

הערכת יעילות העברת הטכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה: התפקיד של תמריצים מוסדיים ומסורות חקיקתיות*

אלברט נ. לינק ודונלד ס. סיגל

באמצעות שילוב של מתודות כמותיות ואיכותיות אנו מעריכים את ההשפעה של תמריצים מוסדיים ושל מסורות חקיקתיות על יעילות העברת הטכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה. הניתוח האקונומטרי מבוסס על מסגרת של פונקציית מגבלת ייצור סטוכסטית (stochastic frontier production function) המסייעת לנו להעריך את היעילות היחסית של האוניברסיטאות בהעברת הטכנולוגיות לפרמות. אנו גם עושים שימוש בפונקציית מרחק (distance function) המאפשרת לנו למדל ייצור משותף של תוצרים שונים של הטכנולוגיות המועברות מהאוניברסיטאות לתעשייה. התוצאות האמפיריות (המאוד) ראשוניות מצביעות על כך שאוניברסיטאות בעלות ותק רב (land-grant universities) עשויות להיות יעילות יותר בהעברת טכנולוגיות לפרמות, ייתכן כיוון שהן נהנות ממסורת ארוכת שנים של קשרים עם הסקטור הפרטי. כמו-כן, אוניברסיטאות המאופיינות במבנה תמריצים מוסדי אטרקטיבי יותר – הקצאה נדיבה יותר של התשלומים לחברי הפקולטה – נוטות גם הן להיות יעילות יותר בפעילויות הכרוכות בהעברת הטכנולוגיות. לכן, אפשר שגורמים מוסדיים ותמריצים ארגוניים הם חשובים, במונחים של הסברת יעילות העברת טכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה.

א. מבוא

הגידול שאנו עדים לו לאחרונה בהעברת טכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה, באמצעות מנגנונים שונים כהסכמי הרשאה, מיזמי מחקר משותפים וחברות הזנק (Start-Up) של האוניברסיטאות, הוא בעל השלכות חשובות במישור הניהול השוטף וכן בהיבטים הקשורים בקביעת המדיניות. בנוגע לניהול של הטכנולוגיות חשוב לציין שהניהול הפורמלי של זכויות הקניין הרוחני הוא תופעה חדשה יחסית ברוב האוניברסיטאות. לכן קיימת מידה לא מועטה של חוסר ודאות בקרב האוניברסיטאות בנוגע למבנה הארגוני האופטימלי שלהן ובנוגע לתלות של יעילות העברת הטכנולוגיות בגורמים מוסדיים וסביבתיים שאינם מצויים בשליטת האוניברסיטאות.

* דברים שנאמרו בדיון בערב עיון לזכרו של יעקב לוינסון שנערך במכללה האקדמית ת"א-יפו.

ביחס למדיניות הנוגעת לטכנולוגיה, פקידי הממשל והמחוקקים, הרואים בהעברת הטכנולוגיות כמנגנון לעידוד צמיחה ופיתוח אזורי, מחפשים כלי מדיניות שיאפשר גלישה של טכנולוגיה וישפרו את יעילות העברת הטכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה. באופן דומה, ברמה הלאומית, קיים עיסוק בקצב הגלישה והפעפוע של הידע הטכנולוגי הקיים באוניברסיטאות, ושל ההיצע הנצבר בעקבות המחקר והפיתוח המתבצע באוניברסיטאות לפרמיות. בנוסף, עולות שאלות בנוגע להשפעה של העברת הטכנולוגיות לפרמיות על מידת התחרותיות העולמית של פרמיות אמריקניות.

לרוע המזל, קיימים ממצאים אמפיריים מועטים העשויים לסייע בקבלת ההחלטות הניהוליות וההחלטות בדבר המדיניות הציבורית הראויה. המטרה של מחקר זה היא למלא את החלל, וזאת בהסתמך על ניתוח איכותי וכמותי של החשיבות היחסית של הגורמים הסביבתיים, המוסדיים, והארגוניים המסבירים את השונות ביעילות של העברת הטכנולוגיות מן האוניברסיטה לפרמיות. המדדים ליעילות יחסית נבנו על סמך סקרי יסוד שנערכו על-ידי האגודה של מנהלי טכנולוגיות באוניברסיטה (AUTM), הכוללים מידע על "התשומות" והתפוקות" בתהליך העברת הטכנולוגיות לתעשייה. אנו נשלים את הניתוח האקונומטרי באמצעות תוכנות מריאיונות שדה שערכנו בחמש אוניברסיטאות מחקר בשני אזורים שונים בארצות-הברית.

מבנה המאמר הוא כדלקמן: החלק השני מציג את המסגרת האקונומטרית המשמשת אותנו להעריך את השונות ביעילות של העברת הטכנולוגיות מהאוניברסיטאות לתעשייה ולהסביר אותן. החלק השלישי מתאר את מחקר השדה שערכנו, שנערך כדי לזהות גורמים מוסדיים וארגוניים שעשויים להסביר חלק מהשונות בין האוניברסיטאות בהעברת הטכנולוגיות. התוצאות האמפיריות מוצגות בחלק הרביעי. החלק האחרון של המאמר מציע מסקנות ראשוניות ומצביע על כיווני מחקר נוספים.

ב. מדידה של יעילות יחסית וניתוחה

המסגרת המשמשת אותנו לבניית המדדים בעבור יעילות יחסית מבוססת על אמידה של מגבלות סטוכסטיות, אשר פיתחו באופן עצמאי (Aigner, Lovell and Schmidt (1977) וכן (Meeusen and Van den Broeck (1977). שיטה זו מבוססת על מגבלת ייצור (או עלויות) בתוספת גורם טעות סטוכסטי המורכב משני רכיבים: טעות מקרית רגילה ("רעש לבן") וכן רכיב המייצג סטייה מהגבול או בעצם אי-יעילות יחסית. נתחיל עם פונקציית הייצור של תוצר יחיד המאופיינת כ:

$$(1) \quad Y_i = X_i \beta + \varepsilon_i$$

כאשר הסימון i מתייחס לאוניברסיטה ה- i , y מייצג את התוצר של העברת הטכנולוגיות מהאוניברסיטה לתעשייה, X הוא וקטור של גורמי ייצור, β הוא וקטור מקדמים בלתי ידוע של הוקטור ε הוא הטעות המורכבת משני רכיבים: $\varepsilon_i = (V_i - U_i)$ כאשר U_i הוא טעות א-שלילית המייצגת חוסר יעילות טכנית או כשלון לייצר תפוקה מקסימלית באמצעות התשומות בהן עשו שימוש. V_i הוא רכיב טעות סימטרי המושפע מגורמים רנדומליים. ניתן לכתוב את משוואה (1) גם כ:

$$(1a) \quad y_i = X_i \beta + V_i - U_i$$

באופן עקבי עם Aigner, Lovell and Schmidt (1977) או מניחים כי U_i ו- V_i מתפלגים באופן הבא:

$$U_i \sim \text{i.i.d.} : N(0, \sigma_v^2)$$

$$U_i \sim \text{i.i.d.} : N^+(0, \sigma_u^2), U_i \geq 0$$

ההנחה היא שרכיב חוסר היעילות, U_i , מתפלג חצי נורמלית – דהיינו שהאוניברסיטאות מצויות או "על המגבלה" או מתחתיה.¹ פרמטר חשוב במודלים של מגבלות סטוכסטיות הוא היחס בין שונות חוסר היעילות הטכנית לבין שונות הרעש הסטטיסטי, $y = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$, אשר מוגבל בין 0 ל-1. ניתן לראות כי $y=0$ תחת השערת האפס של היעדר חוסר יעילות, שמשמעותו שכל השונות הנצפית בטעות הנמדדת מקורה ברעש סטטיסטי. הרחבה חשובה של הספרות על מגבלות סטוכסטיות (Pitt and Lee 1981) היא האפשרות להתאים גורמים קבועים את חוסר היעילות הטכנית לתוך המודלים הללו. ההרחבה הזו הכרחית לניתוח שלנו כיוון שמטרה מרכזית של המחקר שלנו היא "להסביר" סטיות מהמגבלת הייצור (כלומר חוסר יעילות יחסית בהעברת טכנולוגיות מאוניברסיטאות לתעשייה). באופן עקבי עם Kumbhakar, Ghosh and McGuckin (1991) וכן עם Reifschneider and Stevenson (1991), או משערים כי ה- U_i מתפלגים באופן עצמאי כמו סטיות מאפס של ההתפלגות $N(m_i, \sigma_u^2)$ כאשר:

$$(2) \quad m_i = Z_i \delta$$

כאשר Z הוא וקטור של משתנים סביבתיים, מוסדיים וארגוניים שניתן להניח שבאפשרותם להשפיע על היעילות היחסית ו- δ הוא וקטור פרמטרים.² כפי שהציגו Battese and Coelli (1995) אמידה סימולטנית של משוואות מגבלת ייצור וחוסר יעילות (משוואות (1a) ו-(2) על-ידי שיטות ניראות מקסימלית (maximum likelihood) מניבה אומדן של וקטורי הפרמטרים β ו- δ . ניתן לעשות שימוש בהם לשם חישוב אומדנים ליעילות יחסית. המחברים גם מציינים ששיטה זו היא עדיפה על גישת שני שלבים, המחייבת חישוב אומדנים של יעילות יחסית ולאחר מכן רגרסיות OLS בעבור מערכת של גורמים קבועים המתייחסים לרמה יחסית של חוסר יעילות. הבעיה עם גישת שני השלבים היא האומדנים הלא עקביים המתקבלים בעזרתה, וזאת כיוון שההנחה היא שהשפעות חוסר היעילות בשלב הראשון של המודל הם i.i.d. ובשלב השני ההנחה היא שהן פונקציה של גורמים ייחודיים לכל אוניברסיטה.

1. הנחות נוספות הנוגעות לרכיב של חוסר היעילות הקיימות במודל הן נורמליות, אקספוננציאליות וקטומות (בהקשר זה (Sena (1999).

2. כפי שנדון אצל Battese and Coelli (1995), מודל זה מתאים גם לנתוני פאנל.

במאמר מוקדם (Siegel, Waldman, and Link 1999), ציינו כי לכמה אוניברסיטאות יש מגוון מטרות או תוצרים של העברת טכנולוגיות. שימוש בפונקציות מרחק (Lovell (1993) and Fare (1994) נעשה כדי למדל ייצור משותף של מספר תוצרים. כפי שתוארו Grosskopf (1997) ואחרים מודלים אלו מבוססים על ההנחה שהקשר בין תשומות לתוצרים יכול להיות מוצג על-ידי פונקציית טרנספורמציה T , כאשר $T(X, Y) = 0$ מציין את הגבול או את מגבלת הייצור כפונקציה של וקטור של תשומות (X) ותוצרים (Y) .³ ניתן לבטא קשר זה על-ידי הגדרה של טכנולוגיית ייצור תוך שימוש במערכת תוצרים, $P(X)$, המציין את וקטור התוצרים, שניתן לייצר בעזרת גורמי הייצור $Y \in R_+^M$

$$P(X) = \{Y \in R_+^m : X \text{ can produce } Y\} \quad \text{או:}$$

בהתאם ל-Lovell (1994) ואחרים ניתן להגדיר את פונקציית המרחק של התוצר:

$$(3) \quad D_0(X, Y) = \min \{\theta : (T | \theta) \in P(X)\}$$

אשר מגלמת את המשלים של ההרחבה הפרופורציונלית המרבית של וקטור התוצר Y , בהינתן וקטור התשומות X , כאשר $P(X)$ מייצג את קבוצת אפשרויות הייצור שבדרך-כלל מגדיר את טכנולוגיית הייצור.

ניתן לראות שאם $D_0 = 1$ וכן קיים תוצר יחיד בלבד נקבל פונקציית ייצור סטנדרטית. אם $D_0 \neq 1$ וקיימים מספר תוצרים ניתן לראות בכך פונקציית ייצור של מספר תוצרים. אם $D_0 \neq 1$ פונקציית המרחק משלבת רכיב חד-צדדי של חוסר יעילות, זאת בנוסף לרכיב הטעות הרנדומלי הסטנדרטית, שגם אותו ניתן לאמוד באמצעות שיטות של מגבלות סטוכסטיות (כפי שתואר לעיל). בהתאם ל-Lovell (1994) ואחרים אנו ניזקק להנחות הבאות: $D_0(X, Y)$ היא פונקציה שאינה יורדת, הומוגנית לינארית חיובית וקמורה ב- Y ויורדת ב- Y .

ניתן לפרש, פונקציית מרחק בעבור התוצר יכולה להתפרש כפונקציית ייצור מרובת תוצרים, המשלבת חוסר יעילות או סטיות ממגבלת הייצור. כלומר, כאשר אוניברסיטה נמצאת על מגבלת ההעברה הטכנולוגית קיים "מרחק אפס" בינה לבין המגבלה. אולם, אם האוניברסיטה נמצאת "מחוץ" לפונקציה אז הערך של פונקציית המרחק מייצג את הסטייה מן המגבלה של "הביצוע המושלם".

שתי סוגיות קריטיות נוספות העולות בהקשר אמידתה של פונקציית הייצור עולות גם בפונקציות המרחק. הראשונה היא אם לעשות שימוש בשיטות נונ-פרמטריות (למשל, ניתוח של מעטפת המידע (DEA) או באמצעות שיטות של אמידה פרמטרית כשיטת הגבול הסטוכסטי.⁴ אנו כבר פתרנו סוגיה זו לטובת גישת הגבול הסטוכסטי וזאת בהינתן בכוננתנו לבחון השערות המתייחסות לפרמטרים של פונקציית הייצור/מרחק (וכך לאמוד יתרונות לגודל) וכן את הגורמים הקובעים את הפיריון היחסי (הערכה של החשיבות היחסית של גורמים ארגוניים ומוסדיים).

3. הביטוי נהפך ל- $0 = Y - f(X)$ בעבור פונקציית ייצור של תוצר יחיד.

4. Thursby and Kemp (1998) וכן Thursby (2000) משתמשים ב-DEA כדי להעריך יעילות יחסית של העברת טכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה.

בעיה נוספת, העולה בעקבות העדפתנו את הגישה הפרמטרית, היא בחירת הצורה הפונקציונלית של פונקציות הייצור והמרחק. אנו בוחרים צורה גמישה של הפונקציה, טראנסלוג (translog) אשר מחייבת הגבלות מעטות יותר על גמישות התחלופה מאשר פונקציית קוב-דגלאס. לכן, בעבור פונקציית ייצור של תוצר בודד (משוואה 1), אנו מקבלים:

$$(4) \quad \ln y_i = \sum_{k=1}^K \beta_k \ln X_{ki} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \gamma_{kl} \ln X_{ki} \ln X_{li} \quad i = 1, 2, \dots, N$$

כאשר y ו- X מציינים תוצר יחיד של העברת טכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה וכן וקטור של K תשומות, בהתאמה (אשר תוגדר בחלקו הבא של המאמר) ו- i מציינ את האוניברסיטה.

בעקבות Paul, Johnston and Frengley (2000) אנו מגדירים פונקציית מרחק מצורת טרנסלוג בעבור M תוצרים ו- K תשומות כך:

$$(5) \quad \ln D_{O_i} = \alpha_0 + \sum_{m=1}^M a_m \ln Y_{mi} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M a_{0mn} \ln Y_{mi} \ln Y_{ni} + \sum_k \beta_{kl} \ln X_{ki} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln X_{ki} \ln X_{li} + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \beta_{km} \ln X_{ki} \ln Y_{mi} \quad i = 1, 2, \dots, N$$

הסימון O מציינ פונקציית מרחק בעבור התוצר i ו- i מציינ את האוניברסיטה. שני תנאים רגולטוריים המונחים בבסיס המודל הם הומוגניות מדרגה $+1$ בתוצרים וסימטריות בהשפעות הצולבות (וכך גם מטריצת ההסיאן). ההגבלות הנדרשות בעבור הומוגניות מדרגה אחת הן:

$$\sum_{m=1}^M a_m = 1, \quad \sum_{n=1}^M a_{nm} = 0 \quad (m = 1, 2, \dots, M), \quad \sum_{m=1}^M \delta_{km} = 0 \quad (k = 1, 2, \dots, K)$$

ואלו הדרושים לסימטריות הינם:

$$\alpha_{mn} = \alpha_{nm} \quad (m, n = 1, 2, \dots, M), \quad \beta_{kl} = \beta_{lk} \quad (k, l = 1, 2, \dots, K)$$

אנו עושים שימוש בטכניקות שהיתווה Lovell (1994) כדי לנרמל את פונקציית המרחק. נתחיל בציון שמתנאי ההומוגניות שמתקיים בעבור משוואה (5) עולה כי:

$$D_0(X, \omega Y) = \omega D_0(X, Y) \quad \text{עבור כל } \omega > 0$$

התנאי הזה מאפשר לנו לבחור באופן מקרי אחד מן התוצרים, נניח התוצר ה- M ויחד עם $\omega = 1/Y_M$ אנו מקבלים:

$$D_0(X, Y / Y_M) = \omega D_0(X, Y) / Y_M \quad \omega > 0 \text{ עבור כל } \omega$$

כך, משוואה (5) יכולה להיכתב מחדש כך:

$$\ln(D_{Oi} / Y_M) = \alpha_0 + \sum_{m=1}^{M-1} \alpha_m \ln Y_{mi}^* + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=1}^{M-1} \alpha_0 \ln Y_{mi}^* \ln Y_{ni}^* + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln X_{ki} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln X_{ki} \ln X_{li} + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^{M-1} \beta_{km} \ln X_{ki} \ln Y_{mi}^* \quad (6)$$

$$i = 1, 2, \dots, N$$

$$Y_{mi}^* = Y_{mi} / Y_{Mi}$$

כמו במקרה של התוצר היחיד, אנו יכולים להוסיף רכיב טעות $\varepsilon_i = V_i - U_i$ למשוואה (6) ובו זמנית לאמור משוואה המייצגת את הגורמים הקובעים את האי יעילות היחסית, U_i . בחלק הבא, אנו מציגים את הממצאים האיכותיים שלנו, אשר סייעו בדינו לזהות את פונקציית הייצור, כמו גם סדרה שלמה של גורמים ארגוניים, מוסדיים וסביבתיים של יעילות יחסית בהעברת הטכנולוגיות מן האוניברסיטה לתעשייה.

ג. תוצאות איכותיות המתייחסות לניתוח הפירון של העברת הטכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה

על מנת לעמוד על תהליך הייצור של העברת הטכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה ערכנו ראיונות שדה מקיפים, אשר מתוארים באופן מפורט ב-Siegel, Waldman and Link (1999). השתמשנו בגישה אינדוקטיבית, כיוון שבספרות אין זה ברור מהם הגורמים הארגוניים והמוסדיים הרלבנטיים ביותר. המחקר סייע לנו להגדיר באופן מדויק יותר את פונקציות הייצור והמרחק.

המידע האיכותי כולל מידע שנאסף במסגרת ראיונות אישיים מובנים עם מנהלים של משרדי העברת טכנולוגיות מהאוניברסיטאות (TTO) וכן עם גורמים נוספים האחראים באוניברסיטה למחקר בתחום הטכנולוגיה (למשל, סגן נשיא למחקר), יזמים, ומנהלים בחברות אליהן הועברו טכנולוגיות, וכן עם חוקרים בחמש אוניברסיטאות באזור דרום מערב ודרום מזרח.⁵

לוח 1 מציג מידע על חמש האוניברסיטאות שנבחרו במדגם. המדגם כולל אוניברסיטאות פרטיות וציבוריות, מוסדות בעלי ותק רב, וכן אוניברסיטאות עם או בלי בית-ספר לרפואה. קיימת גם שונות לגבי היקף ומשך הזמן בו פועל ה-TTO. הפאנל התחתון בלוח 1 מציג

5. לא בחנו מוסדות מרכזיים כקיימברידג', MIT, הרווארד, סטנפורד, ברקלי כיוון שרצינו לבחון מוסדות מייצגים יותר.

לוח 1:

מאפייני חמשת האוניברסיטאות המשתתפות בבדיקה האיכותית והשוואת ממוצעי המשתנים המרכזיים למדגם מלא של 113 אוניברסיטאות

אוניברסיטה 'ה'	אוניברסיטה 'ד'	אוניברסיטה 'ג'	אוניברסיטה 'ב'	אוניברסיטה 'א'	
ציבורי	ציבורי	ציבורי	ציבורי	פרטי	מעמד ארגוני
כן	לא	לא	כן	כן	בית-ספר לרפואה
כן	לא	כן	לא	לא	מוסד בעל ותק רב
1988	1985	1982	1985	1984	מועד הקמת TTO
8.5	2.9	11.1	11.5	14.2	צוות
12.0	3.4	26.1	19.0	28.1	LICENSE 1
177.0	382.7	1535.7	773.3	1213.2	LICENSE 2

ממוצעי המשתנים המרכזיים

שם משתנה	תיאור	חמש האוניברסיטאות המשתתפות במחקר השדה שלנו	113 האוניברסיטאות המשתתפות במדגם הסטטיסטי
LICENSE 1	מספר ממוצע של הסכמי הרשאה	17.7	14.3
LICENSE 2	הממוצע השנתי של תקבולי הרשאה (באלפי דולרים)	816.4	1803.7
צוות	הממוצע השנתי ב-TTO	9.6	9.1
גיל	מספר השנים בהם קיים משרד ה-TTO (עד 1996)	11.1	12.5

מקור: איגוד מנהלי הטכנולוגיה באוניברסיטאות (1998).

את ממוצע של משתנים מרכזיים (מספר שנתי ממוצע של הסכמי הרשאה, התקבולים מהסכמי ההרשאה, וכן צוות וגילו של ה-TTO) בעבור חמשת המוסדות בהם ביקרנו ובעבור 113 האוניברסיטאות, אשר מנהליהן השלימו סקר מקיף בנושא של העברת טכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה, שנערך על-ידי איגוד מנהלי הטכנולוגיה באוניברסיטאות (AUTM). למרות שהתקבולים מהסכמי ההרשאה בחמשת המוסדות נמוכים מהממוצע, הרי שהם דומים למדי לגופים שנענו לסקר של ה-AUTM בהיבטים אחרים. ממצאים אלו מעניקים ממד של אמינות להנחתנו כי האוניברסיטאות במחקר שלנו הן מייצגות, ביחס ל-UITT.

בכל אוניברסיטה ראינו חוקרים אקדמיים, מנהלי TTO, ומנהלים בכירים של תחום המחקר. באזור הקרוב לאוניברסיטה נפגשנו עם יזמים, מנהלי פיתוח עסקי, מנהלי קניין רוחני, מנהלי תחום המחקר בחברות גדולות, מנהלים בחברות לעריכת פטנטים ובמוסדות ללא כוונת רווח בעלי עניין בהעברת הטכנולוגיות מן האוניברסיטה לתעשייה.

סך-הכול ערכנו 55 ראיונות: 20 מנהלים ויזמים מחוץ לאוניברסיטאות, 15 מנהלים אדמי-ניסטרטיביים (ובכללם 5 מנהלי המשרדים להעברת טכנולוגיה) ו-20 מדענים. במהלך הפגישות הללו, במטרה לגבש מסקנות רחבות מן המידע שעלה מן המראיינים, ערכנו ניתוח כמותי של המידע האיכותי, וזאת בהתבסס על השיטות שתוארו אצל Miles and Huberman (1994). ניתוח זה כלל קריאה זהירה של תמליל הראיונות וזיהוי נושאים ספציפיים אשר עלו כתשובות לשאלות הפתוחות בנוגע להעברת הטכנולוגיות לתעשייה. הערות שהתייחסו לרעיון מסוים קודדו ואפשרו לנו לבנות לוחות המתייחסים לתדירות הופעתן ושיעור המשיבים שהתייחסו לרעיון זה במסגרת תפיסתם את תוצרי תהליך העברת הטכנולוגיות וכן את המחסומים להעברת טכנולוגיות יעילה מהאוניברסיטאות לתעשייה. שיעורים אלו חושבו בנפרד לכל סוג של משיב (מנהלים באוניברסיטה, מנהלים ויזמים חיצוניים וחוקרים אקדמיים). חלק מהמסקנות המופיעות בחלק זה, הנוגעות לגורמים מוסדיים וארגוניים, מבוססות על נתונים אלו.⁶

תשומות ותוצרים

שלוש עובדות מהותיות שהתקבלו מהמחקר קשורות לתיאור המדויק של פונקציית היצור של העברת הטכנולוגיות מהאוניברסיטה לתעשייה. הראשונה היא, שלמרות שחברי הפקולטה העובדים על מענקי מחקר מטעם המדינה מחויבים לחשוף את מחקריהם בפני משרדי העברת הטכנולוגיה באוניברסיטה, רק חלק מהם לא מקיים את הכלל ולעתים רחוקות החוק נאכף. ההתנהגות הקלוקלת של חלק מחברי הפקולטה מצביעה על חשיבותו של גורם העבודה בצוות ה-TTO שתפקידו, בין היתר, הוא לגלות את מפירי החוק וכך להעלות את היקפן ומספרן של הטכנולוגיות המורשות.

בנוסף המחקר שלנו הבהיר שהחשיבות, המיוחסת לפטנטים בתהליך, היא לעיתים מוגזמת. גילינו שחברות רבות רוכשות רשיון לעשות שימוש בטכנולוגיות לפני שהאוניברסיטאות רושמות עליה פטנט. יש לכך מספר סיבות. הראשונה, הגנת הפטנטים אינה תמיד מתאימה או קריטית לסוג מסוים של טכנולוגיה. למשל, פטנטים אינם חשובים בתעשיית התוכנה או בתכנון של מעגלים מודפסים. שנית, לפרמות יש אמון ניכר ביכולת או במוניטין של המדען או משום שלמציא יש מערכת יחסים פיננסית ארוכה ומשמעותית עם הפרמה.⁷ כמו כן, חלק מהפרמות (במיוחד חברות צעירות ובעלות נטייה יזמית) מעוניינות להבטיח לעצמן טכנולוגיות חדשניות במחיר נמוך. תוצאות אלה מצביעות על התשומה הקריטית בתהליך שהוא גילוי ההמצאות, אשר יאפשר להגדיל את סך-כול הטכנולוגיות שניתן לרושמן.

6. מידע מפורט על השיטות האיכותיות מוצג אצל Siegel, Waldman and Link (1999).
7. ממציאים עושים לעתים שימוש בקרנות אלו לתמוך בסטודנטים לתארים מתקדמים ובצורכי המעבדה.

העובדה השלישית שעלתה מהראיונות היא החשיבות של עורכי-דין בתחום הקניין הרוחני במסגרת תהליך העברת הטכנולוגיות מהאוניברסיטאות לתעשייה. חלק מהמוסדות נעזרים בעורכי-דין בתחום הקניין הרוחני כדי להשיג זכויות יוצרים ובהיבטים שונים של עריכת פטנטים ורשיונות, ובמיוחד בסיוע בהגשת תביעות, ליטיגציה ושמירה על הזכויות המוקנות. אכן, מקובל בקרב האוניברסיטאות להקדיש משאבים ניכרים לשמירה על הסכמי ההרשאה וחידוש משא-ומתן של הסכמים אלו, וזאת בשל האי-ודאות באופי הטכנולוגיות וכן מטבען הצעיר והמתפתח של רבות מהפרמות הנהנות מזכויות על טכנולוגיות שמקורן באוניברסיטה.

לסיכום, המחקר האיכותי לימד אותנו שבתהליך העברת הטכנולוגיות יש לעשות שימוש בתשומות הבאות:

- חשיפת המצאות (הערכה להיקף הפוטנציאלי של טכנולוגיות שניתן לרושמן);
- כוח האדם המועסק במשרד ה-TTO;
- התשלומים, הקבועים על-פי דין, שיש להוציא כדי להבטיח את זכויות הקניין הרוחני של האוניברסיטה.

שיחות עם מנהלי האוניברסיטאות – היצרנים במודל שלנו – סייעו גם בקביעת התוצרים. מנהלים אלו הסיקו שהפעילות בהסכמי ההרשאה היא באופן גורף התוצר הקריטי ביותר, וזאת למרות שהם לא הסכימו, האם התקבולים או אמצעי מדידה אחר של מספר הסכמי הרישוי (מספר שנתי ממוצע של הסכמי הרישוי), הוא חשוב יותר. 87% מן המנהלים ראו בתקבולים הנובעים מהסכמי ההרשאה כתוצר הרלבנטי, 67% הזכירו את מספר עסקאות מתן ההרשאה. תוצר שלישי אשר הוזכר כבעל חשיבות הוא חברות הזנק המוקמות בחסות האוניברסיטה. הפירוט להלן משקף, בסדר יורד של חשיבות את התוצרים של תהליך העברת הטכנולוגיות מן האוניברסיטה לתעשייה:

- התקבולים מהסכמי ההרשאה.
 - מספר הסכמי ההרשאה.
 - מספר חברות הזנק שהוקמו בחסות האוניברסיטה.
- אנו נאמוד מספר סוגים של פונקציות ייצור ומרחק ונעשה שימוש גם בתוצר יחיד ובמספר תוצרים.

גורמים סביבתיים

יעילות יחסית בהעברת טכנולוגיות לתעשייה מיוחסת גם לגורמים סביבתיים כגון הימצאותו של בית-ספר לרפואה בתחומי האוניברסיטה. מחקר שנערך לאחרונה ציין שמקורם של למעלה מ-60% מהסכמי ההרשאה של אוניברסיטת MIT בהמצאות בתחום הביורפואי.⁸ גורמים סביבתיים אחרים עשויים לכלול מדדים לצמיחה כלכלית אזורית ופעילות מו"פ של חברות מקומיות, אשר מאפשרת לנו לשלוט, אם כי לא באופן מושלם, בגורמים פיננסיים וטכנולוגיים אשר משפיעים על יכולתן של פרמות לתמוך במו"פ המתבצע באוניברסיטאות וכן על קיומם של מצבור של השפעות חיצוניות בתחום הטכנולוגיה. מספר כותבים מצאו

8. Pressman (1995).

ממצאים על השפעות חיצוניות שכאלה: Jaffe, Trajtenberg and Henderson (1993) הצביעו על הקשר בין מקום רישום הפטנט לבין האזור בו פועלות הפרמות שעשו שימוש בפטנטים אלו. Auresch and Stephan (1996) מנתחים את האינטראקציות בין חוקרים אקדמיים לבין פרמות מקומיות ומסיקים כי קשרים אלו הם בעלי תפקיד עיקרי בקידום ההמצאות בתחום הביוטכנולוגיה.

גורמים מוסדיים וארגוניים

הניתוח האיכותי שלנו התחיל בהנחה כי לדרך הניהול הנוגעת לתהליך העברת הטכנולוגיות לתעשייה עשויה להיות חשיבות בהסברת השונות שנמצאה ביעילות העברת הטכנולוגיות לתעשייה, וזאת מכיוון שפעילות זו היא קרקע פורייה לאי הסכמה בארגון. לדעתנו, האי הסכמות נובעות מהמטרות השונות והמגוונות של חוקרים אקדמיים, מנהלים בכירים באוניברסיטה, מנהלי חברות ויזמים, אשר מושפעים מתרבויות ארגוניות שונות. לדוגמה, אנשי אקדמיה מעונינים בראש ובראשונה בהכרה של קהילה ספציפית, אשר מחייבת פרסום מהיר של הידע. הפרסום מנוגד למטרותן של הפרמות ושל היזמים המעוניינים לשמור את הידע ברשותם וזאת כדי למקסם את הרווחים מן ההשקעה.

התרבות הבירוקרטית של האוניברסיטה נמצאת גם כן בסתירה לתרבות הארגונית של רוב היזמים אשר מעודדים ומעריכים מהירות, גמישות וכדומה. כפועל יוצא, מספר מנהלים עמם נפגשנו הדגישו את החשיבות של "הזמן לשוק" והיתרונות המתלווים לצעד הראשון בשוק כגורמים קריטיים להצלחתו של תהליך העברת הטכנולוגיות מהאוניברסיטאות לתעשייה. מצד אחר, למנהלים באוניברסיטאות (העובדים באמצעות ה-TTO) יש תמריץ קטן להאיץ באופן דרמטי את תהליכי קידום המכירות. באופן לא מפתיע, מנהלים אלו התמקדו בביצוע מלא של כל הכללים והפרוצדורות וזאת כדי למנוע את האשמתם במקרה של ויתור על טכנולוגיות יקרות ערך שפותחו באוניברסיטה.⁹

המחקר העלה עוד, שרוב המחסומים הקריטיים להעברת טכנולוגיות יעילה הם מחסומים תרבותיים ופערי מידע בין האוניברסיטאות לבין הפרמות, רגישות של האוניברסיטאות לצרכים של הפרמות ושל היזמים, ודרכי הכרת התודה למעורבות הפקולטה בהעברת הטכנולוגיה לתעשייה. למרות שקשה לבנות מדדים מדויקים לגורמים אלו, אנו מעריכים שארבעה משתנים יכולים להוות הערכות שימושיות בעבורן, ונתארם למטה.

לאוניברסיטאות בעלות ותק רב יש מסורת ארוכה של קידום העברת טכנולוגיות, באמצעות שלוחות של מרכזים חקלאיים ודרכים אחרות של מעורבות בקהילה. המשמעות היא שאוניברסיטאות אלו יוכלו, ביתר קלות, להתמודד עם הבדלים תרבותיים ופערי מידע בין האוניברסיטאות לפרמות. בהתאם, נשתמש במשתנה דמי LGRANT שיקבל את הערך 1 אם האוניברסיטה היא מוסד ותק ו-0 אם לא.

ממצאי מחקר השדה שלנו מצביעים גם על אפקט של למידה ביחס לדרך הניהול הפורמלית של האוניברסיטה בנושא הקניין הרוחני. אם מתקיים הליך למידה בארגון אז אוניברסיטאות עם ניסיון רב יותר בניהול של העברת הטכנולוגיות עשויות להיות יעילות

9. הדבר נכון במיוחד באוניברסיטאות ציבוריות.

יותר בהשוואה לאוניברסיטאות עם ניסיון מועט. בהתאם, אנו נעשה שימוש במדד לגילו של המשרד להעברת טכנולוגיות (TTO).

עוד הועלה שהתמריצים הארגוניים של העברת הטכנולוגיות עשויים להיות רלבנטיים גם כן. שני גורמים עשויים להשפיע על נטייתם של חוקרים להיות מעורבים בתהליך העברת הטכנולוגיות לתעשייה. הראשון הוא מדיניות הקידום והקביעות של המחלקה והאוניברסיטה, אשר בדרך-כלל אינן תומכות בפעילות שכזו. יתר-כל-כן, חלק מהחוקרים ציינו שפעילות שכזו שוקללה לרעה במסגרת הקריטריונים לקידום או לקבלת קביעות, וזאת בהתבסס על עלות האלטרנטיבית של פעילות זו. גורם נוסף אשר צוין כבעל השפעה אפשרית על מעורבות חברי הפקולטה בתהליך העברת הטכנולוגיות מתייחס לגמול כספי. הכוונה היא לנוסחת החלוקה של הכספים המתקבלים מהעברת הטכנולוגיות לתעשייה.

לרוע המזל, אין ברשותנו מדדים שיטתיים להשוואה בין האוניברסיטאות הנוגעים להשפעה של מעורבות בהעברת הטכנולוגיות על מדיניות הקידום וקבלת הקביעות של החוקר. אך הצלחנו לאסוף מידע על שיעור התשלומים במספר אוניברסיטאות. נוסחת החלוקה המקובלת ביותר היא לחלק את הכספים בין הממציא האקדמי, המחלקה של הממציא ושאר האוניברסיטה. בהתאם, בנינו משתנה ROYALTY, אשר מציין את שיעור התשלומים המחולק לחברי הפקולטה במוסד נתון.

אנו גם מסיקים שהמבנה הארגוני עשוי להיות רלבנטי, במובן של הפיכת האוניברסיטאות לרגישות יותר לצרכים של פרמות אשר פועלות ליישום טכנולוגיות שפותחו באוניברסיטה. מצאנו כי שני מודלים לניהול משרדים העוסקים בהסכמי ההרשאות: מבנה ביזורי או ריכוזי. למשל ל-MIT ולסטנפורד יש משרד יחיד העוסק בכך בכל האוניברסיטה. מודל קיצוני יותר של ריכוזיות הוא כאשר קיים משרד למתן הרשאות לכל האוניברסיטאות הציבוריות במדינה. חלק מהאוניברסיטאות הציבוריות הקימו מוסדות משותפים לניהול תהליך ההרשאה, למשל Wisconsin Alumni Research Foundation, אשר ברשותה פטנטים יקרים במיוחד.

Bercovitz (2001) הציג דוגמה מצוינת למודל ביזורי. הוא מציין של"ג'ון הופקינס" יש משרדים נפרדים העוסקים בהסכמי ההרשאה בעבור בית-הספר לרפואה, למעבדת הפיסיקה השימושית ולשאר חלקי האוניברסיטה. דוגמה אחרת של ביזוריות היא אוניברסיטאות אשר עושות שימוש בפונקציה חיצונית לשם ניהול ועריכת הסכמי ההרשאה. אחד מהארגונים בהם ביקרנו, Research Corporation Technologies, הנמצא בטוסון אריזונה, מנהל את העברת הטכנולוגיות בעבור מספר אוניברסיטאות, וביניהן אוניברסיטת מישיגן סטייט.¹⁰ בחלק זה, זיהינו את המרכיבים של פונקציית הייצור וכן מספר גורמים הנוגעים ליעילות היחסית. המאפיינים של המידע שברשותנו. האומדים של המודלים השונים מוצגים בחלק הבא.

ד. נתונים ותוצאות אמפיריות

בעבור המקרה של תוצר יחיד, אנו מניחים פונקציית יצור טראנס-לוג לוג-לינארית, כאשר המדד לפעילות ההרשאה הוא פונקציה של שלושה גורמים: חשיפת ההמצאות, צוות ה-TTO והוצאות משפטיות:

10. אשר החליטה לאחרונה לנהל את העברת הטכנולוגיות בעצמה.

$$\begin{aligned}
 \ln(\text{LICENSE}_i) &= \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{INVDISC}_i) + \beta_2 \ln(\text{STAFF}_i) + \beta_3 \ln(\text{LEGAL}_i) \\
 &+ \gamma_{11} (\ln(\text{INVDISC}_i))^2 + \gamma_{22} (\ln(\text{STAFF}_i))^2 + \gamma_{33} (\ln(\text{LEGAL}_i))^2 \\
 (7) \quad &+ \gamma_{12} \ln(\text{INVDISC}_i) \ln(\text{STAFF}_i) + \gamma_{23} \ln(\text{STAFF}_i) \ln(\text{LEGAL}_i) \\
 &+ \gamma_{31} \ln(\text{LEGAL}_i) \ln(\text{INVDISC}_i) + V_i - U_i
 \end{aligned}$$

כאשר:

LICENSE - ממוצע שנתי של הסכמי הרשאה או תקבולים,
 INVDISC - ממוצע שנתי של חשיפת ההמצאות,
 STAFF - המספר הממוצע השנתי של העובדים ב-TTO,
 LEGAL - הממוצע השנתי של ההוצאות המשפטיות החיצוניות.

ובנוסף, מושג חוסר היעילות הטכנית מוגדר כ:

$$(8) \quad U_i = \delta_0 + \sum_k \delta_k \text{ENV}_i + \sum_I \delta_I \text{INST}_i + \sum_m \delta_m \text{ORG}_i + \mu_i$$

כאשר ENV, INST, ו-ORG הם וקטורים של גורמים סביבתיים, מוסדיים וארגוניים בהתאמה. באופן עקבי עם הדיון בחלק הקודם שהתייחס לדרכים השונות להעריך את הגורמים הללו, המשוואה שאנו אומדים בפועל בעבור U_i היא:

$$\begin{aligned}
 U_i &= \delta_0 + \delta_M \text{MED}_i + \delta_{RD} \text{INDRD}_{ij} + \delta_Q \text{INDOUT}_{ij} \\
 &+ \delta_{A1} \text{AGE}_i + \delta_{A2} (\text{AGE}_i)^2 + \delta_{A3} (\text{AGE}_i)^3 + \delta_{LG} \text{LGRANT}_i \\
 &+ \delta_R \text{ROYALTY}_i + \delta_S \text{STRUCTRE} + \mu_i
 \end{aligned}$$

כאשר MED הוא משתנה דמי שערכו 1 אם באוניברסיטה קיים בית-ספר לרפואה ואפס אחרת. INDRD ו-INDOUT הם מדדים של רמת המו"פ והצמיחה הריאלית במדינה בה שוכנת האוניברסיטה. AGE הוא הגיל של המשרד להעברת טכנולוגיות באוניברסיטה. LGRANT הוא משתנה דמי המזהה אם האוניברסיטה היא מוסד ותיק, ROYALTY הוא שיעור התשלומים המוקצה לחברי הפקולטה המעבירים טכנולוגיות לתעשייה, ו-STRUCTRE הוא משתנה דמי שערכו 1 אם האוניברסיטה פועלת במבנה ריכוזי של מתן הרשאות ו-0 אחרת μ הוא רכיב הטעות הרגיל.

בניתוח האמפירי יוצגו שני סוגים של פונקציות ייצור (של תוצר יחיד): האחד מבוסס על הממוצע השנתי של הסכמי הרשאה והאחר מבוסס על התקבול הממוצע השנתי. אנו נציג גם שני סוגים של אומדים בפונקציות המרחק: סוג אחד של תוצאות עושה שימוש בשני משתני ההרשאות וסוג שני של תוצאות הכולל מדד שלישי לתוצר, המספר השנתי הממוצע של חברות הזנק הפועלות בחסות האוניברסיטה.

מסד הנתונים העיקרי שלנו הוא סקר מקיף שנערך על-ידי ה-AUTM, ושב השתתפו מנהלי TTO ב-113 מוסדות אקדמיים בשנים 1996-1991.¹¹ הנתונים בדו"ח של AUTM כוללים נתונים שנתיים על אודות מספר הסכמי ההרשאה (LICENSE 1), התשלומים שהתקבלו מן ההרשאות (LICENSE 2), חברות הזנק אוניברסיטאיות (STARTUPS), חשיפת המצאות (INVDISC), מספר המועסקים במשרה מלאה במשרד ה-TTO (STAFF), והוצאות משפטיות על העברת הטכנולוגיות לתעשייה (LEGAL) כמרכיב היו בידינו נתונים ברמת המדינה על המו"פ התעשייתי (INDRD) וצמיחה ריאלית בתוצר (INDOUT) מה-NSF וה-¹²BEA.

הקושי בשניים ממדדי התוצר (STARTUPS, LICENSE 1) הוא שהם משתנים מצטברים. כך למשל, הסכמי ההרשאה שונים זה מזה באופן משמעותי בחשיבותם, ולכן השימוש במספר העסקאות כמדד להיקף הטכנולוגיה המועברת עלול להטעות.¹³ זו סיבה נוספת מדוע ראינו בתקבולים שהתקבלו מן ההרשאות כמדד נוסף לתוצר, שאינו סובל מהפגמים הללו. סטטיסטיקה תאורית ומטריצת מתאמים של התשומות וכן של התוצרים של פונקציות הייצור של ההרשאות (תוצר יחיד) מוצגת בלוח 2. הממוצע לאוניברסיטה במדגם עומד על: 14 הסכמי הרשאה בשנה, ההכנסה המתקבלת מהסכמי ההרשאה עומדת 1.8 מיליון דולר, 54 המצאות הנחשפות, 9 עובדים ב-TTO והוצאות משפטיות בהיקף של 353,000 דולר כדי להגן על הקניין הרוחני. מקדמי המתאם מקבלים בדרך-כלל את הסימן ואת הגודל הצפוי. (למשל, חשיפת ההמצאות מתואמת באופן בולט חיובי עם מספר הסכמי ההרשאה והתקבולים). יש לציין שכל משתנה מחושב כממוצע שנתי בתקופת המדגם. למרות שמבחינה אקונומטרית עדיף לבנות פאנל המכיל תצפיות שנתיות, הדבר היה בעייתי משתי סיבות: האחת, שימוש בנתונים שנתיים או בערכים בפיגור היה מוביל לפאנל לא מאוזן, וזאת מכיוון שבחלק מן האוניברסיטאות אין דיווחים רציפים במהלך תקופת המדגם. השני הוא הצורך במדגם גדול ככל האפשר אשר היה מאפשר לקבל אומדים מדויקים יותר. חישוב ממוצעים שנתיים בעבור כל תקופת המדגם מביא למספר האפשרי הגדול ביותר של אוניברסיטאות בעבור האמידה האקונומטרית.

לוח 3 מכיל שני סטים של אומדים בעבור פונקציית מגבלת הייצור הסטוכסטית וכן בעבור מודלים לחוסר יעילות שהוצגו בחלק הקודם (משוואות 3, 4a) בעבור שני משתנים תלויים: המספר הממוצע השנתי של הסכמי הרשאה והתקבול הממוצע השנתי מן הסכמי ההרשאה, בהתאמה.¹⁴ אנו משתמשים בשיטת FRONTIER (Coelli (1994)) בעבור האמידות הללו.

-
11. המדגם הסופי כולל 80 מתוך 89 מאוניברסיטות המחקר הבולטות בארצות-הברית או אלו שבהן הוענקו למעלה מ-50 תארי דוקטור וקיבלו לפחות 40 מיליון דולר בשנה מקרנות מחקר פדרליות.
 12. המקור: NSF – מו"פ תעשייתי (1996-1991), U.S. BEA (1999) תל"ג ברמת המדינות, הנתונים במונחי רכוש ניכר שניתן ליצור שנית קבוע.
 13. בעיה דומה קיימת בפטנטים. Jaffe, Trajtenberg, and Henderson (1993); Trajtenberg Henderson and Jaffe (1997) וכן Henderson, Jaffe, and Trajtenberg (1998) מודדים פטנטים על-פי מספר ההתייחסויות לפטנטים אלו.
 14. למרות שאין מבחן ישיר לבדיקת מולטיקולינאריות, אנו לא מוצאים חשש לבעיה זו לפי: $R^2(1)$ גבוה אך מעט מדדי t מובהקים; (2) מתאמים גבוהים בין זוגות של משתנים מסבירים (ראו לוח 2). לכן, אנו מסיקים שככל הנראה לא קיימת בעיה של מולטיקולינאריות.

לוח 2 :

סטטיסטיקה תאורית של תשומות ותוצרים בפונקציית מגבלת הייצור הסטוכסטית
(ממשוואה 3)

שם משתנה	תיאור	ממוצע	חציון	סטיית תקן
LICENSE 1	ממוצע שנתי של הסכמי הרשאה	14.3	8	21.4
LICENSE 2	ממוצע שנתי של תקבולי הרשאה (באלפי דולרים)	1803.7	321	4997.4
INVDISC	ממוצע שנתי של חשיפת המצאות	53.9	24	67.4
STAFF	ממוצע שנתי של מספר המועסקים ב-TTO	9.1	5	16.1
LEGAL	ממוצע שנתי של הוצאות משפטיות על העברת טכנולוגיות (באלפי דולרים)	352.6	129.8	640.1

מקדמי מתאם

שם משתנה	LICENSE 1	LICENSE 2	INVDISC	STAFF	LEGAL
LICENSE 1	1.00	0.89	0.66	0.47	-0.39
LICENSE 2	0.89	1.00	0.68	-0.03	0.57
INVDISC	0.66	0.68	1.00	0.43	0.48
STAFF	0.47	-0.03	0.43	1.00	0.49
LEGAL	-0.39	0.57	0.48	0.49	1.00

N = 113 אוניברסיטאות 1991-1996.
מקור : AUTM (1998).

לוח 3:

אמידה נראית מקסימלית של מגבלת פונקציית הייצור טרנס-לוג של תוצר יחיד
 וחסר יעילות יחסית (משוואות 7 ו-8)

ממוצע שנתי של תקבולים מההסכמים		ממוצע שנתי של הסכמי הרשאה		מקדמי פונקציית הייצור
(4)	(3)	(2)	(1)	
**1.423 (0.699)	*1.887 (0.803)	** -0.278 (0.136)	* -0.256 (0.102)	β_0
*1.358 (0.601)	*1.245 (0.452)	*0.641 (0.148)	*0.652 (0.104)	β_1
-0.203 (0.305)	-0.183 (0.297)	*0.386 (0.128)	*0.467 (0.093)	β_2
*0.401 (0.175)	*0.395 (0.138)	** -0.047 (0.021)	** -0.057 (0.029)	β_3
-0.007 (0.005)	-0.014 (0.012)	** -0.008 (0.004)	** -0.010 (0.004)	γ_{11}
** -0.013 (0.006)	0.009 (0.11)	** -0.010 (0.004)	-0.007 (0.005)	γ_{22}
-0.003 (0.004)	** -0.010 (0.004)	** -0.009 (0.004)	-0.005 (0.008)	γ_{33}
0.057 (0.049)	*0.085 (0.038)	0.060 (0.049)	**0.113 (0.052)	γ_{12}
-0.005 (0.004)	-0.006 (0.008)	-0.007 (0.009)	-0.008 (0.010)	γ_{23}
0.009 (0.010)	0.007 (0.008)	**0.008 (0.003)	*0.101 (0.004)	γ_{31}
חסר יעילות יחסית				
-0.009 (0.108)		-0.036 (0.074)		MED
** -0.104 (0.050)		-0.089 (0.047)		INDRD
-0.015 (0.032)		0.003 (0.013)		INDOUR

לוח 3 (המשך):
 אמידה נראית מקסימלית של מגבלת פונקציית הייצור טרנס-לוג של תוצר יחיד
 וחסר יעילות יחסית (משוואות 7 ו-8)

ממוצע שנתי של תקבולים מההסכמים		ממוצע שנתי של הסכמי הרשאה		מקדמי פונקציית הייצור
(4)	(3)	(2)	(1)	
** -0.079 (0.036)		-0.065 (0.079)		AGE
0.068 (0.110)		-0.040 (0.083)		(AGE) ²
-0.006 (0.014)		0.089 (0.101)		(AGE) ³
** -0.175 (0.084)		* -0.201 (0.081)		LGRANR
** -0.201 (0.010)		** -0.141 (0.069)		ROYALTY
-0.011 (0.035)		0.034 (0.060)		STRUCTURE
* 9.12		2.01		F Stat for RTS = 1
31.20	24.57	29.34	23.12	-log L
* 0.747 (0.279)	* 0.809 (0.326)	* 0.683 (0.284)	* 0.793 (0.198)	$\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$
0.90	0.79	0.89	0.78	ממוצע יעילות טכנית

הערה: שונות מופיעות בסוגריים, N = 113 אוניברסיטאות.

* רמת מובהקות של אחוז.

** רמת מובהקות של 5%.

טורים (1) ו-(3) מציגים אומדים של הנראות המקסימלית ללא משתנים סביבתיים, מוסדיים וארגוניים. טורים (2) ו-(4) מציגים את המקדמים של מודל המגבלה הסטוכסטית הכולל גורמים סביבתיים, מוסדיים וארגוניים.

האמידות הראשוניות שלנו מגלות שהמקדמים של ROYALTY ושל LGRANT הם שליליים ומובהקים. כלומר, מצאנו קשר שלילי בין שיעור התשלומים המוקצה לממציאים בקרב חברי הפקולטה לבין אי-יעילות יחסית. ביחס לתפקיד של המסורות החקיקתיות הרי שהממצאים שלנו שאוניברסיטאות בעלות ותק רב הן בדרך-כלל יעילות יותר מאוניברסיטאות אחרות (כששאר הנתונים דומים).

ה. מסקנות ראשוניות והצעות למחקרים נוספים

בטיוטה ראשונית זו, אנו מספקים ממצאים כמותיים ואיכותיים על ההעברה הקיימת בפועל של טכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה. בהתבסס על מסגרת של פונקציית מגבלת ייצור סטוכסטית אנו מקבלים תוצאות המצביעות כי למסורות חקיקתיות ולתמריצים ארגוניים יש תפקיד מרכזי ביעילות היחסית. מכאן, שלמוסדות ולתמריצים יש משקל וחשיבות בהסבר של השונות בהעברת הטכנולוגיות בין אוניברסיטאות שונות. מספר הרחבות של הניתוח האמפירי שלנו הן במקום. ראשית, אנו נאמוד מספר ואריאנטים של המודלים של פונקציות המרחק שהוזכרו בחלקים קודמים של המאמר. כך, יתאפשר לנו לבחון אם ניתן להצביע על תבניות דומות הנוגעות לגורמים הקבועים את היעילות היחסית, וזאת כאשר אנו מאפשרים ריבוי של תוצרים בהעברת הטכנולוגיות. אנו גם מציעים לעשות שימוש במבנה פונקציונלי גמיש יותר מאשר צורת הטרנסלוג בקביעת הספסיפיקציה של פונקציית הייצור (בהקשר זה (Paul and Siegel (1999)). כמורכב, יהיה זה שימושי לנצל את הממד של הסדרה העיתית הקיים במסד הנתונים, וזאת במטרה להעריך ולהסביר שינויים ביעילות היחסית. לבסוף, אנו מקווים לזהות ולמדוד גורמים מוסדיים וארגוניים נוספים המסבירים יעילות יחסית. עד אשר ההרחבות האמפיריות לא ייבחנו, עדיין אין תשובה חד-משמעית בנוגע לחשיבות של גורמים מוסדיים ושל תמריצים ארגוניים ולהשפעתם על העברת טכנולוגיות מן האוניברסיטאות לתעשייה.

מקורות

- Aigner, Dennis J., C.A. Knox Lovell, and Peter Schmidt. (1977). "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Functions," *Journal of Econometrics*, Vol. 6, pp. 21–37.
- Anselin, Luc, Attila Varga, and Zoltan Acs. (1997). "Local Geographic Spillovers between University Research and High Technology Innovations," *Journal of Urban Economics*, Vol. 42, pp. 422–448.
- Association of University Technology Managers (AUTM). (1997). *The AUTM Licensing Survey*, Fiscal Year 1996.
- Audretsch, David B. and Paula E. Stephan. (1996). "Company-Scientist Locational Links: The Case of Biotechnology," *American Economic Review*, Vol. 86, No. 2, pp. 641–652.
- Battese, George and Tim Coelli. (1995). "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data," *Empirical Economics*, Vol. 20, pp. 325–332.
- Beath, John., Robert Owen, Joanna Poyago-Theotoky, and David Ulph. (2000). "Optimal Incentives for Income-Generation within Universities," paper presented at the Royal Economic Society Meetings, St. Andrews, Scotland.

- Bercovitz, Janet, Maryann Feldman, Irwin Feller, and Richard Burton. (2001). "Organizational Structure as Determinants of Academic Patent and Licensing Behavior: An Exploratory Study of Duke, Johns Hopkins, and Pennsylvania State Universities," *Journal of Technology Transfer*, Vol. 26, Nos. 1–2, pp. 21–35.
- Coelli, Tim. (1994). A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Frontier Production and Cost Function Estimation. mimeo, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.
- Cohen, Wesley M., Richard Florida, Lucia Randazzese, and John Walsh. (1998). "Industry and the Academy: Uneasy Partners in the Cause of Technological Advance," in *Challenges to Research Universities* (R.G. Noll, ed.), Washington, D.C.: Brookings Institution Press.
- Fare, Rolf S. (1988). *Fundamentals of Production Theory*, Berlin: Springer-Verlag.
- Fare, Rolf S., Shawna Grosskopf, and C.A. Knox Lovell. (1994). *Production Frontiers*, Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Fare, Rolf S., Shawna Grosskopf, Mary Norris, and Zhongyang Zhang. (1994). "Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialized Countries," *American Economic Review*, Vol. 84, No. 1, pp. 66–83.
- Grosskopf, Shawna, Kathy J. Hayes, Lori L. Taylor, and William L. Weber. (1997). Budget-Constrained Frontier Measures of Fiscal Equality and Efficiency in Schooling. *Review of Economics and Statistics*, Vol. 79, No. 1, pp. 116–124.
- Henderson, Rebecca M., Adam B. Jaffe, and Manuel Trajtenberg. (1998). "Universities as a Source of Commercial Technology: a Detailed Analysis of University Patenting 1965–1988," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 80, No. 1, pp. 119–127.
- Jaffe, Adam B., Manuel Trajtenberg, and Rebecca M. Henderson. (1993). "Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 108, No. 3, pp. 577–598.
- Jensen, Richard and Marie C. Thursby. (2001). "Proofs and Prototypes for Sale: The Licensing of University Inventions," *American Economic Review*, Vol. 91, No. 1, pp. 240–259.
- Kumbhakar, Subal C., Soumendra Ghosh, and J. Thomas McGuckin. (1991). "A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in U.S. Dairy Farms," *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 9, No. 3, pp. 279–286.
- Lazear, Edward P. (1999). "Personnel Economics: Past Lessons and Future Directions," NBER Working Paper No. 6957, February 1999.

- Louis, Karen Seashore, Lisa M. Jones, Melissa S. Anderson, David Blumenthal, and Eric G. Campbell. (2001). "Entrepreneurship, Secrecy, and Productivity: A Comparison of Clinical and Non-Clinical Faculty," *Journal of Technology Transfer*, Vol. 26, No. 3, pp. 233–245.
- Lovell, C.A. Knox. (1993). "Production Frontiers and Productive Efficiency," in *The Measurement of Productive Efficiency* (H. Fried, C.A.K. Lovell, and S.S. Schmidt, eds.), Oxford, U.K.: Oxford University Press, pp. 3–67.
- Mansfield, Edwin. (1995). "Academic Research Underlying Industrial Innovations: Sources, Characteristics, and Financing," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 77, No. 1, pp. 55–65.
- Meeusen, W. and Julien Van den Broeck. (1977). "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Errors," *International Economic Review*, Vol. 18, pp. 435–444.
- Miles, Matthew B. and A. Michael Huberman. (1994). *Qualitative Data Analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Mowery, David C., Richard R. Nelson, Bhaven Sampat, and Arvids A. Ziedonis. (2001). "The Growth of Patenting and Licensing by U.S. Universities: An Assessment of the Effects of the Bayh-Dole Act of 1980," *Research Policy*, Vol. 30, pp. 99–119.
- National Science Foundation. *Research and Development in Industry*, (1991, 1992, 1993, 1994). Washington D.C.: Government Printing Office.
- Nelson, Richard R. (2001). "Observations on the Post Bayh-Dole Rise of Patenting at American Universities," *Journal of Technology Transfer*, Vol. 26, No. 1–2, pp. 13–19.
- Parker, Douglas D. and David Zilberman. (1993). "University Technology Transfers: Impacts on Local and U.S. Economies," *Contemporary Policy Issues*, Vol. 11, No. 2, pp. 87–99.
- Paul, Catherine J. Morrison, Warren E. Johnston, and Gerald A.G. Frengley. (2000). "Efficiency in New Zealand Sheep and Beef Farming: The Impacts of Regulatory Reform," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 82, No. 2, pp. 325–337.
- Paul, Catherine J. Morrison and Donald S. Siegel. (1999). "Scale Economies and Industry Agglomeration Externalities: A Dynamic Cost Function Approach," *American Economic Review*, Vol. 89, No. 1, March 1999, pp. 272–290.
- Pitt, Mark M. and Lung-Fei Lee (1981). "The Measurement and Sources of Technical Inefficiency in the Indonesian Weaving Industry," *Journal of Development Economics*, Vol. 9, pp. 43–64.
- Pressman, Lori, Guterman, S., Abrams, I., Geist D., and Lita Nelsen. (1995). "Pre-Production Investment and Jobs Induced by MIT Exclusive Patent Licenses: A Preliminary Model to Measure the Economic Impact of University

- Licensing,” *Journal of the Association of University Technology Managers*, Vol. 7, pp. 77–90.
- Reifschneider, David and Rodney Stevenson. (1991). “Systematic Departures from the Frontier: A Framework for the Analysis of Firm Inefficiency,” *International Economic Review*, Vol. 32, No. 3, pp. 715–723.
- Sena, Vania (1999). “Stochastic Frontier Estimation: A Review of the Software Options,” *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 14, pp. 579–586.
- Siegel, Donald S. and Zvi Griliches. (1992). “Purchased Services, Outsourcing, Computers, and Productivity in Manufacturing,” in *Output Measurement in the Service Sector*, Chicago: University of Chicago Press, pp. 429–458 (also appeared as NBER Working Paper #3678, April 1991).
- Siegel, Donald S., Jerry G. Thursby, Marie C. Thursby, and Arvids A. Ziedonis. (2001). “Organizational Issues in University-Industry Technology Transfer: An Overview of the Symposium Issue,” *Journal of Technology Transfer*, Vol. 26, Nos. 1–2, pp. 5–11.
- Siegel, Donald S., David Waldman, and Albert N. Link. (1999). “Assessing the Impact of Organizational Practices on the Productivity of University Technology Transfer Offices: An Exploratory Study,” *NBER Working Paper #7256*, July 1999 and forthcoming, Research Policy.
- Thursby, Jerry G., Richard Jensen, and Marie C. Thursby. 2001. “Objectives, Characteristics and Outcomes of University Licensing: A Survey of Major U.S. Universities,” *Journal of Technology Transfer*, Vol. 26, Nos. 1–2, pp. 59–72.
- Thursby, Jerry G. and Sukyana Kemp. (1998). “An Analysis of Productive Efficiency of University Commercialization Activities”. Mimeo, Purdue University, May 1998.
- Thursby, Jerry G. and Marie C. Thursby. (2000). “Who is Selling the Ivory Tower? Sources of Growth in University Licensing,” *NBER Working Paper #7718*, May 2000, and forthcoming, Management Science.
- U.S. Department of Commerce, Bureau of Economic Analysis. (1999). *Fixed Reproducible Tangible Wealth*, Computer-Readable Data Set, Washington, D.C.: Government Printing Office.