

מחלקת המחקר



בנק ישראל

**השפעת ההון התשתיתי על ענפי התעשייה
בישראל (1990-2003)**

רון שהרבני¹

סדרת מאמרים לדיון 2008.05
מאי 2008

¹ אני מודה לגבי שמחה בר אליעזר מהלמ"ס ולגבי אולגה פייגין על עזרתן בהכנת הנתונים. תודה גם ליוסי גייברה, ליגאל מנשה, לקובי ברוידא ולגיא נבון על הערותיהם המועילות. טלפון – 02-6552633; rans@boi.gov.il מחלקת המחקר, בנק ישראל. <http://www.boi.gov.il>

הדעות המובאות במאמר זה אינן משקפות בהכרח את עמדת בנק ישראל

תקציר

העבודה בוחנת את ההשפעה של ההון התשתיתי על הפרודוקטיביות של 23 ענפי תעשייה בישראל על פי סדרות שנתיים לשנים 1990-2003. לאמידה השתמשנו בפונקציית עלות Translog גמישה, המאפשרת לאמוד תשואה לגודל. ההשפעה של הון תשתיתי על הפרודוקטיביות נמדדת במונחי חיסכון בעלויות (dual) ובמונחי גידול של התפוקה (primal). כן נבדקה השפעתו של ההון התשתיתי על הביקוש לתשומות ועל מבנה העלויות של הענף. התוצאות מצביעות על תשואה עולה לגודל כמעט בכל הענפים. כן נמצא כי הון התשתית מגדיל את הפרודוקטיביות של ענפי התעשייה והוא תחליפי להון פרטי, ובמידת מה גם לעבודה. ההון התשתיתי מקטין את חלקן של ההון הפרטי ומגדיל את חלקן של תשומות הביניים בהרכב הייצור. הרווחים השוליים והחסכונות השוליים מהון תשתיתי הם חיוביים ושונים בין ענף לענף.

**The Effect of Infrastructure Capital on Manufacturing Industries in Israel,
1990–2003**

Ran Sharabany*

Abstract

The study examines the effect of infrastructure capital, consisting mainly of roads, railways, sea and air ports and communications on the productivity of twenty-three manufacturing industries in Israel, based on annual series for the years 1990–2003. A flexible translog cost function was used for the estimation, enabling us to estimate returns to scale. The effect of infrastructure capital on productivity was measured in terms of cost savings (dual) and the rise in output (primal). The effect of infrastructure capital on the demand for factors of production and on the cost structure of each industry was also examined. The cost function and the accompanying cost-share equations were estimated via a seemingly unrelated Zellner iterative regression. The findings indicate rising returns to scale in nearly all the industries. Infrastructure capital was also found to increase productivity of the manufacturing industries and to serve as a substitute for private capital, and to some extent for labor too. Infrastructure capital lowers the share of private capital and increases the share of intermediate inputs in production. Marginal profit and marginal savings from infrastructure capital are positive, and differ from industry to industry. These results are consistent with those of studies carried out in the US, Canada and Australia.

* Research Department, Bank of Israel. <http://www.boi.gov.il>

The author wishes to thank S. Bar-Eliezer and O. Feigin for their help in processing the data, and J. Djivre, Y. Menashe, J. Braude and G. Navon for their constructive comments.

1. מבוא

הון תשתית כולל כבישים, תחבורה יבשתית אחרת כגו מסילות ברזל (ללא כלי רכב) ונמלי ים ואוויר, תקשורת, חשמל ומפעלי מים. הממשלה היא הקובעת את רמת התשתיות. התשתיות מספקות את התנאים ההכרחיים להתפתחות המגזר העסקי ובפרט להתפתחות התפוקה התעשייתית. השירותים הניתנים באמצעות התשתיות נכנסים לתהליך הייצור באופן ישיר ו/או עקיף: באופן ישיר – בהיותם חלק מתשומות הביניים משום שכדי לייצר דרושים חשמל, מים, תחבורה תקשורת וכדומה; באופן עקיף – הון ציבורי יכול להיות תחליפי או משלים להון פרטי ואף לתשומת עבודה ו/או לתשומות ביניים אחרות.

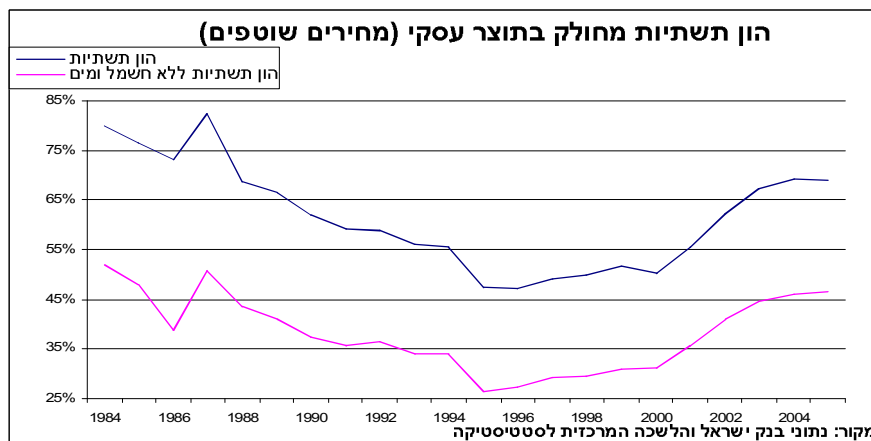
לדוגמה: כביש חדיש יכול לאפשר לחברת המובילה את מוצריה אל הלקוחות במשאיות לקצר את זמני הנסיעה, וכך להקטין את מצבת כלי הרכב (הון פרטי), לצרוך פחות דלק (תשומות ביניים) ולהעסיק פחות עובדים בהובלה. כמו כן הפירמה יכולה להגדיל את הייצור בזכות הכביש החדש.

הון תשתיתי יכול לעודד את השקעה, ובכך לשמש משלים להון פרטי. כך, למשל פירמה יכולה לרכוש מחשבים (הון פרטי) בזכות שיפורים בתקשורת (הון תשתיתי). מטרת העבודה היא לבדוק כיצד הון תשתיתי משפיע על ענפי התעשייה; ובפרט – אם הון תשתיתי הוא משלים, ניטרלי או תחליפי להון, לעבודה ולתשומות ביניים. נוסף על כך אבדוק אם הון תשתיתי רק חוסך בעלויות או אף מעודד את הייצור. הנושא השפעת ההון התשתיתי על הפרודוקטיביות נחקר רבות בעולם ובישראל, חקרו אותו אריה ברגמן ואריה מרום (1993, 1999).

השימוש של הפירמה בהון תשתיתי קשור לאיכותו ולרמת הניצולת שלו על ידי הפירמה. אשר לאיכות – כביש איכותי (תכונה התלוייה בעיקר במיקומו) הוא כביש שיכול לספק שירותי תחבורה רבים. נתון נוסף שיש להביא בחשבון הוא תחזוקת ההון הציבורי. הוצאות התחזוקה אינן מובאות בחשבון בהון התשתיתי, אולם משפיעות על איכותו.

אשר לרמת הניצולת – לא ניתן למדוד באופן מדויק את כמות שירותי התשתית שהפירמה או הענף מקבלים, שכן כמות זו אינה תלויה רק בקיבולת התשתית אלא גם במדד הניצולת שלה (U), וזו תלויה בעיקר במחזור העסקים הענפי. במילים אחרות: השימוש של הפירמה בשירותי הון תשתיתי תלוי הן בהון התשתיתי והן ברמת הניצולת של הפירמה.

איור 1: חלקו של הון התשתיות – הכולל ללא חשמל ומים – בתוצר העסקי



הון התשתית חושב בשיטת מלאי ההון הגולמי על ידי צבירת ההשקעה הגולמית בתשתיות והפחתת הגרט. ההשקעה הגולמית השנתית בתשתיות היוותה בממוצע בשנים 1980-1989 כ-2.5 אחוזים מהתמ"ג, ובשנים 1990-2003 – התקופה שבה יתמקד מחקר זה – היא היוותה 3.3 אחוזים מהתמ"ג בממוצע שנתי. מלאי הון התשתית גדל בשנים 1980-1989 בקצב ממוצע של 3.2 אחוזים, בשנים 1990-2003 בקצב של 6.6 אחוזים, ולאחרונה, כמו המגמה בעולם – בקצב נמוך יותר. חלקו של הון התשתית בתוצר העסקי (איור 1) ירד עד 1996 ומאז החל לעלות. הרכבו של ההון התשתיתי בשנת 2000 היה: חשמל 30 אחוזים; תחבורה 39 אחוזים – רובם כבישים, 30 אחוזים מהון התשתיות; תקשורת 23 אחוזים; מפעלי מים 8 אחוזים. חלק מגידולו של ההון התשתיתי בשנים 1996-2003 נבע מגידול ניכר של הון התקשורת בתקופה זו, בשיעור ממוצע של 8.2 אחוזים. חשוב לציין גם את הון התשתיות ללא חשמל ומים. משום שגידול בהון חשמל ומים, בניגוד לתשתיות האחרות, אינו משפיע ישירות על הפירמה אלא רק מגדיל את הקיבולת ומאפשר בעתיד הרחבת כושר הייצור של הפירמות. מהאיור רואים שהון התשתיות ללא חשמל ומים השתנה בדומה להון התשתיות הכולל.

מבנה העבודה הוא כדלקמן: פרק 2 סוקר את הספרות על הקשר בין ההון התשתיתי לפרודוקטיביות של ענפי התעשייה בעולם. בפרק 3 מוצגת הגישה התיאורטית של פונקציית העלות. בפרק 4 מוצגים הנתונים ששימשו אותנו בעבודה. פרק 5 מציג את שיטת האמידה והתוצאות האמפיריות ופרק 6 מסכם את העבודה. נספח 1 מציג בצורה מפורטת את הנתונים.

2. סקירת הספרות

הספרות האמפירית על הקשר בין הון תשתיתי לפרודוקטיביות היא ענפה. כיום יש יותר קונצנזוס מאשר בעבר באשר להשפעה החיובית של הון תשתיתי על הפרודוקטיביות של המשק. ישנן שלוש גישות מרכזיות לחקירת הקשר בין הון תשתיתי לפרודוקטיביות: פונקציית הייצור; פונקציית עלות או פונקציית רווח; וקטור אוטורגרסיה. בעבודה זו ננקטה גישת פונקציית עלות גמישה.

גישת פונקציית הייצור: העבודות הראשונות שנעשו היו של (Aschauer 1989) ו-(Munnell 1990) במסגרת פונקציית ייצור מיצרפית קוב-דגלס. התוצאות היו שהשפעת ההון התשתיתי על המגזר העסקי גבוהה מהצפוי: Aschauer (1989) למשל דיווח שגידול של 10 אחוזים בהון התשתיתי יעלה את הפרודוקטיביות ב-4 אחוזים. הסבירות של תוצאות אלו בעייתית. אמידה בגישה זו יוצרת מספר בעיות, המטות את התוצאות (Sturm 1998).

1. סיבתיות הפוכה מהתוצר להון התשתיתי. ההנחה במודל היא שההון התשתיתי הוא אקסוגני לתוצר. אמידה בגישת קוב-דגלס אגרטיבי ללא טיפול לבעיה זו (כמו אצל Aschauer 1989) עלולה להטות אומדי הון התשתיות כלפי מעלה. אחד הפתרונות האפשריים לבעיה זו הוא אמידה של פנל ענפים כמו ענפי התעשייה בעבודה זו. בפנל ענפים ניתן להניח שהתוצר הענפי אינו משפיע על ההון התשתיתי, להוציא את ענף הבינוי, שאינו נמצא ברשימת ענפי התעשייה. במילים אחרות: גידול התוצר של ענף

תעשייה מסוים לא ישפיע על ההון התשתיתי. גם בגישת העלות הענפית הגמישה ניתן להניח כי העלות הענפית אינה משפיעה על ההון התשתיתי, אולם כפי שנראה ההון התשתיתי משפיע על העלות הענפית.

2. ספציפיקציה – ב-(Aschauer 1989) פונקציית הייצור היא קוב-דגלס, ולכן היא מכתובה תשואה קבועה לגודל. אולם, בדרך כלל במשק התשואה עולה לגודל. אמידה בקוב-דגלס כאשר בפועל התשואה עולה לגודל, מעלה את מקדם הון התשתית באמידה מעל לערך שהיה לו אילו נאמד עם תשואה עולה לגודל. לכן, הנחנו פונקציית עלות גמישה האומדת גם את התשואה לגודל.

3. כיצד להתייחס להון התשתיתי? בגישת פונקציית הייצור קוב-דגלס ניתן להתייחס להון תשתיתי בצורה סימטרית, כמו אל עבודה או הון פרטי¹. אולם (Dugall et al. (1999 הראה שהתייחסות זו אינה נכונה, משום שבכך מניחים – שלא בצדק – כי עלות ההון התשתיתי ידועה לפירמה, מה שמאפשר כביכול להשתמש בה לחישוב העלות הכוללת. ליקוי זה למעשה מערער את התיאוריה הסטנדרטית של התפוקה השולית. באמידה בפונקציית עלות בעבודה זו אני מתייחס להון התשתיתי כאל תשומה שלא משלמים עליה, משמע שפירמה על פי גישה זו משתמשת בהון התשתיות כחלק מפתרון בעיית האופטימיזציה שלה.

4. בעיה נוספת בגישת פונקציית עלות גמישה היא שהנתונים אינם סטציונריים ואינם קואינטגרטיביים דבר שיכול להביא ל-spurious correlation בין ההון התשתיתי לתוצר. פתרון אפשרי לכך הוא אמידה בהפרשים או בקואינטגרציה. אולם בפתרונות אלה כרוכות בעיות רבות. אמידה בהפרשים אינה יכולה לתפוס את הקשר ארוך הטווח בין הנתונים (Munnel 1992) כך, שמלכתחילה הגמישויות שהיא מייצרת אינם סבירות.

מאמרים בעולם בגישת פונקציית עלות גמישה כמו עבודה זו הם: על ענפי התעשייה – בקנדה (Paul, 2004), (Sahni, Biswal 2004), בארה"ב (Nadiri, Mamuneas 1994), בספרד (Zugasti, Garcia), (Maldonado 2001), ביוון (Mamatzakis, E.C. 1999), בצ'ילה (Albala-Bertrand Mamatzakis, 2004), על ענפי המשק – באוסטרליה (Satya Paul, 2003). התוצאות העיקריות מעבודות אלה הן: הון ציבורי מקטין את עלויות הייצור, ובכך משפר את התחרותיות של התעשייה; הון ציבורי והון פרטי הם בדרך כלל תחליפיים.

עבודה זו ממשיכה עבודות קודמות בישראל שחקרו בין היתר את ההשפעה של הון תשתיתי על הפרודוקטיביות ובפרט את עבודתם של (Bergman Marom, 1999). בניגוד לעבודה זו, הם השתמשו, שלא כמו בעבודה הנוכחית, בגישת פונקציית הייצור קוב-דגלס, המכתובה תשואה קבועה לגודל. גם בסיס הנתונים בעבודתם שונה: הם השתמשו בנתונים לענפי התעשייה מהשנים 1960-1996 ואני – בבסיס נתונים מהשנים 1990-2003. בניגוד למאמרם, בסיס הנתונים כאן מכיל נתונים על סבסוד ההון העבודה ותשומות הביניים מכוח חוקים שונים. המאמר שלהם אינו מכיל נתונים על תשומות ביניים. ההבדלים בין בסיסי הנתונים משמעותיים, מפני הסבסוד העמוק של התשומות בישראל בעיקר של תשומת ההון הפרטי. מאמרם משנת 1993 דן בנושא השפעת התשתית על המשק, אולם מתייחס לתוצר העסקי כולו לשנים 1958-1988, ואילו בעבודה זו נתייחס לענפי התעשייה.

¹ או כמשפיע על ה-multifactor productivity אולם שתי האפשרויות מביאות לאותה ספציפיקציה אקונומטרית.

3. גישת פונקציית העלות

פונקציית העלות היא:

(1) $C = C(Y, W_i, t, Z)$ כאשר Y היא רמת התפוקה, W הוא וקטור מחירי התשומות הפרטיות (L – עבודה; K – הון; M – תשומות ביניים), t מסמן את ההתקדמות הטכנולוגית ו- Z הוא שירותי הון התשתית. פונקציית העלות מונוטונית ואינה יורדת במחירי התשומות ועולה ב- Y , והיא הומוגנית מדרגה 1 במחירי התשומות. העלות מוגדרת כ- $C = W_i \cdot X$, כאשר X הוא וקטור הכמויות של התשומות הפרטיות. רמת הון התשתית שהפירמות רואות לפנייהן נקבעת על ידי הממשלה. לא ניתן לחשב בדיוק את כמות שירותי התשתית שהפירמה או הענף מקבלים, שכן היא תלויה לא רק בקיבולת התשתית אלא גם במדד ניצולת התשתית (U). ניצולת התשתית שונה מענף לענף, ומשנה לשנה, – ולכן גם כמות שירותי התשתית שהענף מקבל. אם נניח, לדוגמה, שבענף מסוים הניצולת בשנה 'א' נמוכה מאוד ובשנה 'ב' היא גבוהה מאוד, נקבל שגם השימוש בשירותי התשתיות בשנה 'ב' גבוה יותר מאשר בשנה 'א'. לפיכך צפוי שגידול של השימוש בשירותי תשתיות יקטין את העלויות לפירמה. המשתנה שירותי תשתית הוא $Z = U \cdot G$, כאשר G ההון התשתיתי.

שתי הנחות ביסוד משוואה (1): (א) התפוקה, Y , נתונה – בניגוד לפונקציית ייצור שבה התפוקה אנדוגנית; (ב) וקטור מחירי התשומות אקסוגני. בפונקציית עלות מניחים שיצרן מייצג בוחר קומבינציה של כמויות עבודה, הון ותשומות ביניים $(W_L \cdot L^* + W_K \cdot K^* + W_M \cdot M^*)$ שמביאה למינימום את העלות (1) בהינתן פונקציית התפוקה $Y = f(K, M, L)$. פי הלמה של שפרד (Diewert 1974) נקבל את הכמויות האופטימליות של (L, K, M) , כלומר $\partial C / \partial W_L = L^*$, $\partial C / \partial W_M = M^*$, $\partial C / \partial W_K = K^*$. בזכות שירותי הון התשתיות הפירמות חוסכות בעלויות, עקב ירידה בכמות התשומות הפרטיות לייצור עבור אותה רמה של תפוקה, וזאת מפני התחליפיות של שירותי תשתיות עם התשומות שהפירמות רוכשות באופן פרטי. אפקט הפרודוקטיביות של הון התשתיות מצד העלות (להבדיל מצד התפוקה) נמדד על ידי $A_G = \eta_{CG} = \partial \ln C / \partial \ln G$: גמישות העלות ביחס להון התשתיות. הגמישות היא שלילית אם ההשקעות בהון התשתיתי אכן מקטינות את ההוצאה לפירמה, בהנחה שרמת תפוקה קבועה.

אפקט הפרודוקטיביות של הון התשתיות מצד התפוקה נמדד על ידי $\eta_{YG} \equiv (\partial Y / \partial G) / (G / Y) = -A_G$. η_{CY} : גמישות התפוקה ביחס להון תשתיות. כאשר η_{CY} הוא גמישות העלות ביחס לתפוקה. יש לשים לב שכאשר η_{CY} הוא 1, כלומר כשהתשואה לגודל קבועה, אזי (בתנאים מסוימים) $\eta_{CG} = 1 - \eta_{YG}$ שווים. בגישה של פונקציית עלות גמישה ניתן לאמוד את התשואה לגודל.

גישת פונקציית העלות מאפשרת לנו לבדוק כיצד הביקוש לתשומה ספציפית ומבנה העלות (החלקים של הון פרטי, S_K , עבודה S_L , ותשומות ביניים, S_M , בעלות) מתעדכנים כתוצאה מגידול בהון התשתיות. על פי הלמה של שפרד נקבל מפונקציית העלות את משוואת העלות של התשומה: $S_i = W_i X_i / C = (\partial C / \partial W_i) (W_i / C_i)$, כלומר את חלקה של תשומה i^2 בעלות, כאשר X_i הוא כמות התשומה i ($i \in L, K, M$) עבודה, הון, ותשומת ביניים, בהתאמה). גמישות הביקוש לכמות תשומה i ביחס למלאי

² נכון מיידית על פי הרמה של שפרד, שלפיה $(\partial C / \partial W_i) = X_i$.

ההון התשתיתי היא: $\eta_{SiG} = (\partial Si / \partial G) \cdot (G / Si)$, כאשר $\eta_{iG} = (\partial Xi / \partial G) \cdot (G / Xi) = \eta_{SiG} + \eta_{CG}$, הגמישות Si ביחס ל- G , מודד את ההטיה בשימוש בתשומה שנגרמת על ידי הון התשתיתי, והביטוי η_{CG} הוא אפקט הפרודוקטיביות של G מצד העלות. כאשר $\eta_{SiG} > 0$, שירותי ההון התשתיתי מוטים לכיוון של שימוש בתשומה i , ואילו כאשר $\eta_{SiG} < 0$, שירותי ההון התשתיתי מוטים לכיוון של חיסכון בתשומה i ; כאשר $\eta_{SiG} = 0$ (ניטרליות) החלק של תשומה i בעלות לא מושפע מ- G . באופן כללי הסימן והגודל של השפעת שירותי הון התשתיתי על הביקוש, η_{iG} , תלויים בסימן ובגודל של השפעת η_{SiG} , ובהשפעת η_{CG} . אם $\eta_{iG} < 0$, שירותי ההון התשתיתי והתשומה i הם תחליפיים; אם $\eta_{iG} > 0$ הם משלימים, אם $\eta_{iG} = 0$ הם בלתי תלויים.

הגישה שפונקציית עלות גמישה מאפשרת לנו לחשב את התועלת מהחיסכון בעלות עבור כל ענף, (C/G) . $-\partial C / \partial G = -\eta_{CG}$ וכן את התועלת מגידול התפוקה עבור כל ענף $-\partial Y / \partial G = -(\partial C / \partial G) / (\partial C / \partial Y) = \eta_{YG} \cdot (Y/G)$.⁴ נצפה כמובן שהחיסכון והתועלת יהיו חיוביים לגבי כל ענף וענף. לבסוף, חושב סכום התועלות השוליות מההון התשתיתי על ידי חיבור החסכוניות או הרווחים השוליים של כל אחד מהענפים. כדי ליישם אמפירית דרושה לנו ספציפיקציה של עלות גמישה ספציפית. אנו בחרנו בפונקציית עלות $\ln c(\mathbf{W})$ translog, אף שהיה ניתן לבחור גם בפונקציה מסוג generalized Leontief, שכן שתיהן פונקציות גמישות יחסית, והשימוש בהן מקובל ביישומים כאלה. פונקציית העלות מתקבלת מניפוח $\ln c(\mathbf{W})$ בסדרת טיילור מסדר שני סביב $\mathbf{W} = \mathbf{0}$:⁵

$$\begin{aligned} \ln C(\mathbf{W}, Y, t) = & a_0 + \sum_{i=1}^N a_i \ln W_i + a_Y \ln Y + a_G \ln UG + a_t t + \\ & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij} \ln W_i \ln W_j + \frac{1}{2} a_{YY} (\ln Y)^2 + \frac{1}{2} a_{GG} (\ln UG)^2 + \frac{1}{2} a_{tt} t^2 + \\ & \sum_{i=1}^N a_{iY} \ln W_i \ln Y + \sum_{i=1}^N a_{iG} \ln W_i \ln UG + \sum_{i=1}^N a_{it} t \cdot \ln W_i + a_{Gt} t \cdot \ln UG + a_{Yt} t \cdot \ln Y, \\ & i, j = \text{labor, capital, material } i, j \in N \quad (2) \end{aligned}$$

מפני הסימטריה $a_{ij} = a_{ji}$.

תנאי הכרחי מספיק כדי ש- C תהיה הומוגנית מדרגה 1 במחירי התשומות, כלומר

$$h C_i(\mathbf{W}_i, Y, t, G) = C_i(h \mathbf{W}_i, Y, t, G)$$

הוא:

$$\sum_{i=1}^N a_i = 1, \quad \sum_{j=1}^N a_{ij} = 0, \quad \sum_{i=1}^N a_{iY} = 0, \quad \sum_{i=1}^N a_{it} = 0, \quad a_{ij} = a_{ji} \quad \forall i \neq j \quad (3)$$

³ $\eta_{iG} = (\partial Xi / \partial G) \cdot (G / Xi) = \partial (Si \cdot C / Wi) / \partial G \cdot (G / Xi) = (1 / Wi) \cdot (C \cdot \partial Si / \partial G + Si \cdot \partial C / \partial G) \cdot (G / Xi)$

נציב $Xi = Si \cdot C / Wi$, ונקבל $\eta_{iG} = \eta_{SiG} + \eta_{CG}$.

⁴ הפיתוח הוא על פי משפט המעטפת, שבו נביא למינימום את פונקציית הלגרנז'.

$\partial L / \partial G = \dots \partial L / \partial Y = \dots$ כלומר $L(\mathbf{W}, Y, G, t, \lambda) = C(\mathbf{W}, Y, G, t) - \lambda [F(\mathbf{K}, G, L) - Y]$

⁵ להסבר מפורט ראו Green econometric analysis Second Edition pp.503-504.

מקרה ספציפי של פונקציית עלות Translog הוא שהיא הומוגנית מדרגה 1 בתפוקה, כלומר
 כן $a_Y = 1, a_{iY} = 0, a_{YY} = 0, a_{Yt} = 0$, כך שפונקציית התפוקה המתקבלת מפונקציית העלות תציג
 תשואה קבועה לגודל.

אחרי החלת התנאים ב-(3) ניתן לרשום את (2) כך:

(3) פונקציית עלות translog לאחר הומוגניות וסימטריה

$$\begin{aligned} \ln \tilde{C} = & a_0 + a_K \ln \tilde{w}_K + a_L \ln \tilde{w}_L + a_Y \ln Y + a_G \ln UG + a_t t + \\ & \frac{1}{2} [a_{KK} (\ln \tilde{w}_K)^2 + a_{LL} (\ln \tilde{w}_L)^2 + a_{YY} (\ln Y)^2 + a_{GG} (\ln UG)^2 + a_{tt} t^2] + \\ & a_{KL} \ln \tilde{w}_K \ln \tilde{w}_L + a_{KY} \ln \tilde{w}_K \ln Y + a_{KG} \ln \tilde{w}_K \ln UG + a_{Kt} \ln \tilde{w}_K t + \\ & a_{LY} \ln \tilde{w}_L \ln Y + a_{LG} \ln \tilde{w}_L \ln UG + a_{Lt} \ln \tilde{w}_L t + a_{YG} \ln Y \ln UG + a_{Yt} \ln Y t \\ & + a_{Gt} \ln UG t. \end{aligned} \quad (4)$$

$$\tilde{X} = X / W_M \quad \text{כאשר}$$

על ידי יישום הלמה של שפרד ב-(4) מתקבלות משוואות Cost-share

$$S_K = a_K + a_{KK} \ln \tilde{w}_K + a_{KY} \ln Y + a_{KL} \ln \tilde{w}_L + a_{KG} \ln UG + a_{Kt} t \quad (5)$$

$$S_L = a_L + a_{KL} \ln \tilde{w}_K + a_{LY} \ln Y + a_{LL} \ln \tilde{w}_L + a_{LG} \ln UG + a_{Lt} t \quad (6)$$

$$\text{כאשר } S_M = 1 - S_K - S_L.$$

כדי למנוע סרבול השמטתי את האינדקס של הענף מכל המשתנים והפרמטרים. לפרמטרים $\alpha_K, \alpha_L, \alpha_M,$
 $\alpha_t, \alpha_G, \alpha_Y$ הוספתי משתני דמה לענף. $\tilde{C} (= C / W_M)$ היא העלות, מגורמלת במחיר של תשומת הביניים

$W_M, \tilde{w}_K (= \frac{W_K}{W_M}), \tilde{w}_L (= \frac{W_L}{W_M})$ הם המחירים היחסיים של ההון והעבודה בהתאמה. פונקציית העלות

ב-(4) ומשוואות ה-Cost-share נאמדו ברגרסיית seemingly unrelated (zellner iterative). שיטה
 זו של אמידה במערכת, הכוללת גם את משוואות ה-share, עדיפה על אמידה של פונקציית העלות בלבד,
 מפני שהיא מוסיפה מידע (Berndt, 1991), כלומר מאפשרת מיתאם בו-זמני בין ההפרעות המקריות
 מהמשוואות השונות.

האמידה של אפקט הפרודוקטיביות מצד העלות היא:

$$\eta_{CG} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln G} = a_G + a_{GG} \ln UG + a_{KG} \ln \tilde{w}_K + a_{LG} \ln \tilde{w}_L + a_{YG} \ln Y + a_{Gt} t \quad (7)$$

האמידה של אפקט הפרודוקטיביות מצד התפוקה היא:

$$\eta_{YG} = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln G} = - \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln G} \right) \div \eta_{CY} \quad (8)$$

כאשר

$$\eta_{CY} = a_Y + a_{YY}(\ln Y) + a_{KY} \ln \tilde{w}_K + a_{LY} \ln \tilde{w}_L + a_{YG} \ln UG + a_{Yt} t \quad (9)$$

כלומר η_{CY} היא הגמישות של העלות ביחס לתפוקה. גמישות הביקוש לכמות התשומה ביחס לשירותי ההון התשתית היא: $\eta_{iG} = (\partial X_i / \partial G) \cdot (G / X_i) = \eta_{SiG} + \eta_{CG} = a_{iG} / S_i + \eta_{CG}$ where $i \in K, L$: כאשר הביטוי הראשון בצד הימני של המשוואה הוא ההטיה בשימוש בתשומה i הנגרמת על ידי הון התשתית, והביטוי השני הוא אפקט הפרודוקטיביות של G מצד העלות. יתרון של פונקציית העלות translog וה-generalized leontief הוא היותן גמישות יותר מפונקציית קוב-דגלס. אולם, בעוד שניתן לכפות על פונקציית העלות translog את תנאי ההומוגניות והסימטריה, לא ניתן לכפות עליה קמירות במחירי התשומות, דבר שמתאפשר בפונקציית קוב-דגלס. ההגדרה האינטואיטיבית של קמירות במחירי התשומות היא, שכאשר המחיר של תשומה i עולה, הפירמה בוחרת בקומבינציית ייצור שבה משתמשים פחות בתשומה i ויותר בתשומות אחרות, שמחירן נותר קבוע. בודקים את ה-concavity באמצעות מטריצת ה-Hessian, שהיא מטריצת הנגזרות השניות של פונקציית העלות ביחס למחירים. פונקציית העלות היא קמורה במחירים אם ורק אם מטריצת ה-Hessian מוגדרת כ-negative semidefinite בכל נקודות האינפורמציה.

4. הנתונים

סדרות הנתונים הן סדרות שנתיות לשנים 1990-2003. הנתונים מקיפים 23 ענפי תעשייה והתקבלו מסקרי תעשייה של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. התפוקה התעשייתית, Y , היא במחירי שנת 2000; הון התשתית הגולמי, G , הוא במחירי 2000 לתחילת שנה, וכולל כבישים, רכבות, נמלי ים ואויר, תקשורת, חשמל ומפעלי מים. כמשתנה ברגרסיה השתמשנו בהון התשתית G ללא חשמל ומים, והוא הוכפל במקדם הניצולת U . להסברים על הנתונים ראו נספח 1. אמנם מים וחשמל נחשבים לתשתיות, אולם בניגוד לתחבורה ותקשורת גידול בהון שלהם – תוספת קיבולת – כאשר יתר הפרמטרים בפונקציית העלות שווים אינו צריך להשפיע על פונקציית העלות משום שהפירמות משתמשות בתשומות חשמל ומים כתשומות רגילות. משמע שתוספת קיבולת לייצור חשמל ואו להפקת מים לא צריכה להיות השפעה ישירה על התעריפים, ומכאן – על פונקציית העלות של הפירמה. זאת ועוד, בשנים 1990-2003 לא היה מחסור בקיבולת הייצור של חשמל או מים, ולא היה שינוי בתעריפים כתוצאה ממחסור בקיבולת. גם התייעלות בחברת חשמל שמתורגמת לירידת תעריפים אינה קשורה למלאי הון החשמל, אלא בעיקר לטיב הרגולציה⁶. למעשה חשמל ומים דומים יותר לתשומות רגילות ולא לתשומות תשתיות. זאת בהנחה, שאין כאן שיווי משקל מלא, כלומר גידול של ההשקעות הממשלתיות אינו מגדיל את המסים בעתיד.

לעומת זאת תשתיות תחבורה ותשתיות תקשורת מתנהגות בצורה אחרת, כלומר הם אינם רק תשומות רגילות. חלק גדול משירותים אלה ניתן חינם, ואיכותם קשורה קשר הדוק למלאי ההון שלהם: שירותי

⁶ היה רצוי להוסיף לפונקציית העלות משתנה כגון טיב הרגולציה בתחומי תשתית שונים, אולם קשה למדוד זאת.

כביש, שהם 48 אחוזים משירותי הון התשתיות ללא חשמל ומים ניתנים רובם ככולם חינם, והון הכבישים משפיע ישירות על איכות השירות. שירותי תחבורה – נמלי ים ואויר, רכבת – ושירותי תקשורת לא ניתנים חינם אולם ללא פיתוח וייזום של הממשלה לא היה מיגוון של שירותים כאלה; במילים אחרות: הון השירותים האלה משפיע ישירות על איכות השירות. לכן, עלייה בהון זה, שלא כמו בשירותי החשמל והמים, תשפיע על פונקציית העלות, כלומר תקטין את העלויות לפירמה, ולכן אנו רואים בו הון תשתית הרלוונטי בעבודה זו.

מדד הניצולת (Utilization) מדמה את מידת השימוש בתשתית. המועמדים ל-U הם: מדד שעות העבודה למועסק בענף; מדד ההשקעה במכונות מחולק בהון המכונות בענף; מדד השימוש בחשמל ליחידת הון מכונות בענף; ומדד כלל משקי ההופכי מאבטלה. מדד השימוש בחשמל נפסל, משום שיש לו מגמה, שהיא שונה מענף לענף, תוצאת שיפורים טכנולוגיים; נוסף על כך השונות בין השנים, בצריכת החשמל גבוהה מאוד, הרבה מעבר לסביר כמדד ניצולת, וכן יש ענפים (למשל מוצרי עור) שבהם השימוש בצריכת חשמל מועט, ולכן אינו מדד אמין לניצולת.

מדד ההופכי מאבטלה נפסל היות והוא מדד משותף לכלל הענפים. אם אכן יש רכיב כלל-ענפי בניצולת הוא יכול להיתפס במקדם של השינויים הטכנולוגיים⁷. לניצולת גם רכיב השונה מענף לענף משום שהניצולת הענפית אינה מתואמת באופן מלא עם הניצולת הכוללת, ראו בדיקה בנספח 1. מטעמים אלה חשוב להוסיף את הניצולת הענפית, כלומר להכפיל את G ב- U_i , כאשר i הוא אינדקס הענף.

הניצולת הענפית (U_i) היא שקלול של 75 אחוזים מדד למספר שעות העבודה למועסק בענף, ו-25 אחוזים מדד ההשקעה במכונות מחולק בהון המכונות בענף. הגדרה זו נבחרה משיקולים אקונומטריים⁸. לתיעוד ואיורים על הניצולת בענפים השונים ראו נספח 1.

W_L – מחיר תשומת העבודה נבנה מחלוקה של השכר הכולל השנתי בענף במספר השעות השנתיות. הובאה בחשבון תמיכה, בעיקר של המדינה, במו"פ, המסבסדת בין היתר את השכר.

W_M – מחיר תשומות הביניים. הובאה בחשבון תמיכה במו"פ, המסבסדת בין היתר את תשומות הביניים. המחיר של שירותי הון פרטי מוגדר כ:

$$W_{kij} = \frac{[(1 - u_i \cdot Z_{ij}(1 - g_{ij}) - h_{ij})]}{1 - u_i} \cdot q_{kij} (r + \delta_{ij})$$

ענף, j – מכונות, המבנים, וכלי הרכב; q_{kij} – הדפלטור של ההון הפרטי; r – שיעור הריבית הריאלית; δ_{ij} – פחת; Z_{ij} – הערך הנוכחי של ההטבה (שקל הטבה) המאפשרת לרשום את הפחת כהוצאה לצורך מס; u_i – מס על הרווחים. h ו- g הם שיעורי המענקים והסובסידיות מההון, בהתאמה, כאשר $(h > g)$.

המענקים (g) עיקרם מכוח החוק לעידוד השקעות הון, בעיקר למכונות ומבנים, וכן התקבלו תמיכות להון מו"פ. הסובסידיות h הן: גם g וגם הטבות ממסלול הטבות במסים והלוואות בתנאים מסובסדים מחוק עידוד השקעות הון. כל המחירים מנורמלים לשנת 2000.

C עלות שנתית כוללת (הון עבודה ותשומות ביניים) לענף במחירים שוטפים מורכבת משכר כולל פחות סבסוד השכר (מו"פ), עלות כוללת של תשומות ביניים פחות סבסוד תשומות הביניים (מו"פ) וההון

⁷ ראו החסבר ל-U בנספח 1 – תיעוד הנתונים.

⁸ ראו החסבר ל-U בנספח 1 – תיעוד הנתונים.

במחירים קבועים שמוכפל ב- W_K . ההון כולל את הון הציוד המבנים וכלי הרכב, ומחיר שכירת ההון כולל את הסובסידיות השונות. להסברים מפורטים באשר לבניית הנתונים ראו נספח 1.

בלוח 1 מוצגים נתוני הענפים בממוצעים לשנים 1990-2003: נתוני התפוקה; העלות; החלק של העבודה, ההון ותשומות הביניים בעלות; שיעור הגידול בכמות התפוקה, העבודה, ההון ותשומות הביניים. אנו רואים שהנתונים משתנים בין הענפים. הגידול הגבוה ביותר בתפוקה היה בענפי הטכנולוגיה המתקדמת, גידול בינוני נרשם בענפי הטכנולוגיה המעורבת, והנמוך ביותר – בענפי טכנולוגיה המסורתית. ראו הגדרות בנספח 2. בענפים המתקדמים היה גם שיעור הרווחיות מהתוצר גבוה בהרבה מהממוצע בתעשייה וזאת גם בזכות סבסוד ההון וסבסוד המו"פ⁹. הגידול הגבוה ביותר של התפוקה היה בענף הרכיבים

האלקטרוניים,

לוח 1: סטטיסטיקה תיאורית של ענפי התעשייה (ערכי ממוצע שנתי: 1990-2003)

ענף	\dot{Y}	Y	C	S_L	S_K	S_M	\dot{X}_L	\dot{X}_K	\dot{X}_M
כריית חול ומחצבים והציבת אבן	0.21	3,472	3,150	0.231	0.214	0.555	-0.22	7.75	2.24
מוצרי מזון	1.74	22,608	21,573	0.171	0.074	0.755	0.70	6.36	2.25
משקאות ומוצרי טבק	6.12	3,444	3,255	0.183	0.094	0.723	3.81	7.25	7.18
טקסטיל	-0.20	5,993	6,255	0.226	0.105	0.669	-2.98	2.05	-1.49
מוצרי הלבשה (פרט לסרוגים)	-1.67	3,311	3,029	0.244	0.070	0.686	-7.77	3.74	-2.11
בעליים, עור ומוצרי עור	-1.82	897	898	0.228	0.080	0.691	-5.46	0.91	-2.93
עץ ומוצריו (פרט לרהיטים)	3.27	1,644	1,552	0.232	0.078	0.690	-0.82	3.75	3.43
נייר ומוצריו	1.95	4,284	3,755	0.211	0.087	0.701	1.04	6.69	3.85
הוצאה לאור ודפוס	0.89	7,349	6,211	0.310	0.089	0.602	0.97	10.42	3.64
כימיקלים ומוצריהם וזיקוק נפט	7.45	26,663	26,326	0.159	0.080	0.761	1.08	6.15	8.19
מוצרי פלסטיק וגומי	6.32	7,443	7,378	0.214	0.123	0.663	3.66	7.62	6.71
מוצרים מינראליים אל-מתכתיים	4.55	6,007	6,559	0.183	0.126	0.691	0.39	6.34	2.40
מתכת בסיסית	2.59	3,573	3,663	0.169	0.070	0.761	1.54	3.20	2.60
מוצרי מתכת	3.75	14,268	12,386	0.295	0.102	0.603	2.65	6.27	5.30
מכונות וציוד ומכונות למשרד	3.48	6,843	6,831	0.305	0.061	0.635	-1.27	5.60	3.57
מנועים חשמליים ואביזרים לחלוקת חשמל	3.06	3,834	3,715	0.253	0.068	0.679	-1.50	5.50	4.41
רכיבים אלקטרוניים	13.89	5,183	4,582	0.285	0.175	0.540	10.63	19.96	12.96
ציוד תקשורת אלקטרוני	10.64	8,927	8,464	0.289	0.044	0.667	4.57	15.94	10.80
ציוד תעשייתי לבקרה ולפיקוח ציוד רפואי מדעי	6.83	15,074	14,544	0.357	0.069	0.574	0.35	4.98	8.22
כלי הובלה	2.55	6,910	7,085	0.405	0.090	0.505	1.51	1.50	1.70
רהיטים	1.86	4,944	4,140	0.222	0.097	0.681	-0.06	6.04	3.72
תכשיטים, חפצי חן וצורפות	3.61	1,919	1,775	0.157	0.054	0.789	0.57	8.80	4.83
מוצרים לנמ"א	6.66	922	871	0.264	0.092	0.644	3.73	7.64	5.05
כל התעשייה	4.28	K164	K158	0.239	0.092	0.669	0.72	6.89	4.84

⁹ לפירוט ראו דוח בנק ישראל 2006 תיבה ב'-4: הסבסוד בענפי התעשייה עמודים, 67-68.

שהוא מתחום הטכנולוגיה המתקדמת. זהו ענף עתיר הון, הנהנה מסבסוד מסיבי של ההשקעה בו מכוח החוק לעידוד השקעות הון. בענפי הטקסטיל, ההלבשה ומוצרי העור, שבהם הטכנולוגיה מסורתית, ירדה התפוקה בעיקר בשל הורדת המכסים ופתיחת הענפים ליבוא מתחרה בשנות התשעים.

Y – תפוקת הענף הממוצעת לשנה (במחירי שנת 2000), C – העלות הממוצעת לשנה (במחירי שנת 2000), S_L – החלק הממוצע של העבודה בעלות, $S_L = \text{labor cost}/C$; S_K – החלק הממוצע של ההון בעלות; S_M – החלק הממוצע של תשומות ביניים בעלות, \dot{Y} – השיעור השנתי הממוצע של הגידול בכמות התפוקה (אחוזים); \dot{X}_L – השיעור השנתי הממוצע של הגידול בכמות העבודה (אחוזים); \dot{X}_K – השיעור השנתי הממוצע של הגידול בכמות תשומות הביניים (אחוזים). נתוני כל התעשייה: \dot{Y} – ממוצע משוקלל לפי תפוקה; Y ו- C הם סכומי התפוקה והעלות בהתאמה כלומר ממוצע שנתי של השנים 1990-2003 של כל התעשייה; S_K , S_L , S_M משוקללים לפי חלקם בעלות של כלל התעשייה בממוצע לשנים 1990-2003; כ"א מ- \dot{X}_L , \dot{X}_K , \dot{X}_M לכל התעשייה משוקלל לפי הון, תשומת עבודה ותשומות ביניים בהתאמה.

5. התוצאות

המודל כולל פונקציית עלות (4) ומשוואות Cost share (5), (6). הואיל ויש תלות ליניארית בין משוואות ה-Cost share, נשמיט באמידה את משוואת S_M . המודל נאמד כמערכת בשיטת Zellner (seemingly unrelated iterative).

לפי הבדיקה שערכנו מטריצת ה-Hessian ($\partial^2 C / \partial W_i \partial W_j$) אינה עונה על הגדרת ה-concavity, משום שהיא אינה negative semidefinite בכל נקודות האינפורמציה האפשריות¹⁰. ניתן להניח שברוח בר סמך על האומדנים של הפונקציה היא מקיימת concavity¹¹.

לאחר השמטת האומדנים הלא מובהקים ושימוש במשתנה דמה אחד לכמה ענפים כאשר משתני הדמה נמצאו לא שונים באופן מובהק, נשארו 79 אומדנים לפרמטרים. לוח 2 מציג את האומדנים לפרמטרים של המודל. ל- $\alpha_K, \alpha_L, \alpha_M, \alpha_t, \alpha_G, \alpha_Y$ שנאמדו עם משתנה דמה לענף מוצגים האומדנים הממוצעים, ובנספח 3 מפורטים כל האומדנים. הפרמטרים $\alpha_{LG}, \alpha_{KG}, \alpha_{MG}$ תופסים את אפקט ה-spillover של ההון התשתיתי, כלומר מודדים את ההטיה של ההון התשתיתי במשוואות ה-share. ההטיה של K שלילית, של

¹⁰ חישבנו את הערכים עצמיים של פונקציית ההסיאן. שימו לב שמטריצת ההסיאן היא סינגולארית היות והיא מייצגת שלושה תשומות הון, עבודה וחומרי גלם כאשר לפי תכונת ההומוגניות מדרגה אחת במחירי התשומות של

פונקציית העלות אחד ממקדמי המחירים נקבע כאשר שני מקדמים ידועים $\sum_{i=1}^N a_i = 1$. מהסינגולאריות אחד

הערכים העצמיים הוא 0. כאמור פונקציית ההסיאן צריכה להיות מוגדרת כ-negative semidefinite בכל נקודות האינפורמציה. לכן הערך המכסימלי של הערכים העצמיים הוא 0. לפירוט החישוב של מטריצת ההסיאן ראו Diewert, Wales 1987 ע"מ 46-48. ניתן לקבל את החישובים בפנייה אל המחבר.

¹¹ ניתן היה גם ליישם local concavity – ראו מאמריהם של Ryan and Wales (1999) ושל Chew, Kew (2005) and Yong. פתרון זה יגדיל את מספר הנקודות בה הפונקציה מקיימת concavity, אולם לא יפתור את הבעיה באופן מושלם. מהאומדן Chew, Kew and Yong (2005) עולה ששינוי באומדנים עקב יישום הפתרון משנה מעט מאוד את האומדנים המקוריים.

M חיובית, ול-L אין הטיה. שימו לב שהאפקט הוא במונחי input share ולא במונחי ביקוש, ולכן לא ניתן להסיק מזה על היחס בין הון התשתיות והתשומות במונחי ביקוש משלימים או תחליפיים. הערך הגבוה של R^2 והערכים הנמוכים של סטיות התקן מראים שהמודל מתאים לנתונים. כדי לדעת אם האמידה תופסת באופן סביר את כל הענפים חשוב גם $Pseudo R^2$, זאת כ-SSE/SST-1 (ראו Field Grebenstein, 1980). ראו גם הרחבה של המבחנים האקונומטריים על הנתונים בנספח 3.

לוח 2: אומדנים לפרמטרים של מערכת פונקציית עלות (322 תצפיות ו-79 פרמטרים)

Std.	Coef.		
(0.272)	-1.357		cons
(0.006)	0.089	(ממוצע)	α_M
(0.092)	0.581	(ממוצע)	α_k
(0.013)	0.517	(ממוצע)	α_L
(0.073)	1.732	(ממוצע)	α_Y
(0.009)	-0.071	(ממוצע)	α_G
(0.001)	-0.018	(ממוצע)	α_T
(0.009)	0.125		α_{KK}
(0.010)	0.110		α_{LL}
(0.009)	-0.115		α_{YY}
(0.007)	-0.068		α_{KL}
(0.003)	-0.026		α_{KY}
(0.009)	-0.028		α_{KG}
(0.001)	0.007		α_{KT}
-	-		α_{LG}
(0.001)	-0.028		α_{LY}
(0.000)	-0.003		α_{LT}
(0.000)	0.004		α_{YT}
(0.014)	0.099		α_{MM}
(0.010)	-0.042		α_{ML}
(0.009)	-0.057		α_{KM}
(0.009)	0.028		α_{MG}
(0.001)	-0.004		α_{MT}
(0.003)	0.054		α_{MY}

capital share: R-sq=0.8853, chi-sq=2527.06, labor share: R-sq=0.9332, chi-sq=4512.95, עלות פונקציית: R-sq=0.9986, chi-sq=329123.06

5. א.א. אפקט הפרודוקטיביות

לוח 3 מציג את האמידה של אפקט הפרודוקטיביות של הון התשתית מצד העלות ומצד התפוקה. הערך השלילי של הגמישות η_{CG} מצביע על היסכון בעלויות, משמע שהשקעה בהון תשתיתי חוסכת עלויות לפירמה. ברוב הענפים הערך של הגמישות הוא בהתאם לצפוי ומובהק ברמה של 5 אחוזים. בשבעה ענפים מתוך עשרים ושלושה הערך של η_{CG} בענף הוא, בניגוד לצפוי, חיובי. בענפים שבהם הגמישות שלילית היא נעה בין -0.02 ל-0.256. ברוב הענפים הגמישויות נמוכות (בערך המוחלט) ממה שדווח במסגרת של פונקציית עלות Translog לגבי ענפי התעשייה בקנדה על ידי Paul, Sahni (2004) Biswal לגבי אוסטרליה (Paul 2003) וספרד (Zugasti, Garcia, Maldonado 2001). ייתכן

שבישראל החיסכון בעלויות בזכות השקעה בהון תשתיתי נמוך יותר. אולי הדבר מרמז על איכות נמוכה של התשתיות או על תחזוקה לקויה¹².

לוח 3: אמידת אפקט הפרודוקטיביות של הון תשתיתי מצד העלות (DUAL) ומצד התפוקה (PRIMAL) (בממוצע לתקופה, סטיית תקן בסוגרים)

Primary measure		Dual measure		ענפי משנה	סמל
Std.	η_{YG}	Std.	η_{CG}		
(0.001)	-0.004	(0.001)	0.003	כריית חול ומהצבים והציבת אבן	13
(0.042)	0.235	(0.044)	-0.187	מוצרי מזון	15-14
(0.016)	0.141	(0.017)	-0.127	משקאות ומוצרי טבק	16
(0.005)	-0.106	(0.002)	0.068	טקסטיל	17
(0.019)	0.087	(0.018)	-0.074	מוצרי הלבשה (פרט לסרוגים)	18
(0.017)	0.032	(0.017)	-0.030	נעליים, עור ומוצרי עור	19
(0.014)	0.126	(0.017)	-0.125	עץ ומוצרי (פרט לרהיטים)	20
(0.017)	0.148	(0.017)	-0.126	נייר ומוצרי	21
(0.028)	0.057	(0.020)	-0.039	הוצאה לאור ודפוס	22
(0.043)	0.250	(0.044)	-0.194	כימיקלים ומוצריהם וזיקוק נפט	24-23
(0.020)	0.121	(0.018)	-0.096	מוצרי פלסטיק וגומי	25
(0.020)	0.092	(0.018)	-0.075	מוצרים מינרליים אל-מתכתיים	26
(0.019)	0.087	(0.018)	-0.074	מתכת בסיסית	27
(0.031)	0.283	(0.041)	-0.256	מוצרי מתכת	28
(0.005)	-0.090	(0.002)	0.056	מכונות וציוד ומכונות למשרד	30-29
(0.026)	0.237	(0.041)	-0.255	מנועים חשמליים ואביזרים לחלוקת חשמל	31
(0.006)	-0.097	(0.003)	0.059	רכיבים אלקטרוניים	32
(0.004)	0.028	(0.003)	-0.020	ציוד תקשורת אלקטרוני	33
(0.003)	-0.009	(0.002)	0.006	ציוד תעשייתי לבקרה ולפיקוח, ציוד רפואי ומדעי	34
(0.005)	-0.105	(0.002)	0.065	כלי הובלה	35
(0.025)	0.051	(0.020)	-0.038	רהיטים	36
(0.038)	0.085	(0.039)	-0.077	תכשיטים, חפצי חן וצורפות	38
(0.001)	-0.004	(0.001)	0.004	מוצרים לנמ"א	39

אפקט הפרודוקטיביות של הון תשתיתי מצד התפוקה (η_{YG}) מוגדר כמינוס היחס בין אפקט הפרודוקטיביות על העלות (η_{CG}) לגמישות העלות ביחס לתפוקה (η_{CY}). צפוי שערכו יהיה חיובי. מתוך 23 ענפים ב-16 אפקט זה חיובי ומובהק¹³, באחד חיובי ולא מובהק וביתר שלילי. קיימות שלוש אפשרויות ל- η_{CY} : תשואה עולה לגודל ($\eta_{CY} < 1$), יורדת לגודל ($\eta_{CY} > 1$), וניטרלית ($\eta_{CY} = 1$). בתשואה עולה לגודל אפקט הפרודוקטיביות על התפוקה (η_{YG}) גדול מאפקט הפרודוקטיביות על העלות (η_{CG}), בתשואה יורדת לגודל η_{YG} נמוך מערכו המוחלט של η_{CG} ובתשואה קבועה לגודל $|\eta_{CG}| = \eta_{YG}$. בענפים בהם הגמישות η_{YG} חיובית (16 ענפים מתוך 23) היא נעה בין 0.051 ל-0.28. הגמישות הממוצעת לכל התעשייה ב-16 הענפים בהם הגמישות היא חיובית היא כ-0.13 משמע שעלייה של 8 אחוזים בהון התשתיתי מגדילה את התפוקה בכ-1 אחוז.

עקב התשואה העולה לגודל ברוב הענפים (לוח 4) קיבלנו ש- $\eta_{YG} < |\eta_{CG}|$. אנו רואים שברוב הענפים התשואה עולה לגודל. בענפים 20, 28, 31, 38 לא ניתן לשלול את ההשערה של תשואה ניטרלית לגודל

¹² הסבר אחר שאינו סביר הוא שכמות התשתיות בישראל גבוהה יחסית ולכן תוספת שלהם אינה מגדילה בהרבה את החיסכון.

¹³ בכל האמידות רמת מובהקות היא 5 אחוזים או פחות מלבד ענף 19.

ברמת מובהקות של 5 אחוזים. בענפי הטכנולוגיה העילית – ענפים 32, 33, 34 – התשואה לגודל גבוהה יותר מאשר בענפים אחרים, משום ש- $(\eta_{CY} < 1)$ הוא נמוך יחסית. מנתונים על גמישות העלות ביחס לתפוקה בתקופות שונות אנו רואים עלייה קלה מאוד של התשואה-לגודל בתקופה השנייה (1997-2003) לעומת התקופה הראשונה. עלייה זו רובה ככולה בענפי הטכנולוגיה העילית. נתוני ה- η_{YG} שקיבלנו נמוכים ממה שדווח במסגרת של פונקציית עלות Translog לגבי ענפי התעשייה בקנדה (2004 Paul, Sahni, Biswal ואוסטרליה (2003 Paul)).

לוח 4: אמידה של גמישות העלות ביחס לתפוקה (η_{CY}) (בממוצע לתקופה, סטיית תקן בסוגריים)

1997-2003		1990-1996		1990-2003		ענפי משנה	סמל
Std.	η_{CY}	Std.	η_{CY}	Std.	η_{CY}		
(0.010)	0.704	(0.011)	0.690	(0.010)	0.697	כריית חול ומחצבים, והציבת אבן	13
(0.049)	0.793	(0.049)	0.798	(0.049)	0.795	מוצרי מזון	15-14
(0.022)	0.882	(0.022)	0.919	(0.021)	0.901	משקאות ומוצרי טבק	16
(0.013)	0.640	(0.013)	0.638	(0.013)	0.639	טקסטיל	17
(0.022)	0.871	(0.022)	0.843	(0.022)	0.857	מוצרי הלבשה (פרט לסרוגים)	18
(0.027)	0.958	(0.025)	0.906	(0.026)	0.932	נעליים, עור ומוצרי עור	19
(0.024)	0.986	(0.025)	0.996	(0.025)	0.991	עץ ומוצרי (פרט לרהיטים)	20
(0.021)	0.857	(0.020)	0.851	(0.021)	0.854	נייר ומוצרי	21
(0.026)	0.686	(0.025)	0.680	(0.026)	0.683	הוצאה לאור ודפוס	22
(0.050)	0.761	(0.049)	0.789	(0.049)	0.775	כימיקלים ומוצריהם, וזיקוק נפט	24-23
(0.022)	0.780	(0.021)	0.810	(0.021)	0.795	מוצרי פלסטיק וגומי	25
(0.021)	0.811	(0.021)	0.823	(0.021)	0.817	מוצרים מינרליים אל-מתכתיים	26
(0.022)	0.847	(0.022)	0.853	(0.022)	0.850	מתכת בסיסית	27
(0.050)	0.896	(0.049)	0.915	(0.049)	0.905	מוצרי מתכת	28
(0.015)	0.613	(0.013)	0.633	(0.014)	0.623	מכונות וציוד, ומכונות למשרד	30-29
(0.055)	1.068	(0.054)	1.085	(0.055)	1.076	מנועים חשמליים ואביזרים לחלוקת השמל	31
(0.017)	0.544	(0.012)	0.669	(0.014)	0.606	רכיבים אלקטרוניים	32
(0.017)	0.656	(0.011)	0.761	(0.013)	0.708	ציוד תקשורת אלקטרוני	33
(0.020)	0.606	(0.016)	0.660	(0.018)	0.633	ציוד תעשייתי לבקרה ולפיקוח, ציוד	34
(0.015)	0.615	(0.013)	0.626	(0.014)	0.620	כלי הובלה	35
(0.025)	0.739	(0.025)	0.733	(0.025)	0.736	רהיטים	36
(0.058)	0.900	(0.058)	0.902	(0.058)	0.901	תכשיטים, חפצי חן וצורפות	38
(0.011)	0.833	(0.014)	0.880	(0.012)	0.856	מוצרים לנמ"א	39

5.2. הביקוש לתשומות והון ציבורי

האפקט של הון התשתיות על הביקוש לתשומות – $i \in L, K, M$ ($\eta_{iG} = \eta_{SiG} + \eta_{CG}$) – הוא הסכום של ההטיה בשימוש בתשומה i שנגרמת על ידי הון התשתית – ($\eta_{SiG} (= a_{iG} / S_i)$) – כאשר $i \in L, K$ ועבור תשומה M הוא $\eta_{SmG} = a_{MG} / S_M$ – ואפקט הפרודוקטיביות של G מצד העלות η_{CG} ¹⁴. באמידה נמצא שהון התשתית לא גורם להטיה בשימוש בתשומת העבודה וזאת משום ש- a_{LG} נמצא לא מובהק ברגרסיה. מלוח 5 רואים שהון התשתית מטה את השימוש בתשומות לכיוון של חיסכון בהון פרטי ושימוש בתשומות ביניים בכל הענפים. בכל הענפים אפקט החיסכון בהון פרטי גבוה בהרבה מאפקט השימוש בתשומות

¹⁴ היות ש- $a_{MG} = -(a_{LG} + a_{KG})$, ההטיה שבשימוש בתשומות i הנגרמת על ידי הון תשתית אינה יכולה להיות רק שלילית או רק חיובית בכל התשומות. אם היא חיובית ב- K ו- 0 ב- L היא חייבת להיות שלילית ב- M .

ביניים. כך, למשל כביש חדש יקצר את זמן השימוש ברכב, ובכך יחסוך לפירמה קניית רכבים (הון פרטי), כלומר יקטין את החלק של S_K בעלות הכוללת. ייתכן אף חיסכון בחומרי גלם, אולם החלק של חומרי הגלם בעלות יגדל. בקנדה מצאו (2004 Paul, Sahni, Biswal) שהון תשתיתי מטה ברוב הענפים לכיוון של שימוש בתשומת עבודה, ובדומה לישראל חוסך הון פרטי.

לוח 5: אפקט הטיית התשומות על ידי הון תשתיתי (בממוצע לתקופה, סטיית תקן בסוגרים)

סמל	ענפי משנה	עבודה	הון	Std.	חומרים	Std.
13	כריית חול ומחצבים, והציבת אבן	-	-0.131	(0.041)	0.051	(0.016)
15-14	מוצרי מזון	-	-0.382	(0.118)	0.037	(0.012)
16	משקאות ומוצרי טבק	-	-0.298	(0.092)	0.039	(0.012)
17	טקסטיל	-	-0.268	(0.083)	0.042	(0.013)
18	מוצרי הלבשה (פרט לסרוגים)	-	-0.403	(0.125)	0.041	(0.013)
19	נעליים, עור ומוצרי עור	-	-0.350	(0.108)	0.041	(0.013)
20	עץ ומוצרי (פרט לרהיטים)	-	-0.360	(0.111)	0.041	(0.013)
21	ביר ומוצרי	-	-0.322	(0.100)	0.040	(0.012)
22	הוצאה לאור ודפוס	-	-0.317	(0.098)	0.047	(0.014)
24-23	כימיקלים ומוצריהם, וזיקוק נפט	-	-0.352	(0.109)	0.037	(0.011)
25	מוצרי פלסטיק וגומי	-	-0.228	(0.071)	0.042	(0.013)
26	מוצרים מינרליים אל-מתכתיים	-	-0.223	(0.069)	0.041	(0.013)
27	מתכת בסיסית	-	-0.402	(0.125)	0.037	(0.011)
28	מוצרי מתכת	-	-0.276	(0.086)	0.047	(0.014)
30-29	מכונות וציוד, ומכונות למשרד	-	-0.463	(0.143)	0.044	(0.014)
31	מנועים חשמליים ואביזרים לחלוקת חשמל	-	-0.411	(0.127)	0.041	(0.013)
32	רכיבים אלקטרוניים	-	-0.161	(0.050)	0.052	(0.016)
33	ציוד תקשורת אלקטרוני	-	-0.641	(0.198)	0.042	(0.013)
34	ציוד תעשייתי לבקרה ולפיקוח, ציוד רפואי ומדעי	-	-0.406	(0.126)	0.049	(0.015)
35	כלי הובלה	-	-0.313	(0.097)	0.056	(0.017)
36	רהיטים	-	-0.289	(0.089)	0.041	(0.013)
38	תכשיטים, חפצי חן וצורפות	-	-0.520	(0.161)	0.036	(0.011)
39	מוצרים לנמ"א	-	-0.306	(0.095)	0.044	(0.013)

לוח 6 מציג את האפקט הכולל של הון תשתיתי על הביקוש לתשומות η_{IG} . גמישות הביקוש להון פרטי ביחס להון תשתיתי, η_{KG} , היא שלילית ומובהקת בכל הענפים; משמע שהון פרטי והון תשתיתי הם תחליפיים. בכל הענפים גמישות זו, לפי הצפוי, נמוכה מיחידתית משום שאנו מצפים כי ההון התשתיתי יחליף רק חלקית את ההון הפרטי. ברוב הענפים גמישות הביקוש לעבודה ביחס להון התשתיתי היא שלילית, ופירושו של דבר שהון תשתיתי ועבודה הם תחליפיים. בשבעה ענפים – כריית חול ומחצבים, טקסטיל, מכונות וציוד ומכונות למשרד, רכיבים אלקטרוניים, ציוד תעשייתי לבקרה ולפיקוח, כלי הובלה ומוצרים לנמ"א – הון תשתיתי ועבודה הם משלימים. בדרך כלל גמישות הביקוש לתשומות ביניים ביחס לביקוש להון תשתיתי היא שלילית או ניטרלית כלומר הון תשתיתי ותשומות ביניים הם בדרך כלל תחליפיים אולם התחליפיות פחותה בהרבה מאשר בין ההון התשתיתי להון פרטי ולעבודה.

לוח 6: אמידת גמישות הביקוש לתשומות ביחס להון תשתיתי
(בממוצע לתקופה, בסוגריים – סטיית התקן)

סמל	ענפי משנה	עבודה	הון	חומרים
	כריית חול ומחצבים, והציבת אבן	0.003 (0.001)	-0.128 (0.040)	0.054 (0.017)
13				
15-14	מוצרי מזון	-0.187 (0.044)	-0.569 (0.125)	-0.150 (0.046)
16	משקאות ומוצרי טבק	-0.127 (0.017)	-0.425 (0.093)	-0.088 (0.021)
17	טקסטיל	0.068 (0.002)	-0.200 (0.081)	0.110 (0.015)
18	מוצרי הלבשה (פרט לסרוגים)	-0.074 (0.018)	-0.478 (0.125)	-0.033 (0.023)
19	נעליים, עור ומוצרי עור	-0.030 (0.017)	-0.380 (0.108)	0.011 (0.021)
20	עץ ומוצריו (פרט לרהיטים)	-0.125 (0.017)	-0.485 (0.111)	-0.084 (0.022)
21	נייר ומוצריו	-0.126 (0.017)	-0.449 (0.100)	-0.086 (0.022)
22	הוצאה לאור ודפוס	-0.039 (0.020)	-0.356 (0.100)	0.008 (0.025)
24-23	כימיקלים ומוצריהם, וזיקוק נפט	-0.194 (0.044)	-0.545 (0.118)	-0.157 (0.045)
25	מוצרי פלסטיק וגומי	-0.096 (0.018)	-0.324 (0.072)	-0.054 (0.023)
26	מוצרים מינרליים אל-מתכתיים	-0.075 (0.018)	-0.298 (0.070)	-0.035 (0.022)
27	מתכת בסיסית	-0.074 (0.018)	-0.477 (0.124)	-0.037 (0.022)
28	מוצרי מתכת	-0.256 (0.041)	-0.532 (0.094)	-0.209 (0.044)
30-29	מכונות וציוד, ומכונות למשרד מנועים חשמליים ואביזרים	0.056 (0.002)	-0.407 (0.142)	0.100 (0.015)
31	לחלוקת חשמל	-0.255 (0.041)	-0.666 (0.132)	-0.214 (0.043)
32	רכיבים אלקטרוניים	0.059 (0.003)	-0.102 (0.048)	0.111 (0.018)
33	ציוד תקשורת אלקטרוני	-0.020 (0.003)	-0.661 (0.196)	0.022 (0.015)
34	ציוד תעשייתי לבקרה ולפיקוח, ציוד רפואי ומדעי	0.006 (0.002)	-0.400 (0.124)	0.055 (0.017)
35	כלי הובלה	0.065 (0.002)	-0.248 (0.096)	0.120 (0.018)
36	רהיטים	-0.038 (0.020)	-0.327 (0.091)	0.004 (0.024)
38	תכשיטים, הפצי חן וצורפות	-0.077 (0.039)	-0.597 (0.164)	-0.041 (0.041)
39	מוצרים לנמ"א	0.004 (0.001)	-0.302 (0.094)	0.047 (0.015)

התחליפיות הממוצעת בין הון התשתיות להון פרטי לכל התעשייה היא כ-0.41- משמע שעלייה של 25 אחוזים בהון התשתית מקטינה את ההון הפרטי בכ-10 אחוזים. התחליפיות הממוצעת בין הון תשתיות לעבודה היא כ-0.067- משמע שעלייה של 25 אחוזים בהון התשתית מקטינה את תשומת העבודה בכ-1.7 אחוזים. התוצאות אלה מלמדות שבדרך כלל עלייה בהון התשתיתי מביאה לירידת הביקוש לתשומות הון ועבודה. עיקר הירידה הוא בביקוש לתשומות הון פרטיות ובמידה פחותה יורד הביקוש לתשומת עבודה. מכאן שמידת התחליפיות בין הון תשתיתי להון פרטי גבוהה מזו שבין הון תשתיתי לתשומת עבודה. ייתכן שממצא זה מלמד כי לפירמה קל יותר לשנות את כמות ההון מאשר את כמות העובדים.

התוצאות שקיבלנו לגבי התחליפיות של הון תשתיתי עם הון פרטי ותשומת עבודה דומות לתוצאות של (2004 Paul, Sahni, Biswal) וכן (2005 Brox) לגבי קנדה, (2004 Paul) לגבי אוסטרליה ושונות מהתוצאות שקיבל (1999 Mamatazakis) לגבי יון, אשר לפיהן הון ציבורי ופרטי בדרך כלל משלימים. עם זאת קיבלנו שבישראל מידת התחליפיות בין הון תשתיתי לפרטי גבוהה יותר מאשר בקנדה ואילו התחליפיות בין הון תשתיתי לעבודה נמוכה יותר. הם לא בדקו את ההשפעה של הון תשתיתי על תשומות ביניים. התוצאות שקיבלנו דומות מאוד גם לאלה של (1994 Nadiri, Mamuneas) לגבי ענפי התעשייה

בארצות הברית, ומשמע שמידת התחליפיות בין הון תשתיתי לפרטי דומה בישראל דומה לזו של ארה"ב. הם קיבלו שהון תשתיתי ותשומת עבודה תחליפיים בכל הענפים, ואנו – רק ברוב הענפים. בספרד דיווחו (2001 Zugasti, Garcia and Maldonado) שהון תשתיתי הוא תחליפי להון פרטי, לתשומת עבודה ולתשומות ביניים.

5.ג. רווח שולי ורווח שולי אגרגטיבי

לוח 7 מציג את החיסכון השולי בעלות הענפית, $(\partial Yi/\partial Gi) = -\eta_{YiG} \cdot (Yi/G)$, כאשר i הוא אינדקס הענף. שימו לב ש- \hat{G} הוא הון תשתית שכולל גם חשמל ומים, שלא נכללו כמשתנה ברגרסיה, (הסבר לאי הכללתם ראו בפרק 4), וכן - \hat{G} אינו משוקלל בניצולת (U). הסיבה לשימוש ב- \hat{G} ולא ב-G בחישוב החיסכון והרווח השולי היא שבלוחות הקודמים הצגנו את הגמישויות בלבד, ואילו כאן אנו מציגים את החיסכון והרווח השוליים. החיסכון השולי מושפע גם מהיחס בין העלות הענפית לכלל הון התשתית (Ci/\hat{G}) . בחמישה עשר מתוך עשרים ושלושה ענפי התעשייה החיסכון השולי והרווח השולי חיוביים ומובהקים בהתאם לצפוי, בשבעה ענפיהם שליליים, ובענף אחד לא שונים במובהק מאפס. הרווח השולי בתפוקה גדול מהחיסכון השולי בעלות בזכות התשואה העולה לגודל בענפים.

לוח 7: אמידה דואלית ופרימאלית של החיסכון והרווח השוליים מההון התשתיתי (ממוצע לתקופה 1990-2003)

Primary measure		Dual measure		ענפי משנה	סמל
Std.	אומד	Std.	אומד		
(0.0000)	-0.0001	(0.0000)	-0.0001	כריית חול ומחצבים, וחציבת אבן	13
(0.0066)	0.0368	(0.0057)	0.0245	מוצרי מזון	14-15
(0.0004)	0.0034	(0.0003)	0.0025	משקאות ומוצרי טבק	16
(0.0002)	-0.0044	(0.0001)	-0.0025	טקסטיל	17
(0.0004)	0.0020	(0.0003)	0.0013	מוצרי הלבשה (פרט לסרוגים)	18
(0.0001)	0.0002	(0.0001)	0.0002	נעליים, עור ומוצרי עור	19
(0.0002)	0.0014	(0.0002)	0.0012	עץ ומוצרי (פרט לרהיטים)	20
(0.0005)	0.0044	(0.0004)	0.0028	נייר ומוצרי	21
(0.0014)	0.0029	(0.0007)	0.0014	הוצאה לאור ודפוס	22
(0.0079)	0.0460	(0.0061)	0.0269	כימיקלים ומוצריהם, וזיקוק נפט	23-24
(0.0010)	0.0062	(0.0008)	0.0043	מוצרי פלסטיק וגומי	25
(0.0008)	0.0038	(0.0007)	0.0029	מוצרים מינרליים אל-מתכתיים	26
(0.0005)	0.0022	(0.0004)	0.0017	מתכת בסיסית	27
(0.0031)	0.0279	(0.0032)	0.0198	מוצרי מתכת	28
(0.0002)	-0.0042	(0.0001)	-0.0024	מכונות וציוד, ומכונות למשרד	29-30
(0.0007)	0.0063	(0.0009)	0.0059	מנועים חשמליים ואביזרים לחלוקת חשמל	31
(0.0002)	-0.0035	(0.0001)	-0.0018	רכיבים אלקטרוניים	32
(0.0003)	0.0017	(0.0002)	0.0011	ציוד תקשורת אלקטרוני	33
(0.0003)	-0.0010	(0.0002)	-0.0005	ציוד תעשייתי לבקרה ולפיקוח, ציוד	34
(0.0002)	-0.0050	(0.0001)	-0.0027	כלי הובלה	35
(0.0009)	0.0017	(0.0005)	0.0010	רהיטים	36
(0.0005)	0.0011	(0.0004)	0.0008	תכשיטים, הפצי חן וצורפות	38
(0.0000)	0.0000	(0.0000)	0.0000	מוצרים לנמ"א	39

לוח 8 מציג את סכום התועלות השוליות מהון תשתיתי לכל ענפי התעשייה. סכום החיסכון השולי בעלות מוגדר כסכום של החסכונות השוליים בכל הענפים כלומר $\sum n_{cig} \cdot Ci / G$, כאשר i הוא אינדקס הענף. סכום הרווחים השוליים בתפוקה מוגדר כסכום של הרווחים השוליים בכל הענפים כלומר $\sum n_{yig} \cdot Yi / G$. סכום החסכונות השוליים בעלות הוא 8.8 אחוזים, וסכום הרווחים השוליים בתפוקה הוא 13.0 אחוזים. זהו מעין מדד לשיעורי התשואה על ההון התשתיתי מצד העלות (Dual) ומצד התפוקה (Primal), בהתאמה. כאמור, בזכות התשואה לגודל הרווח השולי גבוה מהחיסכון השולי. תוצאה זו מתיישבת עם הממצא של מרום וברגמן (1999), שדיווחו – לגבי השנים 1961-1996, בגישת פונקציית הייצור – על רווחים שוליים של 15 אחוזים.

לוח 8: סכום התועלות השוליות מהון תשתיתי מענפי התעשייה בלבד

Primal measure		Dual measure		תקופה
סכום הרווחים השוליים בתפוקה		סכום החסכונות השוליים בעלות		
Std.	אומדן	Std.	אומדן	
-	0.130	(0.0139)	0.088	1990-2003
-	0.164	(0.0121)	0.075	1990-1996
-	0.109	(0.0150)	0.098	1997-2003

בסכום החסכונות או הרווחים השוליים מההון התשתיתי לא היו שינויים ניכרים על פני שנים: בתקופה הראשונה, 1996-1990 סכום החסכונות השוליים על ההון התשתיתי היה גבוה מעט יותר מאשר בתקופה השנייה (1997-2003), ואילו סכום הרווחים השוליים על ההון התשתיתי היה נמוך במעט בתקופה השנייה, אף שהיחס ההון התשתיתי לתוצר היה דומה בשתי התקופות. (ראו גם איור 1.)

החסכונות והרווחים השוליים אינם מהווים את שיעור התשואה על ההשקעה בהון תשתיתי¹⁵, אולם ניתן להשוותם לתוצאות של חסכונות ורווחים שוליים ממדינות אחרות (לוח 9). התוצאות שקיבלנו נמוכות במעט מהתוצאות לגבי ענפי התעשייה בקנדה: 0.15 ו-0.43 בעלות ובתפוקה, בהתאמה (Paul, 2004); (Sahni, Biswal); התוצאות דומות לאלו של אוסטרליה (0.085 מצד העלות ו-0.168 מצד התפוקה); (Paul, 2003) וגבוהות מאלו של ארה"ב (Nadiri, Mamuneas, 1994). סכום החסכונות והרווחים השוליים תלוי גם בגודל של התעשייה במדינה יחסית להיקף הון התשתיות בה: במדינות שבהן התעשייה קטנה יחסית, כמו ארה"ב, גם סכום החסכונות והרווחים השוליים יהיה קטן יחסית. מובן שסכום החסכונות השוליים וסכום הרווחים השוליים שהצגנו כאן כוללים את התעשייה בלבד; ההשקעה בהון תשתיתי מביאה תועלות גם לצרכנים ולענפי משק אחרים. לכן החסכונות השוליים וסכום הרווחים השוליים שהצגנו הם רק חלק מהתועלת הכוללת למשק.

¹⁵ כדי לקבל את שיעור התשואה על ההון התשתיתי יש לחלק את – סכום החסכונות השוליים וסכום הרווחים השוליים בעלות השולית של ההון הציבורי. אולם חישוב העלות השולית של ההון הציבורי, מכאן גם חישוב שיעורי התשואה על ההון התשתיתי – שנוי במחלוקת ואין בנמצא חישוב לגבי ישראל, ראו (Paul, Sahni, Biswal 2004).

מדינה	תקופה	Primal measure		Dual measure	
		אומדן	סכום הרווחים השוליים בתפוקה	אומדן	סכום החסכונות השוליים בעלות
ישראל	1990-2003	0.088	0.130	0.088	0.130
ארה"ב	1955-1986	0.035	-	0.035	-
אוסטרליה	1968/69-1995/96	0.085	0.1679	0.085	0.1679
קנדה	1961-1995	0.151	0.434	0.151	0.434

6. מסקנות

אמדנו בגישת פונקציית העלות Translog את אפקט הפרודוקטיביות של הון תשתיתי ב-23 ענפי תעשייה בשנים 1990-2003. שלא כמו בגישת קוב-דגלס, פונקציית העלות Translog לא כופה תשואה שווה לגודל, ובכך מאפשרת חקירה מדויקת יותר של השפעת ההון התשתיתי על הפרודוקטיביות של ענפי התעשייה. התוצאות האמפיריות מצביעות על עדות להשפעה חשובה של ההון התשתיתי על ענפי התעשייה.

הממצאים המרכזיים בעבודה הם: 1. בענפי התעשייה בישראל ניכרת תשואה עולה לגודל. 2. ההון התשתיתי הוא פקודוקטיבי, ומידת הפרודוקטיביות שלו שונה מענף לענף. אפקט הפרודוקטיביות מצד התפוקה גדול מאשר מצד העלות, בזכות התשואה העולה לגודל ברוב הענפים. 3. ההון התשתיתי הוא תחליפי להון פרטי, ובמידה פחותה יותר – לעבודה, זאת בדומה לממצאים במדינות אחרות. 4. ההון התשתיתי מטה את הפרופורציות בייצור לכיוון של חיסכון בהון פרטי ושימוש ביותר תשומות ביניים. 5. הרווח השולי מהון תשתיתי, הן מצד העלות והן מצד התפוקה, הוא בדרך כלל חיובי ומובהק סטטיסטית. 6. סכום החסכונות השוליים בעלות והרווחים השוליים בתפוקה בכל הענפים הוא משמעותי, וגבוה יותר בתפוקה, בזכות התשואה העולה לגודל.

ראוי לציין שסכום הרווחים והחסכונות השוליים הם רק על התרומה של ההון התשתיתי לענפי התעשייה; יש לזכור כי ההון התשתיתי משרת גם ענפי משק אחרים, וכן את הצרכנים¹⁶. קרוב לוודאי שתועלות נוספות אלו למשק מההון התשתיתי משמעותיות ביותר, אולם חישובן מצריך מודל אחר מסוג שיווי משקל כללי. (ראו למשל Feltenstein (1999).

¹⁶ באוסטרליה (על פי Paul, 2003) סכום הרווחים השוליים בתעשייה מהווה כ-23 אחוזים מהרווחים השוליים של כלל ענפי המשק.

ביבליוגרפיה

ברגמן, אריה. ואריה מרום (1993). גורמי צמיחה במגזר העסקי (1958 עד 1988), בנק ישראל, מחלקת המחקר, סדרת מאמרים לדיון – 02.1993 (יוני).

José M. Albala Bertrand and Emmanuel C. Mamatzakis (2004). "The Impact of Public Infrastructure on the Productivity of the Chilean Economy", *Review of Development Economics* 8. 266 - May doi:10.1111/j.1467-9361.2004.00232.x Volume 8 Issue 2.

Aschauer, D. A. (1989). "Is Public Expenditure Productive?" *Journal of Monetary Economics* 23, 177-200.

Bergman, Arie, Melcyn Fuss and Haim R. (1999a). "Effects of Capital Subsidization on Productivity in Israeli Industry". *bank of Israel economic review* 72.

Bergman, A. and Marom A. (1999). "Productivity factors in Israeli's manufacturing industries. 1960-96" *bank of Israel economic review* (72).

Berndt, Ernst R., (1991). *The Practice of Econometrics*, Boston: Addison-Wesley.

Campbell, Harry F (1975). "Deadweight Loss and Commodity Taxation in Canada" *Canadian-Journal-of-Economics* 8(3). (August), 441-447.

Diewert, W. E. (1974). Application of duality theory. In *frontiers of qualitative economics* 11, edited by M.D. Intriligator and D.A Kendrick. Amsterdam: North Holland.

Diewert, W. E., Wales, T.J., (1987). Flexible forms and global curvature conditions. *Econometrica* 55, 43-68.

Duggal, V.G., Saltzman, C., and Klein, L.R. (1999). "Infrastructure and productivity: a nonlinear approach". *Journal of Econometrics* (92), 47-74.

Feltenstein, A. and Ha, J. (1999). "An Analysis of the Optimal Provision of Public Infrastructure: A Computational Model Using Mexican Data" *Journal of Development Economics* 58(1). (February) 219-30

Field, B. C., Grebenstein, C. (1980). Capital-Energy Substitution in U.S. Manufacturing *Review of Economics and Statistics* 62(2). (May) 207-12

Mamatzakis, E.C. (1999). "Public infrastructure, private input demand, and economic performance of the Greek industry". Queen Mary & Westfield College Working Paper No. 406.

- Munnell, A. H. (1990). "Why has productivity growth declined? Productivity and public investment". *New England Economic Review* 2-22. (January/February).
- Paul, S. (2003). "Effects of Public Infrastructure on Cost Structure and Productivity in the Private Sector" *Economic-Record* 79(247). (December) 446-61.
- Paul, S. Sahni, B. S., Biswal, B. P. (2004). "Public Infrastructure and the Productive Performance of Canadian Manufacturing Industries" *Southern Economic Journal* 70(4). (April) 998-1011.
- Nadiri, M. I. Mamuneas, Theofanis P. (1994). "The Effects of Public Infrastructure and R&D Capital on the Cost Structure and Performance of U.S". Manufacturing Industries, *The review of economics and statistics* 76. 22-37.
- Sturm, J.E., Kuper, G.H., and de Haan, J. (1998). "Modelling government investment and economic growth on a macro level: A review", in *Brakman, S., van Ees, H., and Kuipers, S.K. (eds.), Market Behaviour and Macroeconomic Modelling. MacMillan Press Ltd, London, UK.*
- Tarek M. H. and Faouzi T. (2003). "Public capital and its contribution to the productivity performance of the Canadian business sector, *Economic analysis (EA) research paper series.*
- Aviles Z. C. Alicia; Gomez-Garcia, Rosario; Sanchez Maldonado, J. (2001). "The Effects of Public Infrastructure on the Cost Structure of Spanish Industries" *Spanish Economic Review* 3(2). (June) 131-50.

נספח 1: תיעוד הנתונים

מעבר בין סקרי תעשייה שונים: מרבית הנתונים מבוססים על סקרי תעשייה. המדגם של סקרי התעשייה מתחלף כל כמה שנים. המדגמים הרלוונטיים לעבודה זו הם לשנים 1983, 1990 ו-1995. בין מדגם למדגם מתחוללים שינויים בענפים, בעיקר עקב שינוי סיווג או מעבר של מפעלים יצרניים למסחר. תקנונו את ההפרשים בין המדגמים על פי מספר השכירים, והנחנו כי השינוי מתפרס על פני כל השנים שבין מדגם למדגם. לדוגמה: מספר השכירים בענף 18, מוצרי הלבשה, ברביע הראשון של 1995 היה 18.5 אלף, ולפי האומדן הישן (של 1990) – 25.2 אלף; ההפרש בין המדגמים הוא 26.6 אחוזים, ואותם נפרוס על פני השנים 1991-1994. כלומר נכפיל את מספר השכירים בענף מהמדגם הישן של 1991 ב- X , כאשר $X^4 = 0.266 - 1$, וב-1992 נכפיל ב- X^2 , וכיוצא באלה עד 1994. השתמשנו במספר השכירים כדי לתקן את נתוני התפוקה, המועסקים, כמות תשומות הביניים וההשקעות¹⁷.

¹⁷ ההון הענפי תוקן באופן שונה; הסבר ראו בהמשך נפסח זה, בפסקה המסבירה את חישוב ההון הענפי.

G – הון התשתית, הוא במחירי 2000 לתחילת שנה וכולל כבישים, רכבות, נמלים ואוויר, תקשורת, חשמל ומפעלי מים. אורך החיים של מלאי ההון הגולמי הוא: במפעלי מים – 40 שנים למבנים, ו-28 שנים ציוד; בחשמל – 25 שנים למבנים, ו-18 שנים לציוד בתחבורה ותקשורת – 50 שנים לכבישים, 40 שנים מבנים וצינורות נפט, 8 שנים לציוד. כמשתנה מסביר ברגרסיה נלקח $G \cdot U$, כאשר G אינו כולל מפעלי מים וחשמל. הסבר ראו בפרק 4. המקור: הלמ"ס ועיבודי בנק ישראל.

U_i – שיעור הניצולת של התשתיות בענף i: נבחנו ארבע הגדרות – מדד צריכת החשמל ליחידת הון מכונות, מדד ההופכי מאבטלה, מדד שעות העבודה ומדד ההשקעה במכונות מהון המכונות. וההגדרה שנבחרה היא ממוצע משוקלל של שניים מהם. כל ההגדרות הן בנתונים ענפיים פרט להופכי מהאבטלה, שאינו שונה מענף לענף.

הגדרה 1 – צריכת החשמל השנתית בענף (מנתוני חברת החשמל) מתוקנת בהון ציוד המכונות הענפי האמצעי שנתי. הבעיות במדד זה הן שהשונויות שלו בין שנה לשנה גבוהה מאוד. בצריכת החשמל ליחידת הון ניכרת מגמה, עקב שיפורים טכנולוגיים, אולם המגמה אינה דומה בין הענפים, וקשה להתחקות אחריה. בעיה נוספת היא שבחלק מהענפים צריכת החשמל אינה מדד טוב לשיעור הניצולת. כך, למשל, צריכת החשמל ליחידת הון בענפים נעליים ומוצרי עור והוצאה לאור ודפוס כמעט זניח, כך שהוא אינו מדד טוב לניצולת ההון. גם בענפים מוצרי הלבשה, מוצרי פלסטיק וגומי, מכונות וציוד, מכונות למשרד, כלי הובלה ורהיטים צריכת החשמל ליחידת הון נמוכה מאוד. בדיקה נוספת בענפים אלה הראתה שגם צריכת החשמל ליחידת תוצר נמוכה מאוד. לכן לא השתמשתי בצריכת חשמל כאומדן לשיעור הניצולת בהם. למסקנה דומה הגיעו ג'יברה ומנשה בנייר לדיון (בהכנה) על שיעור הניצולת של ההון.

הגדרה 2 – מדד ההופכי מאבטלה. מדד זה מתאים לכל המשק, ואילו אנו מעוניינים במדד ייחודי לכל אחד מענפי התעשייה. אמנם יש רכיב ניצולת משותף בין כל הענפים, אבל ניתן לתפוס אותו ברגרסיה במקדם השינויים הטכנולוגיים, t . היות של- t יש מקדמים שונים לכל ענף – השתמשתי במשתני דמה, ענפיים $dummy_t$ – הרי גם אם ההשפעה של אותה ניצולת על העלות שונה מענף לענף, היא מקבלת ביטוי על ידי המקדם הענפי של t .

הגדרה 3 – מדד שעות עבודה למועסק מסקרי התעשייה. המדד מתוקנן כך שהממוצע הענפי לגבי כל השנים יהיה 1. בכך אנו מנטרלים הבדלים בין-ענפיים בשעות העבודה. נוסף על כך הנחנו שאין מגמה בשעות עבודה.

הגדרה 4 – מדד ההשקעה במכונות מהון המכונות. הבאנו את ממוצע המדד לגבי כל אחד מהענפים ל-1, ובכך נטרלנו הבדלים בין ענף לענף באופי ובאורך החיים של השקעות במכונות. המדד מראה שונות רבה יחסית בין שנה לשנה. ברגרסיה מצאנו שקומבינציה של 0.75 ממדד 3 ו-0.25 ממדד 4 (להלן מדד U) נתנו את התוצאות הטובות ביותר ברגרסיה. ראו איור נ-1.1 המתאר את U לכל אחד מהענפים.

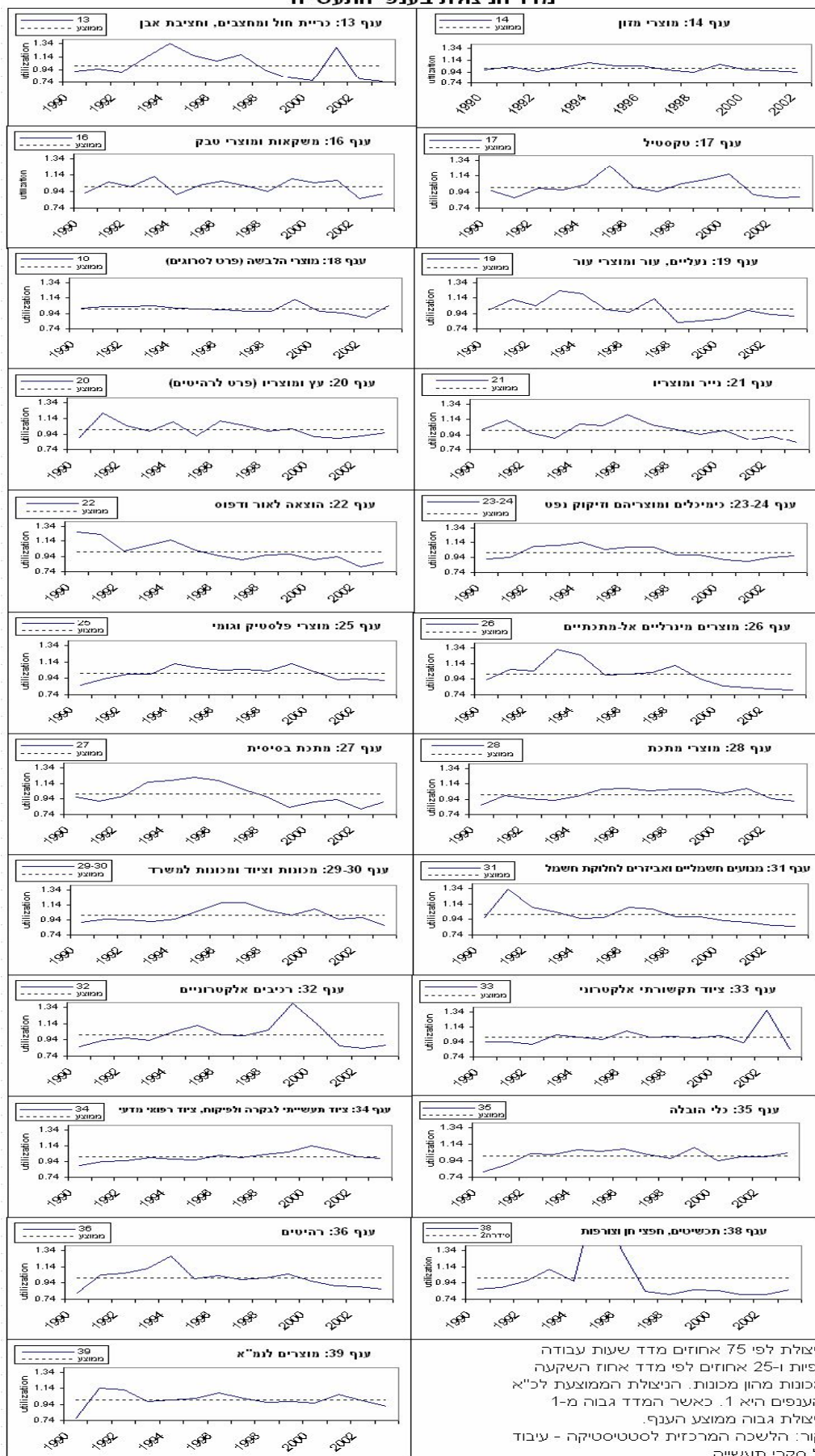
מבדיקה שערכנו ממוצע המיתאמים בין ה- U ים הענפיים הוא 0.23. משמע שיש גם רכיב משותף בין הניצולות וגם רכיב שאינו משותף. (אילו מצאנו מיתאם גבוה מאוד היינו מסיקים שכל הניצולת היא משותפת בין כל הענפים, ולכן אין צורך במשתנה ניצולת נפרד לכל אחד מהענפים. במילים אחרות, אין

צורך ב-U, משום שהניצולת המשותפת כבר מובאת בחשבון ב-t). בדיקה נוספת שנערכה היא אם הניצולת אכן אומדת את הניצולת). לשם כך אמדנו את מחזור העסקים של התוצר התעשייתי. מצאנו את המגמה של תוצר התעשייה הכולל על פי מסנן HP. בחלק מהתקופה התוצר בפועל גבוה ממגמתו, ובחלק מהתקופה הוא נמוך ממנה. אנו מצפים שמדדי הניצולת הענפיים יהיו, בממוצע, מתואמים חיובית עם התוצר בפועל פחות המגמה. מהבדיקה שערכנו אכן נתקבל מיתאם חיובי – 0.27, בממוצע – בין כל אחד מאומדני הניצולת הענפית לבין התוצר פחות המגמה¹⁸.

במילים אחרות: מצאנו כי הניצולת אכן משפיעה על פער התוצר בתעשייה בכללה – משמע שככל שהתוצר בפועל גבוה ממגמתו הניצולת גבוהה יותר – וכי הניצולת שונה מענף לענף. מטעמים אלה חשוב להתחשב בניצולת בחישוב שירותי התשתית כלומר להכפיל את G ב-U הענפי.
המקור: הלמ"ס ודוחות סטטיסטיים שנתיים של חברת חשמל לשנים 1990-2003.

¹⁸ תוצאות הקורלציה בין U הענפי למחזור העסקים התעשייתי שוקללו לפי משקל התוצר הענפי בתוצר התעשייתי הכולל. תוצאות אלה ניתן לקבל מן המחבר.

מדד הניצולת בענפי התעשייה



הניצולת לפי 75 אחוזים מדד שעות עבודה ענפיות ו-25 אחוזים לפי מדד אחוז השקעה במכונות מהון מכוונות. הניצולת הממוצעת לכ"א מהענפים היא 1. כאשר המדד גבוה מ-1 הניצולת גבוה ממוצע הענף. מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה - עיבוד של סקרי תעשייה

בניית ההון הענפי: ההון המחושב כאן הוא ההון הגולמי לפי גישת שירותי ההון. K_{ij} הוא ההון הענפי הגולמי, כאשר i הוא הענף ו- j – המכונות, המבנים, וכלי הרכב $j=1, 2, 3$. ההון הענפי מורכב מהון המבנים, המכונות וכלי הרכב בפירוט של 23 ענפי התעשייה¹⁹. הבסיס לחישוב ההון הוא סקר מלאי ההון הקבוע והגולמי בתעשייה 1.1.1992 (הלמ"ס). סקר זה מבוסס על תת מדגם של מדגם סקר התעשייה לשנת 1991. היות שיש הבדלים הן בתפוקה והן במספר השכירים בין סקר התעשייה לשנת 1992 לבין תת-המדגם בסקר מלאי ההון, המתייחס אף הוא לשנת 1992, היה עלינו לתקן את ההון מסקר מלאי ההון כדי להתאימו לסקר התעשייה. 50 אחוזים מהתיקון הם בגין ההבדל בתפוקה, ו-50 אחוזים – בגין ההבדל במספר השכירים. לדוגמה: בענף מסוים מספר השכירים על פי סקר מלאי ההון גבוה ב-5 אחוזים, והתפוקה – ב-3 אחוזים. לכן הפחתנו ב- $0.5*5+0.5*3=4\%$ את ההון מסקר מלאי ההון כדי להתאימו לסקרי תעשייה. כך חישבנו את ההון ששימש את המפעלים לפי סקר התעשייה 1992.

- גרט – הנחנו שאורך חיים של מבנים הוא 25 שנים; של כלי רכב ומכונות – על פי המקובל בענפים השונים. הגרט חושב בהנחה שחלק מההון נגרט לפני המועד, חלק נגרט במועד וחלק – אחריו. מאחר שאין די שנים של השקעות כדי לחשב גרט, נלקח שיעור הגרט מההון לכל שנה וענף כפי שהוא חושב על פי הסיווג האחיד של 1970. נתונים אלה עובדו על ידי רוני פריש (ממחלקת מחקר בבנק ישראל). עבור השנים האחרונות של המחקר היה ניתן לבנות גרט של מכונות וכלי רכב מההשקעות שנגרטו, ללא שימוש בשיעור הגרט מההון.

- השקעות – ההשקעות התקבלו מסקרי תעשייה של הלמ"ס לשנים 1990-2003.
- הטיפול בהון שכור: בגישת שירותי הון. ההון השכור מהווה הון משום שהוא משמש בייצור. בסקר מלאי ההון אין הפרדה של מלאי הון שכור לבין מבנים וציוד. אנו נוהגים לפי ההנחיה בסקר – מייחסים 75 אחוזים מההון השכור למבנים ו-25 אחוזים למכונות.
- ההון שבו השתמשנו בשנה t מורכב ממוצע של ההון בתחילת אותה שנה t לבין תחילת השנה $t+1$. לבסוף נבדקה תקפות נתוני המלאי: נבדק המיתאם בין הגידול של מלאי ההון התעשייתי הכולל שחושב כאן לנתוני המלאי התעשייתי על פי החשבונאות לאומית. המיתאם שנמצא הוא 0.92²⁰.

w_M – **מחיר תשומות הביניים:** המדד מביא בחשבון את סכסוד תשומות הביניים בכל ענף שניתן באמצעות התמיכות הממשלתיות והחוק-ממשלתיות במו"פ. המקור – הלמ"ס.

w_L – **מחיר תשומת העבודה:** נתון זה התקבל מנתוני שכר העבודה הכולל, שחולק במספר שעות העבודה. הובאה בחשבון תמיכה במו"פ, המסבסדת, בין היתר, את שכר העבודה. (פירוט ראו בהמשך). המקור – הלמ"ס.

W_{kij} – **מחיר שכירת שירותי הון אחרי מס:**

¹⁹ ההון הענפי דרוש לשם חישוב עלות ההון בפונקציית העלות הענפית (C), וכן לחישוב מחירים של שירותי ההון.
²⁰ תוצאות אלה ניתן לקבל מהמחבר.

$$q_{kij}(r + \delta_{ij}) \frac{[(1 - u_i \cdot Z_{ij}(1 - g_{ij}) - h_{ij})]}{1 - u_i} = W_{kij} \quad (א)$$

$j=1, 2, 3=$

הסבר מפורט לנוסחה זו ראו אצל (1999 Bergman Fuss and Regev pp.83) ו- (1994 Nadiri, Mamuneas pp.26).

q_{kij} – **הדפלטור של ההון הפרטי**: מתקבל מנתוני החשבונאות הלאומית בלמ"ס על מחירי ההון (מבנים ציוד ורכב) ועיבודי בנק ישראל (רוני פריש, מחלקת המחקר).

W_{kij} הוא שיעור העלות של יחידת הון. היות שההון הפרטי נמדד במונחים קבועים, הרי כדי לקבל את עלות שירותי ההון השוטפת יש לשקלל את השינוי במחיר ההון הפרטי. לכן העלות השוטפת של שירותי ההון בענף היא: (ההון הפרטי במחירים קבועים שנת X) $W_{kij} \cdot X$. נתון זה משמש בחישוב העלות השוטפת C וכן בחישוב $W_K \cdot S_K$ – המחיר המשוקלל של שכירת שירותי הון של מכונות מבנים וכלי רכב (כולל השינוי במחיר ההון).

r – **שיעור הריבית**: שיעור הריבית על אשראי חופשי שניתן לציבור במהלך החודש, מעל 2 שנים ועד חמש שנים, מט"י צמוד למדד (ממוצע נע שנתיים). המקור: נתוני בנק ישראל.

δ_{ij} – **פחת**: הפחת על מכונות הוא בין 10 ל-15 שנה תלוי בענף על פי המקובל במחלקת המחקר בבנק ישראל. פחת רכבים 7 שנים ומבנים 25 שנה. המקור: בנק ישראל, מחלקת מחקר.

$$Z_{ij} = \frac{1}{r_i T_{ij}} (1 - e^{-r_i T_{ij}}) - Z_{ij}$$

מס, כאשר T_{ij} הוא אורך החיים לצורך מס של j (מכונה, מבנה או כלי רכב) בענף i. הפחת לצורך מס מחושב מ"תקנות פחת מואץ", "תקנות פחת 1941, חוקי עידוד" ותקנות אחרות. לכל ענף ושנה בחרנו את הפחת המרבי האפשרי. הואיל ואנו מעוניינים בערך הנוכחי של ההטבה לצורך חישוב שיעור העלות של יחידת הון, לא מההשקעה של שנה מסוימת, נלקח ממוצע נע של הפחת לשש השנים האחרונות²¹. הממוצע הנע על נתוני הריבית הוא לשנתיים בלבד r_i (בהעדר נתוני ריבית לפני 1989).

u_i – **מס על הרווחים**: ממוצע נע של שש השנים האחרונות של שיעור מס החברות המשוקלל בין חברות המשלמות מס מלא לחברות מאושרות המשלמות מס חלקי.

תמיכות שונות, g ו-h, (ראו נוסחה א' בנספח), משפיעות הן על העלות הענפית והן על הרכב העלויות השונות בתוך הענף (התמיכה עבור הון, עבודה או תשומות ביניים):

g – **שיעור המענק לענף מסוים בשנה מסוימת, ממוצע שש השנים האחרונות**: תמיכה בהון בלבד – מכונות ומבנים – מכוח החוק לעידוד השקעות הון; תמיכה בהון, בתשומות ביניים ובעבודה – מכוח האמצעים לעידוד המו"פ. שיעור המענק על הון מכונות ומבנים מורכב ממוצע נע של המענק על ההשקעה בשש השנים האחרונות. שיעור המענק ובנה מנתוני ההשקעות מכוח החוק לעידוד השקעות הון, אשר

²¹ נתוני השקעות של השנים 1985-1990 הרלוונטיים לשנת 1990 נלקחו מסקר מלאי הון הקבוע והגולמי בתעשייה 1.1.1992 היות ואין נתוני השקעות בתעשייה על פי הסיווג החדש לשנים שלפני 1990.

דווחו ופורטו לפי הענף והסוג (מכונות או מבנים) ומנתוני ביצוע תקציב המענקים. המקור: דוחות מרכז ההשקעות לשנים שונות ונתוני הלמ"ס על התמיכה במו"פ.

h – שיעור הסובסידיה הכוללת לענף מסוים: חלק מהסובסידיה הוא במענק, וחלק – במסלולים אחרים. הטבות במסים, מסלול הלוואות מסובסדות ומסלולים משולבים. לצורך המחקר הנחנו שמפעל שקיבל סובסידיה שלא באמצעות מענק היה אדיש בין מסלול זה לבין מענק. לכן כדי לדעת את h , ניפחנו את סדרת המענקים לפי חלק יחסי של "ההשקעות שדווחו" במסלולים האחרים כך שהיא תביא בחשבון גם את המסלולים האלה. הסובסידיה על ההון במכונות ובמבנים מורכבת ממוצע נע של הסובסידיה על ההשקעה בשש השנים האחרונות. המקור: דוחות מרכז ההשקעות לשנים שונות ונתוני הלמ"ס על תמיכה במו"פ.

הסבר מפורט על נתוני מרכז ההשקעות: החוק לעידוד השקעות הון – נתוני מרכז ההשקעות התקבלו מחוברות שנתיות של המרכז. נתקבלה סדרת נתוני ההשקעות שדווחו, אשר סווגה מחדש לפי 23 ענפי תעשייה²². נוסף על כך קיבלנו סדרת מענקים (ביצוע תקציב המענקים במרכז ההשקעות). משתי סדרות אלה, ניתן לבנות סדרה של מענקים לפי הענף, סוג ההון – המכונות או המבנים – השנה והחלק של המענק g מכלל ההטבה h . הסובסידיות מכוח החוק לעידוד השקעות הון וכן המענקים שתומכים במו"פ לא נזקפו לעלויות, כלומר לא הקטינו את העלות בנתונים המקוריים של סקרי התעשייה, ולכן יש לזקוף אותם לעלויות.

חישוב g ו- h מנתוני מרכז ההשקעות לענפים השונים נעשה ללא התחשבות בסיווג אזורי הפיתוח כלומר הנחתי שההשקעות בכל ענף מתפלגות באופן אחיד: בכל ענף הונח אותו תמהיל של אזורי פיתוח, וכך גם לגבי מסלולים אחרים (לא מענקים).

הסבר מפורט על נתוני התמיכה במו"פ: מהלמ"ס התקבלו נתוני התמיכה הענפיים במו"פ לסוגיה השונים (מימון מהמדען הראשי, מימון מקרנות בין-לאומיות (ישראל אמריקה, בירד וכיו"ב) ומימון ממקור ממשלתי אחר (למשל משרד הקליטה). נתונים אלה סווגו לפי השקעות, תשומות ביניים ועבודה (חלק מ- g ולכן גם חלק מ- h).

C_i – העלות השנתית הכוללת (הון, עבודה ותשומות ביניים) לענף במחירים שוטפים: זו מורכבת מהשכר הכולל פחות סכסוד השכר (מו"פ), העלות הכוללת של התשומות פחות סכסוד התשומות (מו"פ) וההון במחירים קבועים, המוכפל ב- W_k (מחיר שכירת ההון לאחר מס). ההון כולל את הון הציוד, המבנים וכלי הרכב. ומחיר שכירת ההון כולל את הסובסידיות השונות מניח ההון לחוק עידוד השקעות הון, התמיכה במו"פ, ותקנות מס ופחת.

Y_i – התפוקה של ענף i במחירים קבועים: (מחירי שנת 2000). המקור: הלמ"ס.

²² כאשר הסיווג של ההשקעות שדווחו ממרכז ההשקעות אינו תואם את הסיווג האחד של ענפי הכלכלה משנת 1993, נעזרנו בהשקעות בפועל מסקרי תעשייה כדי לסווג את ההשקעות שדווחו לפי הסיווג האחד.

נספח 2: השייך הטכנולוגי של ענפי התעשייה

העוצמות הטכנולוגיות		
טכנולוגיה עילית	טכנולוגיה מעורבת	טכנולוגיה מסורתית
מכונות וציוד, ומכונות למשרד	כריית חול ומחצבים	מוצרי מזון
מנועים חשמליים ואביזרים	כימיקלים ומוצריהם,	משקאות ומוצרי טבק
לחלוקת השמל	וזיקוק בפט	טקסטיל
רכיבים אלקטרוניים	מוצרי פלסטיק וגומי	מוצרי הלבשה (פרט לסרוגים)
ציוד תקשורת אלקטרוני	מוצרים מינרליים	נעליים, עור ומוצרי עור
ציוד תעשייתי לבקרה ולפיקוח,	אל-מתכתיים	עץ ומוצריו (פרט לרהיטים)
ציוד רפואי	מתכת בסיסית	נייר ומוצריו
	מוצרי מתכת	הוצאה לאור ודפוס
	כלי הובלה	רהיטים
	תכשיטים, חפצי חן	
	וצורפות	
	מוצרים לבמ"א	

מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

נספח 3

אומדים לפרמטרים של מערכת פונקצית עלות (322 תצפיות ו-79 פרמטרים) (סגירת התקן בסוגריים מתחת לאומדן)

capital share Pseudo R ²	labor share Pseudo R ²	פונ' עלות Pseudo R ²	α_T	α_G	α_Y	α_L	α_K	α_M	cons	ענפי משנה	סמל
0.9105	0.7248	0.9933	-	-	1.599 (0.069)	0.481 (0.013)	0.696 (0.091)	-0.177 (0.092)	-1.357 (0.272)	כריתת חול ומחצבים	13
0.9787	0.9631	0.9999	-0.0124 (0.002)	-0.191 (0.044)	1.908 (0.092)	0.481 (0.013)	0.602 (0.092)	-0.083 (0.093)	-1.357 (0.272)	מוצרי מזון	14-15
0.8138	0.9769	0.9963	-0.012 (0.002)	-0.129 (0.017)	1.795 (0.077)	0.453 (0.013)	0.563 (0.092)	-0.016 (0.093)	-1.357 (0.272)	משקאות ומוצרי טבק	16
0.9574	0.3342	0.9906	-0.048 (0.002)	0.063 (0.002)	1.599 (0.069)	0.503 (0.014)	0.598 (0.092)	-0.101 (0.093)	-1.357 (0.272)	טקסטיל	17
0.9619	-	0.9962	-0.039 (0.002)	-0.078 (0.018)	1.748 (0.077)	0.511 (0.014)	0.545 (0.092)	-0.056 (0.093)	-1.357 (0.272)	מוצרי הלבשה (פרט לסרטים)	18
0.9653	0.5078	0.9998	-0.039 (0.002)	-0.034 (0.016)	1.671 (0.075)	0.458 (0.012)	0.520 (0.186)	0.022 (0.093)	-1.357 (0.272)	נעליים, עור ומוצרי עור	19
0.7184	0.8124	0.9993	-0.023 (0.002)	-0.129 (0.017)	1.802 (0.078)	0.481 (0.013)	0.537 (0.092)	-0.018 (0.093)	-1.357 (0.272)	עץ ומוצרי (פרט לרהיטים)	20
0.9185	0.8611	0.9926	-	-0.129 (0.017)	1.778 (0.077)	0.481 (0.013)	0.570 (0.092)	-0.050 (0.093)	-1.357 (0.272)	נייר ומוצרי	21
0.8983	0.9719	0.9981	-	-0.041 (0.020)	1.671 (0.075)	0.587 (0.014)	0.587 (0.092)	-0.174 (0.093)	-1.357 (0.272)	הוצאה לאור ודפוס	22
0.5956	0.9790	0.9997	-0.016 (0.002)	-0.191 (0.044)	1.913 (0.092)	0.481 (0.013)	0.598 (0.092)	-0.079 (0.093)	-1.357 (0.272)	כימיקלים ומוצריהם, וזיקוק נפט	23-24
0.9671	0.8135	0.9993	-0.012 (0.002)	-0.100 (0.018)	1.778 (0.077)	0.498 (0.015)	0.620 (0.092)	-0.118 (0.093)	-1.357 (0.272)	מוצרי פלסטיק וגומי	25
0.9284	0.9592	0.9956	-0.039 (0.002)	-0.078 (0.018)	1.778 (0.077)	0.453 (0.013)	0.620 (0.092)	-0.073 (0.093)	-1.357 (0.272)	מוצרים מינרליים אל-מתכתיים	26
0.8690	0.9458	0.9949	-0.023 (0.002)	-0.079 (0.018)	1.748 (0.077)	0.435 (0.013)	0.550 (0.092)	0.015 (0.093)	-1.357 (0.272)	מתכת בסיסית	27
0.8382	0.9683	0.9975	-	-0.261 (0.041)	1.963 (0.085)	0.596 (0.015)	0.622 (0.092)	-0.218 (0.093)	-1.357 (0.272)	מוצרי מתכת	28
0.9616	0.9316	0.9978	-0.033 (0.002)	0.053 (0.002)	1.599 (0.069)	0.587 (0.014)	0.555 (0.092)	-0.143 (0.093)	-1.357 (0.272)	מכונות וציוד, ומכונות למשרד	29-30
0.8003	0.6686	0.9516	-0.011 (0.002)	-0.261 (0.041)	1.982 (0.088)	0.518 (0.014)	0.550 (0.092)	-0.068 (0.093)	-1.357 (0.272)	מונעים חשמליים ואביזרים לחלוקת חשמל	31
0.8176	0.6805	0.9970	0.021 (0.003)	0.053 (0.002)	1.522 (0.069)	0.548 (0.014)	0.667 (0.092)	-0.215 (0.093)	-1.357 (0.272)	רכיבים אלקטרוניים	32
0.9760	0.8542	0.9942	-0.011 (0.002)	-0.027 (0.002)	1.691 (0.070)	0.587 (0.014)	0.550 (0.092)	-0.137 (0.093)	-1.357 (0.272)	ציוד תקשורת אלקטרוני	33
0.4404	0.9662	0.9993	-0.025 (0.003)	-	1.691 (0.070)	0.661 (0.016)	0.587 (0.092)	-0.248 (0.093)	-1.357 (0.272)	ציוד תעשייתי לבקרה ולפיקוח, ציוד רפואי	34
-	0.9752	0.9954	-0.041 (0.002)	0.063 (0.002)	1.599 (0.069)	0.688 (0.014)	0.579 (0.092)	-0.267 (0.093)	-1.357 (0.272)	כלי הונלה	35
0.9686	0.8025	0.9891	-0.011 (0.002)	-0.041 (0.020)	1.671 (0.075)	0.506 (0.014)	0.579 (0.092)	-0.085 (0.093)	-1.357 (0.272)	רהיטים	36
0.8860	0.9825	0.9987	-0.016 (0.002)	-0.084 (0.039)	1.724 (0.094)	0.408 (0.013)	0.521 (0.091)	0.070 (0.092)	-1.357 (0.272)	תכשיטים, חפצי חן וצורפות	38
0.7239	0.3874	0.9997	-0.033 (0.002)	-	1.599 (0.069)	0.481 (0.013)	0.538 (0.092)	-0.018 (0.093)	-1.357 (0.272)	מוצרים למלא	39
			-0.018 (0.001)	-0.071 (0.010)	1.732 (0.073)	0.517 (0.013)	0.581 (0.092)	0.089 (0.006)	-1.357 (0.272)	ממוצע תעשייה	

אומדים שאין להם Dummy לענף
 c_{MY} c_{MT} c_{KM} c_{ML} c_{MM} α_T α_{LT} α_{LY} α_{LG} α_{KT} α_{KG} α_{KY} α_{KL} α_{LY} α_{LL} α_{KK}
 0.054 -0.004 -0.057 -0.042 0.099 0.004 -0.003 -0.028 - 0.007 -0.028 -0.026 -0.068 -0.115 0.110 0.125
 (0.003) (0.001) (0.009) (0.010) (0.014) (0.000) (0.000) (0.001) - (0.001) (0.009) (0.003) (0.007) (0.009) (0.010) (0.009)

capital share: chi_square=2527.06, labor share: chi_square=4512.95, פונקצית עלות: chi_square=329123.06

בדיקות אקונומטריות נוספות: במודל קיימים גם משתנים סטציונריים וגם משתנים לא-סטציונריים. בדקנו שהשארית ברגרסיה של המשתנים הלא-סטציונריים:

$$\left(\ln Y ; \ln UG ; t ; (\ln Y)^2 ; (\ln UG)^2 ; t^2 ; \ln \tilde{w}_K \ln Y ; \ln \tilde{w}_K \ln UG ; \ln \tilde{w}_K t ; \ln \tilde{w}_L \ln Y ; \ln \tilde{w}_L \ln UG ; \ln \tilde{w}_L t ; \ln Y \ln UG ; \ln Yt ; \ln UGt \right)$$

על $\ln \tilde{C}$ היא סטציונרית. זה תנאי הכרחי לקיומה של קואינטגרציה מסוג Granger Angle בין המשתנים הלא סטציונריים. התוצאה הייתה שבכל מבחני ה-panel unit root המקובלים – מסוג Common ומסוג Individual – דחינו את השערת האפס ל-unit root.

בדקנו גם את סיבתיות גרנג'ר על כל המשתנים הסטציונריים:

$$\left(\ln \tilde{w}_K; \ln \tilde{w}_L; (\ln \tilde{w}_K)^2; (\ln \tilde{w}_L)^2; \ln \tilde{w}_K \ln \tilde{w}_L \right)$$

זאת משום שאם המשתנים הסטציונריים הם אקסוגניים, ניתן להכליל אותם באותה משוואת רגרסיה עם המשתנים הלא-סטציונריים הקואינטגרטיביים. קיבלנו, כפי שרצוי, שלא ניתן לדחות את השערת האפס כי המשתנה התלוי ($\ln \tilde{C}$) אינו סיבתי granger של המשתנים הסטציונריים, וכן דחינו את השערת האפס שהמשתנים הסטציונריים אינם סיבתיים granger של $\ln \tilde{C}$. מכאן שסיבתיות גרינג'ר הוא מהמשתנים הסטציונריים ל- $\ln \tilde{C}$.