט במו"פ ביחס לתמ"ג (כרבע עד שליש ממה שישראל משקיעה) ומצליחות להפיק תמ"ג לנפש גבוה (ראו את החלוקה לרבעונים המוצגת בלוח 3.3).

איור 3.16: תמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה כפונקציה של השקעה במו"פ כאחוז מהתמ"ג



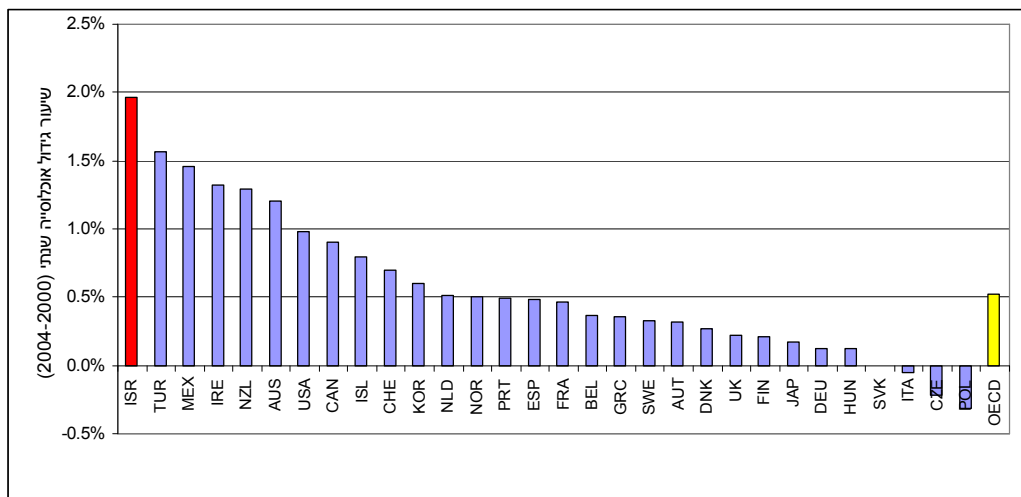
לוח 3.3: מיקומן של מדינות ה OECD ביחס לממוצע התמ"ג לנפש ושיעור ההוצאה הממוצע על מו"פ כאחוז מהתמ"ג²

הוצאה על מו"פ כאחוז מהתמ"ג מתחת ממוצע OECD	הוצאה על מו"פ כאחוז מהתמ"ג מעל ממוצע OECD	
AUS, IRE, ITA, NOR	AUT, BEL, CAN, DNK, FIN, FRA, DEU, ISL, JAP, NLD USA, UK, CHE	תמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה מעל ממוצע OECD
CZE, GRC, HUN, MEX, NZL, POL, PRT, SVK, ESP, TUR	ISR, KOR	תמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה מתחת ממוצע OECD

¹ משתנה זה אינו כלול במודל הדו-שלבי
² הפיזור של המדינות אינו אחיד ($\chi^2_{(3)} = 10.86, P < 0.05$). התצפיות מתרכזות בעיקר ברבעון הראשון והרביעי, ממצא הקונסיסטנטי עם קשר לוגיסטי בין שני המשתנים.

ממצאים אלו מצביעים לכאורה על השקעה גבוהה של ישראל בתשומות השכלה גבוהה ומו"פ ללא קבלת תמורה פרופורציונאלית במונחי תוצר או צמיחה. אולם כאשר בוחנים בצורה מדוקדקת יותר את הנתונים ולוקחים בחשבון את שיעורי גידול האוכלוסייה רואים כי התמונה מורכבת הרבה יותר. מדינת ישראל שונה באופן מובהק ממדינות ה-OECD בשיעור גידול האוכלוסייה שלה (ריבוי טבעי + הגירה), הגבוה משמעותית מזה הקיים במדינות המפותחות (ראו איור 3.17). המשמעות של גידול אוכלוסייה שנתי כה גבוה, העומד במקרה של ישראל על כ- 1.8% לשנה, היא בהשפעתו על התוצר לנפש. התמ"ג לנפש הוא מדד יחסי והשוואתי המוגדר כסך כל המוצרים והשירותים המיוצרים במדינה ביחס לגודל האוכלוסייה שלה. השערותנו היא ששיעור גידול האוכלוסייה הגבוה בישראל מקטין באופן ניכר את התמ"ג לנפש, ולכן לעיתים אין אנו רואים התאמה פרופורציונאלית בין ההשקעות בתשומות ההשכלה הגבוהה, לבין התפוקות הכלכליות הנגזרות מהשקעות אלו.

איור 3.17: שיעור גידול אוכלוסייה שנתי (ממוצע לשנים 2000-2004) במדינות ה-OECD וישראל



בכדי לבחון את ההשערה המוצגת לעיל, ולהעריך את ההשפעה של גידול האוכלוסייה בישראל על שיעור הצמיחה (תמ"ג לנפש) יצרנו אינדקס חדש המנטרל את גודל האוכלוסייה:

$$I_{GDP_CAP_G} = \frac{1 + P_{GDP_CAP_G}}{1 + P_{POP_G}} - 1$$

כאשר:

$I_{GDP_CAP_G}$ - אינדקס המבטא את שיעור צמיחה השנתי בניקוי גידול האוכלוסייה

$P_{GDP_CAP_G}$ - שיעור צמיחה שנתי (תמ"ג לנפש)

P_{POP_G} - שיעור גידול אוכלוסייה שנתי

ההשוואה בין שיעור הצמיחה השנתי לבין האינדקס החדש המראה את שיעור הצמיחה השנתי בניקוי השפעת גידול האוכלוסייה (שיעור הגידול השנתי בשני מדדים משקף ממוצע של השנים 2000-2004), מוצגת בלוח 3.4.

לוח 3.4: השוואה בין שיעור הצמיחה השנתי לבין אינדקס המבטא את שיעור הצמיחה השנתי בניקוי גידול האוכלוסייה במדינות ה-OECD וישראל (ממוצע לשנים 2000-2004)

מיקום	מדינה	שיעור צמיחה שנתי	שיעור הצמיחה בפועל ¹	שיעור ההשפעה של גידול האוכלוסייה על התמ"ג
1	פולין	3.1%	3.4%	11%
2	ציכיה	3.2%	3.4%	7%
3	איטליה	1.3%	1.4%	4%
4	סלובקיה	4.1%	4.1%	0%
5	הונגריה	3.9%	3.8%	-3%
6	פינלנד	2.8%	2.6%	-8%
7	בריטניה	2.6%	2.3%	-9%
8	יון	4.2%	3.8%	-9%
9	יפן	1.7%	1.5%	-11%
10	קוריאה	5.4%	4.8%	-12%
11	גרמניה	1.1%	0.9%	-12%
12	שוודיה	2.5%	2.2%	-13%
13	דנמרק	1.6%	1.4%	-16%
14	ספרד	2.9%	2.4%	-17%
15	אוסטריה	1.7%	1.4%	-19%
16	בלגיה	1.8%	1.5%	-20%
17	אירלנד	6.4%	5.0%	-22%
18	צרפת	2.0%	1.5%	-24%
19	איסלנד	3.4%	2.6%	-24%
20	נורווגיה	2.1%	1.5%	-25%
21	קנדה	3.1%	2.1%	-30%
22	טורקיה	4.5%	2.9%	-36%
23	ניו-זילנד	3.7%	2.3%	-36%
24	ארה"ב	2.8%	1.8%	-36%
25	אוסטרליה	3.1%	1.9%	-39%
26	פורטוגל	1.1%	0.6%	-47%
27	הולנד	1.1%	0.6%	-48%
28	מקסיקו	2.6%	1.1%	-56%
29	שוויץ	1.2%	0.5%	-57%
30	ישראל	2.4%	0.4%	-82%

כפי שניתן לראות מהלוח ההשפעה של גידול האוכלוסייה על שיעור הצמיחה היא משמעותית ביותר במקרה של ישראל. שיעור הצמיחה הממוצע בישראל בין השנים 2004-2000 עמד על 2.4% (מקום 19 מתוך 30 מדינות), גבוה יותר ממספר מדינות מובילות כגון שוויץ, הולנד, גרמניה ויפן. אולם כאשר מתבוננים באינדקס הלוקח בחשבון את שיעור גידול האוכלוסייה, נשחק שיעור הצמיחה ב-82% (יותר מכל מדינה אחרת) ל-0.4% (ישראל ממוקמת במדד זה במקום האחרון מתוך 30 מדינות). במרבית מדינות ה-OECD, שיעור גידול האוכלוסייה הנו נמוך ביותר, ושיעור שחיקת הצמיחה לא עולה על 40%. שיעור הצמיחה השנתי בפועל במספר מדינות כגון פולין, ציכיה ואיטליה אף גבוה משיעור הצמיחה הנמדד, זאת משום

¹ התמ"ג לנפש כאשר מביאים בחשבון את ההשפעה של גידול האוכלוסייה.

ששיעור גידול האוכלוסייה במדינות אלה הוא שלילי (מגמה דמוגרפית בעייתית בפני עצמה). הממצאים המדווחים לעיל מראים כי שיעור הצמיחה בתמ"ג לנפש בישראל מושפע בצורה קיצונית משיעור גידול האוכלוסייה. באופן תיאורטי, הקטנת שיעור גידול האוכלוסייה לממוצע ה-OECD, הייתה מובילה להגדלת התמ"ג לנפש ויוצרת התאמה טובה ופרופורציונאלית יותר בין ההשקעות בתשומות ההשכלה הגבוהה לבין מדד מקרו-כלכלי זה (תזוזה כלפי מעלה בציר ה-Y, המודד את התמ"ג לנפש).

3.3 מודל רב משתני

התוצאות בחלק הראשון של פרק זה הצביעו על קיומו של קשר בלתי ישיר, שאינו אקראי בין השקעות בהשכלה גבוהה לבין הצמיחה והביצועים הכלכליים של המדינות המפותחות. בחלק זה ננסה לאמוד באופן ישיר את הקשר בין שני סוגי מדדים אלו באמצעות מודל רגרסיה רב משתנית, תוך ויתור על המדדים המגשרים המיוצגים על ידי רמת כוח העבודה במשק.

הגדרת המודל הרב משתני

יהיה X וקטור של משתנים המודד את היקף ההשקעות בהשכלה גבוהה ובמחקר מדעי וטכנולוגי במדינות ה-OECD, ויהיה Y וקטור המודד את התפוקה הכלכלית של השקעות אלו. התפוקה Y, המבטאת את הצמיחה או הביצועים הכלכליים של מדינות ה-OECD, היא פונקציה של הצירופים הליניאריים של מדדי ההשקעה בהשכלה גבוהה, המיוצגים על ידי הוקטורים $X_1 \dots X_n$:

$$[3] Y=f(X_1, X_2 \dots X_n)$$

המשתנים

רשימת המשתנים המסבירים (X), המייצגים את היקף ההשקעות בהשכלה גבוהה ובמחקר מדעי וטכנולוגי במדינות ה-OECD, והמשתנים המוסברים (Y) המהווים אינדיקטורים לצמיחה או לביצועים הכלכליים של המשקים מפורטים בלוח 3.5.

לוח 3.5: המשתנים המסבירים והמוסברים במודל

קוד משתנה	משתני השקעה בהשכלה גבוהה (משתנים מסבירים)
EX_I_GDP_TOT	השקעה כוללת במוסדות להשכלה גבוהה כאחוז מהתמ"ג*
EX_I_GDP_UNI	השקעה כוללת באוניברסיטאות מחקר כאחוז מהתמ"ג*
EX_I_R&D	השקעה במו"פ באוניברסיטאות מחקר כאחוז מהתמ"ג*
EX_I_TEA	השקעה בהוראה במוסדות להשכלה גבוהה כאחוז מהתמ"ג*
SCITEC_ART_M	מספר פרסומים מדעים וטכנולוגיים למיליון תושבים*
EX_STUD_UNI	הוצאה כוללת לסטודנט באוניברסיטאות מחקר (PPP)
EX_STUD_R&D	ההוצאה לסטודנט על מו"פ באוניברסיטאות מחקר (PPP)
EX_R&D_GDP	הוצאה על מו"פ כאחוז מהתמ"ג
RES_R&D_100K	חוקרים במו"פ ל 100,000 תושבים
קוד משתנה	משתני צמיחה וביצועים כלכליים (משתנים מוסברים)
GDP_CAP	תמ"ג לנפש PPP
HI-TECH_EXP	שיעור ייצוא מוצרי טכנולוגיה-עילית מתוך סה"כ ייצוא המוצרים
EX_COM_TECH	ההוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע כאחוז מהתמ"ג לנפש

* מדדים חדשים שלא נעשה בהם שימוש במודל הדו-שלבי

רשימת המשתנים המסבירים מכילה תשעה מדדים שונים, כאשר חמישה מהם הינם מדדים חדשים (מסומנים בטבלה בכוכבית) שלא נעשה בהם שימוש בפרק 2 ובחלקו הראשון של פרק זה (המודל הדו-שלבי)¹. שלושת המשתנים המוסברים, המופעים בחלק התחתון של הטבלה, זהים לאלו שנבחנו במודל הדו-שלבי.

המקורות לנתונים במודל הרגרסיה המרובה זהה לאלה ששימשו במודל הדו שלבי. משתני ההשקעה בהשכלה גבוהה מתייחסים לנתונים מהשנים 1998-1999, ומשתני הצמיחה וביצועי המשקים מייצגים נתונים מהשנים 2000-2001 (זמינות הנתונים הייתה לשנים אלה).

ממצאים

במסגרת מודל הרגרסיה המרובה נבדקו קשרים בין צירופים שונים של מדדי השקעה בהשכלה גבוהה, לבין מדד תלוי יחיד אשר היווה אינדיקציה לצמיחה ולביצועי המשקים. לפני הרצת מודל הרגרסיה בוצעה בדיקה לזיהוי מולטי-קולינאריות על מנת לראות האם קיימת תלות ליניארית בין המשתנים המסבירים במודל. במידה והתקבל מתאם גבוה בין המשתנים המסבירים (מעל 0.7) הוצא אחד המשתנים הבלתי תלויים מהמודל. תוצאות הרצת מודל הרגרסיה המרובה מוצגות בלוחות 3.6-3.9 המאורגנים על פי צירופי המשתנים המסבירים עם כל אחד משלושת המשתנים המוסברים. המשתנים התלויים במודל הם ההוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע כאחוז מהתמ"ג לנפש, שיעור ייצוא מוצרי טכנולוגיה עילית מתוך סה"כ הייצוא והתמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה.

לוח 3.6 מציג ארבעה מודלים (צירופים אפשריים) של מדדי השקעה בהשכלה גבוהה שונים עם משתנה תלוי, המייצג את התמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה. כפי שניתן לראות מהתוצאות המוצגות בלוח, קיים קשר חיובי חזק ומובהק סטטיסטית בין מדדי השקעה בהשכלה הגבוהה לבין התמ"ג לנפש. כמעט כל המשתנים המסבירים בכל אחד מארבעת המודלים (A-D) נמצאו מובהקים ברמה של 5% לפחות.

תוצאות ההרצה של מודל A (לוח 3.6) הראו מתאם גבוה מאוד בין ההוצאה הכוללת לסטודנט (בדולרים שוטפים במונחי כוח קנייה) באוניברסיטאות מחקר ומספר החוקרים במו"פ ל-100,000 תושבים, לבין התמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה ($R^2=0.74$). הנתונים מראים כי ככל שגדלה ההשקעה לסטודנט וההוצאה על מו"פ במדינה, כך גדל גם התמ"ג לנפש בה. מדד השקעה בהשכלה גבוהה חשוב נוסף, אשר בשילוב עם מדדי השקעה אחרים נמצא קשור ישירות לתמ"ג לנפש, הוא היקף ההשקעה בהוראה במוסדות להשכלה גבוהה (מודל B). התוצאות מראות כי ההוצאות על הוראה (כאחוז מהתמ"ג) ועל מו"פ באוניברסיטאות המחקר (מנורמל במספר הסטודנטים), מסבירות כ-63% מהשונויות בתמ"ג לנפש. ממצא דומה, אם כי מובהק סטטיסטית מעט פחות התקבל מתוצאות מודל C (המנבא השני הוחלף במדד מו"פ אחר - השקעה במו"פ במוסדות להשכלה גבוהה כאחוז מהתמ"ג) בו שני המשתנים הבלתי תלויים מסבירים כ-56% מהשונויות בתמ"ג לנפש.

¹ משתנים אלה לא יצאו מובהקים סטטיסטית במודל הדו-שלבי

לוח 3.6: הקשר בין מדדי השקעה בהשכלה גבוהה לבין התמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה

N	R ²	t-value	Beta	משתנים מסבירים	מס' מודל
18	0.74	2.99**	5208.4	(Constant)	A
		3.20**	1.08	EX_STUD_UNI	
		3.62*	2.07	RES_R&D_100K	
21	0.63	1.49	4772.2	(Constant)	B
		4.30*	2.8	EX_STUD_R&D	
		3.10**	9070.3	EX_I_TEA	
21	0.56	1.37	4872.1	(Constant)	C
		2.49**	8097.4	EX_I_TEA	
		3.52*	22882	EX_I_R&D	
22	0.67	2.42	6747.8	(Constant)	D
		1.79***	5113.8	EX_I_TEA	
		4.98*	19.6	SCITEC_ART_M	

* מובהק ברמה של 1%. ** מובהק ברמה של 5%. *** מובהק ברמה של 10%.

מודל מעניין במיוחד הוא מודל D, אשר מראה כיצד שתי הפעילויות העיקריות של אוניברסיטאות, הוראה ומחקר, קשורות בצמיחה הכלכלית הנמדדת ביכולתה של מדינה להגדיל את היקף ייצור המוצרים והשירותים שלה (תמ"ג). מודל זה בוחן את ההשפעה המשולבת של ההוצאה על הוראה במוסדות להשכלה גבוהה ושל מספר הפרסומים בכתבי עת מדעיים למיליון תושבים (נחשב למשתנה מקורב טוב להיקף פעילות המחקר האקדמי במדינה), על התמ"ג לנפש במונחי קנייה. רמה גבוהה של השכלה והכשרה מקצועית, שהינה במידה רבה תוצר של היקף ההשקעה בהוראה, תורמת ליצירתו של כוח עבודה מוכשר ומיומן מבחינה טכנולוגית ומדעית המשתלב בשוק העבודה במדינה ותורם לצמיחתה. ניתן להסביר את התרומה של מחקר האקדמי להגדלת התמ"ג במשק בכך שהוא מביא לשיפורים טכנולוגיים ולהבנה עמוקה ורחבה יותר של תהליכים כלכליים (ראו בסוגיה זו את Boarland et al., 2000). בנוסף להשפעה ישירה זאת, למחקר אקדמי יש גם השפעה חיצונית ובלתי ישירה על הכלכלה, הבאה לידי ביטוי בזליגת ידע (spillover). תופעה זאת מתאפיינת במעבר של ידע מדעי וטכנולוגי מהאקדמיה לתעשייה ומשמשת כאמצעי להגדלת ההכנסות של הפירמות ולצמיחה כלכלית (Audretsch and Feldman, 1996; Boarland et al., 2000).

מודל E המוצג בלוח 3.7 מתאר את הקשר בין מאפייני השקעה בהשכלה גבוהה (השקעה באוניברסיטאות מחקר כאחוז מהתמ"ג והוצאה על מו"פ כאחוז מהתמ"ג), לבין שיעור ייצוא מוצרי ושירותי טכנולוגיה-עילית מתוך סה"כ הייצוא.

לוח 3.7: הקשר בין מאפייני השקעה בהשכלה גבוהה לבין שיעור ייצוא מוצרי ושירותי טכנולוגיה-עילית מתוך סה"כ הייצוא

N	R ²	t-value	Beta	משתנים מסבירים	מס' מודל
22	0.45	-0.44	-2.6	(Constant)	E
		1.84***	11.4	EX_I_GDP_UNI	
		2.11**	4.7	EX_R&D_GDP	

* מובהק ברמה של 1%. ** מובהק ברמה של 5%. *** מובהק ברמה של 10%.

כפי שניתן לראות מהמודל קיים קשר מובהק סטטיסטית וחיובי, ברמה בינונית ($R^2=0.45$) בין המשתנים המסבירים למשתנה המוסבר. הנתונים מראים כי ככל שגודל ההשקעה במוסדות להשכלה גבוהה והיקף ההוצאה על מו"פ אזרחי עולים, כך גדל גם שיעור הייצוא של מוצרי ושירותי טכנולוגיה העילית.

לוח 3.8 מציג מודל יחיד (F) הבוחן את הקשר בין ההשקעה הכוללת (כאחוז מהתמ"ג) במוסדות להשכלה גבוהה (אוניברסיטאות ומכללות) וההוצאה לסטודנט על מו"פ במוסדות להשכלה גבוהה (דולרים שוטפים במונחי כוח קנייה), לבין שיעור ההוצאה כאחוז מהתמ"ג בטכנולוגית תקשורת ומידע. המודל מראה על קיומו של קשר חזק מאוד ברמת מובהקות סטטיסטית גבוהה, כאשר שני המשתנים הבלתי תלויים מסבירים כמעט 80% מהשונות במשתנה המוסבר.

לוח 3.8: הקשר בין מדדי השקעה בהשכלה גבוהה לבין ההוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע כאחוז מהתמ"ג לנפש

N	R ²	t-value	Beta	משתנים מסבירים	מודל
21	0.79	-1.69	-505.1	(Constant)	F
		3.79*	943.5	EX_I_GDP_TOT	
		4.58*	0.3	EX_STUD_R&D	

* מובהק ברמה של 1%. ** מובהק ברמה של 5%. *** מובהק ברמה של 10%.

הממצאים המדווחים במודלים E ו-F אינם מפתיעים נוכח קיומו של קשר בין האוניברסיטאות ומוסדות מחקר לבין התעשייה, והשפעתם המשולבת על הכלכלה כמדווח במחקרים שונים (ראו: Martin, 1998; Martin and Trudeau, 1998, שפר ופרנקל, 2003 ואחרים).

גמישות התוצר ביחס להשקעות בתשומות ההשכלה הגבוהה

לוח 3.9 מציג את גמישות התמ"ג ביחס להוצאה לסטודנט על מו"פ וביחס להשקעה בהוראה באוניברסיטאות מחקר (ראו מודל B). הגמישות מראה את ההשפעה של השקעה של אחוז נוסף בתשומות

ההשכלה הגבוהה על שיעור השינוי בתמ"ג לנפש. מודל זה הוא מודל לוג-ליניארי המייצג פונקצית ייצור הומוגנית מסוג Cobb-Douglas¹ ומייצר גמישות קבועה לגודל. כפי שניתן לראות מלוח זה מדובר במודל מובהק מאוד, המסביר כ-86% מהשונויות בתמ"ג. התוצאות מראות כי רמת ההומוגניות (מתקבלת על ידי חיבור המקדמים-Beta) היא נמוכה מ-1, ולכן מדובר בתהליך שהתשואה בו קטנה לגודל. יחד עם זאת בממוצע לארצות ה-OECD ההוצאה של אחוז נוסף על מו"פ לסטודנט והשקעה של אחוז נוסף בהוצאה באוניברסיטאות מחקר מביאה לתוספת של 0.78% לתמ"ג.

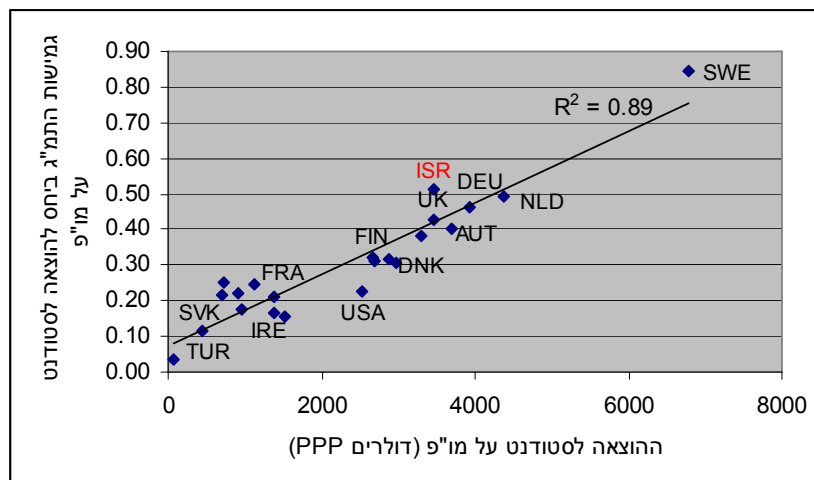
לוח 3.9: תמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה כפונקציה של ההוצאה לסטודנט על מו"פ ועל ההשקעה בהוצאה באוניברסיטאות מחקר כאחוז מהתמ"ג (מודל לוג-ליניארי)

מודל	משתנים מסבירים	Beta	t-value	R ²	N
	קבוע	6.96	20.4*	0.86	21
	EX_I_TEA	0.39	2.9*		
	EX_STUD_R&D	0.39	8.6*		

* מובהק ברמה של 1%.

נתבונן כעת בגמישויות הנקודתיות (עבור מודל B) המוצגות באיור 3.18 המתקבלות באמצעות מודל ליניארי. מודל זה מציג את גמישות התמ"ג ביחס להוצאה לסטודנט על מו"פ, בהנחה שהמשתנה או "גורם הייצור" השני במודל נשאר קבוע.

איור 3.18 גמישות התמ"ג ביחס להוצאה לסטודנט על מו"פ (עבור מודל B)



המודל הליניארי מובהק סטטיסטית ($P < 0.01$) ומספק רמת הסבר גבוהה ביותר ($R^2 = 0.86$). הגמישויות הנקודתית המתקבלת עבור כל מדינה ומדינה נעות בטווח שבין 0.04 במקרה של טורקיה ל-0.84 במקרה של שוודיה, כאשר רוב המדינות נמצאות בטווח שבין 0.2 לבין 0.5, נתון עקבי עם רמת ההומוגניות או

$$Y_{(GDP_CAP)} = A * TEA^{\alpha} * R\&D^{1-\alpha}$$

הגמישות הקבועה לכלל המדינות (0.4 לערך) אשר נמצאה במודל הלוג-ליניארי. הגמישות שהתקבלה עבור ישראל היא 0.51. המשמעות היא שהגדלת ההשקעה במו"פ (לסטודנט) באוניברסיטאות המחקר באחוז אחד על ידי המדינה עשוי לגרום לעליה של כחצי אחוז בתמ"ג לנפש, וזאת בהנחה כי לא יהיה שינוי בהיקף ההשקעה בהוראה באוניברסיטאות המחקר. מחישוב תיאורטי שערכנו נמצא כי הגדלת ההשקעה במו"פ (לסטודנט) באוניברסיטאות המחקר בישראל לרמת ההשקעה שעושה שוודיה תצריך תוספת של כ-375 מליון דולר לשנה, וזאת תביא לתוספת של כ-600 מליון דולר לתמ"ג.

ממצאי המודל הדו-שלבי ומודל הרגרסיה המרובה מצביעים על תרומה משמעותית של השקעות בהשכלה גבוהה ומחקר מדעי וטכנולוגי לביצועים הכלכליים של המדינות המפותחות. שתי הפעילויות העיקריות של אוניברסיטאות - הוראה ומחקר, נמצאו קשורות בצמיחה הכלכלית הנמדדת ביכולתה של מדינה להגדיל את היקף ייצור המוצרים והשירותים שלה. הנתונים מראים כי ככל שהמדינה משקיעה יותר במו"פ אוניברסיטאי ומכשירה כמות גדולה יותר של כוח אדם המיומן במו"פ, כך גדל שיעור המועסקים בכוח העבודה במדינה בענפים מוטי הנדסה, מדע וטכנולוגיה. ישראל מצליחה מחד גיסא לתרגם את שיעורי ההשקעה הבינוניים בהשכלה גבוהה לרמה גבוהה של הון אנושי, אך מתקשה מאידך גיסא לנצל את כוח העבודה האיכותי שלה להפקת רמה גבוהה של רווחה וצמיחה כלכלית.

חלק ג'

דיון ומסקנות

פרק 4: סיכום הממצאים

מחקר זה בחן את הקשר בין השקעות בהשכלה גבוהה לבין צמיחתן הכלכלית של המדינות המפותחות. במסגרת העבודה, זוהו ואותרו מסדי נתונים סטטיסטיים השוואתיים ורב-תקופתיים אשר כללו אינדיקאטורים שונים מתחומי ההשכלה הגבוהה והכלכלה. דגש מיוחד הושם במחקר על בחינת מיקומה היחסי של ישראל בתוך קבוצת מדינות ה-OECD, והשוואת מעמדה למדינות קטנות אחרות הדומות במאפייניהן לישראל. חלקו הראשון של המחקר התמקד במסלולי הפיתוח של ישראל והמדינות המפותחות ובדק את ההשתנות במאפייני ההשכלה הגבוהה והצמיחה הכלכלית במדינות ה-OECD לאורך ארבע תקופות זמן. כמו כן נבחנו בחלק זה, קשרים סטטיסטיים פשוטים בין תשומות של השקעות בסטודנטים ותפוקות כלכליות של המשקים. חלקו השני והאמפירי של המחקר אמד באמצעות שני מודלים, את הקשר בין ההשקעה בהשכלה גבוהה לבין ביצועי המשקים במדינות המפותחות.

הממצאים העולים מחלקו הראשון והתיאורי של המחקר מדאיגים במיוחד. הנתונים מראים כי לאורך העשורים, חלה נסיגה ניכרת במעמדה ובמיקומה של ישראל ביחס למדינות המפותחות האחרות, בעיקר בכל הנוגע להשקעות בסטודנטים ובמשיכת סטודנטים למקצועות המדעיים והטכנולוגיים. בין השנים 1980-1995 נרשמה בישראל ירידה בשיעור של כ-60% בהוצאה לסטודנט על השכלה גבוהה. גידול שלילי גבוה יותר מזה של ישראל נרשם רק בשלוש מדינות OECD - טורקיה, קוריאה ובלגיה. ישראל ממוקמת במקום האחרון בין מדינות ה-OECD בשיעור גידול הסטודנטים ביחס לגודל האוכלוסייה במקצועות המדעיים. בין 1960-1995, עלה שיעור הסטודנטים במקצועות המדעים בישראל ב-160% בלבד. לעומת זאת, במדינות קטנות אחרות, אשר היו מפותחות מישראל בשנת 1965 (אוסטריה, דנמרק ופינלנד), שיעורי הגידול נעו בסדרי גודל שבין 700%-950%, גבוהים משמעותית מאלו של ישראל. כאשר מתבוננים בהשתנות במספר הסטודנטים במקצועות המדעיים על פני ציר הזמן, רואים כי ישנה ירידה עקבית ורצופה במיקומה היחסי של ישראל. בין 1960-1995, ישראל התדרדרה מראש האשכול השני (מקום 3) לתחתית האשכול השלישי (מקום 17). לעומת זאת, אירלנד, מדינה קטנה הדומה במאפייניה לישראל, ביצעה את הזינוק המרשים ביותר מבין מדינות ה-OECD, ועלתה מהמקום ה-19 בשנת 1973 למקום הראשון בשנת 1995.

מצבה של ישראל בתחום ההנדסי לכאורה מעט טוב יותר. היא שומרת על מיקומה היחסי בקבוצת המדינות המפותחות (אשכול שני) במספר הסטודנטים במקצועות ההנדסיים יחסית לגודל האוכלוסייה לאורך כל ארבע תקופות הזמן. אולם, אחוז הגידול במספר הסטודנטים במקצועות ההנדסיים בין השנים 1960 ל-1995 היה נמוך למדי. בין שנים אלה, עלה השיעור היחסי של הסטודנטים להנדסה בישראל ב-360%. שיעורי הגידול בסטודנטים במדינות קטנות אחרות, שהיו מפותחות פחות מישראל בשנות השישים והשבעים של המאה ה-20, כגון פורטוגל, יון ואירלנד, ובמדינה כמו פינלנד שהייתה בשנים אלו מפותחת מעט יותר, היו גבוהים פי ארבעה עד פי חמישה מזה של ישראל. המסקנה המסתמנת היא כי ישראל דורכת במקום, וזאת במקרה הטוב, בכל הקשור להכשרת דור העתיד הטכנולוגי שלה בהשוואה למתחרותיה בעולם הגלובאלי.

כאשר בוחנים את המגמות על פני ציר הזמן בשני האינדיקאטורים הכלכליים שנבחנו – התמ"ג לנפש במונחי כוח קנייה ומשיכת השקעות זרות, רואים כי הפערים בין ישראל ושאר המדינות הקטנות

והמצליחות, אליה היא שואפת להידמות, גדלים. בין השנים 1975-2000, התמ"ג לנפש בישראל צמח בשיעור הנמוך במקצת מממוצע ה-OECD, ונמוך משמעותית ממדינות קטנות אחרות כדוגמת נורווגיה ואירלנד. ישראל שומרת אומנם לאורך השנים על מיקומה היחסי בראש האשכול השלישי, אך איננה מצליחה להמריא מעליו. היא ממוקמת מתחת לממוצע ה-OECD בשיעור הגידול במשיכת השקעות זרות, ושונה במובהק ממדינות קטנות אחרות כגון פינלנד, דנמרק ואירלנד אשר הציגו בין השנים 1975-2000, שיעורי גידול משמעותיים הגבוהים פי שניים עד פי ארבעה מאלו של ישראל. ממצאים אלו, המתארים את מיקומה היחסי של ישראל בתוך קבוצת מדינות ה-OECD לאורך ארבע תקופות זמן, דומים לאלו המדווחים על ידי מזור ואחרים (1996), אשר מצאו כי ישראל מדורגת גבוה במשתנים המשקפים הון אנושי ובריאות, ונמוך במשתנים המשקפים רמת חיים, כגון תמ"ג לנפש ורמת מינוע.

ממצא חשוב נוסף העולה מחלקו הראשון של המחקר הוא שקיימת "תקופת הבשלה", בה תשומות ההשכלה הגבוהה מתורגמות לתפוקות של צמיחה כלכלית. בדומה למחקרו של Adams (1993) אשר מצא כי קיים פער זמן (lag) של כ-10-20 שנים בין ההשקעה בתשומות השכלה גבוהה (מחקר בסיסי) לבין תפוקות כלכליות (פרייון), נמצא בעבודה זו כי הפער עומד על כעשר שנים. כך למשל, נמצא קשר חזק המובהק סטטיסטית במיוחד בין שיעור הגידול במספר הסטודנטים במקצועות המדעיים למיליון תושבים בין השנים 1978-1989, לבין שיעור הגידול בתמ"ג לנפש בין השנים 1998-2000. קשר זה חזק במיוחד עבור קבוצת המדינות הקטנות אליהן משתייכות מדינות כגון אירלנד, פינלנד, הולנד, דנמרק וישראל.

למגמות מדאיגות אלו, המצביעות על נסיגה משמעותית בהשקעות בהשכלה גבוהה ובמשיכת סטודנטים למקצועות מוטי טכנולוגיה, מדע והנדסה לאורך השנים, עשויות להיות השלכות חמורות על כלכלתה של ישראל. ההישגים המדעיים האדירים אליה הגיעה המדינה בעשרים השנים האחרות, הן בתחום המו"פ האזרחי- מסחרי (תעשיות עתירות הידע) והן בתחומי המחקר האוניברסיטאי, נשענים כיום במידה רבה על השקעות העבר. כפי שראינו, התרומה של המקצועות המדעיים לצמיחה כלכלית, גבוהה במיוחד בקרב קבוצת המדינות הקטנות, אשר יתרון היחסי מתבטא במו"פ ובייצור מוצרים מתוחכמים (בניגוד למדינות הגדולות, בהן ניתנת חשיבות רבה יותר לסקטור השירותים). יתרונה היחסי של ישראל מצוי בהון האנושי האיכותי שלה, והקיצוץ החריף בתקציבי ההשכלה הגבוהה עלול לפגוע בהכשרת הדור הבא של המהנדסים והמדענים, ובכך לפגוע בהתפתחותו של המשק הישראלי כבר בעשור הקרוב (תקופת העיכוב שזוהתה במחקר בין התשומה לתפוקה).

הממצאים מחלקו השני והאמפירי של המחקר מצביעים על קיומו של קשר חיובי המובהק סטטיסטית בין השקעות בהשכלה גבוהה ומחקר מדעי וטכנולוגי, לבין הביצועים הכלכליים של המדינות המפותחות. קשר זה נבדק ואומת על ידי שני מודלים - מודל דו-שלבי ומודל גרסיה מרובה. השימוש במודל הדו-שלבי בא לתת מענה לטענה כי מודלים אקונומטרים הבוחנים את הקשר בין השקעות בהשכלה גבוהה לבין צמיחה כלכלית מחשבים ישירות את הקשר הסטטיסטי בין תשומות (השקעות במו"פ, מספר סטודנטים, מספר פרסומים מדעיים וכו') לבין תפוקות (מחזור המכירות של פירמות פרייון, תמ"ג לנפש), ללא הבנה ממשית של התהליך העומד מאחורי קשר זה (Nelson 1992, 1998). על מנת לוודא כי הקשר בין שני אלמנטים אלו אינו אקראי, אמדנו תחילה באמצעות המודל הדו-שלבי את הקשר בין מדדים המשקפים את מידת ההשקעה של המדינה בהשכלה גבוהה לבין מדדים מגשרים המשקפים את איכות ההון האנושי שלה (הרכב

כוח העבודה) שהוא התוצר העיקרי של מערכת ההשכלה הגבוהה. בשלב ב' של המודל, התפוקות שהתקבלו בשלב א' (איכות כוח העבודה), הפכו להיות תשומות המסבירות את הביצועים הכלכליים של המשק.

הממצאים משלב א' של המודל הדו שלבי הראו כי ככל שמדינות משקיעות יותר בסטודנטים, ובמו"פ אוניברסיטאי, כך גדל שיעור המועסקים בכוח העבודה במדינה בענפים מוטי הנדסה, מדע וטכנולוגיה. קשרים מובהקים וחזקים יחסית נמצאו בין ההוצאה הכוללת על סטודנט לבין שיעורי המועסקים בענף המחשבים ובמקצועות המדעיים, ובין ההוצאה על מו"פ לסטודנט לבין שיעורי המועסקים בענפים ובמקצועות אלו. ממצאים משלב ב' של המודל אף הצביעו על קיום קשרים סטטיסטיים מובהקים, ברמת הסבר בינונית, בין שיעור המועסקים בתחום המחשבים ובמקצועות המדעיים וההנדסיים, לבין שיעור ההשקעות הזרות כאחוז מהתמ"ג. קשרים מובהקים וברמת הסבר גבוהה נמצאו בין שיעורי המועסקים בתחום המחשבים ובמקצועות המדעיים וההנדסיים לבין ההוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע.

בחינת הקשר בין שלב א' לשלב ב' של המודל התבצעה באמצעות בדיקת הזהות היחסית במיקום המדינות בשני שלבי המודל. הממצאים מחזקים את ההשערה בדבר קיומו של קשר דו-שלבי בין ההשקעות בהשכלה גבוהה במדינות ה-OECD, לבין צמיחתן הכלכלית. אחד הממצאים החשובים של המודל הדו-שלבי מראים כי ישראל מצליחה מחד גיסא לתרגם את שיעורי ההשקעה הבינוניים שלה בהשכלה גבוהה לרמה גבוהה של הון אנושי, אך מתקשה מאידך גיסא לנצל את כוח העבודה האיכותי שלה להפקת רמה גבוהה של רווחה וצמיחה כלכלית. יחד עם זאת, חשוב לציין כי מצוינותו של כוח האדם הטכנולוגי במשק הישראלי הוא במידה רבה תוצאה של השקעות גבוהות בהשכלה הגבוהה אשר התבצעו בשנים עברו. בנוסף לכך, בשנות ה-90 ישראל נהנתה מגל עליה גדול אשר כלל שיעור גבוה של כוח אדם טכנולוגי ומדעי אשר השתלב באופן מוצלח בכוח העבודה של המשק במדינה. מכאן יש להניח כי התוצר הגבוה באיכות כוח האדם איננו נובע מהשקעה בינונית כפי מתקבל מהנתונים של השנים האחרונות, אלא מהשקעות קודמות ומשתנה אקסוגני של ההגירה ממדינות חבר העמים.

לאחר אישוש הקשר בין השקעות בהשכלה גבוהה לבין הביצועים הכלכליים של המדינות על ידי המודל הדו-שלבי, נבחן קשר זה באופן ישיר באמצעות מודלים של רגרסיה רב משתנית, תוך כדי ויתור על המדדים המגשרים המיוצגים על ידי רמת כוח העבודה במשק. הממצאים מצביעים על תרומה משמעותית של השקעות בהשכלה גבוהה ומחקר מדעי וטכנולוגי לביצועים הכלכליים של המדינות המפותחות. כך למשל, נמצא קשר חזק ומובהק סטטיסטית בין היקף ההשקעה בהוראה ובמחקר אוניברסיטאי, לבין יכולתה של המדינה להגדיל את היקף ייצור המוצרים והשירותים שלה (תמ"ג). קשר זה חשוב במיוחד, שכן הוא מצביע על התרומה המשולבת של שתי הפעילויות העיקריות של האוניברסיטאות לצמיחה כלכלית. קשרים בולטים נוספים נמצאו בין היקף ההשקעה באוניברסיטאות ומחקר והיקף ההוצאה על מו"פ, לבין שיעור ייצוא מוצרי ושירותי טכנולוגיה עילית; וכך בין ההשקעה הכוללת במוסדות להשכלה גבוהה וההוצאה לסטודנט על מו"פ במוסדות אלו, לבין שיעור ההוצאה על טכנולוגית תקשורת ומידע. התוצאות שהתקבלו מהפעלת מודלים של רגרסיה מרובה דומות מאוד לממצאיו של McMahon (1993) המדווח על קשר משמעותי בין השקעות בהשכלה גבוהה (הוראה, מחקר מדעי-בסיסי, הכשרת חוקרים) לבין צמיחה כלכלית ב-11 מדינות OECD.

תרומה נוספת של המחקר התבטאה בחישוב גמישות ממוצעת וגמישות נקודתית. הגמישות הממוצעת שנבחנה היא גמישות התמ"ג ביחס להוצאה לסטודנט על מו"פ ולהשקעה בהוראה באוניברסיטאות מחקר. הממצאים הראו כי הוצאה של אחוז נוסף על מו"פ לסטודנט והשקעה של אחוז נוסף בהוראה באוניברסיטאות מחקר עשויה לתרום תוספת של 0.78% לתמ"ג. גמישות ממוצעת זאת, גבוהה יותר ממדד דומה עליו דווח במחקרו של Guellec (2001) שהתבסס על ניתוח נתונים ב-16 מדינות OECD, ואשר הראה כי הגדלת השקעות המו"פ באחוז אחד מביאה להרחבת צמיחת הפריזון ב-0.17%. בנוסף לחישוב הגמישות הכללית, חושבו גם גמישויות התמ"ג הנקודתיות ביחס להוצאה לסטודנט על מו"פ, בכפוף להנחה שהמשנתה המסביר הנוסף (השקעה בהוראה) נותר קבוע. הגמישויות הנקודתיות שהתקבלו נעו בטווח שבין 0.04 במקרה של טורקיה ל-0.84 במקרה של שוודיה, כאשר הגמישויות של רוב המדינות נמצאו בטווח שבין 0.2 לבין 0.5. בדומה למחקרו של Guellec, נמצאו הגמישויות הנקודתיות במחקר זה גדולות יותר במדינות בהן שיעור המו"פ האוניברסיטאי היה גבוה. הגמישות הנקודתיות שהתקבלו עבור ישראל היא 0.51. המשמעות היא שהגדלת ההשקעה במו"פ (לסטודנט) באוניברסיטאות המחקר באחוז אחד על ידי המדינה עשוי לגרום לעליה של כחצי אחוז בתמ"ג לנפש, וזאת בהנחה כי לא יהיה שינוי בהיקף ההשקעה בהוראה באוניברסיטאות המחקר. מחישוב תיאורטי שערכנו נמצא כי הגדלת ההשקעה במו"פ לסטודנט באוניברסיטאות המחקר בישראל לרמת ההשקעה של שוודיה תצריך תוספת של כ-375 מליון דולר לשנה, וזאת תביא לתוספת משמעותית של כ-600 מליון דולר לתמ"ג. ממצאים אלו, גם אם הם מספקים ההערכה גסה בלבד לתרומה המקרו-כלכלית של ההשכלה הגבוהה לצמיחה הכלכלית של המדינות המפותחות, נותנים משנה-תוקף להיותו של גורם ההשכלה הגבוהה זרז חשוב ביותר בהתפתחותם של משקים מודרניים ומוטי טכנולוגיה.

לסיכום, ממצאי המחקר מאששים את ההשערה בדבר קשר בין ההשקעה של המדינה במשאב ההון האנושי שלה לבין ביצועי המשק. בעידן המידע והגלובליזציה, ההשקעה בהכשרת כוח אדם מיומן וטכנולוגי הופכת להיות מרכיב בעל חשיבות עליונה בתכנון לאומי אסטרטגי. גם מדינות אשר בעבר הלא רחוק נחשבו למדינות העולם השלישי, הולכות ומאמצות מדיניות אשר דוגלת בהשקעה מאסיבית בהשכלה, ובייחוד זאת המדעית והטכנולוגית, המאפשרת להן ליטול חלק במרוץ אל חזית הידע והשגשוג הכלכלי. בעולם הגלובאלי בו מדינות גדולות מתרגמות את יתרונן לגודל בכוח אדם, התחרות על פלח השוק העולמי נעשית קשה יותר ויותר. סיכוייה של מדינה קטנה כמו ישראל לשרוד במאבק זה הם קטנים אם לא תדע לנצל את משאב ההון האנושי, ולהשקיע בו את מאמציה המרכזיים, על מנת להישאר רלבנטית בתחרות הגלובלית. הנתונים אשר הוצגו במסגרת עבודה זו מצביעים על נסיגה משמעותית שחלה בישראל בתחום זה בהשוואה לעולם המפותח אליה היא שואפת להשתייך. בנייתה של מערכת השכלה גבוהה חזקה ובעלת מצוינות מדעית וטכנולוגית היא תהליך ארוך טווח, שישראל הטיבה לעמוד על משמעותו בשנים הראשונות לקיומה. אולם, בעשור האחרון נראה כי תובנה זו הולכת ומתפוגגת וההשלכות אשר עלולות לנבוע מהתנהלות לא אחראית זו עלולה לגרום לנזקים משמעותיים, שלא יהיה ניתן לתקנם בטווח קצר.

רשימת מקורות

גץ, ד., מנסור, ה., פלד, ד., ושומאף, מ. (2005) מדדים למדע וטכנולוגיה בישראל: תשתית נתונים השוואתית, חיפה: מוסד שמואל נאמן, הטכניון-מכון טכנולוגי לישראל.

מזור, א., ברגור, י., וטרופ, ת. (1996) ישראל במסלול המדינות המפותחות. ישראל 2020 – תכנית אב לישראל בשנות האלפיים, חיפה: הטכניון-מכון טכנולוגי לישראל.

שחר, א., חושן, מ. (1993) ישראל בקרב האומות – בחינה משווה של מעמד ישראל בין העולם המפותח לעולם המתפתח, מחקרים בגיאוגרפיה של ארץ ישראל, חוברת י"ד, עמ' 312-324.

שפר, ד., פרנקל, א. (2003) ניתוח וגיבוש מדיניות להעברת טכנולוגיות מהאוניברסיטאות לתעשייה - דו"ח סופי, חיפה: מוסד שמואל נאמן, טכניון-מכון טכנולוגי לישראל.

Adams, J. (1990). Fundamental Stocks of Knowledge and Productivity Growth. *Journal of Political Economy*, 98, 673-702.

Adams, J. (1993). Science, R&D and Invention Potential Recharge: US Evidence. *American Economic Review*, 83, 458-462.

Anselin, L., Varga, A., & Acs, Z. (1997). Local Geographic Spillovers between University Research and High Technology Innovations. *Journal of Urban Economics*, 42(3), 422-448.

Audretsch, D. B., & Feldman, M. P. (1996). R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production. *American Economic Review*, 86(3), 630-640.

Barro, R., & Lee, J. (1993). International Comparisons of Educational Attainment. *Journal of Monetary Economics*, 32(3), 363-394.

Barro, R., & Sala-i-Martin, X. (1995). *Economic Growth*. Cambridge, MA: McGraw-Hill.

Becker, G., Murphy, K., & Tamura, R. (1990). Human Capital, Fertility, and Economic Growth. *Journal of Political Economy*, 98(5), S12-S37.

Beise, M., & Stahl, H. (1999). Public Research and Industrial Innovations in Germany. *Research Policy*, 28(4), 397-422.

Borland, J., Dawkins, P., Johnson, D., & Williams, R. (2000). *Returns to Investment in Higher Education*. Melbourne: Melbourne Institute for Applied Economic and Social Research.

Chatterji, M. (1998). Tertiary Education and Economic Growth. *Regional Studies*, 32(4), 349-354.

Everitt, B. S. (1993). *Cluster Analysis*. (3rd ed.). New York: Halsted Press.

- Feldman, M. (1993). An Estimation of the Geography of Innovation. *Industrial and Corporate Change*, 2, 451-470.
- Feldman, M., & Audrestch, D. (1999). Innovation in Cities: Science-based Diversity, Specialization and Localized Competition. *European Economic Review*, 43, 409-429.
- Frenkel, A., Shefer, D., & Roper, S. (2003). Public Policy, Locational Choice and the Innovation Capability of High-tech Firms: A Comparison between Israel and Ireland. *Papers in Regional Science*, 82(2), 203-221.
- Goldstein, H., & Renault, C. (2004). Contribution of Universities to Regional Economic Development: A Quasi-experimental Approach. *Regional Studies*, 38(7), 733-746.
- Griliches, Z. (1995). R&D and Productivity. In P. Stoneman (Ed.), *Handbook of Industrial Innovation* (pp. 52–89). London: Blackwell.
- Guellec, D., & Van Pottelsberge de la Potterie, B. (2001). R&D and Productivity Growth: Panel Data Analysis of 16 OECD Countries. *OECD Economic Studies*, 33, 103-126.
- Jaffe, A. B. (1989). Real Effects of Academic Research. *American Economic Review*, 79(5), 957-970.
- Kim, J., & Mueller, C. W. (1978). *Introduction to Factor Analysis: What It Is and How To Do It*. Beverly Hills, CA: Sage Publications.
- Maital, S., Frenkel, F., Grupp, H., & Koschatzky, K. (1994). The Relation between Scientific and Technological Excellence and Export Performance: A Theoretical Model and Empirical Test for EC Countries. *Science and Public Policy*, 21(3), 138-146.
- Malecki, E. J. (1997). *Technology and Economic Development: The Dynamics of Local, Regional and National Competitiveness*. London and Boston: Addison Wesley Longman.
- Mansfield, E. (1991). Academic Research and Industrial Innovation. *Research Policy*, 20(1), 1-12.
- Mansfield, E., & Lee, J. Y. (1996). The Modern University: Contributor to Industrial Innovation and Recipient of Industrial R&D Support. *Research Policy*, 25(7).
- Martin, B. R., & Irvine, J. (1981). Spin-Off from Basic Science - The Case of Radioastronomy. *Physics in Technology*, 12(5), 204-212.
- Martin, B., Salter, A., Hicks, D., Pavitt, K., Senker, J., Sharp, M. (1996). *The Relationship between Publicly Funded Basic Research and Economic Performance: A SPRU Review*. London: THM Treasury.
- Martin, F. (1998). The Economic Impact of Canadian University R&D. *Research Policy*, 27(7), 677-687.
- Martin, F., & Trudeau, M. (1998). The Economic Impact of University Research. *Research File- Association of Universities and Colleges of Canada*, 2(3).

McMahon, W. (1993). The Contribution of Higher Education to R&D and Productivity Growth. In W. Becker & D. Lewis (Eds.), *Higher Education and Economic Growth*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

McMillan, S., & Hamilton, R. (2003). The Impact of Publicly Funded Basic Research: An Integrative Extension of Martin and Salter. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 50(2), 184-191.

Miller, R., & Cote, M. (1987). *Growing the Next Silicon Valley*. Lexington, Mass: Heath and Company.

Nelson, R. (1986). Institutions Supporting Technical Advance in Industry. *American Economic Review*, 76(186-189).

Patel, P., & Pavitt, K. (1995). *The Nature and Economic Importance of National Innovation Systems*. Paris: STI Review - OECD.

Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 5(2), S71-S102.

Roper, S., & Frenkel, A. (2000). Different Paths to Success - The Growth of the Electronics Sector in Ireland and Israel. *Environment and Planning C-Government and Policy*, 18(6), 651-665.

Salter, A. J., & Martin, B. R. (2001). The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research: A Critical Review. *Research Policy*, 30(3), 509-532.

Saxenian, A. (1985). Silicon Valley and Route 128: Regional Prototype or Historical Exceptions? In M. Castells (Ed.), *High Technology, Space and Society* (pp. 81-115). Beverly Hills, CA: Sage Publications.

Saxenian, A. (1994). *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Sianesi, B., & Reenen, J. (2003). The Returns to Education: Macroeconomics. *Journal of Economic Surveys*, 17(2), 157-200.

Tata, R., & Schultz, R. (1988). World Variation in Human Welfare: A New Index of Development Status. *Annals of the Association of American Geographers*, 78(4), 580-593.

Voon, J. (2001). Measuring the Social Return to Higher Education Investments in Hong Kong: Production Function Approach. *Economics of Education Review*, 20(5), 503-510.

מקור לבסיסי הנתונים:

למ"ס (2003) מועסקים ושכירים, לפי משלח יד (קבוצה ראשית-שתי ספרות), סקרי כוח אדם.

למ"ס (2003) מועסקים, לפי משלח יד בקבוצות נבחרות (קבוצה משנית-שלוש ספרות), סקרי כוח אדם.

International Labor Organization. *LABORSTA*. from <http://laborsta.ilo.org/>

Organization for Economic Co-operation and Development. *Education and Skills*

Indicators. from <http://www.oecd.org/statsportal/>

The World Bank. *World Development Indicators 1960-2003*, from <http://publications.worldbank.org/WDI/>

UNESCO. *Education Statistics UNESCO Institute for Statistics.* from <http://www.uis.unesco.org/>

השקעות בהשכלה גבוהה וצמיחה כלכלית:

ישראל במבט משווה בינלאומי

אמנון פרנקל, ערן לק

אודות המחברים:

ד"ר אמנון פרנקל, יו"ר המסלול לתכנון ערים ואזורים בפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים בטכניון, פרנקל מתמחה בהיבטים מרחביים של חדשנות טכנולוגית ובפיתוח כלכלי מרחבי. הוא פרסם רבות בנושאים אלה בספרים, וכתבי עת בינלאומיים.



ערן לק, דוקטורנט במסלול לתכנון ערים ואזורים בטכניון. תחום מחקרו עוסק בהשפעות של שיפורים בתחבורה על שוויון ויעילות כלכלית.



בשנים האחרונות הולכת וגוברת המודעות בעולם לחשיבותה של ההשכלה הגבוהה כמחוללת צמיחה כלכלית. במהלך שלושת העשורים הראשונים לקיומה, השכילה ישראל לבנות מערכת השכלה גבוהה מפוארת. מערכת זאת אחראית בין היתר להכשרתם ויצירתם של מהנדסים, מדענים וחוקרים מהשורה הראשונה, אשר תרמו רבות לביסוס מעמדה וחוסנה החברתי, הכלכלי והביטחוני של המדינה. הישגים המדעיים והטכנולוגיים האדירים אליהם הגיעה ישראל ומעמדה המדעי בקרב מדינות העולם המפותח נמצאים בשנים האחרונות בסכנת נסיגה בשל הקיצוץ החריף בתקציבי ההשכלה הגבוהה.

בספר מוצגת ההשתנות במעמדה המדעי והטכנולוגי של ישראל לאורך השנים בקרב קבוצת המדינות המפותחות, וההשפעה של השקעות בהשכלה גבוהה על ביצועיה הכלכליים של ישראל ושל מדינות אחרות.



מוסד שמואל נאמן
הטכניון, חיפה



הטכניון
מכון טכנולוגי לישראל