

אוניברסיטת תל-אביב

מדע וטכנולוגיה באיראן

ד"ר משה ורד

יולי 2010

Science and Technology in Iran

Dr. Moshe Vered

סדנת יובל נאמן למדע, טכנולוגיה וביטחון

הסדנה הוקמה בשנת 2002 ע"י פרופסור יצחק בן ישראל, בשיתוף עם בית הספר לממשל ולמדיניות ע"ש הרולד הרטוך והתוכנית ללימודי ביטחון, במטרה לעסוק בממשק שבין המדע והטכנולוגיה לביטחון. לשם כך, הסדנה מקיימת סדרה שנתית של כנסים לצד פעילות מחקרית. בין הנושאים בהם עוסקת הסדנה: יחסים בינלאומיים ואסטרטגיה, טילים ונשק מונחה, מדיניות חלל, רובוטים, המרחב המקוון, אנרגיה גרעינית, ביטחון פנים, יחסי הגומלין בין חברה וביטחון, מדיניות בניין הכוח, תהליכי קבלת החלטות ועוד.

Yuval Ne'eman Workshop for Science, Technology and Security

The workshop was launched in 2002 by Professor Isaac Ben-Israel in conjunction with the Harold Hartog School of Policy and Government and the Security Studies Program with the intention of exploring the link among security policy, technology and science. For this reason the workshop holds an annual series of conferences and conducts research. The workshop covers various topics such as international relations and strategy, missiles and guided weapons, robotics, space policy, cyberspace, nuclear energy, homeland security, the interplay between society and security, force build up policy and government decision-making processes.

ראש סדנת יובל נאמן למדע, טכנולוגיה וביטחון: פרופסור אלוף (מיל.) יצחק בן ישראל

מנהלת אקדמית, סדנת יובל נאמן למדע, טכנולוגיה וביטחון: ד"ר דגנית פייקובסקי

מנהלת סדנת יובל נאמן למדע, טכנולוגיה וביטחון: גילי דרוב – היישטיין

חוקרים בסדנת יובל נאמן למדע, טכנולוגיה וביטחון (לפי א"ב): ד"ר חיים אסא, פרופ' יצחק בן ישראל, ד"ר דניאל גולד, טל דקל, ד"ר משה ורד, ליאור טבנסקי, אריק יפעת, רם לוי, אביטל מויאל, ד"ר אביתר מתניה, גדי עברון, ד"ר דגנית פייקובסקי, אורי רכב.

עריכה גרפית: מ. מונטה

הודפס בבית הדפוס של אוניברסיטת תל אביב, ישראל, 2010

© כל הזכויות שמורות. אין להעתיק, לשכפל, לצלם, לתרגם, לאחסן במאגר מידע או להפיץ נייר עמדה זה או קטעים ממנו בשום צורה ובשום אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני, ללא אישור בכתב, למעט ציטוט של מובאות מהכתוב לצורכי ביקורת או סקירה.

<http://sectech.tau.ac.il/>

פתח דבר מאת ראש סדנת יובל נאמן למדע, טכנולוגיה וביטחון

בעידן בו אנו חיים, מקובל לראות ברמה המדעית והטכנולוגית של מדינה עדות לפוטנציאל העוצמה שלה. איראן, כמדינה ששואפת להתעצם ולתפוס עמדה בעלת משמעות במערכת הבינלאומית, פועלת במישור הזה ומקדמת את העיסוק המדעי והטכנולוגי בתחומה.

נייר עמדה זה מאת ד"ר משה ורד, מנתח את רמת המדע והטכנולוגיה באיראן ובוחר את הפוטנציאל הטמון בתהליכים המתרחשים באיראן. ד"ר ורד עושה זאת באמצעות ישום של מדדים מקובלים לקבלת תמונה ראשונית אך גסה של רמתה המדעית והטכנולוגית של איראן, ובונה תמונה פרטנית ומעמיקה של רמה זו באמצעות ניתוח יסודי של החדשנות המדעית, הטכנולוגית והתעשייתית (האזרחית והבטחונית) האיראנית. ממצאיו מעלים שרמת החדשנות המדעית והטכנולוגית באיראן אמנם עלתה בשנים האחרונות, אך עדיין, ככלל, היא נמוכה. מאידך, יש לה יכולת ישום וחדשנות הנדסית גבוהה יחסית במספר מצומצם של תחומים (בעיקר בעלי השלכות צבאיות).

סוגיה זו ראויה לתשומת לב רבה. סדנת יובל נאמן למדע, טכנולוגיה וביטחון ראתה לנכון לתת במה לנייר עמדה זה ואנו מקווים כי יתרום לשיפור הדיון הציבורי.

קריאה נעימה,

פרופסור יצחק בן ישראל

ראש סדנת יובל נאמן, למדע, טכנולוגיה וביטחון

תקציר

היתרון האיכותי נתפס כאחד היתרונות העיקריים של מדינת ישראל על פני אויביה. הרמה המדעית והטכנולוגית מהווה מרכיב חשוב של יתרון זה, ועל כן יש לנו עניין ברור בבחינה מתמדת של הרמה המדעית והטכנולוגית של אויבינו. מכאן ברור הצורך בהערכת הרמה המדעית והטכנולוגית של איראן, המכריזה על עצמה כאויב נחרץ של מדינת ישראל. המאמר הנוכחי יציג הערכה כזו.

לכאורה המלאכה פשוטה - בעשור האחרון פותחו בעולם מדדים כלליים להערכת הרמה המדעית והטכנולוגית של מדינות שונות, וישום מדדים אלה לגבי איראן יספק מיד את ההערכה הדרושה. בניתוח מעמיק מעט יותר מתברר שיש במדדים אלה פגמים בסיסיים, ומלבד זאת הם גסים וכלליים ולכן מאפשרים אולי דרוג יחסי של מדינות, אך אינם נותנים תמונה ברורה על מצבה של מדינה מסויימת. לפיכך השתמשנו באחד ממדדים כלליים אלה להערכה ראשונית בלבד של רמתה המדעית-טכנולוגית של איראן. מיישום זה עולה שמצבה המדעי-טכנולוגי של איראן אינו מזהיר - איראן מדורגת במקום החמישים לערך בין מדינות העולם, במרכז גוש המדינות ה"מתפתחות מדעית". גוש זה הוא השלישי בדרוג, כשהראשון הוא גוש המדינות ה"מתקדמות מדעית" (ישראל נמצאת במקום העשירי בגוש זה) ואחריו גוש המדינות ה"מסוגלות מדעית".

בשל מגבלותיהם של המדדים הכלליים הללו, השלמנו הערכה ראשונית זו בבחינות פרטניות מעמיקות יותר.

ראשית בחנו את הרמה המדעית האיראנית באמצעות ניתוח כמותי ואיכותי של הפרסומים המדעיים של מדינה זו. נמצא שאיראן התקדמה מאד בכמות, אך היא עדיין נחותה באיכות של מחקריה המדעיים. לדוגמה, איראן דורגה במקום ה-42 בין מדינות העולם מבחינת מספר המאמרים המדעיים שפרסמו חוקרים איראניים בשנים 1996-2006, אך רק במקום ה-135 מבחינת רמתם המדעית של מאמרים אלה (הנמדדת במספר הציטוטים הממוצע למאמר). ריבוי הפרסומים המדעיים נובע מעודד ממשלתי איראני המכוון להאדרת מעמדה והוכחת צדקת דרכה של הרפובליקה האסלאמית. סביר שבעתיד יעשו גם מאמצים לשיפור איכותם. יש לציין שכבר כיום מצטיינת איראן במספר מצומצם מאד של תחומי מחקר מדעי, רובם כאלה שיתכנו להם השלכות על יכולות צבאיות.

בהמשך, ניסינו לבחון את רמת הטכנולוגיה באיראן באמצעות ניתוח פרטני של הפטנטים שפרסמו חוקרים איראניים. מיד בתחילת ניתוח זה התברר שהדבר אינו פשוט - יש סתירה חריפה בין מיעוט מספר הפטנטים האיראניים הבינלאומיים וריבוי מספר הפטנטים האיראניים הפנימיים. אפשר להעלות מספר השערות מסבירות לתופעה זו, אך ניתן לפסול את כולן למעט ההשערה שהסתירה נובעת מרמתם הנמוכה של הפטנטים האיראניים שהינם בגדר שיפורים והתאמות בלבד של טכנולוגיות קיימות. "פטנטים זעירים" כאלה נרשמים פנימית באיראן, אך אינם ראויים להירשם בינלאומית.

לא רצינו לבסס את מחקרנו על השערה לא מוכחת (אם כי סבירה מאד) זו, ולפיכך המשכנו בניתוח הרמה הטכנולוגית האיראנית באמצעות ניתוח החדשנות הטכנולוגית בתעשייה האזרחית הקלאסית באיראן. הרחבנו ניתוח זה על ידי בחינה מדגמית של החדשנות הטכנולוגית בתעשיית הידע ובתעשייה הבטחונית (הן תעשיית הנשק הקונבנציונאלי והן תעשיית טילי הקרקע-קרקע ומשגרי הלווינים) באיראן. מהניתוח עולה שאיראן מצליחה להשתלט וליישם טכנולוגיות מיובאות, אך אינה מצליחה ליצר חדשנות טכנולוגית של ממש. מצב זה נגזר במידה רבה ממדיניות המשטר - הן ה"כלכלה האסלאמית" המעדיפה כלכלת משאבים ריכוזית על פני כלכלת ידע מבוזרת והן מדיניות החוץ והגרעין המובילה לסנקציות גם בתחומי זרימת ידע ורעיונות. עם זאת, איראן מציגה יכולת מרשימה ביותר של חדשנות הנדסית, המתבטאת ביכולתה ליישם סינרגטית טכנולוגיות ורכיבים מיובאים לבניית מערכות מתקדמות מאד. בשלב זה חדשנות הנדסית זו מוגבלת לתעשיית הביטחון (ובפרט תעשיית הטק"ק ומשגרי הלווינים) האיראנית, ויתכן שהדבר נובע מהעדיפות הגבוהה (בתקציבים, בכוח אדם ובנכונות לשתף פעולה עם גורמים זרים ידידותיים) שניתנת לתחום זה.

תמונת המצב הנוכחית באיראן היא אם כן רמת חדשנות מדעית וטכנולוגית נמוכה, אך יכולת ישום וחדשנות הנדסית גבוהה הממומשת במספר מצומצם של תחומים (בעיקר בעלי השלכות צבאיות).

קרוב לוודאי שאם איראן תפנה משאבים מתאימים לתחומי מדע, טכנולוגיה והנדסה נוספים, היא תוכל להגיע גם בהם להישגים יפים ביותר. ואכן, בשלהי כהונתו של הנשיא ח'יתאמי גובש חזון איראני לעשרים השנים הבאות, חזון ששאף להעלות את איראן על הדרך שתביא אותה לכלכלה מבוססת ידע, תוך חיזוק וטיפוח המדע

והטכנולוגיה. משהחליף אחמדינג'אד את ח'תאמי כנשיא איראן, ננטשה דרך זו והועדפה מחדש תפישת כלכלת המשאבים הנסמכת על אוצרות הנפט של איראן, והמייחסת חשיבות פחותה למדע ולחדשנות טכנולוגית. לפיכך נראה שהמדע והחדשנות הטכנולוגית באיראן יתקדמו אך לא יפרצו קדימה, לפחות כל עוד ימשיך המשטר באיראן בדרכו הנוכחית.

תוכן העניינים

4	תקציר
7	תוכן העניינים
9	מבוא
10	שיטת הניתוח
11	המדע והטכנולוגיה באיראן – הערכה כללית
11	מבוא
12	מדדי רמה מדעית-טכנולוגית
15	רמתה המדעית-טכנולוגית של איראן
17	הצורך בניתוח היבטים פרטניים
18	פרסומים מדעיים איראניים
18	מבוא
18	מספר הפרסומים
21	איכות הפרסומים
24	תחומי הפרסומים
29	גניבות ספרותיות-מדעיות
32	פרסומים מדעיים - סיכום
33	פטנטים איראניים
33	מבוא
34	פטנטים איראניים בחו"ל
38	פטנטים איראניים באיראן
40	הפער ברישום הפטנטים וניתוחו
44	פטנטים איראניים – סיכום
45	הטכנולוגיה בתעשייה האיראנית
45	טכנולוגיה בתעשייה האזרחית
48	האם יש חריגים בתמונה?
58	טכנולוגיה בתעשייה - סיכום

59.....	המדע והטכנולוגיה באיראן – לאן.....
59.....	מבוא.....
59.....	תוכנית 20 השנה.....
60.....	תוכנית הפיתוח הרביעית (2005-2009):.....
62.....	תוכנית הפיתוח החמישית (2010-2014).....
64.....	המדע והטכנולוגיה באיראן לאן - סיכום.....
65.....	סיכום ומסקנות.....
67.....	נספחים.....
67.....	נספח א': המדינות המובילות במדע וטכנולוגיה.....
68.....	נספח ב': פטנטים ב"חוץ" לעומת ב"בית".....
70.....	נספח ג': סעיף 44 בחוקה האיראנית.....
71.....	מקורות.....

מבוא

מקובל לטעון כיום שעוצמתה של מדינה נשענת במידה רבה על רמתה המדעית-טכנולוגית של אותה מדינה. גם הרפובליקה האסלאמית של איראן הכירה בחשיבות היכולת המדעית-טכנולוגית, ואף כללה בחוקתה את ניצול המדע והטכנולוגיה, והכשרת סגל מתאים לכך, כאחד העקרונות לפיתוח כלכלי של המדינה¹. ואכן, לפחות לפי דברי מאמר מערכת של העיתון המדעי רב היוקרה נייצ'ר, המחקר המדעי קם לתחייה באיראן בעודד המדינה וללא התערבות והפרעה ישירה של הדוקטרינה האסלאמית².

לנו בישראל יש עניין רב בבחינת רמתה המדעית והטכנולוגית של איראן. עוד בתחילת שנות החמישים של המאה הקודמת זיהה דוד בן-גוריון, בעת שבנה את תפיסת הביטחון של מדינת ישראל, שמדינת ישראל נחותה מאויביה בכמות (שטח, מספר אוכלוסין, אוצרות טבע ועוד), ויתרוננו, המאפשר את עמידתנו מול אויבינו, הוא באיכות³. הרמה המדעית-טכנולוגית של ישראל הינה מרכיב מרכזי ביתרוננו האיכותי. איראן רואה את עצמה, כחלק מתפיסתה השיעית-ח'מינית, כאויבת נחרצת של ישראל ורוצה בהשמדתה. יתרונה של איראן על ישראל בכמות הוא גדול מאד, ועל כן הכרחי שנשמור על יתרוננו באיכות. צעד ראשון לשמירה כזו הוא הכרת היכולות האיראניות בתחומי המדע והטכנולוגיה, ובחינה מתמדת של הפער ביננו לבין איראן ביכולות אלה. המחקר הנוכחי יעסוק לפיכך בשאלה "מה היא רמתה המדעית והטכנולוגית של איראן".

¹ סעיף 43, תת-סעיף 7 בפרק הרביעי, "כלכלה וכספים", של חוקת איראן. ראה www.iranchamber.com/government/laws/constitution_ch04.php

² Nature Editorial 2006. ראה גם הדיון שעורר מאמר מערכת זה – Meshorer 2006, Maei 2006.

³ "מכיוון שאנו נופלים בכמות – עלינו לעלות באיכות. תרגום עקרון ברור זה מהלכה למעשה אינו כל-כך פשוט וקל...". דוד בן-גוריון 1953.

שיטת הניתוח

השיטה בה בחרנו לענות על שאלת המחקר היא הבאה:

- ראשית, בחנו את רמת המחקר והטכנולוגיה באיראן לאור כלים ומדדים שפותחו בשנים האחרונות בעולם לצורך דרוג יחסי של רמת המחקר והטכנולוגיה במדינות שונות.
- תוך כדי בחינה זו הסתבר שלמדדים אלה יש פגמים עקרוניים ומעשיים רבים, ולכן יתכן שהם מתאימים לצורך השוואה גסה בין רמתן היחסית של מדינות, אך אין הם משקפים היטב את תמונת המחקר והטכנולוגיה במדינה ספציפית. בפרט נכונה טענה זו לגבי איראן, בה יש למחקר ולטכנולוגיה מאפיינים יחודיים. לפיכך המשכנו במחקר באמצעות ניתוח פרטני יותר של רמת המחקר והטכנולוגיה באיראן.
- את רמת המחקר המדעי באיראן בחנו, כמקובל, באמצעות ניתוח מספר הפרסומים המדעיים בספרות המקצועית הבינלאומית. עד מהרה התברר שלא ניתן להסתפק במדד זה כמאפיין בלעדי של רמת המחקר באיראן, ולכן המשכנו וניתחנו את איכות הפרסומים הללו. שילוב הנתונים בדבר הכמות והאיכות של הפרסומים המדעיים האיראניים העלה תמונה שלדעתנו משקפת היטב את רמת המחקר המדעי באיראן.
- את רמת הטכנולוגיה באיראן ניסינו לבחון, כמקובל, על ידי ניתוח מספר ורמת הפטנטים הבינלאומיים שפרסמו חוקרים איראניים. חיש קל התברר שניתוח זה אינו אפשרי לגבי איראן, מפני שלמעשה אין היא מפרסמת פטנטים כאלה. למרבה התמיהה, ממצאים איראניים מרבים לרשום, לפחות בשנים האחרונות, פטנטים פנימיים בתוך איראן. לא הצלחנו לתת הסבר חד משמעי לסתירה בין מיעוט הפטנטים בחוץ לריבוי הפטנטים בבית ולכן קשה להעריך, ברמת ביטחון מספקת, את הרמה הטכנולוגית של איראן לאור הפטנטים שרושמים ממציאיים איראניים.
- המוצא מסבך זה היה לנתח את הרמה הטכנולוגית בתעשייה האיראנית. עיקר הבחינה התמקד בענפי התעשייה העיקריים (בהיקפם) באיראן (פטרוכימיה, מכונאות, אלקטרוניקה). כדי לבחון אם התמונה

המצטיירת אינה מוטה, בחנו מדגמית גם את תעשיית הידע ואת תעשיית הביטחון (במגבלות המידע הגלוי והזמין) באיראן.

• לבסוף סיכמנו את המסקנות החלקיות שעלו מניתוח המחקר, הטכנולוגיה והתעשייה באיראן לכדי בניית תמונה המשקפת את הרמה הנוכחית של המחקר המדעי והטכנולוגי באיראן. קינחנו את המחקר בנסיון להבין לאן מועדות פני המחקר המדעי והטכנולוגי באיראן. זאת לאור בחינת חזון עשרים השנים הבאות האיראני, וישומו בפועל.

המדע והטכנולוגיה באיראן – הערכה כללית

מבוא

בעשורים האחרונים התפתח בעולם עניין רב בהערכת הרמה המדעית-טכנולוגית של מדינות שונות. היכולת להעריך רמה זו נדרשת לצרכים רבים ושונים, ביניהם⁴:

א. ידיעת הרמה המדעית-טכנולוגית הלאומית כנקודת מוצא לקביעת מדיניות לאומית של בחירת כיוונים לטיפוח ולהשקעה בתחומים מדעיים וטכנולוגיים וכאמצעי לבחינת יעילות מדיניות זו.

ב. הערכת הרמה המדעית-טכנולוגית של מדינות אחרות כחלק מהערכת עוצמתן של מדינות אלה (ביחס למדינה המתעניינת). זאת כנתון חשוב במסגרת הערכת מצב וקביעת מדיניות חוץ לאומית.

ג. צרכים כלכליים ומסחריים - בחירת שותפי סחר או שותפים למיזמים חדשניים לאור היכולות הקיימות או החסרות אצל השותף הפוטנציאלי.

ד. עניין אקדמי בבחינת ההשפעה והקשר בין הרמה המדעית-טכנולוגית ופרמטרים אחרים כגון התל"ג, קצב הגידול בתל"ג, איכות החיים, התחרותיות ועוד.

כתוצאה מעניין זה פותחו כלים שונים למדידת הרמה המדעית-הטכנולוגית של מדינות ובכלל זה של מוסדות מו"פ, מרכזים טכנולוגיים, חברות עסקיות ועוד.

Grupp 2004 pp 1374, Archibugi 2005⁴

אנו נבחן כלים כאלה ואת התאמתם לצרכינו, ונשתמש במתאימים שבהם להערכת רמת המדע והטכנולוגיה של איראן, ככל שיאפשרו הנתונים שנאספו.

מדדי רמה מדעית-טכנולוגית

המדדים הכלליים לבחינת מעמדה המדעי והטכנולוגי של כל מדינה מייחסים לכל מדינה ערך מספרי יחיד המייצג את רמתה המדעית-טכנולוגית של אותה מדינה. ערך הממד מחושב באמצעות שילוב אריתמטי של תתי מדדים שונים, שכל אחד מהם אמור לייצג מאפיין אחר של היכולת המדעית-טכנולוגית. השוואת הערך המתקבל לממד המשולב של מדינות שונות, קובע את יחס הסדר ביניהן בדרוג המדעי-טכנולוגי. המדדים המשולבים הכלליים המקובלים הם:

- מדד הטכנולוגיה של הפורום הכלכלי העולמי⁵. מדד זה מורכב משלושה מדדי משנה אותם משלבים בצורה שונה למדינות מתקדמות ולמדינות שאינן כאלה. מדדי המשנה הם:
 - מדד חדשנות טכנולוגית (המחושב על בסיס מספר הפטנטים שרשמה המדינה במשרד הפטנטים האמריקני, מספר הנרשמים ללימודים טכנולוגיים ומדעיים על תיכונים, ותשובות לשאלונים בתחום).
 - מדד חדירת ה (ICT (Information Communication Technology למדינה (מחושב על בסיס מספר ספקי האינטרנט במדינה, מספר קוי הטלפון, מספר המחשבים האישיים ותשובות לשאלונים בתחום).
 - מדד קליטת טכנולוגיה חדשה (מחושבת על בסיס נתח יצוא הסחורות המשניות ותשובות לשאלונים).
- מדד ההישג הטכנולוגי של תוכנית האו"ם לפיתוח⁶. מדד זה מורכב מחיבור ארבעה מדדי משנה:

⁵ World Economic Forum Technology Index. ראה אתר הבית של הארגון, www.weforum.org

⁶ United Nations Development Program Technology Achievement Index. ראה Desai 2002

- מדד יצירת טכנולוגיה חדשה (מחושב על בסיס הפטנטים הנרשמים במדינה הנבחנת, והתמלוגים לפטנטים אלה)
- מדד חדירת טכנולוגיות חדשניות (מחושב על בסיס מספר ספקי האינטרנט ונתח סחורות היצוא בעלות מרכיב טכנולוגי בינוני ומתקדם),
- מדד חדירת טכנולוגיות ישנות (מחושב על בסיס מספר קוי הטלפון במדינה וצריכת החשמל בה)
- מיומנות טכנולוגית אנושית (מחושב על בסיס מספר שנות הלימוד הממוצע ועל מספר הנרשמים ללימודים טכנולוגיים ומדעיים על תיכונים).
- מדד הפיתוח התעשייתי של ארגון האו"ם לפיתוח תעשייתי⁷. מדד זה מורכב מחיבור המרכיבים הבאים:
 - מדד המאמץ הטכנולוגי (המחושב על בסיס מספר הפטנטים הנרשמים במשרד הפטנטים האמריקני ועל ההשקעה של הסקטור העסקי במחקר ופיתוח),
 - תחרותיות תעשייתית (המחושבת על בסיס הנתחים היחסיים של מידת החדשנות והערך המוסף הטכנולוגי במוצרי היצוא של המדינה),
 - יבוא טכנולוגיות (המחושב על פי ההשקעות הזרות בפיתוח, תמלוגים מגורמי חוץ ויבוא capital goods)
 - מיומנות טכנולוגית ותשתיות טכנולוגיות (המחושבות על בסיס מספר הנרשמים ללימודים טכנולוגיים ומדעיים על-תיכונים ועל מספר קוי הטלפון במדינה).
- מדד היכולת המדעית והטכנולוגית שפותח על ידי חברת ראנד⁸. מדד זה יתואר ביתר פירוט בהמשך, והוא מורכב מחיבור משוקלל של:

United Nations Industrial Development Organization Industrial Development Scoreboard⁷ ראה אתר הבית של הארגון www.unido.org

Science and Technology Capacity Index⁸. ראה Wagner 2001

- גורמים תומכי מו"פ (מחושב על בסיס התל"ג ומספר הנרשמים ללימודים טכנולוגיים ומדעיים על תיכונים)
- משאבים מוקצים (מחושב על בסיס ההשקעה במחקר ופיתוח, מספר מוסדות המדע ומספר המדענים והמהנדסים),
- ידע מוכל (מחושב על בסיס מספר הפטנטים, מספר הפרסומים המדעיים והטכנולוגיים ומספר הפרסומים שנכתבו בשיתוף פעולה עם גורמי חוץ).

ההצגה הקצרצרה של המדדים המקובלים לדרוג היכולת המדעית-טכנולוגית של מדינות שהצגתי לעיל, מספיקה כדי להבליט את הקשיים והמגרעות שבמדדים אלה.⁹ ראשית, בכולם יש ניסיון להציג פעילות רבה ומגוונת על ידי מספר יחיד שבהכרח הינו פשרה שאין לה הרבה משמעות. שנית, תתי המדדים מהם מורכב כל מדד נבחרו שרירותית, ואין בעצם כל תיאוריה מסודרת המסבירה מדוע נבחרו דווקא תתי-מדדים אלה ולא נבחרו תתי-מדדים אחרים¹⁰, מה הקשר בין תתי-המדדים לבין התופעה אותה הם אמורים לייצג¹¹, ומה מידת החפיפה והתלות ביניהם. לבסוף, עצם החיבור של מספרים שיש להם מימדים שונים¹², החיבור של תשומות ותפוקות¹³, שיטת החיבור והשקלול ומקדמי השקלול הינם שרירותיים ולא בהכרח מקובלים¹⁴. קושי נוסף הטמון בשימוש במדדים אלה הוא הקושי בהשגת נתוני המוצא בצורה אמינה, בפרט במדינות הפחות מפותחות.

⁹ Archibugi 2005 pp 176-179, Grupp 2004 pp 33-33
¹⁰ לדוגמה, Gelade 2008 טוען שמשנתה מרכזי שמשפיע על הרמה הטכנולוגית של מדינה הוא ה IQ הלאומי, וליתר דיוק גודל הקבוצה בעלת IQ מעל 105. משנתה זה לא נכלל אף באחד מהמדדים המשולבים!
¹¹ לדוגמה, מה הקשר בין מספר הנרשמים ללימודים מדעיים או טכנולוגיים על תיכונים לבין מידת החדשנות הטכנולוגית, כפי שנמדד בתת מדד החדשנות הטכנולוגית שבמדד המשולב של הפורום הכלכלי העולמי? איזה נתח מבין הנרשמים מסיים את חוק לימודיו בהצלחה? איזה נתח מהם עוסק בסופו של דבר בתחום טכנולוגי? באיראן, לדוגמה, שעור בוגרי ההשכלה הגבוהה העובדים בתחומם נמוך למדי בשל בריחת המוחות, אבטלת הצעירים והעבודה שלא במקצוע (ראה Carrington 1998, Torbat 2002, Amuzegar 2004, Thomas 2006).
¹² לדוגמה, מה המשמעות של חיבור מספר הפטנטים למספר הנרשמים ללימודים, חיבור המשמש לחישוב תת המדד שהוזכר בהערה הקודמת?
¹³ לדוגמה, מדד החדשנות הטכנולוגית הכולל הן את מספר הנרשמים ללימודי תואר במדעים (תשומה), והן את מספר הפטנטים (תפוקה).
¹⁴ וכפי שמוצג ב Grupp 2004 pp 1382, ניתן לשנות את סדר הדרוג בין מדינות על ידי שינויים קטנים יחסית, ושרירותיים, במקדמי השקלול.

היתרון המרכזי במדדים אלה הוא בכך שהם מייחסים לכל מדינה ערך מספרי יחיד, המאפשר דרוג של המדינות (גם אם המשמעות של המספר שמאחורי הדרוג אינה ברורה). אגב, כפי שמצא ארשבוגי¹⁵, יש קורלציה גבוהה בין תוצאות המדדים השונים ויחס הסדר שכל אחד מהם מייצר. תוצאה זו אינה מפתיעה, מפני שבאופן בסיסי כל המדדים משתמשים כמעט באותם נתונים, בסדר ובמשקל שונים (כך לדוגמה, כל המדדים מתחשבים במספר הנרשמים ללימודי מדעים וטכנולוגיה על תיכונים, למרות שכל מדד משתמש בנתון זה כמאפיין תכונה שונה). קיימים כמובן גם מדדים שאינם מנסים ליצור מספר מייצג יחיד, ומציגים סדרה של מדדים מייצגים, אבל אז מרוב עצים לא רואים את היער¹⁶. נספח א' מציג את עשרים המדינות המובילות בעולם במדע וטכנולוגיה (בדרוג שהוא ממוצע הדרוגים שקובעים ארבעת המדדים הכלליים שהזכרנו), ואת דרוגה של איראן (במיצוע שני הדרוגים הכוללים אותה).

לאור זאת, נבחן את מעמדה המדעי-טכנולוגי של איראן לאור אחד המדדים המשולבים הכלליים, אך לא נסתפק בכך, ונבחן מעמד זה ביתר העמקה לאור מספר מאפיינים חשובים לדעתנו, שיוצגו בהמשך.

המדד הכללי בו נשתמש הוא זה של חברת ראנד. בחרנו בו משתי סיבות - ראשית זה המדד הכללי היחיד שכולל גם את ההיבט המדעי (באמצעות מספר המאמרים המדעיים ומספר המדענים) ולא רק את ההיבט הטכנולוגי, ושנית מפני שהנתונים הנדרשים לחישובו זמינים יותר מאשר הנתונים שדורשים שאר המדדים.

רמתה המדעית-טכנולוגית של איראן¹⁷

גישה כללית לבדיקת רמת המדע והטכנולוגיה של מדינה, פותחה כאמור בחברת ראנד לפני כעשור¹⁸. על פי גישה זו רמת המדע והטכנולוגיה של מדינה נגזרת משורה של משתנים: התל"ג לנפש (כמייצג תשתית לאומית), מספר החוקרים למליון נפשות (כמייצג משאבי אנוש), מספר המאמרים (כמייצג תפוקת המחקר המדעי), אחוז התל"ג המוקצה למו"פ (כמייצג את ההשקעה הלאומית במו"פ), מספר

¹⁵ Archibugi 2005 pp 186

¹⁶ לדוגמה מדדי הידע של הבנק העולמי. ראה www.worldbank.org/kam

¹⁷ עיקרו של סעיף זה הוצג במחקרי הקודם, ורד 2010 עמ' 27, והוא מובא כאן שנית

להשלמת התמונה.

¹⁸ Wagner 2001

האוניברסיטאות ומוסדות המחקר למליון נפשות (כמייצג תשתית מו"פ), מספר הסטודנטים הלומדים בארה"ב ומתכוונים לחזור לארצם¹⁹ (כמייצג שיתוף הפעולה עם ארצות חוץ) ומספר הפטנטים הרשומים בארה"ב ובאירופה (כמייצג תפוקת מחקר הטכנולוגי). המודל שבנו בראנד מחייב הערכת הסטייה של ערכי כל אחד מפרמטרים אלה לכל מדינה, במונחי סטיית תקן מהממוצע העולמי, ומשקלל ערכים אלה לפי תעודף מוגדר, לקבלת מדד מייצג אחד המכונה "מדד יכולת המחקר והפיתוח", אותו נכנה בהמשך "מדמו"פ". במקביל לכך, הגדירו במחקר של ראנד ארבע רמות מדע אפשריות למדינה - "מתקדמת מדעית" (עם מדמו"פ גבוה מעל הממוצע העולמי, מעל 0.8), "מיומנת מדעית" (עם מדמו"פ חיובי נמוך, בתחום 0-0.8), "מתפתחת מדעית" (עם מדמו"פ שלילי אך קטן בערכו המוחלט, בתחום -0.01 ועד -0.3) ולבסוף "בפיגור מדעי" (עם מדמו"פ שלילי וגבוה בערכו המוחלט, נמוך מ -0.3)²⁰.

חוקרי ראנד חישבו את ערכי מדמו"פ ודרגו לפיו את מדינות העולם, לפי נתוני אמצע העשור הקודם. הם קיבלו כי בקבוצת המדינות ה"מתקדמות מדעית" יש 22 מדינות כשהמובילה היא ארה"ב עם מדמו"פ של כ- 5. ישראל נכללת בקבוצה זו (במקום העשירי) עם מדמו"פ של 1.5. בקבוצת המדינות ה"מיומנות מדעית" יש 24 מדינות, בקבוצת המדינות ה"מתפתחות מדעית" יש עוד 24 מדינות, וכל שאר 80 המדינות שבמחקר דורגו בקבוצת המדינות ב"פיגור מדעי". איראן דורגה העשירית בקבוצה השלישית, כ"מתפתחת מדעית", עם מדמו"פ של -0.22. גם פקיסטן (מדמו"פ -0.15), תורכיה (-0.17) ומצרים (-0.29) שייכות לקבוצה זו. סעודיה (-0.39) ושאר מדינות ערב נמצאות בקבוצה הרביעית.

חישוב גס שערכתי לבחינת מדמו"פ של איראן באמצע העשור הנוכחי העלה שהמדמו"פ של איראן הוא בתחום 0.1- עד -0.15, כלומר גבוה יותר מאשר בעשור הקודם, אך עדיין שלילי ובמרכז קבוצת המדינות ה"מתפתחות מדעית". הגורמים העיקריים התורמים לשיפור מעמדה המדעי של איראן הוא העליה בתל"ג לנפש והעליה בהיקף המחקר (במונחי מספר הפרסומים השנתי), והגורמים המעכבים

¹⁹ כדאי לשים לב לניסוח הקפדני של מדד זה. הנתון הקובע הוא מספר הסטודנטים שלומדים בארה"ב ושמתכוונים לחזור לארצם, ולא מספר הסטודנטים בארה"ב בס"ה. במקרה של איראן הפער בין שני המספרים גדול מאד, בשל בריחת המוחות הגדולה מאד מאיראן.
²⁰ Scientifically Advanced, Scientifically Proficient, Scientifically Developing, Scientifically Lagging.

התקדמות מהירה יותר היא ההקצאה למו"פ (במונחי נתח מהתל"ג) ומספר המדענים והמהנדסים למליון נפש. תורכיה, להערכתך, נמצאת ברמה דומה לזו של איראן (מספר החוקרים למליון נפש בהקטן יותר מאשר באיראן, אך נתח התל"ג המוקצה בה למו"פ, גבוה יותר מאשר באיראן²¹).

מעניין לציין שבחינת מעמדה הטכנולוגי של איראן בשנת 2005 באמצעות מדד ההישג הטכנולוגי של תוכנית האו"ם לפיתוח (TAI), העלה תוצאה דומה מאד²². על פי מדד זה איראן דורגה במקום ה-50 מבין 72 מדינות (על פי מדד ראנד היא דורגה, כאמור, במקום ה-56 מבין 140 מדינות), והיא ממוקמת בקבוצה השלישית של המדינות (המכונה במדד זה "מסתגלים פעילים", בעוד ששתי הקבוצות הראשונות מכונות "מובילים טכנולוגיים" ו"מובילים טכנולוגיים בכוח").

הצורך בניתוח היבטים פרטניים

מדד היכולת המדעית-טכנולוגית של ראנד ממקם את איראן במרכז הקבוצה השלישית של המדינות, קבוצת המדינות ה"מתפתחות מדעית", ואת ישראל במרכז הקבוצה הראשונה, קבוצת המדינות ה"מתקדמות מדעית". לכאורה קיבלנו בכך תשובה לשאלת המוצא שלנו שעסקה בבחינת רמתה המדעית-טכנולוגית של איראן, ובהשוואתה לזו של ישראל. ברור אבל שתשובה זו אינה מספקת, ממספר סיבות. ראשית, כפי שהסברתי לעיל, המדד הכללי של הרמה המדעית-טכנולוגית עשוי לספק לצורך קביעת יחס סדר גס של רמת המדעית-טכנולוגית של מדינות, אך משמעות הערך שהוא מייחס לרמתה של כל מדינה אינה ברורה, ויש סימני שאלה רבים בדבר עצם התקפות התיאורטית של שיטת חישובו. שנית, יש לנו עניין להבין ביתר פרוט מהי יכולתה המדעית והטכנולוגית של איראן, מה מגבלותיה של יכולת זו, איפה יתרונותיה ואיפה חולשותיה היחסיות. זאת כדי שנוכל להעריך את משמעות הפער האיכותי בתחום המדעי-טכנולוגי בין איראן לבין ישראל, ואת יכולתו של פער זה לקזז את היתרון הכמותי שיש לאיראן על פני ישראל.

כדי לבחון את רמתה המדעית-טכנולוגית של איראן מבלי לטבוע בים עצום של פרטים, בחרנו להתמקד בשני תחומים מייצגים - הפרסומים המדעיים האיראניים

Hajihoseini 2003, Massoumzadeh 2006²¹

UNCTAD 2005, pp 14²²

כמייצגים את רמתה המדעית של איראן, והפטנטים האיראניים כמייצגים את הרמה הטכנולוגית של איראן. הבחירה בשני תחומים אלה, פרסומים ופטנטים כמייצגי הרמה המדעית והטכנולוגית מקובלת בעולם המדעי, כפי מציג ורביק במאמר מסכם מקיף²³.

ניתוח הפרסומים המדעיים האיראניים מאפשר אכן הבנה של הרמה המדעית האיראנית, ויוצג בהמשך. לעומת זאת ניתוח הפטנטים האיראניים הינו בעייתי מאד, כפי שיפורט בהמשך, ובסיומו עדיין נותרת תמיהה מסויימת לגבי מידת הביטחון בתקפות מסקנות הניתוח לגבי הרמה הטכנולוגית האיראנית. בשל כך העמקנו בבחינת הרמה הטכנולוגית האיראנית באמצעות ניתוח הרמה הטכנולוגית של התעשייה האיראנית. גם תוצאות ניתוח זה יוצגו בהמשך.

פרסומים מדעיים איראניים

מבוא

בסעיפים הבאים אציג את ניתוח הרמה המדעית-מחקרית באיראן על בסיס ניתוח הפרסומים המדעיים של מדענים איראניים. כדי להימנע ככל הניתן מהטיות הנובעות משיקולים פוליטיים, השתדלתי להביא נתונים ובקורת דווקא ממקורות איראניים.

מספר הפרסומים

בחינת מספר הפרסומים המדעיים של איראן (כלומר של מדענים שמחקריהם מתבצעים במוסדות מחקר איראניים) מעלה שמספר זה גדל בצורה כמעט אקספוננציאלית החל מ-1989 (מיד לאחר תום מלחמת עיראק-איראן, עת החלה תקופת השיקום והצמיחה באיראן) ועד עכשיו, כמפורט בטבלה 1 להלן²⁴:

Verbeek 2002²³

²⁴ על פי מקורות איראניים שונים – Chakoli 2008 (לשנים 2006,2007). מיצוע בין נתוני WOS לנתוני SCIE. מספר המאמרים הנקוב בטבלה כולל את כל סוגי הפרסומים – מאמרים, תקצירים שפורסמו בסיכומי כנסים, מכתבים למערכת, תיקוני טעויות ועוד. מכלל אלו מונים המאמרים המלאים שפורסמו 7,600 בשנת 2007 ו-5,800 בשנת 2006), Massoumzadeh 2006 (לשנים 1992, 2004), Mehrdad 2004 לשנים האחרות. מספר הפרסומים לשנת 2010 הוא על פי הערכתו של Jafarnejad 2008. חשוב לציין ש NSB 2008 מציג נתונים שונים

טבלה 1 : מספר הפרסומים המדעיים האיראניים לשנה, שנים נבחרות.

שנה	1989	1992	1998	2001	2004	2006	2007	2010
מס' פרסומים	160	280	850	1600	3350	6700	9000	11,000

קצב צמיחת המחקר באיראן, כפי שהוא משתקף במספר הפרסומים המדעיים לשנה, נראה מרשים מאד, ומעיד על צמיחה מהירה במספר המחקרים. הדגמה נוספת לקצב הגידול - בשנת 1985 היוו פרסומים איראניים כ 0.02% מהפרסומים המדעיים בעולם, ובשנת 2002 היוו פרסומים איראניים כ 0.23% מהפרסומים בעולם - עליה פי 11 במשקל היחסי של המדע האיראני בעולם, בתוך 17 שנים²⁵!

ס"ה פרסמו חוקרים איראניים בשנים 1991-2003 כ- 9,100 פרסומים, בהשוואה לכ- 44,000 פרסומים של מדענים בתורכיה, 22,000 במצרים, 14,000 בסעודיה, וכ- 5,000 בפקיסטן, בתקופה המקבילה²⁶. עיקר הפער האיראני במספר המצטבר של הפרסומים נובע ממחקר ופרסום מועט עד אמצע שנות התשעים. מאז ואילך מתקדמת איראן בקצב מהיר מבחינת מספר הפרסומים המדעיים השנתי. בשנים 1997-2007 פרסמו חוקרים איראניים 26,500 מאמרים. מספר מאמרים זה מיקם אותם במקום ה- 41 בעולם, ושלישי בין המדינות המוסלמיות אחרי תורכיה ומצרים²⁷. איראן חלפה לפני כעשור על פני סעודיה מבחינת מספר הפרסומים השנתי, ושנים מעטות אחר כך אף חלפה על פני מצרים. עם זאת, מספר הפרסומים המדעיים

במידה ניכרת (וגמוכים יותר), אך גם הוא מזהיר שהנתונים שהוא מביא אינם אמינים. יתר על כן, הם אינם עומדים בבקורת מול נתונים שמביאים חוקרים מערביים כמו King 2004, בעוד שהנתונים שמביאים החוקרים האיראניים מתאימים להערכות של קינג, ומתאימות, אם כי לא זהות, בין לבין עצמן.

²⁵ Wilson and Osareh 2003 p 29. כדי לאזן תמונה זו כדאי לציין שבשנה זו (2002) היתה אוכלוסית איראן (כ 47 מליון נפש), כ 0.76% מאוכלוסיית העולם (6.2 ביליון). גם אם נתחשב בעובדה שאוכלוסית איראן היתה צעירה מהממוצע העולמי (ולכן היו פחות מדענים, שהינם ככלל אנשים בוגרים יותר), משקלה המדעי היחסי של איראן נמוך מהממוצע - 0.76% מהאוכלוסיה עם 0.23% מהפרסומים המדעיים.

²⁶ שרטוט 2 ב Mehrdad 2004. סיכום הנתונים המוצגים ב www.nationmaster.com נותן תוצאות שונות (איראן 7,800 פרסומים, תורכיה 35,800, מצרים 18,200 וסעודיה 8,600 לתקופה 1991-2003) אך התמונה המצטיירת נותרת בעינה.
²⁷ Chakoli 2008

השנתיים של איראן נמוך עדיין (2005) במידה ניכרת משל תורכיה, שגם לה קצב גידול מספר פרסומים שנתי מרשים.

הזינוק הגדול הזה במספר הפרסומים המדעיים האיראניים הינו, לפחות בחלקו, תוצאה של מדיניות ממשלתית איראנית מכוונת²⁸. מוסאבי ומהרדאד²⁹ חישובו כמה מאמרים צריכה איראן לפרסם בשנה כדי שתימנה על עשרת המדינות או על עשרים המדינות המובילות בעולם במספר הפרסומים (21,000 ו 9,000 בהתאמה, לפי חישוביהם). מניתוח מספר המדענים והסטודנטים לתארים גבוהים באיראן הגיעו מוסאבי ומהרדאד למסקנה שאיראן תוכל להגיע בקלות ליעדים הנכספים הללו, אם אך תכריח³⁰ את הסטודנטים והחוקרים לפרסם יותר מאמרים. ואכן, היאטי ואברהימי מציינים שהופעה מדיניות ממשלתית המכוונת להגדלת מספר הפרסומים של מדענים איראניים, והיא זכתה בהצלחה רבה והגדילה במידה משמעותית את מספר הפרסומים הללו³¹. הכלים העיקריים בהם משתמשת המדינה לעידוד הפרסומים הם העלאת שכרם של מפרסמי המאמרים, מתן בונוס כספי משמעותי למדריך על כל פרסום על ידי תלמיד שלו ודרישה של פרסום מאמר מדעי אחד לפחות בתחום התזה לדוקטורט כתנאי להגנה על התזה של המועמד לתואר³².

חוקר ממשד המדע האיראני, מציע הסבר אחר לתפוקת המאמרים הגבוהה של איראן. לדעתו, כשני שלישים מהמדענים במערב עוסקים פיתוח טכנולוגיות ומוצרים חדשניים ולא בכתיבת מאמרים, בעוד שהמדענים האיראניים כולם עוסקים במחקר טהור בלבד (בשל מחסור באמצעים ותשתיות) ואינם עוסקים במדע שימושי או בטכנולוגיה, ולכן עיקר תפוקתם היא מאמרים ולא ממצאים שניתן ליישם תכליתית³³. מיעוט העיסוק של המדענים האיראניים במחקר שימושי או ישומי, והתמקדותם במחקר טהור מצויינת כמגרעת גם על ידי חוקרים איראניים נוספים³⁴.

Yalpani 2005, Hayati 2009²⁸

Mousavi 2003²⁹

"are forced to write" Mousavi 2003 p 58³⁰

Hayati 2009 p 625, 633³¹

Yalpani 2005, Hayati 2009³²

Mehrdad 2004³³

Committee 2003, Yalpani 2005, Afsharnia 2005³⁴

איכות הפרסומים

הגידול העצום במספר הפרסומים האיראניים משמש בפי מדינאים איראניים במקרים רבים כהוכחה לצדקת דרכה של איראן. לאור זאת מדהימה ההעזה של ילפאני, מהמרכז למחקר ושיתוף פעולה בינלאומי בטהראן, ועמיתיו מאוניברסיטאות טהראן והקדוש בהשטי, לטעון במאמר שפרסמו³⁵, שהתמונה החיובית הזו היא תמונה שטחית בלבד. ילפאני מציין שיש מעט מאמרים איראניים מצויינים שזוכים להערכה רבה בעולם האקדמי, אך רוב המאמרים הינם באיכות נמוכה. לטענת ילפאני ועמיתיו, המדינה (איראן) לוחצת על החוקרים, בפרט הצעירים, לפרסם הרבה אך היא אינה מפעילה כל בקרה על האיכות. פארוקהי מיטיב לתאר את המצב, בתחום המחקר הרפואי, כלחץ של הרשויות האקדמיות ל"יצור מדעי המוני", ללא התחשבות באיכות³⁶. לפיכך לא בוחלים חוקרים איראניים בכתיבת עבודות באיכות ירודה, ללא תרומה מדעית של ממש³⁷, ובפרסומן במספר מצומצם של עתונים מוגדרים שרמתם ירודה הרבה מתחת לממוצע³⁸ ושמאמרים איראניים הם השכיחים ביותר בהם. לאור ביקורתם של ילפאני ועמיתיו אבחן בסעיפים הבאים את רמת הפרסומים המדעיים האיראניים על בסיס מדדים שונים.

אחת השיטות הנפוצות ביותר למדידת האיכות של מאמרים מדעיים היא בחינה, בטכניקות שונות, של מספר הפעמים שמאמרים אלה מצוטטים בספרות המקצועית. השימוש במספר הציטוטים כמדד איכות מניח שמאמר בסיסי, חדשני וטוב יותר, יצוטט על ידי מספר גדול יותר של חוקרים, ולהיפך, מאמר שמתעלמים ממנו הוא כנראה מאמר שאינו מחדש ואינו מוסיף לידע האנושי. מדד פשטני זה זכה לבקורת רבה, והוצעו לשימוש מדדים מתקדמים יותר (בעיקר יחסים, למאמר,

³⁵ Yalpani 2005. יש להדגיש שביקורתם של ילפאני וחבריו על איכות המדע באיראן מתבססת על ניתוח המאמרים בתחום הכימיה בלבד. בהמשך נראה שמאמרים בתחום הכימיה תופסים נתח מרכזי בין כלל המאמרים האיראניים. עם זאת יתכן, אף שלא סביר, שבתחומים אחרים המצב שונה.

³⁶ Farrokhi 2009 p 176

³⁷ ילפאני מביא כדוגמה לטענה זו מאמרים איראניים שעיקרם הוא מדידה של נקודת ההתכה של תרכובת חדשה כלשהיא, ופרסום "הישג" זה כמאמר מדעי, אם אך ימצא העתון הבינלאומי שיסכים לפרסם מאמר כזה.

³⁸ זאת על בסיס מספר הציטוטים הממוצע של המאמרים המתפרסמים בעיתון בשנה (Journal Impact Factor).

לתחום או לעתון בו פורסם המאמר). בהמשך סעיף זה נתייחס למדדים שונים, המבוססים על מספר הציטוטים.

קינג³⁹, ללא כוונה לחקירת רמת במדע באיראן דווקא, בחר לחקור את התפלגות הפרסומים המדעיים הטובים ביותר בשנים 1993-2001. לשם כך בחן קינג את מספר הפעמים שצוטט כל מאמר שפורסם בספרות המקצועית הבינלאומית, וברר מתוכם את המאיון העליון, אחוז אחד, מבין המאמרים - אלו שצוטטו הכי הרבה פעמים. מתוך כ-3.3 מליון (!) מאמרים בשנים 1993-1997 ו 3.6 מליון מאמרים בשנים 1997-2001, בחר קינג בכ-35,000 ו-38,000 מאמרים לתקופות המתאימות כמאמרים המובילים, ובחן מאפיינים של פרסומים אלה. ראשית מצא כי 31 מדינות אחראיות ליותר מ- 98% מפרסומים מובילים אלה, והיתר, כ-2% מהפרסומים המובילים, הם תוצאות מחקרים ב-162 המדינות הנותרות. איראן נכללה בקבוצה הראשונה, במקום ה-30 שלפני האחרון (לוקסמבורג) ברשימת המדינות מקבוצת איכות המחקרים הגבוהה. איראן היא המדינה המוסלמית היחידה שזכתה להימנות בקבוצה המובילה, אך מספר המאמרים המובילים שפרסמו חוקריה נמוך מאד (על סף הקבלה לקבוצת המדינות המובילות) - 5 מאמרים ב 1993-1997 ו-14 מאמרים ב 1993-2001. לשם השוואה, לישראל הנמצאת במקום ה-15 ברשימה, היו 449 מאמרים מובילים בשנים 1993-1997, ו-568 מאמרים מובילים בשנים 1997-2001. לסיין, הממוקמת במקום ה-19, היו 153 ו-375 מאמרים בתקופות השונות, בהתאמה. נדגיש שמספרים אלה הינם לכלל המדינה ולא ביחס למליון תושבים או מדד יחסי אחר (אזי היה מצבנו היחסי טוב אף יותר). רק 0.3% מבין המאמרים שפרסמה איראן בשנים 1997-2001 נכללו ברשימת המאמרים המובילים (המאיון המצוטט ביתר), בעוד ש-1.2% מבין המאמרים הישראלים היו בין המובילים, ו 1.9% מבין המאמרים האמריקנים (הנתח הגבוה מבין כל המדינות) היו בין המובילים. במלים אחרות, נתח המאמרים המובילים בין כלל המאמרים שפרסמה איראן, נמוך משמעותית משל ישראל, ובוודאי משל ארה"ב. כדאי לציין שאף האיראנים עצמם מכירים בחולשתם זו, ומציינים שרמת המאמרים האיראניים נמוכה מהממוצע⁴⁰, וכי החוקרים האיראניים נוטים שלא לפרסם בעתונים המדעיים המובילים⁴¹. הדגשה

King 2004³⁹

Mehrdad 2004 p 89⁴⁰

Wilson and Osareh 2003 p 34⁴¹

חריפה לנקודה זו היא בממצא שאיראן דורגה במקום ה 42 בעולם מבחינת מספר הפרסומים בשנים 1996-2006, במקום ה 49 מבחינת מספר הפעמים שמאמרים אלה צוטטו, ורק במקום ה 135 (!, מבין 146 מדינות) במספר הציטוטים הממוצע למאמר.⁴²

סוטודה⁴³ מאוניברסיטת שיראז העלה במאמרו השערה שהחוקרים האיראניים זוכים להכרה מקצועית בינ-לאומית כעומדים ברמה הממוצעת העולמית או אף מעל לה, במדדי ציטוט מאמרים. כדי לבחון את השערתו, הוא בדק את רמת המחקר האיראני כפי שהיא משתקפת במדדי ציטוט שונים, בחלוקה לתחומים ותתי-תחומים מדעיים שונים. מסקנתו היתה שההשערה מאושרת על ידי הממצאים הכמותיים - המדענים האיראניים נמצאים ברמה העולמית או מעל לה במונחי ההכרה לה הם זוכים (המשתקפת במדדי ציטוט המאמרים), אבל זאת רק במספר קטן מאד של תחומים מדעיים (בין 15% ל-1.5% מהתחומים). בניסוח בוטה יותר אומר סוטודה שהמדע האיראני מוכר ברמה העולמית רק במיעוט קטן, 2-21 (כתלות במדד) של תת-תחומים, מבין 136 תתי-התחומים המדעיים בהם עוסקת איראן (בס"ה מוגדרים בעולם 172 תתי תחומים כאלה).

נראה שבכדי לקבל מדד ציטוט גבוה, מרבית החוקרים האיראניים לצטט את עצמם, או את חבריהם (בשיטת "שמור לי ואשמור לך"). במדגם מצומצם יחסית שבדק ילפאני⁴⁴, נמצא שעד 90% (!) מהציטוטים של המאמרים במדגם הם עצמיים או של עמיתים איראניים. גלנזל⁴⁵, שבחן את נושא הציטוטים העצמיים בעולם המדעי בכלל, מצא שיותר ממחצית הציטוטים של מאמרים איראניים הם ציטוטים עצמיים, ושהחוקרים האיראניים הם השניים בעולם בשעור הציטוטים העצמיים (שעור זה עומד על כ-53%, יותר ממחצית הציטוטים, במאמרים האיראניים, בעוד שמקובל בעולם שעור ציטוטים עצמיים של 25%-35% בלבד⁴⁶).

42 ראה גם Aminpour 2009b

43 Sotudeh 2009

44 Yalpani 2005

45 Glanzel 2004

46 מבין 50 המדינות המרבות לפרסם בעולם עומדת אוקראינה במקום הראשון, הלא-

מכובד, מבחינת נתח הציטוטים העצמיים (עם 53.1% ציטוטים עצמיים, כלומר יותר ממחצית הציטוטים של מאמרים אוקראיניים הם ציטוטים עצמיים!). איראן עומדת, מבחינת נתח הציטוטים העצמיים במקום השני מבין מדינות אלה, בהפרש זניח מאוקראינה (עם 52.9% ציטוטים עצמיים), ישראל, לשם השוואה, במקום הארבעים ושלושה מבחינת נתח הציטוטים העצמיים

היאטי ואברהימי מציינים שקל לדמיין איך ריכוז של חוקרים איראניים פוריים (במספר הפרסומים שלהם) בתחומים מדעיים מסויימים ונטיה של חוקרים כאלה לציטוט עצמי ולציטוט של שותפיהם למחקר, עשויה להביא לגידול פתאומי במספר הציטוטים של הפרסומים של האוניברסיטה בה עובדים חוקרים אלה⁴⁷. התוצאה המיידית תהיה עלייה חדה באיכות שתיוחס למחקר באוניברסיטה בתחום הספציפי⁴⁸. היאטי ואברהימי אינם מציעים במפורש לאמץ טקטיקה זו של ציטוטים הדדיים מוכוונים מלמעלה כטקטיקה לשיפור "איכות המחקר המדעי" באיראן, אלא רומזים עליה בלבד. המשטר האיראני עשוי לאמץ גישה זו, כפי שכבר אימץ את הטקטיקות שהציעו מוסבי ומהראד להגדלת מספר הפרסומים המדעיים. זאת כדי שאיראן "תתפוס את המקום הראוי לה בין המדינות בעולם"⁴⁹ וכהוכחה נוספת לצדקת דרכה של המהפכה האסלאמית.

תחומי הפרסומים

הדיון עד כאן עסק במחקר המדעי באיראן בראיה כוללת. בסעיפים הקרובים נבחן קטגוריות ותחומים מחקרניים נפרדים. הטבלה הבאה מציגה את התחומים המדעיים העיקריים בהם עוסקים הפרסומים האיראניים⁵⁰, ודרוג איראן בעולם בתחומים אלה⁵¹ (על בסיס מספר המאמרים בכל תחום):

(עם כ-28% ציטוטים עצמיים) וארה"ב היא במקום האחרון, המכובד ביותר, מבחינה זו (עם כ-22% ציטוטים עצמיים). ראה Glanzel 2004.

Hayati 2009⁴⁷

זאת כמובן אם ממשיכים למדוד איכות באמצעות מדד הציטוטים (המוחלט או היחסי).

נקודה שהאיראנים רגישים לה מאד. ראה הדגשת הענין אצל Maleki 2005 Chart 10,⁴⁸

Tarikh 2009⁴⁹

הערכים לשנים 2003 ו 1996 נלקחו מ-NSB 2006. הנתונים לשנת 1999 הם על פי Wilson and Osareh 2003. אי ההתאמה נובעת כנראה מכך שה-NSB 2006 מכיר במספר נמוך יותר של מאמרים איראניים מאשר המקורות האיראניים, כנראה מפני שאינו כולל מאמרים שפורסמו בספרות המקצועית האיראנית (על אף שהם באנגלית ומוכרים על ידי ה-ISI). מכל מקום, גם אם אין הסכמה בקשר למספרים המוחלטים, יש הסכמה בקשר למגמה. הערכים הממוצעים לתקופה 1993-2003 שמביא Yalpani 2005 מתאימים גם הם לתמונה המצטיירת.

על פי Mehرداد et el 2004. דרוג זה מתבסס על נתוני השנים 1992-2002. אם נתייחס לתקופה מאוחרת יותר, 1997-2007, טוען Chakoli 2008 שאיראן מדורגת במקום ה-41 בעולם.

טבלה 2 : איראן - תחומים מדעיים עיקריים ודרוגם.

דרוג בעולם 1992-2003	נתח מהפרסומים 1996	נתח מהפרסומים 1999	נתח מהפרסומים 2003	תחום מחקר
40	34%	49%	39%	כימיה
57 ⁵²	23%	18%	18%	רפואה קלינית
53	15%	14%	14%	פיזיקה
	11%	7%	13%	הנדסה וטכנולוגיה
61	12%		9%	מדעי החיים
53	3%	2%	3%	מדעי הארץ והחלל
48	2%	4%	1%	מתמטיקה
	3%	6%	3%	שונות

למרות מרכזיותו של המחקר בכימיה (כ-40% מכלל הפרסומים המדעיים של איראן), לוקה מחקר זה, על פי ילפאני⁵³, בכך שהוא עוסק בתחומים שמחוץ לנתיב המרכזי של המדע העולמי. הכימאים האיראניים עוסקים בעיקר בכימיה אורגנית ואנליטית, ומתעלמים כמעט לחלוטין מביוכימיה, כימיה של פולימרים, חומרים וכימיה ישומית, שהם התחומים במוקד העניין המדעי בעולם. ילפאני משער שסטיה זו מהמסלול העולמי נגרמה הן מפני שהפרופסורים והמנחים באיראן, חניכי האוניברסיטאות בחו"ל לפני המהפכה, שולטים רק בתחומים אלה, והן מפני שרק בתחומים אלה יש באיראן תשתיות המאפשרות מחקר. רמת המחקר נמוכה למדי, לדעתו, והפרסומים הם בעיקר בתקופונים מדעיים משניים (שלהם מדד השפעה, impact factor) נמוך מהמוצע העולמי, ומרבית הציטוטים של מאמרים אלה הם עצמיים או של עמיתים איראניים.

⁵² על פי Malekafzali 2009 לשנת 2000 (אינו מציג את הדרוג האיראני ברפואה קלינית). על פי מקור זה, הדרוג האיראני במספר הפרסומים ברפואה קלינית עלה למקום ה-27 בעולם בשנת 2007.

⁵³ Yalpani 2005

תחום הרפואה הקלינית, הוא השני בהיקפו באיראן (בשנים לגביהן יש נתונים). על פי הנתונים לשנים 1993-2003 היתה איראן מדורגת במקום נמוך למדי בעולם, אך על פי מקורות במשרד הבריאות האיראני מספר הפרסומים האיראניים בתחום גדל מאד בשנים האחרונות, ואיראן דורגה בשנת 2007 במקום ה-27 המכובד. פרט להסבר כללי של מיקוד תשומת לב ממשלתית בקידום רמת הרפואה באיראן, אין המאמר מציג מה הביא להתקדמות נאה זו⁵⁴. אמיןפור⁵⁵ ועמיתיו טוענים שלאוניברסיטאות האיראניות למדעי הרפואה אין משקל של ממש במרשתת (אינטרנט) ואינן מוכרות בעולם. הם מייחסים זאת לקשיי שפה ולקשיים טכניים בבניית האתרים האיראניים.

תחום מדעי החיים באיראן, הכולל ביולוגיה ומחקר ביו-רפואי, נראה לפי טבלה 2 כבעל דרוג נמוך למדי בשנים 1993-2003. עם זאת נראה כי איראן השקיעה משאבים ניכרים במקצת מתחומים אלה, והגיעה בחלקם להישגים יפים:

בולטים במיוחד הם תחומי ההנדסה הגנטית ומחקר תאי גזע המוח. אמנם איראן לא נמנתה בין עשרים המדינות המדורגות ראשונות במחקר תאי גזע המוח⁵⁶ לשנים 1997-2007, אך יש לה הישגים בולטים בתחום. בפרט, איראן היתה המדינה העשירית בעולם שהצליחה לבודד תאי גזע עובריים בשנת 2003, הצליחה ליישכנע⁵⁷ תאי גזע כאלו להפוך לתאים בוגרים מפיקי אינסולין בשנת 2004, שיבטה עז ב-2006, וערכה את המחקר הראשון בעולם בפרותאומיקה⁵⁷ של תאי גזע מוח אנושיים. הישגים מרשימים ביותר אלה הושגו הודות לתמיכה ועודד ממשלתיים. המדינה, הממנת את כמעט כל המו"פ באיראן⁵⁸, היא שהקימה את מוסדות המחקר בתחום ההנדסה הגנטית⁵⁹, ותקצבה את המחקר בתחום ב-2.5 ביליון דולר לחומש הקרוב, סכום שהוא כמעט 40% מהתקצוב למו"פ בכלל⁶⁰ (!). יש הרואים בעדיפות הגבוהה

⁵⁴ Malekafzali 2009

⁵⁵ Aminpour 2009a

⁵⁶ www.esi_topics.com/stemcells/2007/nations/data.html

⁵⁷ מחקר המבנה והתפקוד הכולל של פרוטאינים, proteomics

⁵⁸ כ- 87% מתקציב המו"פ, על פי Wilson and Osareh 2003 p 27

⁵⁹ Wilson and Osareh 2003 p 33

⁶⁰ על פי ערוץ החדשות הבינלאומיות באנגלית של הטלביזיה האיראנית, כפי שצוטט ב-Jafarzadeh 2009. על פי ידיעה זו, התקציב השנתי למו"פ בשנת 2005 היה 1.2 ביליון דולר. בהנחה שתקציב המו"פ בשנות החומש שמתחיל בשנת 2009 יהיה בהיקף דומה, הרי שלחמש

שמקנה האיראן לתמיכה בתחום מחקר זה הוכחה לעדיפות שנותנים האיראניים לקידום יכולותיהם למלחמה ביולוגית⁶¹. ואכן, שוהם⁶² ציין שמוסדות המחקר האיראניים העוסקים במחקר ביוטכנולוגי נמצאים בפיקוח משמרות המהפכה, הממונים על פיתוח והצטיידות בנשק בלתי קונבנציונאלי באיראן. מעניין לציין שהאיראנים מדגישים שעליונותם בתחום זה על פני המערב נובעת מיתרון האסלאם על פני התפישות המערביות-נוצריות - על פי האסלאם השיעי העובר נהיה יצור בעל נשמה 120 יום לאחר ההפרייה, ולפני כן ההפלה מותרת אם קיים חשש לבריאות האם או התינוק לכשיוולד⁶³. עקב התייחסות זו עוקפים האיראנים את הויכוח הציבורי הקשה בשאלת מחקר תאי גזע עובריים, וויכוח המעכב את התפתחות המחקר בתחום בארה"ב.

בתחום הביו-רפואה, לעומת זאת, ההישגים האיראניים נמוכים יותר, כפי שניתן לראות מהטבלה הבאה:

שנים תקציב המו"פ יהיה כ- 6 ביליון דולר, וממנו 2.5 ביליון יוקצה לחקר תאי גזע המוח, מדובר בנתח של כ-40%.

⁶¹ ראה www.iranaffairs.com/iran_affairs/2009/02/iran-a-leader-in-stem-cell-scientific-research.html

⁶² Shoham 2005 p124

⁶³ ראה סיכום קצרצר ב Larijani 2004

טבלה 3 : פרסומים ביו-רפואיים – השוואה כמותית ואיכותית של מדינות

במזרח התיכון⁶⁴

מדינה	ס"ה פרסומים	פרסומים בעתונים החשובים		מדד h
		מספר	% מהפרסומים	
איראן	3,000	5	0.17	31
ישראל	20,500	370	1.8	110
תורכיה	25,600	40	0.16	56
מצרים	3,200	10	0.28	37
לבנון	970	10	0.72	31

מטבלה 3 נראה שרמת המחקר הביו-רפואי באיראן דומה מאד לזו של מצרים, בכמות ובאיכות. היא נמוכה משמעותית בכמות מזו של ישראל ותורכיה (שיש לה אוכלוסיה ותל"ג דומים לשל איראן), ונחותה איכותית במידה רבה מאד משל ישראל, ואפילו משל לבנון.

בפיסיקה נמנית איראן כמדינה הרביעית מבין המדינות המתפתחות (אחרי סין, הודו וברזיל) במספר הפרסומים בתחום, עם הרבה פחות מאחוז אחד מבין הפרסומים בעולם בתחום⁶⁵. המחקר באיראן, כמו במרבית המדינות המתפתחות, מתמקד בפיסיקה של מצב דחוס, אופטיקה וגרעין. אין פעילות של ממש בתחומים האחרים בפיסיקה, והתשתית המדעית האיראנית בפיסיקה הינה בעלת בסיס צר מאד. ראוי לציין שתורכיה הינה השישית מבין המדינות המתפתחות, וישראל הינה במקום ה-17 בעולם, בלב קבוצת המדינות המפותחות, במחקר בפיסיקה.

⁶⁴ על פי Benamer 2009. המספרים המוצגים בטבלה מעוגלים. מספר הפרסומים של כל מדינה הוא על פי מאגר ה-Scientific Citation Index. העתונים החשובים הם אלו שמדד השפעה שלהם גבוה מ-15. h index מוגדר כמספר המאמרים (h) שצוטטו לפחות h פעמים. כך, מדד h של 110 (ישראל) מובנו שכל אחד מ-110 מאמרים ישראליים צוטט לפחות 110 פעמים. ברור שכלל שמדד זה גבוה יותר, כך גבוהה יותר איכות המחקר. דיון מפורט בפיתוח ובמשמעותיות מדד זה, ראה ב Cronin 2006.

⁶⁵ המדינות המפותחות מפרסמות כ-80% מכלל הפרסומים בתחום, כשאר"ב לבדה מפרסמת 18% מהמאמרים בפיסיקה. ראה Mansouri 2008.

אין בידי נתונים מעודכנים לגבי דרוגה של איראן בשנים האחרונות בתחומי המתמטיקה ומדעי הארץ והחלל, אך היא אינה נמנית בין עשרים המדינות המובילות בתחומים אלה בשנת 2008 (ישראל נמצאת במקומות ה- 12 ו-10 בעולם, בהתאמה⁶⁶). בתחומים רחבים אלה בולטים הישגיה של איראן בנושאים בודדים וממוקדים, כמו בתחום תורת המיתרים (ובפרט הפיזיקאי האיראני Hessameddin Arfaei).

גניבות ספרותיות-מדעיות⁶⁷

נושא נוסף שיש להזכירו במסגרת הדיון ברמת המחקר המדעי האיראני הוא תופעת הגניבה הספרותית-מדעית (scientific plagiarism). יש הגדרות שונות למונח זה במחקר האקדמי, אך רוב החוקרים רואים ב"שימוש מכוון ברעיונות, מחשבות או מלל⁶⁸ של מי שהוא אחר, מבלי לשייך במפורש את מקורן⁶⁹" - גניבה ספרותית-מדעית⁷⁰. ברור שהתופעה של גניבה ספרותית-מדעית אינו יחודי לאיראן, ובספרות מופיעים יותר ויותר זיהויים והצבעות על מקרים כאלה, בכל העולם⁷¹. קשה לעמוד על ממדיה של תופעה זו שכן חוקרים אינם ששים או ממהרים לדווח על מקרי גניבה ספרותית-מדעית שגילו, וברור לכל שהמקרים המדווחים, ובעיקר אלו המתגלים באמצעות תוכנות סריקה והשוואה אוטומטיות, הם רק קצה הקרחון⁷². אין עדיין בספרות ניתוחים משווים של עוצמת התופעה במדינות שונות, אך עם זאת יש רגליים לסברה שהתופעה הזו שכיחה באיראן יותר מאשר במדינות אחרות והיא תורמת לניפוח מלאכותי של מספר המאמרים האיראניים:

- מייסון⁷³ מצייין שבבדיקה בארה"ב של מאמרים בתחום הרפואה מצאו כ 1% של מקרי גניבה ספרותית-מדעית, ובבדיקה אחרת של 35,000

⁶⁶ ראה www.sciencewatch.com/dr/cou/2008 לתחומים השונים (פיסיקה, מתמטיקה, מדעי הארץ והחלל).

⁶⁷ תודתי לפרופ' פול ריבלין מאוניברסיטת תל-אביב שהפנה תשומת ליבי לתופעה זו באיראן.

⁶⁸ במונח מלל הכוונה היא הן למלים ומשפטים והן לנתונים, טבלאות וגרפים.
⁶⁹ כולל פרסום חוזר של מה שכבר פורסם על ידי אותו מחבר עצמו, מבלי שיציין זאת במפורש

⁷⁰ ראה לדוגמה Mason 2009.

⁷¹ לדוגמה - Editorial 2009, Mason 2009, Butler 2008a, Chalmers 2006, Mojon-Azzi 2004

⁷² Mojon-Azzi 2004 p 1

⁷³ Mason 2009 p 2-3

תקצירי מאמרים רפואיים מצאו כ 0.2% של מקרים כאלו. לעומת זאת פארוקה⁷⁴ מציין שבבדיקה של 80 מאמרים שהוצעו לפרסום בעתון למדעי הרפואה שהוא עורך באיראן, נמצאו מקרי גניבה ספרותית-מדעית (שכללו העתקה של לפחות משפט אחד) ב 55% מהמאמרים (!). בארכיון 2010 של אתר העוקב אחרי מקרי גניבה ספרותית⁷⁵, נמנו 27 מאמרים איראניים שהוכחו כגניבות ספרותיות ו"נמשכו בחזרה" על ידי מערכות העתונים בס פורסמו.

- לאחרונה נחשפה סדרה של גניבות ספרותיות-מדעיות על ידי בכירים ביותר במערכת הפוליטית האיראנית, תופעה שלא מוכר לה אח ורע בעולם. בין הבכירים הללו: סגנית לשעבר של נשיא איראן⁷⁶, חברי ממשלה איראניים בהווה (שר המדע⁷⁷ (!) ושר הכבישים והתחבורה⁷⁸), ובעבר (שר החינוך הקודם⁷⁹), מזכיר האקדמיה למדעים של הרפובליקה האיסלאמית⁸⁰ ועוד.... מספר המקרים הגדול (יחסית לשאר העולם) הביא אף את בטלר, מהחוקרים הפעילים ביותר בחשיפת גניבות ספרותיות-מדעיות, לתהות האם אין זו תופעה יחודית למשטר האיראני⁸¹.
- חשיפת הגניבות הספרותיות-מדעיות עוררה שערוריה רבתי באיראן, וחוקרים איראניים לא מעטים גינו את התופעה במכתבים ומאמרים

Farrokhi 2009⁷⁴
75 [//avoidplagiarism.wordpress.com/category/plagiarism-cases](http://avoidplagiarism.wordpress.com/category/plagiarism-cases) הורד ב 14.6.2010

Massoumeh Ebetkar⁷⁶ שהיתה דוברת קבוצת הסטודנטים שתפסו את השגרירות האמריקנית בטהראן ב 1979, סגניתו של נשיא איראן ח'תאמי ב 1997 וחברת מועצת עיריית טהראן מ 2007. ראה Butler 2008b.

Kammaran Daneshjou⁷⁷, שמיוחסים לו לפחות ארבעה מקרי גניבה ספרותית-מדעית. בתפקידו הקודם היה שר הפנים, ובמסגרת זו פיקח על הבחירות באיראן ב 2009 בן "נבחר" כזכור אחמדינג'אד Butler 2009a...2009.

Hamid Behbahani⁷⁸, שלו מייחסים שלושה מקרים של גניבה ספרותית-מדעית. הוא היה המנחה בעבודת הדוקטורט של הנשיא אחמדינג'אד...ראה Butler 2009b, Editorial 2009

Ali Reza Ali-Ahmed⁷⁹, ראה Butler 2009b

Hassan Zohoori⁸⁰, לו מיוחסת גניבה ספרותית של מאמר בשם "ההשלכה של ערכים מוסריים על קידום המדע"...Butler 2009b.

Butler 2009b⁸¹

שפירסמו⁸². עם זאת הם מציעים הסברים לתופעה. מקצת ההסברים הם כלליים ואינם קשורים רק לאיראן. כך, נפוצה מאד הטענה שידיעה מוגבלת בלבד של השפה האנגלית, בה מתפרסם עיקר המחקר העולמי, מביא חוקרים ממדינות שהאנגלית אינה שפתן, ובפרט מדינות מתפתחות, להעתיק משפטים ואף קטעים ממאמרים שנכתבו באנגלית כדי שהמאמר יהיה קריא וברור יותר⁸³ (כמובן שהסבר זה אינו מסביר מדוע מועתקים גם מדידות ונתונים ומוצגים כמחקר חדש); טענה כללית אחרת היא "שיטת הסאלאמי"⁸⁴ שהיא שיטה להרבות במאמרים באמצעות פיצול דיווח מדעי על כל מחקר לסדרה של מאמרים שכל אחד מהם מציג רק שלב אחד במחקר, או רק את מקצת הנתונים שנאספו. בסדרה כזו של מאמרים קשה מאד לכתוב כל פעם מחדש את פרקי המבוא והרקע והשיטה. פרקים אלו מועתקים בסדרת המאמרים הזו מהמאמר הראשון בסדרה, והתוצאה היא האשמה בגניבה ספרותית; טענה כללית נוספת היא הלחץ על חוקרים להרבות בפרסומים, והגניבה הספרותית הינה שסתום נוח וקל לשחרור לחץ זה. יחד עם זאת מביאים החוקרים מספר הסברים יחודיים לאיראן, ויתכן שהתופעות המתוארות בהסברים אלה אכן תורמות לשעור גבוה יותר של גניבות ספרותיות-מדעיות באיראן, ביחס למדינות אחרות בהן הסברים אלה אינם רלבנטיים. בין ההסברים היחודיים לאיראן⁸⁵:

- התרבות האיראנית שהיא עתיקה ומושרשת, מייחסת ערך רב להשכלה ולתארים אקדמיים. כתוצאה מכך יש לחץ חברתי רב במיוחד על החוקרים להרבות במאמרים, והגניבה הספרותית הינה דרך אחת להרבות במאמרים בזמן קצר.
- הקידום בשרות המדינה באיראן מותנה, או לפחות מייחס משקל רב מאד, לתארים ולהישגים אקדמיים (תואר כזה הוא

⁸² ראה לדוגמה Ardalan 2009, Ghazinoory 2010, Akabarzadeh 2010

⁸³ לדוגמה Yilmaz 2009

⁸⁴ Mojon-Azzi 2004 p1

⁸⁵ ראה Ghazinoory 2010, Editorial 2009, Farrokhi 2009, Ardalan 2009

- תנאי למועמדות למג'ליס), ומכאן שוב לחץ להרבות במאמרים והפתרון הנוח הוא המוזכר לעיל.
- האווירה התרבותית באיראן גורסת שפרסום מאמרים הוא החשוב ("עשות ספרים הרבה"), ולא פתרון הבעיות המחקריות או המעשיות.
 - המשטר באיראן דוחף להרבות במאמרים, ללא ביקורת על איכותם, כדי להציג את איראן במקום טוב בעולם מבחינה מדעית. העיקר הוא "יצור המוני", בכל מחיר.
 - הנתוק מהמערב, מאז המהפכה האסלמית באיראן והסנקציות עליה גורמות לכך שהדור הנוכחי של המדענים האיראניים אינו מכיר את הנורמות הנהוגות במערב לגבי גניבה ספרותית-מדעית, ולכן חוטא בה.
 - על פי מסורת האסלאם המדע שייך לחברה כולה (ולאו דווקא למדען שחקר ופרסם), וראוי לכן להפיצו ברבים, ואין כאן ענין של גניבה ספרותית כלל...
- כאמור לעיל אין בידינו הערכה כמותית למשקל של תופעת הגניבה הספרותית-מדעית על מספר המאמרים האיראניים ועל איכותם (מספר הציטוטים). יתכן שהתופעה זניחה כמותית במישור המדעי, אך אין ספק שהיא משמעותית במישור החברתי-פוליטי באיראן.

פרסומים מדעיים - סיכום

איראן מייחסת חשיבות רבה למחקר ולפיתוח המדעי, ומתקדמת והולכת בתחומים אלה, וכיום היא מדורגת בדרוג העולמי במקום הארבעים בערך (על בסיס מספר הפרסומים המדעיים). עם זאת עיקר ההתקדמות המו"פית של איראן היא בכמות, הנמדדת במספר הפרסומים המדעיים, ולא באיכות של פרסומים אלה, או בישימותם לצרכים טכנולוגיים או כלכליים⁸⁶. קיימים תחומים מדעיים מעטים שבהם איראן נמנית על קבוצת המדינות המובילות בעולם. יתכן שההישגים בתחומים אלה נובעים מענין מיוחד (בטחוני), ולכן השקעה חריגה, של המדינה בהם.

⁸⁶ מסקנות אלה תואמות את מסקנות וועדה איראנית שהעריכה את רמת המדע והטכנולוגיה באיראן ב-2003. ראה Committee 2003.

פטנטים איראניים

מבוא

כפי שצויין לעיל, מספר הפטנטים שרושמת מדינה נתפס כמצביע מהימן על רמת החדשנות הטכנולוגית באותה מדינה. בהתאם, כל המדדים הכלליים להערכת הרמה המדעית-טכנולוגית של מדינות, שהוזכרו לעיל, מתחשבים במספר הפטנטים שרשמה המדינה. רוב המדדים מתייחסים לפטנטים שנרשמו בארה"ב, ורק מדד ההישג הטכנולוגי של תוכנית האו"ם לפיתוח מתייחס למספר הפטנטים שנרשמו במדינה עצמה. לאור ההסכמה הכללית שמספר הפטנטים הינו גורם חשוב בהערכת הרמה הטכנולוגית של מדינה, נציג בסעיפים הבאים את ניתוח הרמה הטכנולוגית של איראן על בסיס ניתוח הפטנטים של ממציאים איראניים, כפי שנרשמו בחו"ל ובאיראן.

פטנט הוא "תעודה רשמית הניתנת לממציא לאות ששמורות לו (לזמן קצוב) הזכויות (המסחריות) על אמצאתו"⁸⁷. תעודה זו ניתנת לאחר בדיקה קפדנית בדבר מקוריות או חדשנות ההמצאה והבהרת התועלת המעשית הגלומה בניצולה, ובתנאי שכל פרטי ההמצאה יפורסמו ברבים. זאת לשם העשרת הידע וקידום הטכנולוגיה, המקובלים כמנוף לצמיחה כלכלית. רישום הפטנטים מועיל אם כן לכל - לממציא מובטחות התשואות שינבעו ממימוש הפטנט, המתחרים שוב אינם צריכים להמציא אותו גלגל ויכולים להמשיך במאמצי הפיתוח שלהם מנקודת התחלה מקודמת יותר טכנולוגית, והחברה כולה נהנית מהקדמה הטכנולוגית והשפע שהיא מביאה.

למרות זאת רישום הפטנטים בעולם הינו חלקי בלבד. ארונדל⁸⁸ מצא שרק כרבע (!) מההמצאות של חברות אירופאיות נרשמות כפטנטים. הסיבות לאי רישום פטנטים הן רבות - הערכה שקל לעקוף את הפטנט, שקשה להוכיח את חדשנותו, שהרווח הצפוי מהפטנט לא יכסה את עלות הרישום, נטיה אישית או ארגונית לאי-החשפות, רצון לשמירה על סודיות, ניצול מהיר של הפטנט ל"עשיית קופה"

⁸⁷ אבן-שושן 1969 עמ' 1052. ההערות בסוגריים הן תוספות שלי.

⁸⁸ Arundel 1998

שלאחריה אין לפטנט כדאיות כלכלית, ועוד. שרר⁸⁹ מצא שארבעת הנימוקים הראשונים דלעיל הם הנימוקים השכיחים שבגינם לא נרשמים פטנטים, אך לדעתו פטנטים הנופלים בקטגוריות אלה הם מלכתחילה פטנטים לא חשובים. לאור כל זאת, וגם בשל העדר בסיס נתונים מתאים יותר, מקובל לראות באוסף הפטנטים שרושמת חברה או מדינה, את המקור הישיר, הזמין, האמין, המקיף והמבוסס ביותר להפקת מידע אודות הרמה הטכנולוגית של אותו גוף.⁹⁰ כל ניסיון לחקור את הרמה המדעית והטכנולוגית של איראן מחייב לפיכך ניתוח המידע האצור באוסף הפטנטים שרשמו פרטים וארגונים הפועלים במדינה זו. בסעיפים הבאים נציג ניסיון לניתוח כזה.

פטנטים איראניים בחו"ל

ניתוח המידע הכלול באוסף הפטנטים אפשרי במספר רב של היבטים - מספר הפטנטים, איכותם (פורצי תחום או שיפורים קטנים לרעיונות קיימים), הפרישה הטכנולוגית שלהם (ממוקדים בתחומים ספורים או מגוונים מאד) ועוד. בשלב ראשון נתמקד בהיבט הפשוט ביותר לביצוע - ניתוח מספר הפטנטים שרשמו גורמים איראניים.

סואט⁹¹ הדגיש, כבר בשנת 1983, שחוקי רישום הפטנטים במדינות שונות, שונים. לכן אין משמעות להשוואה בין מספר הפטנטים הרשומים במדינה אחת למספר הפטנטים הרשומים במדינה אחרת לצורך דרוג או השוואה בין מדינות. השוואה עשויה להיות ברת משמעות רק אם משווים את מספר הפטנטים שרשמו מדינות שונות תחת כללים זהים, כלומר באותה מדינה. כמובן שחשוב שמשרד הפטנטים של המדינה המנהלת את בסיס הנתונים הכולל את נתוני כל המדינות שמשווים ביניהן יהיה מדויק, מעודכן, בעל כללי רישום ברורים ומוכרים ונגיש לכל. משרדי פטנטים כאלו הם משרדי הפטנטים של ארה"ב, האיחוד האירופאי והמדינות המפותחות. לרוע המזל, מרבית משרדי הפטנטים במדינות המפותחות (לדוגמה - גרמניה) מנוהלים בשפתם הלאומית⁹², דבר המקשה על חוקר שאינו דובר באותה

⁸⁹ Scherer 1996 Debackere 2002 p 218 (אותו לא הצלחתי לאתר).
⁹⁰ ראה לדוגמה: Soete 1983, Griliches 1990 p 1702, Debackere 2002 p 213,

ועוד Grupp 2004
⁹¹ Soete 1983 p 33
⁹² Grupp 2004 pp 1376-1377

שפה. לפיכך מקורות הנתונים העיקריים למחקר ולהשוואה של פטנטים הם בסיסי הנתונים של משרד הפטנטים האמריקני (USPTO) ושל האיחוד האירופי (EPO). לשני משרדים אלה פילוסופית עולם שונה - האמריקנים מבקשים להגן על זכויות היוצרים של בעלי הפטנט ככל הניתן (בעיקר כדי לעודד יצירת ידע חדש), בעוד שהאירופאים מבקשים לקדם את הפיתוח הטכנולוגי באמצעות הפצה מהירה ככל הניתן של הפטנטים החדשים⁹³. תפישות עולם שונות אלה מכתיבות כללי רישום ותהליכי אישור שונים במידה מסויימת. מסיבה זו, וכמובן, ואולי אף בעיקר, בשל הגשות פטנטים לא זהות, בסיסי הנתונים של שני משרדי הפטנטים האלה אינם זהים אלא חופפים חלקית ומשלימים האחד את השני.

בסיסי הנתונים של שני משרדי הפטנטים העולמיים העיקריים, וכן גם בסיס הנתונים של מערכת הרישום העולמית של קנין רוחני, מצביעים כולם על אותו ממצא - מספר הפטנטים שרשמו ממציאיים איראניים בחו"ל הינו זעום להפליא: במשרד הפטנטים האמריקני נרשם בממוצע כפטנט איראני אחד בשנה (בעשרים השנים האחרונות - 23 פטנטים). יש לציין שבתקופת השאה המצב היה טוב מעט יותר, אך גם אז לא היה מזהיר, כ-2 פטנטים בממוצע לשנה. לשם השוואה, מוצגים בטבלה להלן מספר הפטנטים בקבוצות של חמש שנים החל ב 1989 (ובעשרים ושש השנים שקדמו לכך) שרשמו איראן, מדינות מוסלמיות אחדות במזרח התיכון (לשם השוואה) וארה"ב וישראל (לשם קבלת פרופרציה):

Debackere 2002 p 215⁹³

טבלה 4: מספר הפטנטים שרשמו מדינות שונות בארה"ב ביובל האחרון

מספר הפטנטים שרשמו במשרד הפטנטים האמריקני בתקופות אחדות ⁹⁴					
2004- 2008	1999-2003	1994- 1998	1989- 1993	1963- 1988	המדינה
405,757	431,445	314,906	254,236	149,914	ארה"ב
102	72	61	30	45	סעודיה
71	61	14	10	51	טורקיה
39	28	11	10	35	מצרים
8	3	5	7	52	איראן
5	6	7	1	3	ירדן
5	8	0	2	5	סוריה
5,443	4,729	2,506	1,577	2,550	ישראל

מהטבלה עולה שמספר הפטנטים שרושמות המדינות המוסלמיות במזרח התיכון נמוך מאד. בין אלה, מספר הפטנטים שרושמים האיראנים נמוך במיוחד, והוא קרוב למספר הפטנטים שרושמות מדינות מפגרות מדעית וטכנולוגית כמו ירדן וסוריה, ונמוך משמעותית ממספר הפטנטים שרושמות מצרים וטורקיה (שלא לדבר על ישראל).

מספר הפטנטים שהוענקו למקצת המדינות דלעיל במשרד הפטנטים האירופאי בכל אחת מהשנים 2004-2008 מוצג בטבלה הבאה (לשם השוואה סיכמנו את התוצאות לכל מדינה לחומש זה, והצגנו שנית את הנתונים המקבילים ממשרד הפטנטים האמריקני).

⁹⁴ הנתונים מסוכמים מתוך www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/cst_utl.pdf 29.12.2009 ב

טבלה 5 : מספר הפטנטים שרשמו מדינות שונות באירופה בחומש האחרון

ס"ה פטנטים 2004-2008		מספר הפטנטים שנרשמו במשרד הפטנטים האירופאי ⁹⁵					המדינה
USPTO	EPO	2008	2007	2006	2005	2004	
71	151	49	31	31	20	20	טורקיה
102	53	8	10	8	13	14	סעודיה
8	4	-	2	1	1	-	איראן
5	11	5	2	-	2	2	ירדן
5,443	1,200	300	192	258	224	226	ישראל

התמונה המתקבלת ממשרד הפטנטים האירופאי, דומה מאד לזו המתקבלת ממשרד הפטנטים האמריקני. מספר הפטנטים שרושמת איראן בשנה הוא בקירוב אחד. מבחינת מספר הפטנטים רמתה של איראן דומה לזו של ירדן ונמוכה משמעותית משל סעודיה וטורקיה, שלא לדבר על ישראל. אם נסתכל, כמקובל במחקרים רבים, על מספר הפטנטים למליון נפש או למליון דולר המושקעים במחקר ופיתוח תהיה התמונה האיראנית עלובה אף יותר (אפילו בהשוואה לירדן).

עיון בנתונים של ארגונים בינלאומיים נוספים, כמו ארגון זכויות הקניין הרוחני הבינלאומי (WIPO) או הבנק העולמי מעלה תמונה דומה שלא מצאתי צורך לפרטה - מספר הפטנטים שרשמו ממצאיים איראניים בחו"ל בכלל המשרדי הרישום הבינלאומיים הינו נמוך ביותר, 1-2 פטנטים בשנה.

מספר זעום זה של פטנטים איראניים שנרשמו בארה"ב (ובאירופה) דורש הסבר - האם האיראניים אינם מייצרים פטנטים (וזו אינדיקציה חזקה לחדשנות טכנולוגית נמוכה), או שמא הם מייצרים פטנטים (ויש באיראן חדשנות טכנולוגית) אך אינם רושמים אותם, בחו"ל או בכלל. כדי לנסות ולענות על שאלה זו נבחן את רישום הפטנטים האיראניים באיראן גופה.

⁹⁵ הנתונים מסוכמים מתוך www.epo.org/about-us/office/annual-reports/2004/statistics.html ושאר השנים בהתאמה, ב 30.12.09

פטנטים איראניים באיראן

קשה עד מאד למצוא נתונים מסודרים על הפטנטים שנרשמים במשרד הפטנטים האיראני⁹⁶, ואפילו חוקרים העובדים מטעם הממשל האיראני מתקשים למצוא נתונים אלה⁹⁷. הסיבה העיקרית לכך היא שמשרד הפטנטים האיראני מנהל את רישום הנתונים בבסיס נתונים פנימי, סגור בפני הציבור ושאינו נגיש אלקטרונית או פיזית, ושאינו מפרסמים את תוכנו. יתר על כן, בסיס נתונים זה מנוהל בצורה טכנית רשלנית ולא נוחה לשימוש⁹⁸.

מהמידע המועט שהצלחתי ללקט ממקורות אחדים, עולה התמונה הבאה בדבר מספר הפטנטים שנרשמו באיראן בשנים האחרונות, על ידי תושבי אירן ועל ידי זרים, כמסוכם בטבלה הבאה⁹⁹:

⁹⁶ ובשמה האיראני "הרשות לרישום קניין תעשייתי" ראה Rezapour 2007 p 250
⁹⁷ Mani 2004 p 25. מחקר זה מומן על ידי המחלקה לטכנולוגיה מתקדמת במשרד התעשייה והמכרות האיראני (ראה הכרת התודה בעמוד 4 במאמר), ואפילו הוא לא הצליח להשיג נתונים אלה.

⁹⁸ Rezapour 2007 p 253
⁹⁹ מרבית הערכים המוצגים בטבלה נקראו מהשרטוטים המוצגים ב Rezapour 2007 pp 252-254. הערכים בסוגרים עגולים לקוחים מ-Afsharnia 2005 p 11. הערכים בסוגריים מסולסלים לקוחים מ-UNCTD 2005 p 89 המצטט את המחלקה המשפטית במשרד המשפטים האיראני (לו כפוף משרד הפטנטים). אי ההתאמה בין הערכים הלקוחים מהמקורות האיראניים הללו מדגימה את הקושי שבהשגת הנתונים, ומצביעה על רמת האמינות הנמוכה שלהם. נתוני משרד המשפטים האיראני מצביעים על מספר גדול יותר של פטנטים שאושרו, מאשר מספר הבקשות לפטנטים באותן שנים (!). הערכים בסוגרים המרובעים לקוחים מאתר Nationmaster.com

טבלה 6 : מספר הפטנטים שנרשמו באיראן בשנים האחרונות

מגישים זרים	מגישים איראניים	שנה
300	2,400	2005
250	[700] 1,100	2004
300	600	2003
{ 400 } 200	{ 405 } 450	2002
{ 352 } 300	{ 529 } 500	2001
{ 207 } 200	{ 241 } (663) 250	2000
{ 170 } 150	{ 152 } 150	1999
{ 177 }	{ 64 } (262)	1998
		1997
	(205)	1996
[129]		1995
[131]		1994

למרות האמינות הנמוכה של הנתונים המוצגים, אין ספק שתושבי איראן רושמים באיראן אלפי פטנטים מדי שנה, בשנים האחרונות. קיימת אם כן אי ההתאמה בולטת בין המספר הגדול של הפטנטים הנרשמים באיראן (ומעידים, לפחות לכאורה, על חדשנות טכנולוגית בהיקף גדול), לבין המספר האפסי של הפטנטים האיראניים הנרשם בחו"ל (ומעיד, לפחות לכאורה, על העדר מוחלט של חדשנות טכנולוגית). כל אמירה שהיא על רמת החדשנות הטכנולוגית באיראן מחייבת התייחסות לאי התאמה זו. ללא הסבר משכנע, הערכת או דרוג החדשנות האיראנית בין מדינות העולם על בסיס מספר הפטנטים שרשמו ממציאים איראנים בחו"ל (כפי שעשו לא מעט חוקרים) מחד, או על בסיס מספר הפטנטים שנרשמו באיראן מאידך, עלול להיות שגוי ומטעה עד מאד.

הפער ברישום הפטנטים וניתוחו

יתכנו מספר הסברים לכאורה לפער הגדול בין מספר הפטנטים האיראניים הרשומים בעולם לבין מספר הפטנטים הרשום באיראן.

הסבר אפשרי אחד הוא קיום נטיה איראנית שלא לרשום פטנטים. לא ניתן לשלול הסבר זה על הסף, שכן תופעה כזו נמצאה בזמנו במדינות הסוציאליסטיות, בעוד שהתופעה ההפוכה, זו של נטיות יתר לרישום פטנטים, מוכרת מיפן¹⁰⁰. מנתוני רישום הפטנטים באיראן עולה שהאיראנים כן נוטים לרשום פטנטים, אבל רק באיראן גופה ולא בחו"ל. יתכן, אם כן, שיש נטיה איראנית שלא לרשום פטנטים בחו"ל, אולי בשל פערי תרבות, שפה ומימון¹⁰¹. נטיה כזו יכולה להסביר מיעוט רישום פטנטים בחו"ל לעומת רישומם באיראן, אך הפער גדול מדי כמותית (2,500 פטנטים נרשמו באיראן בשנת 2005, ורק 2 נרשמו בארה"ב), מכדי שהסבר זה יתקבל על הדעת. עיון ברשימת הפרסומים והפטנטים של מדענים איראניים בולטים, מחזק את ההערכה שפערי תרבות, שפה ומימון אינם מסבירים את פער רישום הפטנטים. לדוגמה, פרופ' מירחביבי מאוניברסיטת איראן למדע ולטכנולוגיה השוהה כמרצה אורח באוניברסיטת לידס שבבריטניה, רשם יותר מחמישים (!) פטנטים באיראן, ואף לא אחד מחוצה לה¹⁰². קשה להניח שיש לו קשיי שפה, תרבות או מימון ברישום פטנטים באירופה או בבריטניה¹⁰³.

הסבר נוסף לתופעה הוא שהאיראנים נוטים לא לרשום פטנטים בחו"ל מפני משכללת איראן אינה נשענת על יצוא תעשייתי, אלא על יצוא נפט. האיראנים יודעים שלא יזכו למכור בחו"ל מוצרים המבוססים על הפטנטים שלהם, ולכן אין טעם ברישום הפטנט בחו"ל¹⁰⁴. הסבר זה נראה כהסבר חלקי לכל היותר לתופעה,

¹⁰⁰ Soete 1983 p 32, Debackere 2002 p 224

¹⁰¹ עלות הגשת בקשה זמנית להוצאת פטנט בארה"ב היא \$105. עלות הגשת בקשה קבועה היא כ-\$515, והתשלום עבור מתן הפטנט היא כ-\$650. דמי שימור הפטנט הם כ-\$465 לאחר 3.5 שנים, עוד \$1,180 לאחר 7.5 שנים ועוד \$1,995 לאחר 11.5 שנים. ראה 9.2.2010, www.upsto.gov/inventors/patents.jsp#heading-6

¹⁰² ראה www.eengineering.keeds.ac.uk/imr/people/craig%20evans/AlirezaMirhabibi.shtml

הורד מהמרשתת ב 4.01.10

¹⁰³ גם בבריטניה נרשמים פטנטים איראניים בודדים - אחד בכל אחת משתי השנים

2002,3. ראה www.ipo.gov.uk/about-facts0304.pdf. הורד מהמרשתת ב 6.1.10

¹⁰⁴ Packniat 1350. הוא משלב נימוק זה בעיונות הפוליטית בין איראן לארה"ב, ובמידה פחותה לאיחוד האירופאי. אגב, במאמר זה הוא גם מסביר, בהתעלמות מוחלטת מהעובדות,

שכן אי-רישום הפטנטים האיראניים בחו"ל נראה מוחלט מדי. ניתן היה לצפות לרישום פטנטים נרחב יותר הן על ידי ממציאים שירצו למכור את זכויות הפטנט והן על ידי יזמים שירצו לייצא מוצרים שיוצרו באיראן בטכנולוגיה מתקדמת, ויגנו על זכויותיהם באמצעות רישום פטנטים (והרי אין איסור איראני על יצוא תעשייתי שכזה). הממצא שבקושי נרשם פטנט אחד כזה בשנה נראה לא סביר.

הסבר לכאורה נוסף הוא שהמשטר אינו מרשה, או לפחות מקשה מאד, על אזרחים איראניים לרשום פטנטים בחו"ל¹⁰⁵. לא הצלחתי לאתר כל תלונה כזו. בנוסף, קשה להבין מה המניע לאיסור כזה, שהרי רישום כזה מוסיף ליוקרתה של איראן (דבר בו המשטר חפץ מאד), ועשוי להביא לקבלת תגמולים אם ישתמשו בפטנט. שמירה על סודיות אין כאן, מפני שאם הפטנט נרשם ממילא באיראן, הרי שיש גישה אליו, אמנם לא נוחה, אך אפשרית¹⁰⁶. מאני¹⁰⁷ מעלה אפשרות דומה, דהיינו שהמצב הפוליטי גורם לארגונים איראניים לרשום את הפטנטים שלהם באיראן בלבד ולא בחו"ל. סארקיסיאן דוחה הסבר זה, ללא הנמקה של ממש¹⁰⁸.

עוד הסבר אפשרי הוא שלאור חוקי הסנקציות האמריקנים על איראן, פטנטים איראניים שירשמו בארה"ב באופן ישיר על ידי אזרחים איראניים אינם מוגנים¹⁰⁹, ולכן לא כדאי לאזרחי איראן לרושםם שם. גם הסבר זה יש לשלול הן מפני שנימוק זה אינו תקף לגבי רישום פטנטים באירופה, והרי גם זה לא נעשה, והן מפני שיש דרכים חוקיות לעקוף את חוקי הסנקציות האמריקנים על רישום הפטנטים האיראניים על ידי רישומם על שם אגודות של אזרחים אמריקנים ממוצא איראני, שיעבירו את התגמולים לאיראן¹¹⁰.

ההסבר הסביר ביותר לפער רישום הפטנטים באיראן הוא השלכה מממצאיו של אוונסון שחקר (אמנם לפני עשרים וחמש שנים) את היחס בין מספר הפטנטים

מדוע האיראנים אינם רושמים פטנטים באיראן גופה (מערכת רישום גרועה, החוקרים מקבלים משכורת קבועה ואין להם עניין להתאמץ, הפטנטים ממילא לא ינוצלו ולא ישווקו באיראן בשל חוסר משאבים ותחרותיות של התעשייה המקומית).

¹⁰⁵ או, בניסוחו של Mani 2004 p 25 "the political situation in the country",

¹⁰⁶ Rezapour 2007 p 253

¹⁰⁷ Mani 2004

¹⁰⁸ Sarkissian 2008 pp 795

¹⁰⁹ Johanns 2008 chart 2

¹¹⁰ Johanns 2008 chart 9-10

ב"חוץ" למספרם ב"בית" בכ-50 מדינות בעולם¹¹¹. אוונסון מצא שיחס זה הינו גבוה, 2 לערך, במדינות מתועשות; נמוך, 0.2 לערך, במדינות מתועשות למחצה; ונמוך אף יותר במדינות מתפתחות, כ-0.1. אוונסון ראה ביחס זה מדד לרמת החדשנות - המדינות המפותחות מייצאות טכנולוגיה ולכן רושמות פטנטים בחו"ל. המדינות המתועשות למחצה, ויותר מכך המדינות המתפתחות, מייבאות טכנולוגיה והן מתמחות בעיקר בהתאמות של טכנולוגיה זו לצרכיהן. התאמות אלה נחשבות לפטנטים הראויים להירשם ב"בית", אך כמובן שאינן ראויות להירשם ב"חוץ"¹¹². תיאוריה זו של אוונסון מתאימה לממצאיו של מואיני לגבי התעשייה באיראן. מואיני שניתח את רמת החדשנות הטכנולוגית ב 95 חברות תעשייתיות באיראן מצא שאכן כמעט ואין חדשנות טכנולוגית בתעשייה האיראנית, וששיפורים ושינויים משניים בלבד בתהליכים קיימים (שלוש מיובאים ברשיון מחו"ל) נתפסים על ידי חברות אלה כחדשנות טכנולוגית¹¹³.

פטנטים שיש בהם מידה זעירה של חדשנות ואינם מחדשים ברמה העולמית אלא ברמה המקומית בלבד מכונים "פטנטים זעירים"¹¹⁴. במספר מדינות בעולם יש כללי רישום של "פטנטים זעירים" השונים מכללי הרישום של פטנטים מקובלים. כללי רישום הפטנטים של איראן אינם מבחינים בין רמות פטנטים. בפועל, הכללים האיראניים מאפשרים רישום של פטנטים זעירים:

הבסיס החוקי לרישום פטנטים באיראן, לפני ואחרי הרפורמה¹¹⁵ בחוק הפטנטים האיראני בשנת 2008, היה הצהרת¹¹⁶. כלומר, די בהצהרת מגיש הבקשה לרישום הפטנט שהוא הממציא והבעלים של ההמצאה, לרישום הפטנט על שמו¹¹⁷. תהליך הבדיקה הינו שטחי ביותר וכולל את השלבים הבאים¹¹⁸:

א. בדיקה בבסיס הנתונים של הפטנטים הרשומים באיראן האם הפטנט כבר רשום שם. הבדיקה נערכת על ידי הרשות האיראנית

¹¹¹ Evenson 1984 p 96

¹¹² Evenson 1984 pp 104-106, p 116

¹¹³ Moeini 1998 pp 37 and note 10 on pp 41

¹¹⁴ Evenson 1984 p 91

¹¹⁵ Bagheri 2009

¹¹⁶ Rezapour 2007, Sarkissian 2008 p 792, Shahpoori 2009(?) Bagheri 2009

¹¹⁷ Rezapour 2007 p 250

¹¹⁸ Rezapour 2007 pp 250-251

לרישום קנין תעשייתי בבסיס הנתונים שלה, שאין לגורמים אחרים מלבדה גישה אליו.

ב. ועדה המורכבת מנציגי אותה רשות ומנציגי ארגון המחקר המדעי והטכנולוגי האיראני שומעים את הצגת מבקש הפטנט, וקובעים לאור הידע הכללי שלהם, ללא בדיקה או חיפוש כלשהוא בבסיסי נתונים כלשהם, אם הבקשה אכן ראויה להירשם כפטנט.

ג. פרסום שם הפטנט ופרטי הממציא בעתון האיראני הרשמי (בפרסית). אין כל פרסום שהוא בצורה אלקטרונית או ספרתית (בפרט אין פרסום הבקשה במרשתת).

ד. אם אין ערעור על בקשת הפטנט לאחר פרסום זה, הפטנט מאושר. תהליך בדיקה ורישום זה אינו עומד בשום השוואה לתהליכי בקורת ורישום פטנטים בארה"ב או באירופה (תהליכים הנמשכים שנים¹¹⁹). הדרישה העיקרית מפטנט המוגש לרישום באיראן היא שהפטנט לא נרשם כבר באיראן (בלבד, אין בדיקת אי-רישום במדינות אחרות). קרוב לודאי שנתח גדול מבין הפטנטים שנרשמים באיראן לא היו עוברים את מערכת הביקורת והסינון הנהוגות בארה"ב, באירופה ובשאר המדינות המפותחות¹²⁰, והם בפועל "פטנטים זעירים". תימוכין להסבר זה האומר כי פער הרישום נובע מפער רמת הפטנטים, אפשר למצוא בדברים שנאמרו בגילוי לב מדהים על ידי פרופסור מנסורי, פיזיקאי מאוניברסיטת שריף לטכנולוגיה באיראן, הקובע כי רמת המדע האיראן נמוכה, וכי ידרשו לפחות עוד עשר שנים לפני שניתן יהיה לרשום את הפטנטים האיראניים בעולם¹²¹.

בגישת אוונסון רוב הפטנטים הנרשמים באיראן הם "פטנטים זעירים" בעוד שהפטנטים האיראניים הנרשמים בארצות מערביות הן פטנטים ראויים. פער רישום הפטנטים האיראניים מוסבר איפא על ידי המודל של אוונסון באמצעות השוני בסוג הפטנט. הסבר זה נשמע סביר מאד איכותית, אך לכאורה בעייתי בהיבט הכמותי -

Debackere 2002 p 216¹¹⁹

Shahpoori 2009(?)¹²⁰

Dume 2006¹²¹

מדד החדשנות של אוונסון¹²² באיראן בשנים האחרונות הוא כ-0.001, נמוך בכשני סדרי גודל מהערך שמצא אוונסון ליחס זה במדינות מתפתחות!. בבדיקה שערכתי נמצא שתופעה זו אינה יחודית לאיראן - יחס הפטנטים ב"חוץ" לעומת ב"בית" לשנת 2004 בכל מדינות העולם שרשמו לפחות 500 פטנטים ב"בית"¹²³ נמצא שהערכים המספריים של יחס החדשנות של אוונסון ב 2004 נמוכים בהרבה מהערכים שמצא אוונסון ב-1984. עם זאת, ערכו של יחס החדשנות במדינות המתפתחות נותר נמוך מערכו של יחס זה במדינות המפותחות¹²⁴. יתכן שהשינוי בערכו של מדד החדשנות משקף את ה"היפראינפלציה" שחלה במספר הפטנטים הנרשמים ב"בית" מאז פרסם אוונסון את מחקרו¹²⁵. עם כל זאת קשה לקבל את הממצא הכמותי הקובע שכ 99.9% מהפטנטים שנרשמו באיראן לא היו ראויים להירשם במערב (כ-2,500 פטנטים של תושבים איראניים נרשמו באיראן בשנת 2005, ורק 3 פטנטים של תושבי איראן נרשמו בשנה זו בארה"ב). גם תרומתם של מניעים נוספים לאי-רישום פטנטים איראניים בחו"ל (שמקצתם הוזכרו לעיל), תתקשה להסביר את הנתונים.

פטנטים איראניים – סיכום

חידת פער רישום הפטנטים באיראן עומדת אם כן בעינה. מכל מקום ברור שאין לבחון את רמתה הטכנולוגית של איראן בהסתמך על מספר הפטנטים האיראניים שנרשמו במערב, ועל אחת כמה וכמה שלא ניתן להסתמך לצורך בחינה כזו על מספר הפטנטים שנרשמו באיראן. יש למצוא דרך אחרת לבחינת את רמת החדשנות הטכנולוגית האיראנית¹²⁶. הדרך בה בחרתי במחקר זה היא בחינת הרמה הטכנולוגית בתעשייה (האזרחית) האיראנית.

¹²² שהוא, כמוצג לעיל, היחס בין מספר הפטנטים ב"חוץ" (שהם ככלל פטנטים אמיתיים) לבין מספר הפטנטים ב"בית" (שהם ככלל, במדינות המתפתחות, פטנטים זעירים)

¹²³ ראה נספח ב'.

¹²⁴ לכל המדינות המתפתחות המנויות בנספח ב', למעט מקסיקו, יחס החדשנות של אוונסון נמוך מ-0.07. לכל המדינות המפותחות המנויות בנספח, למעט ניו-זילנד ודרום קוריאנה, ערכו של יחס חדשנות זה גבוה יותר.

¹²⁵ Philipp 2006

¹²⁶ Soete 1983 p 33

הטכנולוגיה בתעשייה האיראנית

טכנולוגיה בתעשייה האזרחית

מואיני בחן, בשנת 1998, את הרמה הטכנולוגית של התעשייה האזרחית האיראנית¹²⁷. הוא עשה זאת על ידי ניתוח תוצאות סקר מתאים שערך בקרב כ-100 חברות איראניות בתחומי תעשיית הרכב, התעשייה הפטרוכימית ותעשיית האלקטרוניקה. מואיני מצא שהתעשייה האיראנית בתחומים הנ"ל החלה כיבוא של ערכות (kits) שיוצרו בחו"ל והרכבתן באיראן ברשיון היצרן ובהדרכתו. היבוא התאפשר הודות להכנסות הגבוהות של איראן מיצוא הנפט, והכנסות אלה נוצלו גם ליבוא חלפים למוצרים שהורכבו באיראן. משיירו ההכנסות מנפט, נאלצו האיראנים להתחיל ליצר חלפים באופן מקומי, ולא להסתמך על יבוא, וכך החל בפועל היצור העצמי באיראן. תהליכים דומים ארעו במדינות מתפתחות נוספות רבות בעולם, והניסיון הטכנולוגי שהצטבר בהן בעקבות קליטת הטכנולוגיה מחו"ל ולמידה טכנולוגית תוך כדי העשייה הנלווית ליצור (על בסיס מכונות ותהליכי יצור מיובאים) הביאו לבשלות טכנולוגית ובהמשך לחדשנות טכנולוגית. באיראן, אבל, תהליך זה לא קרה. מהסקר שערך מואיני עולה שאמנם היתה מידה משמעותית של למידה טכנולוגית וצבירת ניסיון טכנולוגי באיראן, אך לא נוצר הבסיס הדרוש לפיתוח היכולת לחדשנות. כך, אחוז נמוך בלבד מהחברות (8.9% בתעשייה הפטרוכימית, 6.2% בתעשיית המכונות ו-17.3% בתעשיית האלקטרוניקה) דיווחו על פעילות חדשנית כחלק שגרתי מפעילותן, וכל שאר החברות לא דיווחו כלל, או דיווחו רק במקרים נדירים, על פעילות טכנולוגית חדשנית. יתר על כן, החדשנות עליה דיווחו החברות היתה, לפי ממצאי מואיני, בגדר שיפורים משניים בלבד¹²⁸. (ממצאים אלה עולים בקנה אחד עם השערתנו, על בסיס המודל של אוונסון שצוטט לעיל, בדבר טיבם של הפטנטים שנרשמים באיראן ולא נרשמים בחו"ל, כפטנטים "זעירים" שמהותם שיפורים משניים בלבד).

הגורמים לתופעה זו של אי-חדשנות טכנולוגית באיראן הם, לדעת מואיני, בעיקר כאלו הקשורים לתפישה ולמדיניות של המשטר באיראן:

Moeini 1998¹²⁷
ראה Moeini 1998 p 41 note 10¹²⁸

- העברת ידע וטכנולוגיה לאיראן מחו"ל נעשית בטכניקות שאינן מאפשרות תהליכים של חדשנות - השיטות המקובלות להעברת ידע לאיראן הן באמצעות רכישת רשיונות יצור או רכישת מכונות יצור והידע המוטמע בהן. פרויקטים משותפים, שתורמים להעברת ידע המביא לחדשנות הינם נדירים¹²⁹. המניע לשימוש בטכניקות העברת ידע כאלו דווקא נובע ממדיניות ממשלתית של אי-תלות בגורמים זרים במהלך פיתוח ידע.
 - העדר תכנון לאומי להתבססות על ידע כבסיס לצמיחה כלכלית מתמשכת וכתחליף להתבססות הנוכחית על יצוא הנפט כבסיס הכלכלי הלאומי.
 - העדר סביבה עסקית תחרותית, שתכריח את החברות לשר את מוצריהן (באמצעות טכנולוגיה מתקדמת יותר) כדי להצליח בסביבה כזו. העדר התחרות נובע מכך שמרבית התעשייה נמצאת במגזר הציבורי, בעיקר קרנות הקדושים, שיש להן מעמד מונופוליסטי ואין להן מוטיבציה להתייעל¹³⁰.
 - חוסר הכוונה או קישור של מוקדי מדע וטכנולוגיה ומוקדי מו"פ הנתמכים על ידי הממשלה, לצורכי התעשייה והכלכלה הלאומית. כך גם אין כל מדיניות או מסגרת ממוסדת שתקל על אינטראקציה יעילה בין חברות לבין מוקדי מו"פ או אוניברסיטאות (הרוב המכריע של החברות בסקר דיווחו על העדר קשר ממוסד שכזה).
 - ראייה קצרת טווח של החברות, שנמנעות ממחויבויות ארוכות טווח לתכנון והשקעה במיזמי מחקר ופיתוח.
- דו"ח האו"ם משנת 2005¹³¹, הבוחן את מדיניות איראן בתחומי המדע, הטכנולוגיה והחדשנות הטכנולוגית, מציג ממצאים דומים מאד לאלו של מואיני, אם

¹²⁹ בתקופת השאה, החברות הזרות היו מעורבות ישירות במפעלים הפטרוכימיים, בהשקעות ובפרויקטים משותפים, ואכן אז היתה העברת ידע שעורר חדשנות, שמפירותיה נהנית איראן עד היום.

¹³⁰ ראה גם ורד 2010
¹³¹ UNCTAD 2005

כי הוא מנסח אותם בלשון יותר תקינה פוליטית, מציגן בסדר חשיבות שונה ומעלה כיווני פתרון שעל ממשלת איראן לנקוט בהם:

- הפגם הבסיסי שמוצא דו"ח האו"ם במדיניות של איראן הוא שהיא מסתמכת כלכלית על יצוא הנפט, שהוא בסופו של דבר משאב מתכלה וסופי. נדרש מעבר ליצור עתיר ידע ולתחרות מבוססת חדשנות בעיקר מפני שבכך מותנית הצלחה בשוק העולמי, אך גם מפני שרק כך יוצרו מקומות עבודה לקליטת 800,000 הצעירים המצטרפים לשוק העבודה האיראני מדי שנה.
 - המעבר לכלכלה מבוססת ידע מחייב יצירת מערכת חדשנות לאומית איראנית, **שלא תסתפק ביבוא והתאמת טכנולוגיות**, אלא כזו שתתבסס על הידע המיובא ליצירת טכנולוגיות חדשות שיופצו בכל רחבי הכלכלה האיראנית.
 - נדרש קישור טוב יותר בין התשתית המדעית והטכנולוגית לבין צורכי המגזר היצרני.
 - התעשייה הממשלתית מהווה את הרוב הגדול של המגזר התעשייתי. מגזר זה חסר תחרות יעילה, בזמן שתחרות היא הכוח המניע של חדשנות ושינוי טכנולוגי. **יצור על בסיס רכישת רשיון מגורם זר בחסות סובסידיות ממשלתיות מבטיח חוסר תחרות של ממש וחוסר מוטיבציה לחדשנות, וכתוצאה מכך מוצרים מאיכות נמוכה ומחיר גבוה.** יש לעודד ולטפח עסקים פרטיים, קטנים ובינוניים, שהם מובילי החדשנות בשל הצורך שלהם לשרוד בסביבה תחרותית על ידי מענה לדרישות השוק.
 - מאפיין יחודי לאיראן הוא התפקיד השולי של חברות זרות (למעט בתחומי הנפט והגז). חברות זרות מכניסות טכנולוגיות חדשות בדמות מוצרים ותהליכי יצור וניהול חדשים. פעילויות מקומיות של חברות זרות זולגות לתעשייה המקומית, והידע מפעפע לכל התעשייה המקומית. יש לפתוח את השוק האיראני לפעילות כזו.
- לסיכום, הנפט הוא הגורם המרכזי בהתפתחות תרבות התעשייה באיראן. הנפט הוא שאיפשר תהליכי העברת טכנולוגיה ופיתוח תחליפים מקומיים למוצרי יבוא, אך

תרם מעט מאוד לקידום צמיחה מבוססת ידע או מובלת על ידי חדשנות. הלמידה הטכנולוגית הוגבלה לרכישת יכולות מכניות ומיומנויות הפעלה, אך מו"פ תעשייתי שיכול היה להביא לחדשנות בתהליכים וביצור, לא היה יעיל, ואולי בעצם נעדר בכלל. תלות יתר בנפט כבמקור הכנסה, העדר סביבה תחרותית בשוק המקומי, האופי המגביל של תנאי העברת הטכנולוגיה מחו"ל, הקשר החלש בין מוסדות המחקר לבין התעשייה וחוסר הקוהרנטיות של תכנון מסגרת למדע וטכנולוגיה ושל מדיניות המו"פ גרמו למצב זה.

האם יש חריגים בתמונה?

ניתוח רמת הטכנולוגיה, ובפרט רמת החדשנות הטכנולוגית בתעשייה האיראנית שנבחנה לעיל, מציג תמונה שחורה למדי בדבר החדשנות הטכנולוגית בתעשייה האיראנית. מאליה עולה השאלה האם תמונה זו, שנגזרה בעיקר מניתוח התעשייה המסורתית (המכוניות, הנפט, הפטרוכימיה והאלקטרוניקה) תקפה גם לתעשיות החדשניות יותר שהן תעשיות הידע (ננוטכנולוגיה, ביוטכנולוגיה, טכנולוגיות מידע ועוד) והתעשיות הבטחוניות (אמצעי לחימה קונבנציונאליים, טק"ק, חלל, גרעין ועוד), שהן בראש סולם העדיפויות של המשטר.

אמוזגר¹³² טוען באופן גורף שאמנם יש דיווחים על הישגים מרשימים בתחומים אלה, אך כמעט כל ההישגים הללו מיובאים מבחוץ והתרומה האיראנית מסתכמת בהתאמות מקומיות בלבד (בדיוק כפי שטענו הדו"חות שהצגנו לעיל, של מויני¹³³ ושל האו"ם¹³⁴, לגבי התעשייה המסורתית). אמוזגר אינו מביא ביסוס לטענתו זו מלבד העובדה שאף בתחומים אלה לא נרשם אפילו פטנט איראני אחד (טענה בה דנו באריכות בפרק הקודם). בשל חוסר הביסוס המספיק לטענתו הגורפת של אמוזגר, והחשש שאמוזגר מוטה נגד המשטר האיראני¹³⁵, ראוי להעמיק בבחינת רמת החדשנות האיראנית בתעשיות הידע והביטחון. למרות הצורך בבחינה מעמיקה שכזו,

¹³² Amuzegar 2009 p 48

¹³³ Moeini 1998

¹³⁴ UNCTAD 2005

¹³⁵

אמוזגר היה שר המסחר ושר האוצר בממשלות איראן בתקופת השאה, ובקורתו על התנהלותו של המשטר האיסלאמי באיראן בולטת במאמרים הרבים שפרסם בנושאים כלכליים-איראניים שונים.

הבחינה שנערוך תהיה בהכרח מוגבלת ובפועל מדגמית בלבד: ניתוח החדשנות הטכנולוגית בכל שטחי תעשיית הידע באיראן אינו מעשי בשל המספר הרב של שטחים כאלה, וניתוח החדשנות הטכנולוגית בתעשייה הבטחונית האיראנית אינו מעשי בשל חוסר הזמינות של המידע הנדרש, שבדרך העולם הינו מסווג ואינו נגיש למחקר אקדמי. כדי להקנות לבחינה מדגמית זו ערך מחקרי, ולו מינימלי, בחרנו לנתח דווקא אותם תחומים בהם השיגו האיראנים, לפחות לכאורה, הישגים טכנולוגיים מרשימים. בחירה זו מגדילה את הסיכוי להפריך את טענתו של אמוזגר, ואם ניסיון הפרכה זה לא יצלח, נוכל לקבל את טענתו של אמוזגר (לפיה ההישגים הטכנולוגיים האיראנים ברובם מיובאים מבחוץ) באמון רב יותר.

לפיכך נסתפק בבחינת החדשנות הטכנולוגית האיראנית בתחומים הבאים:

- א. תעשיית הננוטכנולוגיה (תחום שהוכר על ידי ממשלת איראן כבעל עדיפות לאומית עליונה¹³⁶) כמייצגת תעשיית הידע באיראן. בשולי ניתוח זה נתייחס בקצרה לתעשיות ידע נוספות באיראן.
- ב. תעשיית האמלי"ח הקונבנציונאלי, בה מתהדרים האיראנים בהישגים מפליגים.
- ג. תעשיית הטק"ק ומשגרי הלווינים, תחום בו יש לאיראן הצלחות מוכחות.

ננוטכנולוגיה באיראן

ההתעניינות האיראנית בננוטכנולוגיה הותנעה בשנת 2001 בעקבות פניה של מדען איראני-אמריקני לנשיא איראן דאז, ח'יתאמי¹³⁷. באותה פניה פרט המדען את החשיבות הפוטנציאלית של הננוטכנולוגיה לעתידה של איראן¹³⁸. הנשיא העביר את המכתב למשרד הנשיאותי לשיתוף פעולה טכנולוגי שבדק ומצא שננוטכנולוגיה הינה אכן תחום קריטי לאיראן. בשנת 2003, לאחר מחקר וניתוח, הוקמה מועצה שתפקידה היה לכוון את התפתחות הננוטכנולוגיה באיראן. המועצה מצאה שקידום

Ghazinoory 2009b p 844¹³⁶

פסקה זו מבוססת על Ghazinoory 2009a p 245¹³⁷

יתכן שמדען איראני זה שחי ופעל בארה"ב הושפע מהערכת הקרן הלאומית האמריקנית למדע (NSF) שהתפרסמה בשנת 2001 בדבר השוק העולמי העצום הצפוי למוצרים מבוססי ננוטכנולוגיה, ועל כניסתה לתוקף של היוזמה הלאומית האמריקנית בתחום, באותה שנה (Hullman 2007 p 744)¹³⁸

הננוטכנולוגיה באיראן מחייב מעמד של יוזמה לאומית. הממשלה האיראנית אישרה את ההצעה בשנת 2005 והוקמה ועדה שתפקידה לנהל את היוזמה האיראנית הלאומית בננוטכנולוגיה. ועדה זו כונתה וועדת ניני¹³⁹. מפת הדרכים שהתוותה ועדת ניני לקידום הננוטכנולוגיה באיראן אושרה על ידי הממשלה האיראנית ויצאה לדרך ביוני 2005.

התמיכה הממשלתית האיראנית בננוטכנולוגיה נבעה ממספר שיקולים - ראשית, הכרה בעובדה שננוטכנולוגיה הינה טכנולוגיה בסיסית כללית שיכולה לקדם תחומים טכנולוגיים רבים במדינה. שנית, ננוטכנולוגיה עשויה להוות תשתית מדעית חשובה לתחומי הכימיה והרפואה. שלישית, בהיות ננוטכנולוגיה תחום חדש בעולם כולו, טרם הספיקו להיווצר פערי ידע שיקשה לסוגרם בין איראן לבין מדינות אחרות. לבסוף, היות הננוטכנולוגיה תחום חדש מבטיח שטרם נוצרו בו מונופולים ורשתות השולטות בשוק, ואיראן תוכל לתפוש את המקום הראוי לה בעולם בתחום זה. כתוצאה מכל אלה קיבלה הננוטכנולוגיה מעמד של עדיפות לאומית עליונה באיראן¹⁴⁰. ההישגים האיראניים בתחום הננוטכנולוגיה שלוש שנים לאחר התנעת התוכנית, הוערכו לאחרונה על ידי שלושה **מדענים איראניים**, שניים מהאקדמיה ואחד מהמשרד (הנשיאותי) לשיתוף פעולה טכנולוגי¹⁴¹. החוקרים הללו זיהו במפת הדרכים של ועדת ניני שורה ארוכה (19 במספר) של צעדים, בתחומי הארגון, הקצאת המשאבים, החקיקה והתקינה, שבהם צריכה היתה ממשלת איראן לנקוט. הם חילקו

¹³⁹ NINI (National Iranian Nanotechnology Initiative).

¹⁴⁰ Ghazinoory 2009b p 844. יש לציין שניתוח איראני זה היה נכון בעיקרו אם כי לא מדויק - העניין בננוטכנולוגיה התחיל בעולם כבר באמצע שנות השמונים של המאה שעברה (כלומר כעשרים שנה לפני ההערכה האיראנית שזה הוא תחום חדש) ועד שנת 2001 התפרסמו בספרות המקצועית העולמית יותר מ 100,000 (!) מאמרים מדעיים בנושא, ונרשמו בארה"ב יותר מכ-5,000 פטנטים בתחום (Glanzel 2003 pp 21, 43). מודל מקובל לתהליך ההתפתחות של תחום הננוטכנולוגיה העריך תהליך תלת-שלבי: עד 2004 בעיקר שילוב ננוטכנולוגיה במוצרי hi-tech, בשנים 2004-2009 תושגנה עיקר פריצות הדרך בתחום, והחל מ-2010 יחל שימוש נרחב (שוק עולמי שהוערך ב 1,000-3,000 בליון דולר בשנה באמצע העשור) במוצרים מבוססי ננוטכנולוגיה (Hullman 2007 pp 741-742). נראה אם כך שהצטרפות נמרצת של איראן, באמצע העשור הנוכחי, לתחום הננוטכנולוגיה הנוסק (בראיה אז) היתה יכולה להיות עדיין בעיתו הנכון.

Ghazinoory 2009a¹⁴¹

צעדים נדרשים אלה באורח גס לצעדים תומכי פעילות¹⁴² ולצעדים מסירי מכשולים¹⁴³ בדרך למימוש היוזמה הלאומית האיראנית בננוטכנולוגיה. הניתוח שערכו העלה שבמרבית הצעדים, בפרט מסירי המכשולים אך גם בצעדים תומכי הפעילות, לא היתה התקדמות של ממש. כתוצאה מכך **המטרה העיקרית של התוכנית**, הפקת הישגים טכנולוגיים של ממש, שניתן להפיק מהם תועלת מסחרית-כלכלית, **לא הושגה**.

ההישג המרכזי של התוכנית הוא עליה מרשימה מאד במספר הפרסומים המדעיים האיראניים העוסקים בתחום: מ-41 מאמרים בשנת 2003 ל-450 מאמרים בשנת 2007. בהתאם עלה דרוגה של איראן בתחום מהמקום ה-57 בעולם בשנת 2003 למקום ה-25 בשנת 2007. עליה זו מיוחסת על ידי גאזינוורי וחבריו לעידוד ולפרסים הכספיים שהעניקה המדינה לחוקרים שפרסמו מאמרים בתחום¹⁴⁴.

גאזינוורי תולה את האשמה בכשלון היוזמה הלאומית האיראנית בננוטכנולוגיה במספר גורמים, כולל התרבות השוררת בחברה המדעית האיראנית (העדפת הפרסומים המדעיים על פני הישומים הטכנולוגיים והמסחריים), אך האשם העיקרי הוא לדעתו הנשיא אחמדינג'אד והממשל שלו, שלא גילו התעניינות בנושא הננוטכנולוגיה, לא היקצו לו את התקציבים הנדרשים ובסופו של דבר הזניחו אותו¹⁴⁵ (כפי שבעצם זנחו את כל תוכנית הפיתוח הרביעית שהוביל הנשיא הקודם ח'יתאמי, ושיעדה היה מעבר לכלכלת ידע¹⁴⁶).

לסיכום הדיון בננוטכנולוגיה באיראן ניתן לומר שכלפי חוץ נראים הישגים יפים (המתבטאים בעליה תלולה במספר הפרסומים המדעיים בתחום), אך בהיבט של חדשנות טכנולוגית ותועלת מעשית לתעשייה האיראנית, ההישגים עד כה נמוכים

¹⁴² לדוגמה – שליחת מנהלים בתעשייה האיראנית להשתלמויות במרכזי ננוטכנולוגיה בינלאומיים. בדיעבד נשלחו בודדים בלבד (במשתמע – בעלי קשרים) אך התהליך לא היה מקיף כנדרש.

¹⁴³ לדוגמה - עידוד ותמיכה בבנייתן של קבוצות מחקר בננוטכנולוגיה, בניגוד למצב הקיים של מדענים בולטים הפועלים כבודדים בתחום. בדיעבד לא חל כל שינוי משמעותי בענין.

¹⁴⁴ תופעה זו היא מקרה פרטי של המצב שתואר לעיל בפרק שדן במספר המאמרים שמפרסמים המדענים האיראניים. נציין שגאזינוורי אינו מתייחס כלל לאיכותם של מאמרים אלה.

¹⁴⁵ Ghazinoory 2009a p 248 Table 4, Action Number 8

¹⁴⁶ Assa 2007, וראה להלן פרק "תוכנית הפיתוח החמישית".

מאד. הסיבות העיקריות לכך דומות לאלו שזוהו לעיל, בדיון ברמת החדשנות הטכנולוגית באיראן בכלל¹⁴⁷.

במבט שטחי נראה שהתמונה המצטיירת לגבי תעשיית הננוטכנולוגיה באיראן, תקפה גם לתחומים נוספים של תעשיית הידע. כך מותחים מדענים איראניים בקורת נוקבת על כשלון המשטר בקידום טכנולוגיות המידע¹⁴⁸, על חולשת תעשיית הפרמצבטיקה האיראנית¹⁴⁹, ועל מגבלות התעשייה הביוטכנולוגית האזרחית¹⁵⁰ האיראנית¹⁵¹. בקשר לזו האחרונה, בה הגיעו האיראנים להישגים מחקריים מרשימים (כפי שהוצג לעיל בפרק הדין בפרסומים המדעיים האיראניים), ראוי לציין שניתוח התמונה העולמית של החדשנות הטכנולוגית בביוטכנולוגיה בחתך מדינות¹⁵², אינו כולל את איראן בין שלושים ושש המדינות המובילות בעולם בתחום (ישראל מופיעה במקום הרביעי בעולם. טורקיה הינה המדינה המוסלמית, היחידה המופיעה ברשימה, במקום השלושים ושלושה).

אמל"ח קונבנציונאלי

אחד הלקחים המרכזיים של איראן ממלחמתה הממושכת עם עיראק היה הצורך בעצמאות ביצור ואספקה של אמצעי לחימה, ממירב הסוגים האפשרי. בעוד שעיראק יכלה לקנות אמל"ח באופן חופשי למדי ממגבלות, הרי שאיראן התקשתה מאד ברכש של נשק, תחמושת וחלקי חילוף והדבר פגע קשות ביכולות הלחימה שלה. בעקבות זאת הקימה איראן תעשיית נשק גדולה ומתקדמת למדי. התעשייה הצבאית האיראנית מייצרת מגוון גדול מאד של אמצעי לחימה, כולל פלטפורמות עיקריות (מטוס קרב, סטי"ל, טנק מערכה ועוד). נראה שרובם המכריע של אמצעים אלה אינם פרי פיתוח וטכנולוגיה מקורית איראנית, והם בפועל העתקת אמצעי לחימה שפותחו בארצות אחרות, תוך התאמות, שינויים ושיפורים מוגבלים. ככלל איראן אינה מודה

¹⁴⁷ כך, לדוגמה, משרדי ממשלה שונים קבעו את עדיפויותיהם בתחום המחקר בננוטכנולוגיה, אך לא נקבע סדר עדיפויות לאומי מאוחד. תופעה זו זוהתה והוגדרה לעיל, בפרק הדין בטכנולוגיה בתעשייה האיראנית, כתופעה כללית בתכנון המו"פ באיראן - "חוסר הקוהרנטיות של תכנון מסגרת למדע וטכנולוגיה ושל מדיניות המו"פ".

¹⁴⁸ ראה 6-245 p Ghazinoory 2009a ו 2008 Javadi.

¹⁴⁹ ראה 6 p 2006 Cheraghali.

¹⁵⁰ יתכן שהתמונה שונה בישומים צבאיים של ביוטכנולוגיה באיראן, כפי שרומזים חוקרים

שונים (Shoham 2005, Kosal 2009), אך אין בידי כל מידע בנושא.

¹⁵¹ ראה 13 p 2005, Mahboudi 2006 p 23 ו 11 p 2007 Morrison.

¹⁵² Friedman 2009

בכך, ומודיעה חדשות לבקרים על פיתוח אמצעי לחימה מתקדמים ביותר. ההודעות האיראניות הללו לוקות בדרך כלל בהגזמה רבה. כשהמידע הזמין מספיק, אף ניתן להוכיח הגזמות אלו. התוצאה הכללית היא חוסר אמון, המשולב לעיתים בלעג, בהודעות האיראניות על פיתוח אמל"ח חדש. כך, לדוגמה:

- הציגה איראן ב 20.9.2007 את מטוס ה-Saegheh כמטוס קרב חמקן חדש מתוצרתה. ניתוח המידע הזמין על ידי ה-Defense Industry Daily מה 23.9.07 קבע שהמטוס שהוצג הוא בפועל F5E מיושן שעבר שדרוג מוגבל - שיפורי אוויוניקה ושינויי מבנה מוגבלים (בשורש הכנף)¹⁵³. ה-Azarakhash שהוצג על ידי האיראנים כמטוס קרב מתקדם אף יותר נמצא על ידי ה-Jane's Defense Weekly כזהה חיצונית למטוס ה-Saegheh, והוגדר כ "reverse engineered F5 Tigershark, with upgraded capabilities".
- טנק המערכה האיראני Zulfiqar, שהוצג כפרי פיתוח איראני, מבוסס ככל הנראה על הכלאה של מנוע של ה T72 הסובייטי, תמסורת ומזקו"ם מועתקים מה-M48 וה-M60 האמריקנים ומערכת בקרת אש מתוצרת סלובניה. הצריח, וכנראה גוף הטנק הם מתוצרת איראנית¹⁵⁴.
- הצוללת הנסית הנושאת מערכת חדשנית לחמיקה מסונאר שהציגה איראן ב-29.11.07, הינה ככל הנראה מתוצרת צפון קוריאא, ונקנתה על ידי איראן כצוללת מוגמרת או כערכה להרכבה (kit)¹⁵⁵.
- בראיון בטלביזיה האיראנית הלאומית ב-11.4.10 אמר מוחמד ואהיד, שר ההגנה האיראני, שאיראן מפתחת מערכת הגנה אווירית מתקדמת. המערכת החדשה, מרסד (מארב) שמה, תוכל לירות, לדבריו, מטוסי קרב מתקדמים בגובה נמוך ובינוני בטווחים ארוכים. בתמונות של מערכת מרסד החדשה שהפיץ משרד ההגנה האיראני נראה בבירור

www.defenseindustrydaily.com/irans-new-saegheh-fighter-enters-service-¹⁵³

02596/¹⁵⁴
Cordesman 2006 p8
Katzman 2010¹⁵⁵

שטילי הקרקע-אוויר של מערכת זו הם העתקה (ושיפורים?) איראנים של טילי ההוק שמכרה ארה"ב לאיראן עוד בשנות השבעים, בתקופת השאה. לטילים אלה היה טווח מירבי של 24 ק"מ בלבד¹⁵⁶. במצעד יום הצבא האיראני ב-18.4.10 הציגו האיראנים מערכת טק"א ניידת לטווחים ארוכים. פענוח התמונות העלה שמדובר בדמיים (mock-up) בלבד, הדומים יותר למערכת הסינית HQ-9 שהיא עצמה אינה אלא העתקה מקומית של ה S-300 הרוסי. לטיל הסיני טווח מירבי של 100 ק"מ, בעוד שלדגם מתקדם של הטיל הרוסי טווח של 150 ק"מ. אין תימה לפיכך שכותרתו של המאמר ב-Aviation Week שדן במערכת ההגנה האווירית האיראנית החדשה¹⁵⁷, היתה "Iranian Technology is part threat, part fantasy..."

- איראן מייצרת מגוון של אמצעים לחימה יבשתיים כמו תותחים מתנייעים 122 מ"מ ו-155 מ"מ, רקטות קרקע-קרקע למגוון טווחים וטילי נ"ט ורקטות נ"ט מסוגים שונים, ברובם על בסיס הנדסה לאחור של מערכות רוסיות ואמריקניות, ושיפורים והתאמות באמצעים אלה¹⁵⁸.

- המזל"ט הראשון שיצרו האיראנים (מזל"ט לדיכוי הגנה אווירית) מבוסס ככל הנראה על טכנולוגיות ותו"ל ישראלים¹⁵⁹.

מדוגמאות אלה ועוד רבות אחרות נראה כי התעשייה הצבאית האיראנית עוסקת בהצלחה בפיתוח ויצור מגוון עצום של מוצרים צבאיים, וזה הוא הישג מרשים בפני עצמו. פיתוח ויצור אלה מבוססים על למידה טכנולוגית ועל רכישת ניסיון טכנולוגי, חלקו תחת רשיונות זרים והדרכה זרה, וחלקו מתוך

<http://www.jpost.com/IranianThreat/News/Article.aspx?id=172845>

156

157

<http://www.aviationweek.com/aw/blogs/defense/index.jsp?plckController=Blog&plckScript=blogScript&plckElementId=blogDest&plckBlogPage=BlogViewPost&plckPostId=Blog%3A27ec4a53-dcc8-42d0-bd3a-01329aef79a7Post%3Adab13167-8270-4d76-8dde-b96575e789ab>

Cordesman 2006 pp 10-12¹⁵⁸

www.defence.pk/forums/general-images- ראה גם Cordesman 2006 p 13¹⁵⁹
multimedia/22438-iranian-copy-harpy-uav.html

הנדסה לאחור של מערכות מיובאות, ושחזורן תוך התאמות ושיפורים. הידע והיכולות הנרכשות בדרכים אלה מנוצלים, באמצעות חשיבה יצירתית ומקורית, לבניית מערכות מורכבות ומתקדמות יותר מהמערכות עליהן הן מבוססות. גם בכך יש משום הישג הנדסי וחדשנות הנדסית מרשימים. עם זאת, יש אך מעט חדשנות טכנולוגית של ממש בתעשיית הנשק הקונבנציונאלי האיראנית. התעשייה הצבאית האיראנית דומה בהיבט אחרון זה לתעשייה האיראנית המסורתית האזרחית, כפי שתוארה לעיל.

טק"ק ומשגרי לווינים¹⁶⁰

הענין האיראני בטילי קרקע-קרקע (טק"ק) הועצם מאד בעקבות מתקפת הטק"ק המסיבית של עיראק על טהראן בשלהי מלחמת איראן-עיראק ("מלחמת הערים" 29.2-21.4.1988). הנזקים בנפש ובחומר היו נמוכים, אך ההשפעה המורלית של תקיפה זו (שברקעה עמד החשש משילוב רש"ק כימי בטק"ק העיראקי) על תושבי טהראן ועל ההנהגה האיראנית, היתה קשה מאד¹⁶¹. איראן התקשתה להגיב למתקפה זו, בעיקר בשל המספר הנמוך של הטק"ק שעמדו לרשותה. רישומה של מתקפת הטק"ק העיראקית היה לאחד הלקחים העיקריים של איראן מהמלחמה, והביא למאמץ איראני עצום בהיקפו¹⁶², לפיתוח טק"ק מסוגים שונים. בשל מגבלות זמינות המידע הגלוי, נתמקד לצורך הדיון שלנו בניתוח החדשנות הטכנולוגית של הטק"ק האיראני המבוסס על הנעה בדלק נוזלי בלבד.

איראן שיגרה במסגרת ניסויים והדגמות יכולת שונות לפחות ארבעה דורות של טק"ק - שיהאב 1, שיהאב 2, שיהאב 3 ושיהאב 3M ומשגר לווינים "ספיר 1", כולם על בסיס מנועי דלק נוזלי. לטענתה, כל הטילים הללו הינם פרי פיתוח איראני. מניתוח המידע הגלוי הזמין - תמונות ונתונים שפירסמו האיראנים¹⁶³ והצפון-קוריאנים, תצפיות ומאפייני מסלול שפורסמו ברבים על ידי האמריקנים, היפנים ואחרים - עולה שטענה זו אינה נכונה: אין בידי איראן יכולת לתכנן, לפתח, לבנות

¹⁶⁰ פרק זה מבוסס בעיקר על מחקרו של Postol 2009. מומלץ מאד לקרוא מאמר זה

במלואו.

¹⁶¹ ראה ורד 2009, עמ' 17-18.

¹⁶² להערכת 92 p Shoham 2005 הקצתה איראן \$120 B להתעצמות צבאית בתקופה

של חומש או עשור. עיקר התקציב מיועד לטק"ק ולנשק להשמדה המונית.

¹⁶³ לעיתים קרובות נתונים אלה אינם נכונים ונועדו להטעות וליצור רושם שתוכנית הטק"ק

החלה האיראנית מתקדמות יותר ממה שהן בפועל. ראה Postol 2009 p 11.

ולייצר באופן עצמי מנועים רקטיים מבוססי דלק נוזלי (ורכיבים קריטיים נוספים) טילים. יש לאיראן יכולת טובה ויצירתית לשלב רכיבים שכאלו, בפרט מנועי טילים שנרכשו ממקורות זרים (רוסיה, צפון-קוריאנה), תוך התאמות ושיפורים במערכות הנלוות, לבניית מערכות טק"ק ומשגרי לווינים שיש להם ביצועים מרשימים. להלן נרחיב מעט בעניין זה:

- השיהאב 1, שיהאב 2 ושיהאב 3 הינם חיקוי או העתקה של טילים מקבילים צפון-קוריאנים (להלן צפ"ק). הטילים הללו של צפון קוריאנה מבוססים כולם על טכנולוגיה סובייטית ועל מנועים רקטיים סובייטים מקוריים.
- השיהאב 1 זהה לסקאד B הצפ"קי, שהוא עצמו הינו העתקה של הסקאד B הסובייטי משנות החמישים של המאה הקודמת. מעניין לציין שלסקאד B הסובייטי יש מאפיינים מבצעיים (טווח, משקל מועיל, מסלול) זהים לשל הרקטה V-2 שפיתחה גרמניה הנאצית, ושוגרה לראשונה בשנת 1942.
- השיהאב 2 האיראני זהה לסקאד C הצפ"קי (שהוא עצמו הינו סקאד B עם מיכלי דלק מוארכים, המעניקים לו טווח מוגדל, עם רש"ק מוקטן).
- השיהאב 3 האיראני זהה לטיל הנודוג הצפ"קי (שהוא עצמו הינו העתקה מוגדלת של אלמנטי המבנה, בקנה-מידה של 1.4, של הסקאד B. לדוגמה, קוטרו של הסקאד הוא 88 ס"מ בעוד שקוטרם של הנודוג והשיהאב 3 הוא 125 ס"מ). מנוע השיהאב 3 (והנודוג) זהה בעיקרון פעולתו לזה של הסקאד B ושני המנועים משתמשים באותו דלק נמוך אנרגיה. שדרוג המנועים הרקטיים כך שיוכלו לנצל דלק אנרגטי יותר, לקבלת ביצועי טווח ומשקל מועיל טובים יותר, מוערך כקשה ביותר¹⁶⁴.
- איראן ניצלה את העובדה שהדחף של מנוע הנודוג גדול דיו לשיגור טילים כבדים משמעותית ממשקלו המקורי של הנודוג. מהנדסים איראניים האריכו את מיכלי הדלק (המשחלף והמחמצן) שבתוך הטיל ובדרך זו הגדילו את כמות הדלק הנישא בטיל והזמינה למנוע שלו.

כתוצאה מכך גדל הדחף הכולל של הטיל המשודרג, וגדל הטווח שלו ומשקל המטען המועיל שהוא יכול לשאת¹⁶⁵. השיהאב 3M מבוסס על הארכה כזו של מיכלי הדלק של השיהאב 3 (הנודוג). מעניין לציין שהטיל אל-חוסייני העיראקי נבנה בתהליך דומה – הארכת מיכלי הדלק של הסקאד B, וניצול עודף הדחף של מנוע הטיל לקבלת טווח ארוך משמעותית (תוך ירידה במשקל הרש"ק).

• משגר הלוויינים "ספיר" הינו טיל דו-שלבי. השלב הראשון של המשגר מבוסס על מנוע הנודוג עם הארכה מירבית אפשרית של מיכלי הדלק, לקבלת דחף מירבי (תחת אילוצי המשקל הכולל של הטיל, הכולל גם את משקל השלב השני על הדלק שלו ומשקל הלוויין). השלב השני של הטיל מבוסס על מנועי ורניר (מנועים בעלי דחף נמוך אך נצילות גבוהה) ורכיבים נוספים (כמו ה turbopump) שהונצלו על ידי האיראנים מטילי SS-N-6 סובייטים מפורקים שרכשו מהצפון-קוריאנים בשנת 2005. בטילים הסובייטים, שנועדו לשיגור מצוללות גרעיניות, שימשו מנועים אלה לניהוג ולתיקוני מסלול של הרש"ק של הטיל במעופו בחלל. משגר זה שימש את האיראנים להכניס לוויין קטן¹⁶⁶, במשקל כ 27 ק"ג¹⁶⁷, למסלול סביב כדור הארץ, בשיגור ביום החלל האיראני בשנת 2009.

הנתוחים ההנדסיים-טכניים דלעיל (והמפורטים במחקרו המקיף של פוסטול שהוזכר לעיל) הם הבסיס העיקרי לטענה שהבאנו בראש פרק זה - טילי הדלק הנוזלי האיראניים מבוססים על מנועים רקטיים צפון קוריאנים. **איראן לא הוכיחה יכולת ליצר מנועים רקטיים לטק"ק בליסטי, ולא הדגימה כל יכולת לתכנן, לפתח ולבנות מנועים כאלה בעצמה. איראן הוכיחה יכולת מרשימה לשימוש יצירתי במנועים רקטיים שרכשה ממקורות חוץ, ולבנות בעזרתם טילים ומשגרי לוויינים מרשימים**

¹⁶⁵ ברור שיש תחליפיות בין השניים – ניתן לרדת במשקל המטען המועיל (שהוא בדרך כלל הראש הקרבי שנושא הטיל) ולהרוויח טווח, ולהיפך, לשאת רש"ק כבד יותר לטווח קצר יותר.

¹⁶⁶ אין באפשרותנו להרחיב בנושא הרמה הטכנולוגית של הלוויין האיראני במסגרת מחקר זה. נסתפק בהפניית הקורא המעוניין למאמרו של Nemetz 2009 הדין בסיוע הרוסי לתוכנית החלל האיראנית, ולניתוח של Postol 2009 p 18, המציג את הלוויין האיראני כ- "This satellite is therefore derived from commonly available commercial electronic components, none of which could possibly be manufactured by Iran"

¹⁶⁷ משקל זה נגזר מהדחף הנמוך של מנועי הורניר, ומגבלות החוזק של מבנה השלב השני (העשוי מסגוגת אלומיניום, להקטנה מירבית של משקל המבנה).

בביצועיהם. ניתן לומר שאיראן הוכיחה רמה גבוהה מאד של חדשנות הנדסית בתחום הטק"ק ומשגרי הלווינים, תוך שהיא מפגינה רמה נמוכה של חדשנות טכנולוגית בתחום.

טכנולוגיה בתעשייה - סיכום

מהניתוח דלעיל עולה שאיראן מצליחה להשתלט וליישם טכנולוגיות מיובאות, אך אינה מצליחה ליצר חדשנות טכנולוגית של ממש. ממצא זה עולה בקנה אחד עם מיעוט הפטנטים הראויים (הרשומים בחו"ל) האירניים והמספר הגדול של הפטנטים הזעירים הרשומים באיראן ומצביעים על שליטה בטכנולוגיה המיובאת ואף על יכולת לשיפורים משניים בה. מגבלה זו של הטכנולוגיה האיראנית אינה נובעת מחוסר יכולת אינהרנטית של המדענים והמהנדסים האיראניים אלא מתפיסת העולם ומדיניות המשטר באיראן. המשטר מעודד רכש טכנולוגיות ומתנגד לחדירת חברות זרות ולמיזמים משותפים איתם, מעדיף לרכז את הכוח הכלכלי בידי חברות ממשלתיות גדולות שניהולן בידי נאמני השלטון הדבקים באידאולוגיה האסלאמית שלו, שבשל חוסר הצורך בתחרות הם גם חסרי מוטיבציה לחדשנות טכנולוגית ובוטח בעתודות הנפט של איראן כבסיס לכלכלה איתנה ואינו נוטה לעבור לכלכלת ידע (שכן הספקנות והסקרנות, והקשרים הפתוחים עם העולם החיצוני, שהם בלב ההסתמכות על ידע וחדשנות אינם עוצרים בטכנולוגיה ובכלכלה, ועלולים לזלוג גם לאידאולוגיה ולמשטר). עם זאת, איראן מציגה יכולת מרשימה של חדשנות הנדסית, בכך שהיא מצליחה ליישם טכנולוגיות שאימצה מחו"ל, יחד עם רכיבים מתקדמים המיובאים מחו"ל, לצורך שילובם במערכות בעלות ביצועים מרשימים, העולים על הביצועים של המערכות והטכנולוגיות המיובאות, לכשעצמם. בשלב זה חדשנות הנדסית זו מוגבלת לתעשיית הביטחון (ובפרט תעשיית הטק"ק ומשגרי הלווינים) האיראנית, ויתכן שהדבר נובע מהעדיפות הגבוהה (בתקציבים, בכוח אדם ובכוננות לשתף פעולה עם גורמים זרים ידידותיים) שניתנת לתחום זה.

המדע והטכנולוגיה באיראן – לאן

מבוא

בשלהי כהונתו של הנשיא ח'יתאמי, נראה היה שממשלת איראן קיבלה והפנימה את הצורך לעבור מכלכלה מבוססת יצור ויצוא נפט לכלכלה מבוססת ידע. "חזון עשרים השנים הבאות" שפירסמה ממשלת איראן במרס 2005, ועוד יותר מכך תוכנית הפיתוח הרביעית (לחומש 2005-2009) הדגישו את הצורך במעבר זה, וקבעו דרכים ויעדים כיצד להגיע אליו. נראה היה שהדרך סלולה לפריחתה המדעית והטכנולוגית של איראן. בסעיפים הבאים נבחן את התוכניות הללו ואת תוצאותיהן בתחום זה, עד כה.

תוכנית 20 השנה

במרס 2005, בתקופת הנשיא ח'יתאמי, פירסמה ממשלת איראן מסמך שכותרתו "חזון 20 השנים"¹⁶⁸. במסמך זה, הראשון מסוגו באיראן שלאחר המהפכה, הוצגה מפת דרכים לפיתוח הכלכלי, הפוליטי, החברתי והתרבותי של איראן לשני העשורים הבאים. במבוא למסמך הבטיחה הממשלה שבתום התקופה תהיה איראן המדינה המובילה כלכלית, מדעית וטכנולוגית במזרח התיכון ודרום מזרח אסיה. באותה עת, חזתה הממשלה, תהיה איראן מדינה בעלת אופי איסלאמי ומהפכני, שתשמש כדוגמה מנחה לשאר העולם המוסלמי, ותקיים קשרים בונים ומועילים עם שאר העולם. החברה האיראנית תהיה עצמאית, חזקה ובטוחה בעצמה, מתקדמת ומבוססת ידע. הדגש בחזון הוא עליית מעמדה של איראן לכדי "מעצמה כלכלית וטכנולוגית". הדרכים העיקריות למימוש יעד זה הם:

- צמיחה כלכלית מהירה ומתמשכת.
- יצירת מספר נאות של הזדמנויות תעסוקה והקטנת האבטלה.
- גידול ביצור ובתפוקה בכל ענפי המשק.
- פיתוח כלכלה מגוונת מבוססת ידע הנשענת על ההון האנושי של איראן ועל טכנולוגיות מתקדמות.

¹⁶⁸ הצגה מצויינת של עיקרי התוכנית ניתן לראות ב Maleki 2005

- עידוד המגזר הפרטי והמגזר הקואופרטיבי בכל תחומי הכלכלה, וצמצום מעורבות הממשל לתחומים הקריטיים הנזכרים בחוקה.
 - עידוד היזמות המקומית והזרה, מיסוד וביסוס סביבת שוק תחרותית.
 - נוכחות פעילה בשוק האזורי והעולמי.
- התוכנית כוללת גם שאיפות ויעדים (כולל כמותיים) שיש לשאוף אליהם. בתחום המדע והטכנולוגיה כוללת התוכנית כיעדים¹⁶⁹ את הגדלת מספר המדענים באיראן לכדי 3,000 מדענים למליון נפש (לעומת כ-600 מדענים למליון נפש כיום), הגדלת התקציב למחקר ופיתוח לכדי 4% מהתל"ג¹⁷⁰ כשמחציתו תבוא מהשקעות המגזר הפרטי (כיום התקציב למו"פ עומד על כעשירית מהיעד, כ-0.4%, והמגזר הפרטי מממן פחות מ-10% מהתקציב), ולהגדיל את התקציב לחינוך לכדי 7% מהתל"ג. כמו כן קוראת התוכנית להקמת פארקים וחממות למדע ולטכנולוגיה, להקמת שותפויות מחקר בין אוניברסיטאות לתעשייה ולצמצם את בריחת המוחות. את התוכנית השאפתנית הזו, שמיושנה המוצלח עלול היה להקפיץ את איראן קדימה בתחומי המדע והטכנולוגיה (כמו גם בתחומי הכלכלה והחברה), תוכנן לממש במהלך ארבע תוכניות פיתוח חמש שנתיות, החל מתוכנית הפיתוח הרביעית (-2005-2009).

תוכנית הפיתוח הרביעית (2005-2009)¹⁷¹:

חזון עשרים השנה תוכנן להתממש במהלך ארבע תוכניות חומש לפיתוח. השלב הראשון במימוש זה היתה תוכנית הפיתוח הרביעית, שגם היא הוכנה בתקופת הנשיא ח'יתמי. עיקריה של תוכנית זו כוונו להתחלת מימוש חזון עשרים השנה. בפרט כללה התוכנית מהפך של ממש בתפקידו של המגזר הפרטי בכלכלת איראן. זאת בהבנה שרק מגזר זה יכול להביא את הכלכלה לכלכלה תחרותית מבוססת ידע. סעיף 44 בחוקה האיראנית קובע שהבעלות על התעשיות הגדולות, המחצבים, הבנקים, הביטוח ועוד, תהיה בידי המגזר הציבורי. המגזר הפרטי הוגבל לתחומי החקלאות ולפעילות משלימה בלבד לפעילות המגזר הציבורי בתחומים שנמנו

¹⁶⁹ Sawahel 2009
¹⁷⁰ בדומה למצב בישראל.
¹⁷¹ Atieh 2005

לעיל¹⁷². תוכנית הפיתוח הרביעית ערכה מהפך מוחלט בתחום זה. זאת באמצעות אינטרפרטציה חדשה ויצירתית של סעיף 44 בחוקה, אינטרפרטציה שהובלה ואושרה על ידי המועצה לקביעת אינטרס המדינה¹⁷³. על פי ההבנה החדשה הזו מותר למגזר הפרטי להשתתף בפעילויות כלכליות שנאסרו עליו בעבר, כשהיו מונופול של המגזר הציבורי. השתתפות זו כוללת בעלות, השקעה וניהול של תעשיות גדולות, מכרות (למעט נפט וגז), בנקים, ביטוח, תחנות כוח, סכרים ומפעלי השקיה. כדי לאפשר את הבעלות הפרטית, תמכור הממשלה עד תום תוכנית החומש עד 65% מחלקה בחברות העוסקות בתחומים אלו, למגזר הפרטי. יתר על כן, נאסר על הממשלה או החברות הממשלתיות להשקיע בתחומים שהסקטור הפרטי יכול לעסוק (למעט רשתות טלפון סלולרי שחייבות להשאר בבעלות מלאה של המדינה).

צעדים מרכזיים נוספים בתוכנית הפיתוח הרביעית, בנוסף לצעד הנועז של חיזוק המגזר הפרטי, לקראת מימוש החזון של כלכלה תחרותית מבוססת ידע, היו:

- הגדלת היצוא שאינו נפט ב 10.3% לשנה.
- הגדלת נתח המחקר והטכנולוגיה לעד 1.2% מהתקציב.
- הקטנת האבטלה אל מתחת 7% בתום התקופה.

צעדים אלה אכן נראו כמבשרים את התמורה בכלכלה האיראנית אותה ביקש חזון 20 השנה להביא.

בפועל, תוכנית הפיתוח הרביעית לא מומשה לפי התכנון, אך לא ניתן לאמוד את גודל הפער בין התכנון לביצוע. אפילו מרכז המחקר של המגיליס האיראני הודיע שאינו יכול לבחון את מידת מימוש התוכנית בשל חוסר בנתונים ומפני שהממשלה לא הגישה את דו"חות ההתקדמות הנדרשים¹⁷⁴. הסיבה העיקרית לאי מימוש תוכנית הפיתוח הרביעית היא בחירתו של אחמדינז'אד לנשיא איראן זמן קצר אחרי השקת התוכנית. תפיסתו הכלכלית של הנשיא הנבחר (שתוצג בקצרה בסעיף הבא) היתה שונה מזו שעמדה בבסיס תוכנית הפיתוח הרביעית, והובילה לנקיטת שורה של צעדים כלכליים שעמדו בניגוד בולט לתוכנית הפיתוח הרביעית¹⁷⁵. הגאות במחיר הנפט שהחלה בשנת 2006/7 הגדילה מאד את הכנסות הממשלה, ואיפשרה לה

¹⁷² ראה נספח ג' – סעיף 44 בחוקת איראן.

¹⁷³ expediency council ה

¹⁷⁴ MEES 2010

¹⁷⁵ Maleki 2009

להזרים כספים לצרכים ופרויקטים חדשים שונים¹⁷⁶, תוך התעלמות מתוכנית הפיתוח הרביעית והכיוונים שהוגדרו בה¹⁷⁷.

תוכנית הפיתוח החמישית (2010-2014)

האדמיניסטרציה של אחמדינג'אד לא גילתה ענין רב בתוכנית הפיתוח הרביעית, והחלה כבר בשלב מוקדם יחסית בתכנון תוכנית הפיתוח החמישית¹⁷⁸. למרות זאת התוכנית הוגשה באיחור לאישור המג'ליס, ויהיה כנראה צורך להאריך את תוכנית הפיתוח הרביעית בשנה נוספת¹⁷⁹.

תוכנית הפיתוח החמישית מבוססת על תפיסתו הכלכלית של הנשיא אחמדינג'אד, ובבסיסה חשיבה "איסלאמית-איראנית"¹⁸⁰ שעקרונותיה הם צדק (אסלאמי), אהבה, שירות העם ושיפור מצבו הרוחני והכלכלי של העם. מעקרונות אלה, נובעת תפיסת תפקידו הכלכלי של המשטר האיראני האסלאמי, לפי אחמדינג'אד¹⁸¹:

- על הממשלה למלא תפקיד כלכלי אקטיבי, ואין לסמוך על הפרטה או על דה-רגולציה.
- על הממשלה לפעול לחלוקה מחודשת של ההון וההכנסות כך שישופר מצבם של המשפחות מעוטות ההכנסה והעניים.
- על ממשלת איראן להשקיע בצורה נמרצת את ההכנסות מהנפט במפעלי פיתוח, בפרט באזורים הפחות מפותחים של המדינה, ולא לנהוג בשמרנות פיסקאלית.

¹⁷⁶ Maleki 2009

¹⁷⁷ על פי מאמרו של הכלכלן האיראני S. Leylaz שהתפרסם (בפרסית) בעתון הכלכלי האיראני Sarmaye (הון), כמצוטט ב Assa 2007. ראה גם Amuzegar 2007 p. הקיצוץ בתקצוב היוזמה האיראנית לננוטכנולוגיה שהוזכר לעיל, הוא דוגמא אחת להתעלמות של ממשלו של אחמדינג'אד מתוכנית הפיתוח הרביעית, ובעצם מתוכנית 20 השנה.

¹⁷⁸ זאת לדברי גורמים רפורמיסטיים איראניים. ראה מאמרו של Assa 2007 המתפרסם בעתון האינטרנטי הרפורמיסטי Rooz, ו Maleki 2009.

¹⁷⁹ Farnik 2010

¹⁸⁰ Assa 2007. דוגמה לחשיבה כזו היא ביקורתו של הנשיא אחמדינג'אד על הבורסה בטהראן והגדרתה כגוף "לא אסלאמי", ראה Maleki 2009 p 23.

¹⁸¹ Maleki 2009 p 16

▪ המוסדות הכספיים האיראניים, בפרט הבנקים שהינם רכוש הממשלה, הם כלים למימוש מדיניות הממשל. תפקידם המסחרי והמוניטרי נתפס כבעל חשיבות מועטה.

הצדדים המעשיים הנגזרים מתפיסה זו אינם ברורים בעת כתיבת שורות אלה. תוכנית החומש החמישית שהוגשה למג'ליס בינואר 2010 תוארה ככוללת עמודים אחדים בלבד, עמומה, וכללית מאד. אפילו שר הכלכלה והכספים בממשלתו של אחמדדניג'אד הגדיר אותה כ"תוכנית שאינה עומדת בקריטריונים מדעיים של תוכנית כלכלית...איסטרטגיות המימוש של התוכנית אינן ברורות". יש אפילו חברי מג'ליס הרואים בתוכנית שהוגשה מלכודת פוליטית - המג'ליס יהיה מוכרח להתנגד לתוכנית כלכלית עמומה שכזו, ויואשם על ידי אחמדדניג'אד באחריות למצב הכלכלי המתדרדר¹⁸².

המעט הידוע על השנה הראשונה (1389 לפי הלוח האיראני, 20.3.11-21.3.10 לפי הלוח הכללי) בתוכנית הפיתוח החמישית כולל¹⁸³:

- הגדלת תקציב המדינה בכ-32%, לכדי 368 בליון דולר, לעומת כ-280 בליון דולר בשנה הקודמת. לא מוצג בתוכנית ולא ברור מה מקור התקציב הנוסף הזה¹⁸⁴.
- קיצוץ גדול בסובסידיות לדלק ולמזון, בסך של כ-40 בליון דולר (מתוך סובסידיות בסך כ-100 בליון דולר בשנה). הנשיא אחמדדניג'אד תובע שהשליטה המלאה בעלייה במחירי המזון והדלק, כמו גם השליטה המלאה בחלוקת הכספים שיתפנו בעקבות הקיצוץ בסובסידיות (והמיועדים לשכבות החלשות) יהיו בלעדית בידיו. המג'ליס מתנגד נמרצות לגודל הקיצוץ (אם כי אישר את ביטול הסובסידיות בתוך חמש שנים) ותובע שיהיו בהיקף של עד 10-20 בליון דולר בלבד, ושרק מחצית

¹⁸² Farnik 2010

¹⁸³ Farnik 2010, MEES 2010

¹⁸⁴ מעניין לציין שתקציב זה כולל בעצם שני תקציבים – האחד תקציב כללי הנתון לפיקוח המג'ליס, והשני, תקציב הבנקים והעסקים הממשלתיים, אינו תחת פיקוח המג'ליס, ומסור בידיו של המנהיג ח'מנאי בלבד (!). תקציב שני זה גדול בערך כפליים מהתקציב הכללי. ראה MEES 2010

מהסכום יחולק לנוקקים. יש לציין שההשלכות הפוליטיות¹⁸⁵ והכלכליות¹⁸⁶ של צעדים אלה, בפרט אם יממשו התביעות של הנשיא, עלולות להיות מרחיקות לכת.

הערכתנו של צוות סקר הכלכלה במזרח התיכון¹⁸⁷, היא שתוכנית כלכלית זו של אחמדינג'אד גובלת באשליה פיסקלית, ומותירה את הרושם שכלכלת איראן סובלת ממספר בעיות חמורות כגון אינפלציה, אבטלה, ניהול כושל, שחיתות, לחצים חיצוניים (בפרט הסנקציות הכלכליות) והעדר השקעות זרות.

המדע והטכנולוגיה באיראן לאן - סיכום

לו מומשה תוכנית הפיתוח הרביעית, בפרט כשלב ראשון בחזון עשרים השנה, היתה צריכה להיות מורגשת התקדמות ניכרת ברמתה המדעית והטכנולוגית של איראן, כאחת המטרות החשובות של התוכנית. נראה אבל, שמטרותיה של תוכנית הפיתוח הרביעית לא הושגו:

- כך טען נשיא מועצת המועצה לקביעת אינטרס המדינה, רפסאנג'ני, כבר במרס 2007, שדיבורים לחוד ומעשים לחוד. התקציב בשנים 2006 ו 2007 לא תמך בהפרטה, ובמקום לצמצם את התלות בנפט, המגמה בשנתיים אלה היתה הפוכה, והתלות בנפט גדלה והלכה¹⁸⁸.
- לדברי שר העבודה והעניינים החברתיים, עבדולרזא שיח-אל-אסלאמי, האבטלה לא פחתה והגיעה בסוף 2009 ל-11.3%, ולא ל-7% בלבד, כפי ששאפה התוכנית המקורית¹⁸⁹.
- אמוזגר¹⁹⁰ טוען שדבר ממה שתוכנן לא הושג בתוכנית החומש הרביעית שהיתה הפרק הראשון בתוכנית 20 השנה. בפרט לא הושגו צמיחה

¹⁸⁵ מחאות, שיתפתחו למהומות, של השכבות החלשות שייפגעו מהקיצוץ. נסיון קיצוץ הסובסידיות הקודם, ב 2007, הביא למהומות דמים שהכריח את הממשל (של אחמדינג'אד) לקצץ את הקיצוץ.

¹⁸⁶ אינפלציה שיש המעריכים שתגיע עד 40%, MEES 2010.

¹⁸⁷ [MEES \(Middle East Economic Survey\) 2010](#)

¹⁸⁸ Sepheri 2007

¹⁸⁹ <http://en.trend.az/capital/social/1625798.html> Accessed 28.1.2010_189

¹⁹⁰ Amuzegar 2009

מהירה, יציבות מחירים, אבטלה נמוכה, השקעות מוגדלות והקטנת התלות בהכנסות מיצוא הנפט.

הסיבה העיקרית לאי השגת מטרת תוכנית החומש הרביעית ותחילת מימוש חזון המעבר לכלכלת ידע באיראן היא נטישת התוכנית הזו, עם החלפת הנשיא ח'תאמי בנשיא אחמדינג'אד בשנת 2005. המשמעויות המעשיות של האידאולוגיה הכלכלית של הנשיא אחמדינג'אד אינן ברורות עדיין, אך נראה שהמשטר באיראן, שבתקופת ח'תאמי נראה עולה על הדרך שתביא את איראן לכלכלה מבוססת ידע, תוך חיזוק וטיפול המדע והטכנולוגיה, סר בתקופת אחמדינג'אד מדרך זו. עתידם של המדע והחדשנות הטכנולוגית באיראן לא נראה לפיכך מזהיר, לפחות כל עוד ימשיך המשטר באיראן בדרכו הנוכחית.

סיכום ומסקנות

בעבודה זו בחנו את הרמה המדעית ואת רמת החדשנות הטכנולוגית וההנדסית באיראן. מהניתוח עולה כי:

- מדדים כלליים גסים לדירוג מדינות לאור רמתן המדעית והטכנולוגית מדרגים את איראן במקום נמוך למדי בדרוג העולמי - במרכז קבוצת המדינות ה"מתפתחות מדעית", הרבה אחרי קבוצת המדינות ה"מיומנות מדעית", שלא לדבר על קבוצת המדינות ה"מתקדמות מדעית" (שישראל נמנית עליהן).
- מספר המאמרים המדעיים שמפרסמים חוקרים איראניים גדל בקצב חריג ומבחינה זו איראן מתקרבת למעמד מכובד בעולם. עם זאת איכות המאמרים נמוכה. מצב זה נגרם במידה רבה ממדיניות הממשלה המעודדת ריבוי הפרסומים, מבלי להקפיד על איכותם, אך יש רמזים ראשוניים לשינוי מדיניות זו. עם זאת, איראן מצטיינת מדעית במספר קטן של תחומים מדעיים, כנראה כאלה שיש להם השלכות על יכולות צבאיות (ולכן זוכים בתקציבי ענק והעדפות נוספות).
- פטנטים בינלאומיים נחשבים למצביעים מהימנים על רמת החדשנות הטכנולוגית. איראן כמעט ואינה רושמת פטנטים בינלאומיים, אך מרבה ברישום פטנטים פנימיים. נראה שסתירה לכאורה זו נובעת מרמתם הנמוכה

של הפטנטים האיראניים שהינם בעיקר שיפורים ושינויים על טכנולוגיות מיובאות. פטנטים כאלה יכולים להירשם באיראן, אך אינם ראויים לרישום והכרה בעולם הרחב.

- החדשנות הטכנולוגית בתעשייה האזרחית הקלאסית באיראן, וגם (בבדיקה מדגמית) בתעשיית הידע ובתעשיית הביטחון באיראן, נמוכה. תופעה זו נגזרת בעיקר ממדיניות המשטר - ה"כלכלה האסלאמית" וכלכלת המשאבים והשלכותיהן על התקציבים המוקצים לקידום טכנולוגי ומדעי, על היוזמה הפרטית ועל התחרותיות.

- איראן מצטיינת בחדשנות הנדסית, היכולת לישים סינרגטית טכנולוגיות ורכיבים מיובאים, לבניית מערכות מתקדמות. זאת לפחות בתעשיית הטק"ק ומשגרי הלווינים הזוכים להעדפה (תקציבים, כוח אדם, נכונות לשיתוף פעולה עם צפון-קוריאה ורוסיה) עליונה.

לסיכום ניתן לומר שהרמה הנוכחית של המדע והטכנולוגיה באיראן מצביעות על חדשנות מדעית וטכנולוגית נמוכה, במקביל ליכולת ישום וחדשנות הנדסית גבוהה (בתחומים מתועדפים). המדיניות הנוכחית של המשטר מצביעה על המשך מגמה זו.

נספחים

נספח א': המדינות המובילות במדע וטכנולוגיה.

הטבלה הבאה מציגה את דרוגן של כעשרים המדינות המובילות בעולם בתחום המדע והטכנולוגיה, על פי מיצוע הדרוג שקובעים כל המדדים הכלליים השונים שהוצגו בגוף העבודה (על פי 186 p Archibugi 2005). דרוגה של איראן הוא על פי מיצוע המדדים של UNDP ו-RAND (המדדים האחרים לא דרגו את איראן).

מדינה	דרוג (ממוצע)
ארה"ב	1
פינלנד	2
שבדיה	3
קנדה	4
אוסטרליה	5
נורבגיה	6
יפן	7
בריטניה	8
הולנד	9
גרמניה	10
דרום קוריאה	11
ישראל	12
בלגיה	13
ניו זילנד	14
סינגפור	15
אוסטריה	16
צרפת	17
אירלנד	18
ספרד	19
איראן	50

נספח ב': פטנטים ב"חוץ" לעומת ב"בית"

הטבלה להלן מציגה את היחס בין מספר הפטנטים שנרשמו במשרד הפטנטים של ארה"ב לבין מספר הפטנטים שרשמה אותה מדינה במשרד הפטנטים שלה. מדינות המודגשות בקו הן "מתפתחות" לפי הגדרת הבנק הבינלאומי, אלו שאינן מסומנות מוגדרות כ"מפותחות".

הנתונים מתייחסים ברובם לשנת 2004 ועובדו מהנתונים שמופיעים באתרי ה-USPTO ו-NATIOMASTER שפורטו בהערות בגוף המאמר. הערכים בטבלה מוצגים באחוזים מטעמי נוחות.

מדע וטכנולוגיה באיראן

סדנת יובל נאמן למדע, טכנולוגיה וביטחון

מדינה	פטנטים ב"בית"	פטנטים ב"חוץ"	יחס בית/חוץ (%)	מדינה	פטנטים ב"בית"	פטנטים ב"חוץ"	יחס בית/חוץ (%)
<u>איראן</u>	1,100	1	0.1	מקסיקו	530	86	16.2
<u>סין</u>	65,578	404	0.6	נורווגיה	1,302	243	18.7
<u>פולין</u>	2,370	16	0.7	בריטניה	18,212	3450	18.9
<u>רוסיה</u>	22,968	169	0.7	איטליה	8,021	1584	19.7
ניו זילנד	1,556	14	0.9	גרמניה	48,638	10779	22.2
<u>רומניה</u>	951	9	0.9	דנמרק	1,841	414	22.5
<u>דרא"פ</u>	6,525	100	1.5	צרפת	14,335	3380	23.6
<u>תאילנד</u>	690	18	2.6	אירלנד	772	186	24.1
<u>ברזיל</u>	3,872	106	2.7	אוסטריה	1,920	540	28.1
ד. קוריאה	104,832	4428	4.2	פינלנד	2,030	918	45.2
<u>צ'כיה</u>	606	31	5.1	שבדיה	2,754	1290	46.8
<u>הודו</u>	7,096	363	5.1	הולנד	2,149	1273	59.2
<u>ארגנטינה</u>	778	46	5.9	שוויץ	1,857	1277	68.8
<u>הונגריה</u>	730	48	6.6	ישראל	1,353	1028	76.0
ספרד	3,704	264	7.1	קנדה	3,974	3374	84.9
יפן	363,008	35348	9.7	סינגפור	509	449	88.2
אוסטרליה	8,520	953	11.2	בלגיה	520	612	117.6

נספח ג': סעיף 44 בחוקה האיראנית

על פי http://www.iranchamber.com/government/laws/constitution_ch04.php

The Constitution of Islamic Republic of Iran
Chapter IV
Economy and Financial Affairs

Article 44

The economy of the Islamic Republic of Iran is to consist of three sectors: state, cooperative, and private, and is to be based on systematic and sound planning. The state sector is to include all large-scale and mother industries, foreign trade, major minerals, banking, insurance, power generation, dams and large-scale irrigation networks, radio and television, post, telegraph and telephone services, aviation, shipping, roads, railroads and the like; all these will be publicly owned and administered by the State. The cooperative sector is to include cooperative companies and enterprises concerned with production and distribution, in urban and rural areas, in accordance with Islamic criteria. The private sector consists of those activities concerned with agriculture, animal husbandry, industry, trade, and services that supplement the economic activities of the state and cooperative sectors. Ownership in each of these three sectors is protected by the laws of the Islamic Republic, in so far as this ownership is in conformity with the other articles of this chapter, does not go beyond the bounds of Islamic law, contributes to the economic growth and progress of the country, and does not harm society. The [precise] scope of each of these sectors, as well as the regulations and conditions governing their operation, will be specified by law.

מקורות

Afsharnia S. and Vaez-Zadeh S., "Review of Science and Technology Status in Iran", Iranian Journal of Information Science and Technology, Vol 3 No 1 pp 3-17, 2005.

Akbarzadeh H., "Iranian Physics Society Striving to Prevent Misconduct", Nature, Vol 463 p 729, 11 February 2010.

Aminpour F., Kabiri P., Otraj Z. and Keshtkar A.A., "Webometric Analysis of Iranian Universities of Medical Sciences" Scientometrics, Vol 80 No 1 pp 253-264, 2009a.

Aminpour F. and Kabiri P., "Science Production in Iran: The Scenario of Iranian Medical Journals", Journal of Research in Medical Science, Vol 14 No 5, pp 313-322, 2009b.

Amuzegar J., "Iran's 20-year Economic Perspectives: Promises and Pitfalls" Middle East Policy Vol 16 Issue 3 pp 41-57, September 2009.

Amuzegar J., "Iran's Unemployment Crisis", Middle East Economic Review, Vol XLVII No 41 October 2004.

Amuzegar J., "The Ahmedinejad Era: Preparing for the Apocalypse", Journal of International affairs, Vol 60 No 2 pp 35-53, Spring/Summer 2007.

Archibugi D. and Coco A., Measuring the Technological Capabilities at the Country Level: A survey and a Menu for Choise. Research Policy 34 (2) pp175-194 March 2005. Arundel, A. and Kabla, I., (1998). "What Percentage of Innovations are Patented? Empirical Estimates for European Firms", Research Policy, 27, 127-141, 1998.

Ardalan F., Arafie H., Mansouri R., Balalimood M., Farhud D., Malekzadeh R., Firouzabadi H., Izadpanah-Jaharomi K., Safavi A., Kaveh A., Saidi F., Shafiee A., and Sobouti Y., "Iran's Scientists Condemn Instances of Plagiarism", Nature Vol 462 p 847, 17 December 2009.

Assa M., "Fifth Economic Development Plan based on Religious Eddicts", Rooz 1115, 3 September 2007.

<http://www.roozonline.com/english/news/newsitem/article/2007/september/03/fifth-economic-development-plan-based-on-religious-eddicts.htmlreport>

Atieh Associates Legal Newsletter, "Iran's Fourth Five Year Plan Ratified", Vol 5, No 1, March 2005.

www.atiehassociates.com/newsletters/Newsletter20050300/pdf Accessed 4.2.2010

Bagheri S. K., Moradpour H. A. and Rezapour M The Iranian Patenting Reform. World Patent Information, Vol 31 No 1, pp 32-35, March 2009.

Benamer H.T.S. and Bakoush O., "Arab Nations Lagging Behind Other Middle Eastern Countries in Biomedical Research: A Comparative Study", BMC Medical Research Methodology Vol 9 No 26, April 2009.

Butler D., "Entire Paper Plagiarism Caught by Software", Nature Vol 455 (7214) p 715 2008a

Butler D., "Iranian Paper Sparks Sense of Déjà-vu", Nature Vol 455 (7216) p 1019 2008b

Butler D., "Iranian Ministers in Plagiarism Row", Nature Vol 461 pp 578-579, 2009a

Butler D., "Plagiarism Scandal Grows In Iran", Nature Vol 462, pp 704-705, 9 Dec 2009b

Carrington W.J. and Detragiache E., "How Big is the Brain Drain?", IMF Working Paper WP/98/102 July 1998.

Chakoli A.N., Hassanzadeh M. and Nourmohammadi H., "Evaluation of Iran Scientific Productions Based on ISI Statistics Through 2006-2007", in Kretschmer H. and Havemann F. (eds), Proceedings of WIS 2008, Berlin.

Chalmers I. "Role of systematic reviews in detecting plagiarism: case of Asim Kurjak", British Medical Journal Vol 333 pp 594 – 596, 2006.

Cheraghali A. M., "Iran Pharmaceutical Market", Iranian Journal of Pharmaceutical Research, Vol 1 pp1-7, 2006.

Committee, "Science and Technology Assessment in the Islamic Republic of Iran: The First Macro Assessment Program - 2003", The Committee for the Supervision and Assessment of Cultural and Scientific Affairs, Tehran 2003.

Cordesman A.H. and Al-Rodhan K.R., The Gulf Military Forces in an Era of Asymmetric War, 2006

Cronin B. and Meho L., "Using the h-Index to Rank Influential Information Scientists", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol 57 No 9 pp 1275–1278, 2006.

Debackere K., Verbeek A., Luwel M. and Zimmermann E., "Measuring Progress and Evolution in Science and Technology –II: The Multiple Use of Technometric Indicators". *International Journal of Management Reviews*, Vol 4 No 3, pp 213-231 2002

Desai M., Fukada-Parr S., Johansson C. and Sagasti F., "Measuring the Technological Achievement of Nations and the Capacity to Participate in the Network Age", *Journal of Human Development*, Vol 3 No 1 pp 95-122, 2002.

Dume B., "Iranian Science Leader Views Science as Antidote to Extremism", 16 September 2006.

www.niacouncil.org/index.php?Itemid=2&id=552&option=com_content&task=view Accessed 29/12/2009

Editorial, "A Question of Integrity", *Nature* Vol 462 p 699, 2009

Evenson R. E. "International Invention: Implications for Technology Market Analysis", In Z. Griliches (Ed.), *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago, IL: University of Chicago Press, 1984, pp 88-122.

Farnik M., "Ahmedinejad's Economic Plan under Attack", *Asia Times*, 4 February 2010.

Farrokhi F., "Plagiarism: Where Unawareness Makes a Lame Excuse", *Arch. Iranian Med.*, Vol 12 No. 2, pp 176 – 178, 2009.

Forouzan A. and Mirassadallahi K., "An Investigation into Iran's Auto Industry and Analyzing the Effects of Importation on its Growth: A System Dynamics Approach", Accessed 3.2.10

www.systemdynamics.org/conferences/2008/proceed/papers/FOROU212.pdf

Friedman Y., "Introduction and Data Summary", *The Scientific American World View Scoreboard*, Biotechnology survey assessing innovation capacities across the globe, with a quantitative, country-by-country analysis, 2009.

www.saworldview.com Accessed 28.4.2010

Gelade G. A., "IQ, Cultural Values and the Technological Achievement of Nations", *Intelligence* 36 (6) pp 711-718 Nov-Dec 2008

Ghazinoory, S.; Mirzaei, S.; Ghazinoori, S., "A model for national planning under new roles for government: case study of the National Iranian Nanotechnology Initiative", *Science and Public Policy*, Vol 36, No. 3, pp. 241-249(9), 2009a.

Ghazinoory S., Divsalar A., Soofi A. S., "A new definition and framework for the development of a national technology strategy: The case of nanotechnology for Iran", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol 76 No 6, pp 835-848, 2009b

Ghazinoory S., Ghazinoori S., and Azadegan-Mehr M., "Evolution after Revolution and Plagiarism as a Disorder", *Science and Engineering Ethics*, May 2010

Giles G. F., "The Islamic Republic of Iran and Nuclear, Biological and Chemical Weapons", in Lavoy P. R., Sagan S. D. and Wirtz J. J. (eds.), *Planning the Unthinkable*. Cornell, 2000.

Glanzel W., Meyer M., DuPlessis M., Thijs B., Magerman T., Schlemmer B., Debackere K., and Veujelers R., "Nanotechnology – Analysis of an Emerging Domain of Science and Technology Endeavour", *Steupunt O&O Statistieken*, Leuven, Belgium, July 2003.

Glanzel W., Thijs B. and Schlemmer B., "A Bibliometric Approach to the Role of Author Self-citations in Scientific Communication", *Scientometrics*, Vol 59 No 1 pp 63-77, 2004.

Griliches, Z. "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", *Journal of Economic Literature*, 28, 1661–1707, 1990.

Grupp H. and Moge M. E., "Indicators for Science and Technology Policy: How Robust are Composite Indicators?", *Research Policy* Vol 33 No 9, pp 1373-1384, 2004

Hajihoseini H., "S&T Policy Review in Iran", The Panel of the United Nations Commission on Science and Technology for Development (CSTD) on

Promoting the Application of Science and Technology to Meet the Development Goals Contained in the Millennium Declaration, Tunis, Oct. 27-29 2003.

Hayati Z. and Ebrahimi S., "Correlation between Quality and Quantity In Scientific Production: A case Study of Iranian Organizations from 1997 to 2006", *Scientometrics*, Vol 80 No 3 pp 625-636, 2009.

Hullman A., "Measuring and Assessing the Development of Nanotechnology", *Scientometrics*, Vol 70 N0 3 pp 739-758, 2007.

IMF 2008, www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2008/cr08285.pdf (12/08/2009)

Jafari H.H., Baratimalayeri A., "The Crisis of Gasoline Consumption in the Iran's Transportation Sector ", *Energy Policy* Vol 36 pp 2536-2543 , 2008.

Jafarnejad A. and Golnam A., "Challenges to R&D Related FDI in Iran", *International Journal of Business Research*, March 2008.

Jafarzadeh S., "Iran at Forefront of Stem Cell Research", *The Washington times*, April 15, 2009.

Javadi M. M. and Gharakhani A., "Evaluating Iran's Progress in ICT Sector Using E-Readiness Index, A System Dynamic Approach", www.systemdynamics.org/conferences/2008/proceed/papers/GHARA188.pdf Accessed 3.12.2009

Johanns K., "Mechanism to Commercialize Iranian Inventions which are Patent Protected in the United States", *Quids Ltd* August 3, 2008. Accessed 29/12/2009
<http://www.suta.org/reunion08/post/MechnismtoCommercializeIranianInventions-Keith.ppt>

Katzman K., "Iran: US Concerns and Policy Responses", *US Congressional Research Service*, 1.4.10, www.crs.gov, RL32048

King D.A., "The scientific impact of nations", *Nature*, Vol 430 pp 311-316 15 July 2004.

Kosal M. and Basandra N., "Bionanotechnology in Iran", 2009, <http://smartech.gatech.edu/bitstream/1853/32362/1/128-718-1-PB.pdf>

Larijani B. and Zahedi F., "Islamic Perspective on Human Cloning and Stem Cell Research", *Transplantation Proceedings*, Vol 36 pp 3188-3189, 2004.

Larijani B. and Zahedi F., "Biotechnology, Bioethics and National Ethical Guidelines in Biomedical Research in Iran", *Asian Biotechnology and Development Review*, Vol 9 no 3, pp 41-54, 2007

Maei H. R., "Iran: productivity is not simple to evaluate". *Nature* 443, 906 26 October 2006

Mahboudi F., "Medical Biotechnology in Islamic Republic of Iran", *Medical Biotechnology Research*, Vol 1 No 3 pp 12-14, 2005.

Mahboudi F., "Medical Biotechnology in Islamic Republic of Iran: Part 2", *Medical Biotechnology Research*, Vol 1 No 4 pp 21-23, 2006.

Malekafzali H., Eftekhari M.B., Peykari N., Gholami F.S., Djalali S, Owlia P., Habibi E., Mesgarpour B. and Vasei M., "Research Assessment of Iranian Medical Universities, an Experience from a Developing Country", *Iranian J Publ Health*, Vol. 38, Suppl. 1, pp.47-49, 2009.

Maleki A., "Iran's 20-Year Perspective Document and Iran's Foreign Relations", *Conference on Iran's 20-Year Perspective Document and Public Participation*, Sharif University of Technology, May 18, 2005.

Maleki A., "Oil Economies and Social Welfare, Iran", Part 4, *Institute of Caspian Studies*, Iran 2009.

Mani S., "A National System of Innovation in the Making: An Analysis of the Role of the Government with respect to Promoting Domestic Innovation in the Manufacturing Sector of Iran", *United Nations University, Institute for New Technology*, Discussion Paper ISSN 1564-8370, pp 1-48, 2004. Available at <http://www.intech.unu.edu> Accessed 29.12.2009

Mansouri R., "What does physics have to do with sustainable economic growth? Quite a lot, as it happens", *Nature* 456, 38 (30 October 2008).

Mason P. R., "Plagiarism in Scientific Publications", *Journal of Infecting in Developing Countries*, Vol 3 NO 1, pp 1-4, 2009.

Masoumzadeh S.M., "A Brief Look on Iranian S&T Indicators", International Conference on S&T Policy Research and Statistical Indicators. Colombo, Sri Lanka, 8-10 November 2006.

MEES Editorial "Iran Unveils Expansionary 2010-11 Budget in Uncertain Economic Conditions", 5 February 2010. www.mees.com/qcms/2010/02/iran-unveils Accessed 21.02.2010

Mehrdad M., Heydari A., Sarbolouki M. N., and Etemad N., "Basic Science in the Islamic Republic of Iran", *Scientometrics*, Vol 61 No. 1 pp 79-88 2004.

Meshorer E., "Iran is sixth, not second, in ME publications list". *Nature* 443, 271 2006.

Moeini E. and Zawdie G., "Import Substitution, Technological Learning and Innovation in Strategic Industries in Iran: A Survey of Evidence", *Science, Technology and Development*, Vol 16, No 1, pp17-43, 1998.

Mojon-Azzi M. and Mojon D. S., "Scientific Misconduct: From Salami Slicing to Data Fabrication", *Ophthalmic Res.* Vol 36, pp 1-3, 2004

Morrison D. W. G. and Khademhosseini A., "Stem Cell Science in Iran", 2007. www.isgmit.org/projects/StemCell/stem_cell_iran.pdf Accessed 2.4.2010

Mousavi M.F. and Mehrdad J., "Journal Selection Policy and the Contribution of Iranian Researchers in International Journals as Specified in ISI", *Iranian Journal of Information Science and Technology*, Vol 1 No 2 pp 46-58, 2003.

Nature Editorial, "Revival In Iran", *Nature* Vol 442, Issue 7104, pp 719-720, 17 August 2006

Nemetz A. V. and Kurz R. W., "The Iranian Space Program and Russian Assistance", *Journal of Slavic Military Studies*, Vol 22 pp 87-96, 2009

NSB, National Science Board, *Science and Engineering Indicators*, Volume 2, 2006 (available at www.eric.ed.gov/ERICDocs/data accessed 1.09.2009)

NSB, National Science Board, *Science and Engineering Indicators*, Volume 2, 2008 (available at www.nsf.gov/statistics/seind08/pdf/volume2.pdf accessed 1.09.2009)

Packniat M. and Bakhshi F., "Patent Papers: New Phenomena in Iranian Technologists Society", www.iamot.org/conference/index.php/ocs/10/paper/viewFile/1350/603 Accessed 10.2.2010

Philipp M., " Patent filing and searching: Is deflation in quality the inevitable consequence of hyperinflation in quantity?" World Patent Information Vol 28 pp 117–121, 2006.

Postol T., "A Technical Assessment of Iran's Ballistic Missile Program", in Technical Addendum to the Joint Threat Assessment on the Iran's Nuclear and Missile Potential, May 2009.

Rezapour M., Bagheri S. K., Rashtchi M. and Bakhtiari M. R., "The Iranian Patenting System: An Introduction. World Patent Information", Vol 29 No 3, pp 250-254, September 2007.

Sarkissian A., "Intellectual Property Rights for Developing Countries: Lessons from Iran", Technovation Vol 28 pp 786-798, 2008.

Sawahel W., "Iran: 20-Year Plan for Knowledge Based Economy" University World News Issue 0090, 30 August 2009.
www.universityworldnews.com/article.php?story=20090827175231370 Accessed 16.02.2010

Sepheri V., "Iran: Ex-president Rafsanjani Becomes Leading Government Critic", Payvand Iran News, 13.3.2007. <http://payvand.com/neas/07/mar/1180.html> Accessed 4.2.2010

Shahpoori M., "Problems of Invention Patent Laws Islamic Republic of Iran", Karaj Shahid Aghaei Assocn, 2009 (?)
http://lib.ohchr.org/HRBodies/UPR/Documents/Session7/IR/KSAA_UPR_IRN_S07_2010_KarajShahidAghaeiAssociation.pdf, Accessed 3.1.2010

Shoham D., "Image Versus Reality of Iranian Chemical and Biological Weapons". International Journal of Intelligence and Counterintelligence, Vol. 18 No. 1 pp. 89-141, 2005.

Soete L. G. and Wyatt S. M. E., "The Use of Foreign Patenting as an Internationally Comparable Science and Technology Output Indicators". *Scientometrics* Vol 5 N0 1 pp 31-54, 1983

Sotudeh H., "Are Iranian Scientists Recognized as their Productivity Enhances? A Comparison of Iran's Impact to Global Norms in Different Subfields of Science Citation Index During 2002-2005". *Scientometrics* DOI 10.1007/s11192-009-0018-x, Published online 12 June 2009.

Tarikh P., "Iran's Space Program: Riding High for Peace and Pride", *Space Policy*, Vol 25 pp 160-173, 2009.

Thomas J. " The Dynamics of Globalization and the Uncertain Future of Iran: An Examination of Iranians in Dubai" *The Fletcher School Online Journal* for issues related to Southwest Asia and Islamic Civilization, pp 1-9, Fall 2006

Torbat A. E., "The Brain-Drain from Iran to the United states", *Middle East Journal*, Vol 56 No. 2, 2002.

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTD), "Science, Technology and Innovation Policy Review: The Islamic Republic of Iran", New-York and Geneva, 2005

Verbeek A., Debackere K., Luwel M. and Zimmermann E., "Measuring Progress and Evolution in Science and Technology –I: The Multiple Use of Bibliometric Indicators". *International Journal of Management Reviews*, Vol 4 No 2, pp 179-211 2002.

Wagner C. S., Brahmakulam I., Jackson B., Wong A., Yoda T., "Science and Technology Collaboration: Building Capacity in Developing Countries?", *RAND Science and Technology*, MR-1357.0-WB, March 2001

Wilson C.S. and Osareh F., "Science and Research in Iran: A Scientometric Study", *Interdisciplinary Science Reviews*, Vol 28 No 1 pp 26-36, 2003.

Yalpani M., Heydari A. and Mehrdad M., "Application of scientometric methods to chemical Research in Iran: Reflections on Iran's Current Science Policy", *Scientometrics*, Vol 63 No 3 pp 531-547, 2005.

Yilmaz I., "Plagiarism? No, we are just borrowing better English", *Nature* Vol 449 (7163) p- 658, 2009

אבן-שושן, המילון החדש, הוצאת קרית ספר בע"מ, ירושלים התשכ"ט.
בן-גוריון דוד, "מצב הביטחון", 18 אוקטובר 1953. מערכות 279-280, עמ' 11-2, 1981.
ורד מ., "משך מלחמה ותנאי סיום של מלחמה עתידית בין איראן לישראל", עיונים בביטחון
המזרח התיכון מס' 82, מרכז בגין-סאדאת למחקרים אסטרטגיים, אוניברסיטת בר-אילן, ספט' 2009.
ורד מ., "עוצמתה של איראן – בגדי האיתוללה החדשים?" נייר עמדה מס' 13, סדנת ת"א
למדע, טכנולוגיה וביטחון, אוניברסיטת תל-אביב, מרץ 2010.