

**משרד החקלאות - דו"ח לתוכניות מחקר
לקרן המדען הראשי**

קוד זיהוי	א. נושא המחקר (בעברית)
118 - 0053 - 12	אמידת ביקוש משולב למים שפירים, קולחים ומליחים ברמת החקלאי הבודד, הישוב והאזור וסימולציה של מדיניות במשק המים

ג. כללי	
מוסד מחקר של החוקר הראשי	
האוניברסיטה העברית	
תאריכים	סוג הדו"ח
תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון	תקופת המחקר עבודה מוגש הדו"ח
	התחלה
שנה חודש	שנה חודש
8 / 2013	5 / 2011
	סיום
שנה חודש	שנה חודש
6 / 2013	
	מסכם

ב. צוות החוקרים		
שם פרטי	שם משפחה	חוקר ראשי
נדדו	קן	
חוקרים משניים		
1	פינקלשטיין	ישראל
2		
3		
4		
5		
6		
7		

ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח		
שם מקור המימון	קוד מקור מימון	סכום שאושר למחקר בשנת תיקצוב הדו"ח בשקלים
המדען הראשי, צוות כלכלה	02-6782	77000

ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתבת דיווחים

על רקע עליית מחירי המים לחקלאות, הפחתת מכסות המים השפירים והמרתן במי קולחים, עולות שאלות לגבי מידת ההתאמה של המדיניות הקיימת של הקצאת מכסות המים ומחיריהם, ואילו שינויים בה עשויים לתרום לייעול השימוש במים בחקלאות. מטרת המחקר המוצע הן (1) לאמוד באופן משולב את הביקוש למים לסוגיהם, באופן שיאפשר לבחון כיצד שינויים במחיר ובמכסות של מים מסוג כלשהו ישפיעו על השימוש בכלל סוגי המים, ו- (2) להשתמש בתוצאות האמידה לעריכת סימולציות של שינויי מדיניות ובחינת השפעותיהם. במסגרת המחקר מורחב מודל אמידת הביקוש שפותח על ידי Bar-Shira, Finkelshtain and Simhon (2006), באופן שמאפשר לאמוד סימולטאנית את הביקוש החקלאי למים שפירים, מי קולחים ומים מליחים. הרחבת המודל מתבססת על התייחסות אל מצרף השימוש בסוגי המים במערכת של מחירים מדורגים, תוך שילוב של פרמטרים המייצגים את התחליפיות בין המקורות. מעבר לחדשנות המדעית הגלומה באמידה משולבת של ביקוש לסוגי מים שונים, מחקר זה תורם על ידי הקניית כלי לבחינת השפעת שינויי מדיניות המים על מאפייני השימוש במים ולהבנת המשמעויות המרחביות והכלכליות הכרוכות בשינויים אלו. לצורך האמידה נעשה שימוש בנתונים לגבי צריכת המים על ידי הצרכנים החקלאיים ומאפיינים נוספים. תוצרי האמידה אלו הן פונקציות ביקוש חקלאי למים לסוגיהם ברמת החקלאי, בהינתן שונות מכסות המים, מחירי המים וגורמים אקסוגניים נוספים (כגון משתני אקלים, סוגי קרקע, וכיו"ב).

סט הנתונים הגדול הדרוש לביצוע המחקר והמורכבות הכרוכה באיסופם, סידורם ואימותם הציבו קשיים שלא נחזו על ידנו בעת הגשת הצעת המחקר. כיוון שכך, דו"ח זה מציג תוצאות ראשוניות בלבד, המבוססות על סט נתונים שלם שהושלם עד כה אך ורק עבור השנים 1999 ו-2002. דו"ח מלא וסופי יוגש בעוד כחצי שנה לכשיסתיים תהליך איסוף הנתונים ועיבודם. סט הנתונים המלא יאפשר אמידה מהימנה יותר של פונקציות הביקוש ובניית מודל סימולציה לבחינת השפעות מדיניות ברמת החקלאי, היישוב, האזור וכן ברמה הארצית.

ו. אישורים

הנני מאשר שקראתי את ההנחיות להגשת דיווחים לקרן המדען הראשי והדו"ח המצ"ב מוגש לפיהן



חוקר ראשי	מנהל המחלקה	מנהל המכון (פקולטה)	אמרכלות (רשות המחקר)	רשות המחקר	תאריך (שנה) (חודש) (יום)
-----------	-------------	---------------------	----------------------	------------	--------------------------

אמידת ביקוש משולב למים שפירים, קולחים ומליחים ברמת החקלאי הבודד, הישוב והאזור וסימולציה של מדיניות במשק המים

Estimation of integrated demand for freshwater, treated wastewater and brackish water in the farm, village and regional
scale and simulation of water

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

ד"ר עדו קן ופרופ' ישראל פינקלשטיין, המחלקה לכלכלה חקלאית ומנהל, הפקולטה למדעי החקלאות,

המזון ואיכות הסביבה האוניברסיטה העברית בירושלים.

Dr. Iddo Kan and Prof. Israel Finkelshtain, Department of Agricultural Economics, The Hebrew
University of Jerusalem, Faculty of Agriculture, P.O.B. 12, Rehovot 76100. Email:

Iddo.kan@mail.huji.ac.il; finkelsh@agri.huji.ac.il

תקציר

על רקע עליית מחירי המים לחקלאות, הפחתת מכסות המים השפירים והמרתן במי קולחים, עולות שאלות לגבי מידת ההתאמה של המדיניות הקיימת של הקצאת מכסות המים ומחיריהם, ואילו שינויים בה עשויים לתרום לייעול השימוש במים בחקלאות. מטרת המחקר המוצע הן (1) לאמוד באופן משולב את הביקוש למים לסוגיהם, באופן שיאפשר לבחון כיצד שינויים במחיר ובמכסות של מים מסוג כלשהו ישפיעו על השימוש בכלל סוגי המים, ו- (2) להשתמש בתוצאות האמידה לעריכת סימולציות של שינויי מדיניות ובחינת השפעותיהם. במסגרת המחקר מורחב מודל אמידת הביקוש שפותח על ידי Bar-Shira, Finkelshtain and Simhon (2006), באופן שמאפשר לאמוד סימולטאנית את הביקוש החקלאי למים שפירים, מי קולחים ומים מליחים. הרחבת המודל מתבססת על התייחסות אל מצרף השימוש בסוגי המים במערכת של מחירים מדורגים, תוך שילוב של פרמטרים המייצגים את התחליפות בין המקורות. מעבר לחדשנות המדעית הגלומה באמידה משולבת של ביקוש לסוגי מים שונים, מחקר זה תורם על ידי הקניית כלי לבחינת השפעת שינויי מדיניות המים על מאפייני השימוש במים ולהבנת המשמעות המרחביות והכלכליות הכרוכות בשינויים אלו. לצורך האמידה נעשה שימוש בנתונים לגבי צריכת המים על ידי הצרכנים החקלאיים ומאפיינים נוספים. תוצרי האמידה אלו הן פונקציות ביקוש חקלאי למים לסוגיהם ברמת החקלאי, בהינתן שונות מכסות המים, מחירי המים וגורמים אקסוגניים נוספים (כגון משתני אקלים, סוגי קרקע, וכיו"ב).

סט הנתונים הגדול הדרוש לביצוע המחקר והמורכבות הכרוכה באיסופם, סידורם ואימותם הציבו קשיים שלא נחזו על ידנו בעת הגשת הצעת המחקר. כיוון שכך, דו"ח זה מציג תוצאות ראשוניות בלבד, המבוססות על סט נתונים שלם שהושלם עד כה אך ורק עבור השנים 1999 ו-2002. דו"ח מלא וסופי יוגש בעוד כחצי שנה לכשיסתיים תהליך איסוף הנתונים ועיבודם. סט הנתונים המלא יאפשר אמידה מהימנה יותר של פונקציות הביקוש ובניית מודל סימולציה לבחינת השפעות מדיניות ברמת החקלאי, היישוב, האזור וכן ברמה הארצית.

הצהרת החוקרים הראשיים:

הממצאים בדו"ח זה אינם תוצאות ניסויים.

חתימת החוקר _____ תאריך _____ 31/7/2013

רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר

המחקר בתהליך וממצאיו טרם פורסמו בכתבי עת מקצועיים.

תוכן עניינים

2	מבוא ותיאור הבעיה
3	מטות המחקר
3	חשיבותו וייחודו של המחקר
4	תיאור העבודה
17	רשימת ספרות
18	סיכום עם שאלות מנחות

מבוא ותיאור הבעיה

בעקבות הגידול באוכלוסייה והמחסור המתמשך במים ממקורות טבעיים נתון המגזר החקלאי בשנים האחרונות להשפעה של מדיניות הפחתת מכסות המים השפירים לשימוש חקלאי והמתן במי קולחים, ובמקביל לעלייה עקבית במחירי המים לחקלאות. ענף החקלאות במדינת ישראל צורך כיום כ- 50% מכלל צריכת המים השפירים במדינה, בעוד שבעבר ענף זה היה הצרכן העיקרי של המים השפירים. בשנים האחרונות כמות המים הכללית בחקלאות, מכל הסוגים, היא כ- 1200 מלמ"ק לשנה, כ- 85% מאספקת השיא (Kislev, 2001). היות וענף החקלאות הינו צרכן מים עיקרי, הוא גם אחד מהנפגעים העיקריים ממשבר המים שפקד את המדינה בשנים האחרונות. מחירי המים במגזר החקלאי בישראל, במונחים ריאליים, הוכפלו פי 2.5 מאז שנת 1952 והמחירים צפויים לעלות ב- 50% עד שנת 2015 (Kislev, 2001). בנוסף לעליית מחירי המים השפירים, מתמודד הענף החקלאי עם צמצום במכסות המים השפירים ומעבר לשימוש במים שוליים (בעיקר קולחים) שאיכותם לעיתים ירודה ואף איננה מותרת בחלק מהאזורים (וועדת החקירה, 2010).

תהליכים אלו צפויים להימשך כתוצאה מהגידול בעלות אספקת המים השפירים עם הגדלת שיעור המים המותפלים במשק המים, הגידול המתמשך בביקוש העירוני והעלייה בכמות הקולחים הנדרשת לסילוק. התמורות הללו עשויות להשפיע על מאפייני השימוש במים בחקלאות וכן על תפישתה המרחבית של החקלאות המושקית; דהינו, על ההתפלגות המרחבית של הביקוש למים לסוגיהם. על רקע שינויים אלו עולות שאלות לגבי מידת ההתאמה של מדיניות הקצאת מכסות המים ומחיריהם למצב החדש, ואילו שינויים בה עשויים לתרום לייעול השימוש במים.

שיטת האמידה המשמשת אותנו לאמידת פונקציית הביקוש, מקורה במחקרים משנות השבעים והשמונים של המאה הקודמת, שעסקו בניתוח של השפעות תמריצים של מיסי ממשלה ותשלומי העברה. כך התפתח ענף של אקונומטריקה יישומית המוקדש לפיתוח טכניקות של הערכת פונקציות ביקוש ופונקציות אחרות, כאשר אילוצי התקציב הם צירוף של מקטעים ליניאריים מדורגים (piecewise-linear budget constraint) (Moffitt, 1990). דוגמאות למחקרים שנעשו בתחום היצע העבודה והתייחסו לתכניות מיסוי ותשלומי העברה ממשלתיים הן עבודותיהם של Burtless and Hausman (1978), Moffitt (1978; 1986), Hausman (1981), Hausman (1985).

אחד הקשיים העיקריים הכרוכים בשימוש באילוצי תקציב מהסוג של צירוף מקטעים ליניאריים מדורגים טמון בכך שתגובת הפרטים לשינויים באילוצים עשויה להיות מאוד לא ליניארית, ואף להשתנות בין פרט לפרט. לכן, הכרחי שמאפיין האקראיות במודל האקונומטרי יאפשר לאחד או יותר מהפרמטרים בפונקציית הביקוש להשתנות בין הפרטים (Moffitt, 1990). Burtless and Hausman (1978), במאמרם פורץ הדרך, פתרו זאת באופן בו הם מתירים למודל האקונומטרי להכיל שני ביטויים לשגיאה במקום אחד, תוך שימוש בטכניקת הנראות המקסימאלית.

מרבית המחקרים שאימצו את המתודולוגיה של Burtless and Hausman (1978) ואת השימוש בשיטת הנראות המקסימאלית עבור אומדן פונקציות ביקוש למים, נעשו בסקטור העירוני. בשנת 1995, Hewitt and Hanemann,

יישמו לראשונה את התיאוריה שפותחה ויושמה על ידי Burtless and Hausman (1978), על מגבלות תקציב לא ליניארי, בהקשר של תמחור מים במגזר העירוני, כאשר מחיר המים הינו מערכת של מחירי מדורגות עולות. מחקרם של Rietveld et al. (2000) אמד את הביקוש העירוני למים בעיר סלטיגה שבאינדונזיה, בה נהוגה מערכת מחירי מדורגות עולות. Dahan and Nisan (2007) אמדו במחקרם את דרגת היתרון לגודל עבור צריכת המים העירונית, על ידי אומדן פונקציות הביקוש למים בשיטת הנראות המרבית, תחת מערכת של שלוש מדורגות מחיר עולות.

Bar-Shira, Finkelshtain and Simhon (2006), היו הראשונים להשתמש בשיטתם של Burtless and Hausman's (1978) לאמידת ביקוש חקלאי למים בתנאים של מדורגות מחיר עולות. יתרונה של שיטת אמידה אקונומטרית זו הוא בכך שהיא מסתמכת על תצפיות לגבי ההתנהגות בפועל של החקלאים, וכן שהיא לוקחת בחשבון את השונות הטכנולוגית ביניהם. יחד עם זאת, במחקרם נאמד הביקוש למים שפירים בלבד וברמת הישויים. לאחרונה הרחיבו Finkelshtain, Kan and Kislev (2010) את המודל האקונומטרי הנ"ל לתנאים בהם מכסת המים של הישוב הינה פונקציה של גורמים אקלימיים, כלכליים ופוליטיים. גם עבודה זו עוסקת במים שפירים בלבד.

במסגרת מחקר זה אנו מרחיבים את המודל שפותח על ידי Bar-Shira, Finkelshtain and Simhon (2006) לצורך פיתוח ויישום של מודל אקונומטרי, אשר יאפשר אמידה סימולטאנית של הביקוש החקלאי למים שפירים, מי קולחים ומים מליחים. הרחבת המודל מתבססת על התייחסות אל מצרף השימוש בסוגי המים במערכת של מחירים מדורגים, תוך שילוב של פרמטרים המייצגים את התחלופה בין המקורות.

מטרות המחקר

מטרותיו של המחקר:

1. לאמוד באופן משולב את הביקוש למים לסוגיהם, באופן שיאפשר לבחון כיצד שינויים במחיר ובמכסות של מים מסוג כלשהו ישפיעו על השימוש במים על סוגיהם.
2. להשתמש בתוצאות האמידה הנ"ל לבחינת שינויים במדיניות הקצאת המכסות ומחירי המים לחקלאות.

חשיבותו וייחודו של המחקר

התרומה המתודולוגית העיקרית של המחקר גלומה באמידה אקונומטרית של פונקציות ביקוש חקלאי לסוגי מים שונים באופן סימולטאני, בכפוף למדיניות המכסות ומחירי המים המדורגים הנהוגה בישראל. מרבית המחקרים שאמדו פונקציות ביקוש למים בהתבסס על מערכת מדורגות מחיר עולות, נעשו עבור סקטור המים העירוני. המחקרים המעטים שבחנו את הסקטור החקלאי התמקדו בסוג מים יחיד. אמידה סימולטאנית של פונקציות ערך התפוקה השולית של מים מסוגים שונים בו-זמנית, ובפרט בהקשר של תעריפי מים מדורגים, חדשנית. המחקר צפוי לתרום לחקלאות בישראל באמצעות הקניית כלי שיאפשר לבחון שינויים בהקשר למדיניות המחירים והקצאת מכסות המים לחקלאות.

תיאור העבודה

נתונים

במסגרת שנת המחקר השנייה נמשכה עבודת איסוף ועיבוד נתונים מקיפה הכוללת נתוני הקצאות וצריכות של מים, ומחירי מים, במגזר החקלאי.

בשלב זה הנתונים כוללים נתוני הקצבות וצריכות של מים לסוגיהם, שפירים, קולחים שניוניים, קולחים שלישוניים ומליחים, לשנת 2002 ושנת 1999 בלבד. הנתונים לשנת 2002 התקבלו מרשות המים לשנים 2002 בעזרתה וניהולה של גבי שרון נוסבויס - מנהלת תחום (תעשייה ומידע), מאגף ניהול הצריכה. נתונים אלה התקבלו ברמת הצרכן, ועובדו עבור כ- 750 יישובים חקלאיים הפרושים ברחבי מדינת ישראל. לכל יישוב חקלאי הותאמו כמויות המים שהוקצו וכמויות המים שנצרכו ביישוב, עבור כל אחד מסוגי המים השונים. נתוני הקצאות וצריכות מים לשנת 1999 הינם נתונים שנאספו מחוברות רשות המים המתפרסמות מידי שנה, עבור אותם יישובים.

מפורט בנוסף ספק המים עבור כל אחד מסוגי המים. המים מסופקים על ידי שני סוגי ספקים: חברת מקורות וספקים פרטיים (אגודות מים שיתופיות חקלאיות). על פי נתוני 2002 למשל, חברת מקורות סיפקה כ- 59% מסך המים לחקלאות, ואילו אגודות המים החקלאיות והספקים הפרטיים סיפקו כ- 41%, מסך המים המסופקים לחקלאות. החשיבות של נתון זה מתבטאת במחירי המים המסופקים ליישובים. מחירי המים המסופקים על ידי מקורות הינם מחירים הנקבעים ומתפרסמים מידי שנה על ידי רשות המים. מחירים אלה הינם מחירים מדורגים. הספקים הפרטיים יכולים להיות ספקים עצמיים או אגודות, מחירי המים המסופקים על ידם עשויים להשתנות בין ספק לספק.

מחירי המים של הספקים הפרטיים אינם מתפרסמים, לכן קשה מאוד להשיג את הנתונים הללו. גם בשיחות פרטניות עם האגודות הם אינם ששים לתת את הנתונים הללו. הנחנו כי ההבדלים העיקריים בין מחירי המים המסופקים על ידי מקורות לבין אילו המסופקים על ידי ספקים פרטיים יתבטאו במחירי המים השפירים, היות והמים השוליים מסופקים על ידי מקורות במחירים נמוכים מאוד גם כן. על כן, באמידה נכללו יישובים הצורכים מים שפירים ממקורות בלבד, אך מים שוליים ממקורות וספקים פרטיים. כך ניתן לייחס להם את מחירי המים המדורגים של מקורות המתפרסמים בלוחות.

המודל כולל 832 תצפיות הכוללים 417 יישובים בשנת 1999, ו- 415 יישובים בשנת 2002. המשתנים המסבירים במודל כוללים את גובה היישוב (מבחינת מיקומו הגיאוגרפי), מושב או קיבוץ, סוג הקרקע (אדמה כבדה או לא), סך שטח היישוב, סך שטחי המטעים ביישוב, סך שטחי המרעה ביישוב, קיבולת מאגרי המים של היישוב, כמות משקעים שנתית, כמות משקעים בחודש אוקטובר, כמות משקעים בחודש אפריל, מחירי המים ומכסות המים. המשתנים המוסברים במודל הם כמויות הצריכה של המים: סך הצריכה, סך בצריכה פחות צריכת המים הקולחים השניוניים, סך הצריכה פחות צריכת המים הקולחים השניוניים+צריכות המים הקולחים השלישוניים, וסך צריכת המים פחות צריכת המים הקולחים השניוניים+צריכות המים הקולחים השלישוניים+צריכת המים המליחים.

להלן ממוצעים וסטיות תקן של המשתנים :

משתנה	ממוצע	סטיית תקן
משתנים מסבירים		
גובה הישוב (מטר)	187	235
מושב או קיבוץ (משתנה dummy)	0.67	0.47
אדמה כבדה (משתנה dummy)	0.48	0.5
שטח הישוב (דונם)	5872	6050
שטחי מטעים בישוב (דונם)	609	569
שטחי מרעה בישוב (דונם)	1349	4450
קיבולת מאגרי מים בישוב (אלפי קוב)	52	185
כמות משקעים שנתית (מ"מ)	405	206
כמות משקעים בחודש אפריל (מ"מ)	30	15
כמות משקעים חודש אוקטובר (מ"מ)	9	6
הקצאת מי קולחים שניוניים (אלפ"ק)	147	339
הקצאת מי קולחים שלישוניים (אלפ"ק)	236	556
הקצאת מים מליחים (אלפ"ק)	105	382
הקצאת שפירים מדרגה ראשונה (אלפ"ק)	387	305
הקצאת שפירים מדרגה שנייה (אלפ"ק)	119	170
הקצאת שפירים מדרגה שלישית (אלפ"ק)	37	118
משתנים מוסברים		
צריכת מים כוללת (אלפ"ק)	982	947
סה"כ צריכה פחות קולחים שניוניים (אלפ"ק)	835	921
סה"כ צריכה פחות קולחים שניוניים+שלישוניים (אלפ"ק)	600	803
סה"כ צריכה פחות קולחים שניוניים+שלישוניים+מליחים (אלפ"ק)	495	645

להלן מחירי המים המתפרסמים בלוחות, במונחי יולי 2002 :

מחירי המים (ש"ח)	1999	2002
מחירי מי קולחים שניוניים	0.481	0.551
מחירי מי קולחים שלישוניים	0.660	0.729
מחירי מים מליחים	0.734	0.847
מים שפירים ממדרגת מחיר ראשונה	0.758	0.875
מים שפירים ממדרגת מחיר שנייה	0.914	1.055
מים שפירים ממדרגת מחיר שלישית	1.227	1.415

מדרגות המחירים של המים השפירים נקבעות על פי מכסות 89 המפורסמות לאותה שנה. מידי שנה מפרסת רשות המים חוברת הקצאות מים - כמויות 89. אילו הן כמויות מים שנקבעו היסטורית, לפני הקיצוץ באותה שנה. חוברת ההקצאות המתפרסמת מאוחר יותר באותה שנה, מפרסמת את כמויות המים המוקצות לאחר קיצוץ. מחירי המים המדורגים נקבעים על פי כמויות 89.

להלן התפלגות הישובים מבחינת צריכות סוגי המים השונים, האחוזים מתארים את אחוז הישובים שצרכו את אותו סוג מים מתוך 832 הישובים שבמדגם.

צריכת מי קולחים שניוניים	צריכת מי קולחים שלישוניים	צריכה מים מליחים	צריכת שפירים ממדרגה ראשונה	צריכת שפירים ממדרגה שנייה	צריכת שפירים ממדרגה שלישית	כמות ישובים באחוזים
208	193	106	796	448	221	25%
23%	13%	96%	54%	27%		

תיאור אנליטי של המודל האקונומטרי לארבעה סוגי מים

המודל הינו מודל של ביקוש תחת מערכת של מחירים מדורגים, ומערכת של פונקציות הקצאת מכסות לארבעה סוגי מים הנבדלים זה מזה ברמת מליחותם ובמחירים - מים שפירים, מים מליחים, מי קולחין ברמת טיהור שלישונית (שפד"ן) ומי קולחין ברמת טיהור שניונית. על בסיס מודל זה ינוסחו משוואות רגרסיה מבניות ופונקצית הנראות המקסימאלית התואמת.

נניח כי לרשות חקלאי i כלשהו עומדות שלוש מכסות מים שפירים, $q_i^{f1}, q_i^{f2}, q_i^{f3}$, המייצגות שלוש מדרגות צריכה של מים שפירים. עבור המים השוליים קיימת מכסת מים לכל אחד מסוגי המים, q_i^s, q_i^c, q_i^b - ו- q_i^b עבור מים מושבים מרמה שניונית, מים מושבים מרמה שלישונית ומים מליחים, בהתאמה. כמות המים השפירים אותן צורך החקלאי בפועל מסומלת ב- w_i^f . כמויות המים השוליים אותן צורך החקלאי בפועל מסומלות ב- w_i^s, w_i^c, w_i^b - ו- w_i^b עבור מים מושבים מרמה שניונית, מים מושבים מרמה שלישונית ומים מליחים, בהתאמה.

מחירי המים השפירים הם p^{f1}, p^{f2}, p^{f3} , עבור מדרגת הצריכה הראשונה, מדרגת הצריכה השנייה ומדרגת הצריכה השלישית, בהתאמה. מחירי המים השוליים הם p^s, p^c, p^b - ו- p^b עבור מים מושבים מרמה שניונית, מים מושבים מרמה שלישונית ומים מליחים, בהתאמה, כאשר המחירים מקיימים את התנאי הבא:

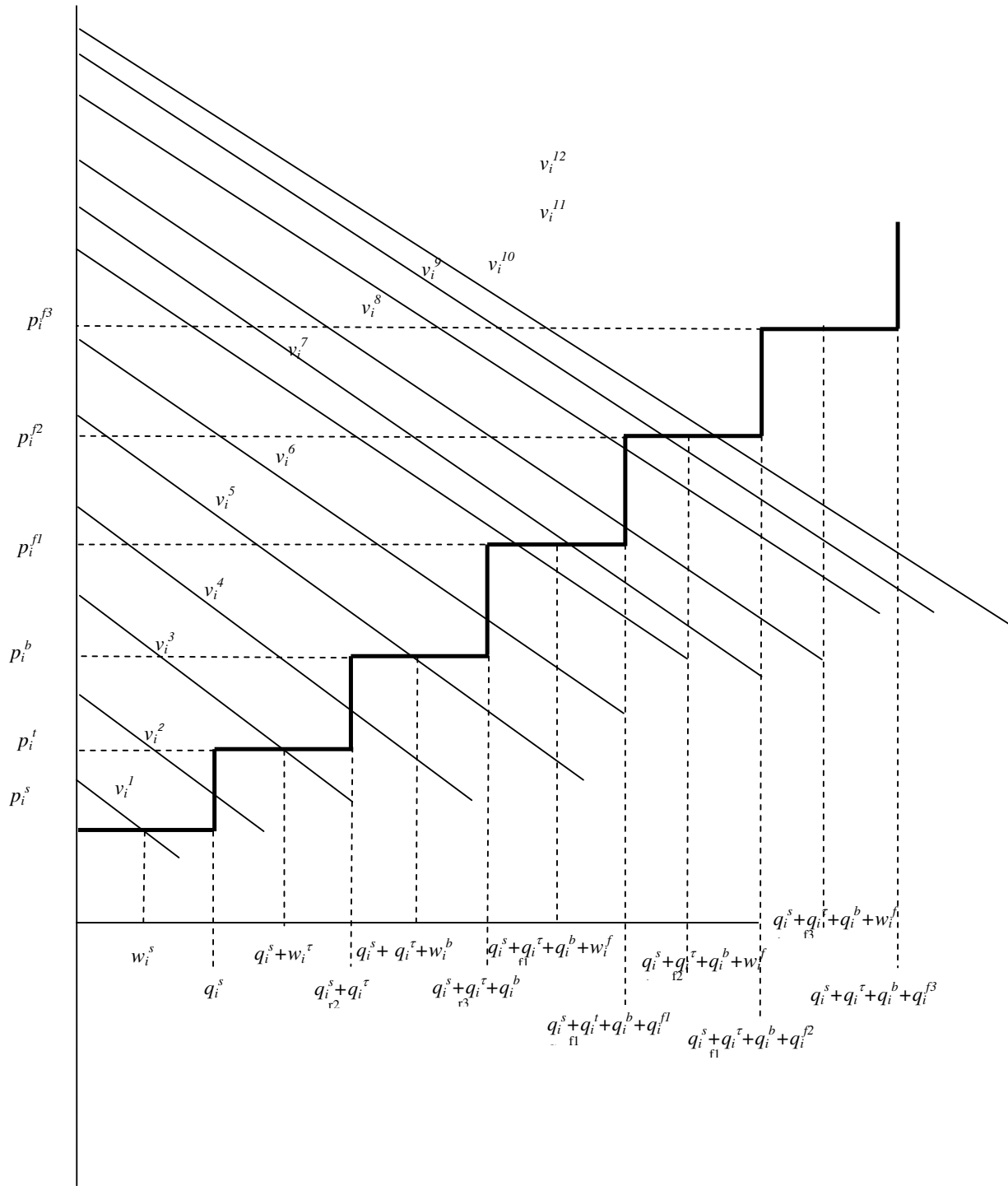
$$p^{f3} > p^{f2} > p^{f1} > p^b > p^c > p^s$$

ערך התפוקה השולית של מים בשימושם אצל חקלאי i הינו פונקציה ליניארית של כמויות המים אותן הוא צורך:

$$(1) \quad v_i = \alpha_i + b(w_i^f + \delta w_i^b + \theta w_i^c + \mu w_i^s)$$

כאשר α_i הוא החותך, b הוא השיפוע של ערך התפוקה השולית ביחס לצריכת המים השפירים, והפרמטרים θ, δ ו- μ מייצגים את יחס התחלופה בין כל אחד מסוגי המים השוליים למים השפירים. הפרמטרים δ, θ ו- μ הינם מרכיבים מרכזיים במודל; הם מתארים כיצד ערך התפוקה השולית משתנה כתוצאה מהמרה של יחידת מי קולחים משתי רמות הטיהור או מים מליחים, ביחידה אחת של מים שפירים. מכאן שהמכפלות $b\delta, b\theta$ ו- $b\mu$, מייצגות את שיפוע ערך התפוקה השולית בהתייחס למים מליחים, מים מושבים מרמת טיהור שניונית ומים מושבים מרמת טיהור שלישונית, בהתאמה.

השימוש בפרמטרים θ, δ ו- μ , מאפשר לשרטט את ערך התפוקה השולית כפונקציה של המים השפירים והשוליים באותה מערכת צירים. האיור הבא מציג מערכת של מחירי מדרגות ובה שש מדרגות מחיר התואמות את מחירי המים השפירים והשוליים: $p^{f1}, p^{f2}, p^{f3}, p^b, p^c, p^s$ - ואת מכסות המים השפירים והשוליים של חקלאי i - $q_i^{f1}, q_i^{f2}, q_i^{f3}, q_i^b, q_i^c, q_i^s$ - ו- q_i^s . כמו כן, מוצגות באיור 12 אפשרויות בהתייחס לפונקצית ערך התפוקה השולית של אותו חקלאי ($v_i^1 - v_i^{12}$), וכן צריכת המים התואמת כל אחת מאפשרויות אלו:



v_i^1 - עקומת ערך התפוקה השולית של המים חוצה את קו המחיר של המים המושבים מרמה שניונית, כך שהחקלאי צורך אך ורק מים מושבים מרמה שניונית בכמות של w_i^s . מתוך השוויון: $v^i - a_i + b\mu w_i^s - p^s$ ניתן לתאר את הכמות הנצרכת באמצעות הפונקציה:

$$(2) \quad w_i^s = -\frac{a_i}{b\mu} + \frac{v^i}{b\mu}$$

v_i^2 - ערך התפוקה השולית של המים מגיע למגבלת המים המושבים מרמה שניונית בנקודה הנמצאת בין המחירים של שני סוגי המים, כך שהחקלאי צורך אך ורק מים מושבים מרמה שניונית בכמות השווה למכסת המים המושבים ברמה שניונית שלו, q_i^s .

v_i^3 - עקומת ערך התפוקה השולית של המים חוצה את קו המחיר של המים המושבים מרמת טיהור שלישונית (שפד"ן), ולכן החקלאי צורך הן את מלוא מכסת המים המושבים מרמה שניונית והן מים קולחים מרמה שלישונית בכמות של w_i^r . במקרה זה מתקיים השוויון $v^i = a_i + b(\mu q_i^r + \vartheta w_i^r) = p^i$, אשר באמצעותו ניתן לתאר את צריכת המים המושבים מרמה שלישונית, על ידי המשוואה:

$$(3) \quad w_i^r = -\frac{a_i}{b\vartheta} - \frac{\mu q_i^r}{\vartheta} + \frac{v^i}{b\vartheta}$$

v_i^4 - ערך התפוקה השולית של המים מגיע לסכום מגבלות המים המושבים מרמה שניונית והמים המושבים מרמה שלישונית בנקודה הנמצאת מעל למחיר המים המושבים מהרמה השלישונית, כך שהחקלאי צורך את מלוא המכסה משני סוגי המים הללו; אזי, סך צריכת המים שלו, $w_i = w_i^r + w_i^s$, היא $q_i^s + q_i^r$.

v_i^5 - עקומת ערך התפוקה השולית של המים חוצה את קו המחיר של המים המליחים, ולכן החקלאי צורך הן את מלוא מכסת המים המושבים מרמה שניונית, הן את מלוא מכסת המים המושבים מרמה שלישונית והן מים מליחים בכמות של w_i^b . במקרה זה מתקיים השוויון $v^i = a_i + b(\mu q_i^s + \vartheta q_i^r + \delta w_i^b) = p^i$, אשר באמצעותו ניתן לתאר את צריכת המים המושבים מרמה שלישונית, על ידי המשוואה:

$$(4) \quad w_i^b = -\frac{a_i}{b\delta} - \frac{\mu q_i^s}{\delta} - \frac{\vartheta q_i^r}{\delta} + \frac{v^i}{b\delta}$$

v_i^6 - ערך התפוקה השולית של המים מגיע לסכום מגבלות המים המושבים מרמה שניונית, המים המושבים מרמה שלישונית והמים המליחים, בנקודה הנמצאת מעל למחיר המים המליחים, כך שהחקלאי צורך את מלוא המכסה משלושת סוגי המים הללו; אזי, סך צריכת המים שלו, $w_i = w_i^r + w_i^s + w_i^b$, היא $q_i^s + q_i^r + q_i^b$.

v_i^7 - עקומת ערך התפוקה השולית של המים חוצה את קו המחיר של המים השפירים ממדרגת המחיר הראשונה, ולכן החקלאי צורך הן את מלוא מכסת המים המושבים מרמה שניונית, הן את מלוא מכסת המים המושבים מרמה שלישונית, הן מלוא המים המליחים והן מים שפירים בכמות של w_i^f . במקרה זה מתקיים השוויון $v^i = a_i + b(\mu q_i^s + \vartheta q_i^r + \delta q_i^b + w_i^f) = p^{f1}$, אשר באמצעותו ניתן לתאר את צריכת המים השפירים על ידי המשוואה:

$$(5) \quad w_i^f = -\frac{a_i}{b} - \mu q_i^s - \vartheta q_i^r - \delta q_i^b + \frac{v^{f1}}{b}$$

v_i^8 - ערך התפוקה השולית של המים מגיע לסכום מגבלות המים המושבים מרמה שניונית, המים המושבים מרמה שלישונית, המים המליחים והמים השפירים ממדרגת המחיר הראשונה, בנקודה הנמצאת מעל למחיר המים

השפירים ממדרגת המחיר הראשונה, כך שהחקלאי צורך את מלוא המכסה מארבעת סוגי המים הללו; אזי, סך צריכת המים שלו, $w_i = w_i^f + w_i^e + w_i^b + w_i^1$, היא $q_i^e + q_i^f + q_i^b + q_i^1$.

v_i^9 - עקומת ערך התפוקה השולית של המים חוצה את קו המחיר של המים השפירים של מדרגת המחיר השנייה, ולכן החקלאי צורך את מלוא מכסת המים המושבים מרמה שניונית, הן את מלוא מכסת המים המושבים מרמה שלישונית, הן מלוא מכסת המים המליחים, הן את מלוא מכסת המים השפירים ממדרגת המחיר הראשונה והן מים שפירים ממדרגת המחיר השנייה בכמות של w_i^f . במקרה זה מתקיים השוויון $v^i = a_i + b(\mu q_i^e + \theta q_i^f + \delta q_i^b + w_i^f) = p^{f2}$, אשר באמצעותו ניתן לתאר את צריכת המים השפירים ממדרגת המחיר השנייה, על ידי המשוואה:

$$(6) \quad w_i^f = -\frac{a_i}{b} - \mu q_i^e - \theta q_i^f - \delta q_i^b + \frac{p^{f2}}{b}$$

v_i^{10} - ערך התפוקה השולית של המים מגיע לסכום מגבלות המים המושבים מרמה שניונית, המים המושבים מרמה שלישונית, המים המליחים, המים השפירים ממדרגת המחיר הראשונה והמים השפירים ממדרגת המחיר השנייה, בנקודה הנמצאת מעל למחיר המים השפירים ממדרגת המחיר השנייה, כך שהחקלאי צורך את מלוא המכסה מארבעת סוגי המים הללו; אזי, סך צריכת המים שלו, $w_i = w_i^f + w_i^e + w_i^b + w_i^1$, היא $q_i^e + q_i^f + q_i^b + q_i^1$.

v_i^{11} - עקומת ערך התפוקה השולית של המים חוצה את קו המחיר של המים השפירים של מדרגת המחיר השלישית, ולכן החקלאי צורך את מלוא מכסת המים המושבים מרמה שניונית, הן את מלוא מכסת המים המושבים מרמה שלישונית, הן מלוא מכסת המים המליחים, הן את מלוא מכסת המים השפירים ממדרגת המחיר הראשונה, הן את מלוא מכסת המים השפירים ממדרגת המחיר השנייה והן מים שפירים ממדרגת המחיר השלישית בכמות של w_i^f . במקרה זה מתקיים השוויון $v^i = a_i + b(\mu q_i^e + \theta q_i^f + \delta q_i^b + w_i^f) = p^{f3}$, אשר באמצעותו ניתן לתאר את צריכת המים השפירים ממדרגת המחיר השלישית, על ידי המשוואה:

$$(7) \quad w_i^f = -\frac{a_i}{b} - \mu q_i^e - \theta q_i^f - \delta q_i^b + \frac{p^{f3}}{b}$$

v_i^{12} - ערך התפוקה השולית של המים מגיע לסכום מגבלות המים המושבים מרמה שניונית, המים המושבים מרמה שלישונית, המים המליחים, המים השפירים ממדרגת המחיר הראשונה, המים השפירים ממדרגת המחיר השנייה והמים השפירים ממדרגת המחיר השלישית, בנקודה הנמצאת מעל למחיר המים השפירים ממדרגת המחיר השלישית, כך שהחקלאי צורך את מלוא המכסה מארבעת סוגי המים הללו; אזי, סך צריכת המים שלו, $w_i = w_i^f + w_i^e + w_i^b + w_i^1$, היא $q_i^e + q_i^f + q_i^b + q_i^1$.

קעת יש לאמוד את הפרמטרים b, μ, θ ו- δ . לצורך האמידה נעשה שימוש בנוסחאות המבנה שבמשוואות (2) -

(7) לניסוח פונקציות ביקוש לארבעת סוגי המים כמשוואות רגרסיה, תוך התייחסות לחקלאי i בזמן t כלשהו:

$$(8) \quad D^f(x_{it}, p_t^f) = \beta x_{it} + \gamma p_t^f$$

$$(9) \quad D^e(x_{it}, q_{it}^e, p_t^e) = \alpha x_{it} + \nu_1 q_{it}^e + \nu_2 p_t^e$$

$$(10) \quad D^b(x_{it}, q_{it}^e, q_{it}^f, p_t^b) = \lambda x_{it} + \chi_1 q_{it}^e + \chi_2 q_{it}^f + \chi_3 p_t^b$$

(11)

$$D^f(x_{it}, q_{it}^e, q_{it}^f, q_{it}^b, p_t^f) = \begin{cases} \eta x_{it} + \kappa_1 q_{it}^e + \kappa_2 q_{it}^f + \kappa_3 q_{it}^b + \kappa_4 p_t^f & \text{if } 0 < w_{it}^f < q_{it}^1 \\ \eta x_{it} + \kappa_1 q_{it}^e + \kappa_2 q_{it}^f + \kappa_3 q_{it}^b + \kappa_4 p_t^f & \text{if } q_{it}^1 < w_{it}^f < q_{it}^2 \\ \eta x_{it} + \kappa_1 q_{it}^e + \kappa_2 q_{it}^f + \kappa_3 q_{it}^b + \kappa_4 p_t^f & \text{if } q_{it}^2 < w_{it}^f < q_{it}^3 \end{cases}$$

(הערה: במים השפירים, המכסה q_t^{f2} כוללת את q_t^{f1} , ואילו מכסת q_t^{f3} כוללת את $q_t^{f1} + q_t^{f2}$, שלא כמו כאשר סוגי המים שונים. במקרה שסוגי המים שונים, מכסת המים השלישוניים למשל, q_t^f , איננה כוללת את מכסת המים השניוניים במדרגה שתחתיה).

כאשר x_{it} , הוא ווקטור של משתנים המאפיינים את החקלאי i , λ , ξ , β , η הם ווקטורי המקדמים התואמים את ווקטורי המשתנים הללו. מקדמי המחירים והמכסות הם בפונקציות הביקוש השונות הם כדלקמן: γ - מקדם מחיר המים המושבים מרמת טיהור שניונית, u_1 - מקדם מכסת המים מרמת טיהור שניונית, u_2 - מקדם מחיר המים המושבים מרמת טיהור שלישונית, x_1 - מקדם מכסת המים מרמת טיהור שניונית, x_2 - מקדם מכסת המים מרמת טיהור שלישונית, x_3 - מקדם מחיר המים המליחים, κ_1 - מקדם מכסת המים מרמת טיהור שניונית, κ_2 - מקדם מכסת המים מרמת טיהור שלישונית, κ_3 - מקדם מכסת המים המליחים, ו- κ_4 - מקדם מחיר המים השפירים.

ממשוואות (2) - (7) מתקבל כי ניתן לאמוד את הפרמטרים μ, b, θ, δ על פי הזהויות הבאות:

$$\kappa_4 = \frac{1}{b}, \kappa_3 = -\delta, \kappa_2 = -\theta, \kappa_1 = -\mu, x_3 = \frac{1}{h\delta}, x_2 = -\frac{\theta}{\delta}, x_1 = -\frac{\mu}{\delta}, u_2 = \frac{1}{h\theta}, u_1 = -\frac{\mu}{\theta}, \gamma = \frac{1}{b\mu}$$

בדומה ל- Hewitt and Hanemann (1995), Bar-Shira וחבריו (2006), ו- Dahan and Nisan (2007), ישנה התייחסות לשני מקורות של אקראיות בנוגע לצריכת המים. ההטרוגניות הטכנולוגית של החקלאים, אשר אינה מוסברת על ידי המשתנים המסבירים x_{it} , q_{it}^s , q_{it}^t , q_{it}^b , q_{it}^f , p_i^s , p_i^t , p_i^b ו- p_i^f ($j=1,2,3$), מסומלת על ידי המשתנה α_{it} . משתנה אקראי זה מייצג כישורים מנהליים ומאפיינים אחרים הידועים לחקלאי, אך אינם ידועים למנסחי המודל האקונומטרי. משתנה אקראי נוסף הוא ε_{it} , המייצג טעויות באופטימיזציה התכנון החקלאי, במדידה או בגורמים נוספים אשר אינם ידועים, הן לחקלאי והן לאקונומטריקאי. (במקרה זה מים שפירים נבדלים על ידי משתנה ה- α_{it} בלבד, בעוד שהמים השוליים נבדלים גם באמצעות משתנה ה- α_{it} וגם באמצעות הפרמטרים של פונקציות הביקוש). בדומה למחקרים הנזכרים לעיל, נניח כי ניתן לחבר את שני המשתנים האקראיים הללו, כך שצריכת המים של חקלאי i בזמן t , w_{it} , מתוארת על ידי מערכת המשוואות שלהלן:

(14)

$$\begin{aligned}
w_{it} = \left\{ \begin{array}{ll}
D^s(\mathbf{x}_{it}, p_t^s) + \alpha_{it} + \varepsilon_{it} & \text{if } \alpha_{it} \leq q_{it}^s - D^s(\mathbf{x}_{it}, p_t^s) \\
q_{it}^s + \varepsilon_{it} & \text{if } q_{it}^s - D^s(\mathbf{x}_{it}, p_t^s) < \alpha_{it} \leq \\
& -D^s(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, p_t^s) \\
q_{it}^s + D^r(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, p_t^r) + \alpha_{it} + \varepsilon_{it} & \text{if } -D^r(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, p_t^r) < \alpha_{it} \leq \\
& q_{it}^r - D^r(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, p_t^r) \\
q_{it}^s + q_{it}^r + \varepsilon_{it} & \text{if } q_{it}^r - D^r(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, p_t^r) < \alpha_{it} < \\
& -D^b(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, p_t^b) \\
q_{it}^s + q_{it}^r + D^b(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, p_t^b) & \text{if } -D^b(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, p_t^b) < \alpha_{it} \leq \\
| \alpha_{it} | \varepsilon_{it} & q_{it}^b - D^b(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, p_t^b) \\
q_{it}^s + q_{it}^r + q_{it}^b + \varepsilon_{it} & \text{if } q_{it}^b - D^b(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, p_t^b) < \alpha_{it} \leq \\
& -D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f1}) \\
q_{it}^s + q_{it}^r + q_{it}^b + D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f1}) & \text{if } -D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f1}) < \alpha_{it} \leq \\
+ \alpha_{it} + \varepsilon_{it} & q_{it}^{f1} - D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f1}) \\
q_{it}^s + q_{it}^r + q_{it}^b + q_{it}^{f1} + \varepsilon_{it} & \text{if } q_{it}^{f1} - D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f1}) < \alpha_{it} \leq \\
& q_{it}^{f2} - D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f2}) \\
q_{it}^s + q_{it}^r + q_{it}^b + & \text{if } q_{it}^{f2} - D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f2}) < \alpha_{it} \leq \\
+ D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f2}) + \alpha_{it} + \varepsilon_{it} & q_{it}^{f2} - D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f2}) \\
q_{it}^s + q_{it}^r + q_{it}^b + q_{it}^{f2} + \varepsilon_{it} & \text{if } q_{it}^{f2} - D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f2}) < \alpha_{it} \leq \\
& q_{it}^{f3} - D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f3}) \\
q_{it}^s + q_{it}^r + q_{it}^b + & \text{if } q_{it}^{f3} - D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f3}) < \alpha_{it} \leq \\
+ D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f3}) + \alpha_{it} + \varepsilon_{it} & q_{it}^{f3} - D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f3}) \\
q_{it}^s + q_{it}^r + q_{it}^b + q_{it}^{f3} + \varepsilon_{it} & \text{if } q_{it}^{f3} - D^f(\mathbf{x}_{it}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, p_t^{f3}) < \alpha_{it}
\end{array} \right.
\end{aligned}$$

בדומה ל- Moffitt (1986), Bar-Shira, Finkelshtain and Simhon (2006), ואחרים, ניתן על בסיס מערכת משוואות זו

לנסח את פונקציית ההסתברות לצפייה בצריכה של כמות מים מסוימת w_{it} ,

בה $w_{it} = w_{it}^s + w_{it}^c + w_{it}^b + w_{it}^f$, $\Pr_{it}(w_{it} | p_t^s, p_t^c, p_t^b, p_t^f, q_{it}^s, q_{it}^c, q_{it}^b, q_{it}^f, x_{it}, \theta)$ הוא ווקטור

מקדמים הכולל את $\beta, \epsilon, \lambda, \eta, \gamma, \nu_1, \nu_2, \chi_1, \chi_2, \chi_3, \kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, \kappa_4$, וכן את σ^α ו- σ^ϵ . שהן סטיות התקן של

המשתנים האקראיים α ו- ϵ , בהתאמה:

$$\begin{aligned} & \Pr_{it}(w_{it} | p_t^s, p_t^c, p_t^b, p_t^f, q_{it}^s, q_{it}^c, q_{it}^b, q_{it}^f, x_{it}, \theta) - \\ & \Pr_{it}[\alpha_{it} + \varepsilon_{it} = w_{it} - D^s(x_{it}, p_t^s), \quad \alpha_{it} \leq q_{it}^s - D^s(x_{it}, p_t^s)] + \\ & \Pr_{it}[\varepsilon_{it} = w_{it} - q_{it}^c, \quad q_{it}^c - D^c(x_{it}, p_t^c) < \alpha_{it} \leq -D^c(x_{it}, q_{it}^c, p_t^c)] + \\ & \Pr_{it}[\alpha_{it} | \varepsilon_{it} = w_{it} - q_{it}^c, \quad D^c(x_{it}, q_{it}^c, p_t^c), \quad D^c(x_{it}, q_{it}^c, p_t^c) < \alpha_{it} \leq q_{it}^c - D^c(x_{it}, q_{it}^c, p_t^c)] + \\ & \Pr_{it}[\varepsilon_{it} = w_{it} - q_{it}^c - q_{it}^b, \quad q_{it}^b - D^b(x_{it}, q_{it}^c, p_t^c) < \alpha_{it} \leq -D^b(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c)] + \\ & \Pr_{it}[\alpha_{it} + \varepsilon_{it} = w_{it} - q_{it}^c - q_{it}^b - D^b(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c), \\ & \quad -D^b(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c) < \alpha_{it} \leq q_{it}^b - D^b(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c)] + \\ & \Pr_{it}[\varepsilon_{it} = w_{it} - q_{it}^c - q_{it}^b, \quad q_{it}^b - D^b(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c) < \alpha_{it} \leq -D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c)] + \\ & \Pr_{it}[\alpha_{it} | \varepsilon_{it} = w_{it} - q_{it}^c - q_{it}^b, \quad D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c), \quad D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c) < \alpha_{it} \\ & \quad \leq q_{it}^b - D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c)] + \\ & \Pr_{it}[\varepsilon_{it} = w_{it} - q_{it}^c - q_{it}^b - q_{it}^f, \\ & \quad q_{it}^f - D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c) < \alpha_{it} \leq q_{it}^f - D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c)] + \\ & \Pr_{it}[\alpha_{it} + \varepsilon_{it} = w_{it} - q_{it}^c - q_{it}^b - D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c), \\ & \quad q_{it}^f - D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c) < \alpha_{it} \leq q_{it}^f - D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c)] + \\ & \Pr_{it}[\varepsilon_{it} = w_{it} - q_{it}^c - q_{it}^b - q_{it}^f, \quad q_{it}^f - D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c) < \alpha_{it} \\ & \quad \leq q_{it}^f - D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c)] + \\ & \Pr_{it}[\alpha_{it} + \varepsilon_{it} = w_{it} - q_{it}^c - q_{it}^b - D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c), \quad q_{it}^f - D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c) < \alpha_{it} \\ & \quad \leq q_{it}^f - D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c)] + \\ & \Pr_{it}[\varepsilon_{it} = w_{it} - q_{it}^c - q_{it}^b - q_{it}^f, \quad q_{it}^f - D^f(x_{it}, q_{it}^c, q_{it}^b, p_t^c) < \alpha_{it}] \end{aligned}$$

פונקציית הנראות התואמת הסתברות זו נתונה על ידי:

$$(15) \quad L = \prod_4 \prod_4 \Pr_{it}(w_{it} | p_t^s, p_t^c, p_t^b, p_t^f, q_{it}^s, q_{it}^c, q_{it}^b, q_{it}^f, x_{it}, \theta)$$

השאת הפונקציה L , בכפוף למגבלות הנגזרות מהזהויות המפורטות לעיל:

$$\gamma = -\frac{\kappa_4}{\kappa_1}; \nu_1 = -\frac{\kappa_1}{\kappa_2}; \nu_2 = -\frac{\kappa_4}{\kappa_2}; \chi_1 = -\frac{\kappa_1}{\kappa_3}; \chi_2 = -\frac{\kappa_2}{\kappa_3}; \chi_3 = -\frac{\kappa_4}{\kappa_3}$$

תאפשר לאמוד את הפרמטרים של פונקציית הביקוש, θ , בהינתן מדיניות המכסות והמחירים.

נניח כי $\varphi = \alpha + \varepsilon$ ונסמן ב- $g_{\varphi\alpha}(\varphi, \alpha)$ את הצפיפות המשותפת של φ ו- α , כאשר הצפיפות היא

$$\rho = \frac{\text{Cov}(\alpha, \alpha + \varepsilon)}{\sigma_\varphi \sigma_\alpha} = \frac{\sigma_\alpha^2}{\sqrt{(\sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \sigma_\alpha} = \frac{\sigma_\alpha}{\sigma_\varphi} \quad -1, \sigma_\varphi^2 = \sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2$$

באותו אופן, $g_{\alpha\varepsilon}$ מייצג את הצפיפות המשותפת של α ו- ε . ההתפלגות של α בהינתן φ היא $g_{\alpha|\varphi}(\alpha|\varphi)g_\varphi(\varphi)$, ועקב אי התלות בין α ו- ε מתקיים $g_{\alpha\varepsilon} = g_\alpha g_\varepsilon$. לאחר השמטת מדדים ואלמנטים שאינם רלוונטיים לפונקציה, ההסתברות לצפות צריכת מים מסוימת - w תבוטא במושגי g באופן הבא:

$$L(w_{it} | p_t^s, p_t^\tau, p_t^b, p_t^{f1}, p_t^{f2}, p_t^{f3}, q_{it}^s, q_{it}^\tau, q_{it}^b, q_{it}^{f1}, q_{it}^{f2}, q_{it}^{f3}, \mathbf{x}_{it}, \theta) =$$

$$g_\varphi(w - D^s) \int_{-\infty}^{q^s - D^s} g_{\alpha|\varphi}(\alpha) d\alpha +$$

$$g_\varepsilon(w - q^s) \int_{q^s - D^s}^{-D^\tau} g_\alpha(\alpha) d\alpha +$$

$$g_\varphi(w - q^s - D^i) \int_{-D^\tau}^{q^i - D^i} g_{\alpha|\varphi}(\alpha) d\alpha +$$

$$g_\varepsilon(w - q^s - q^\tau) \int_{q^i - D^i}^{-D^b} g_\alpha(\alpha) d\alpha +$$

$$g_\varphi(w - q^s - q^\tau - D^b) \int_{-D^b}^{q^b - D^b} g_{\alpha|\varphi}(\alpha) d\alpha +$$

$$g_\varepsilon(w - q^s - q^\tau - q^b) \int_{q^b - D^b}^{-D^f(p^{f1})} g_\alpha(\alpha) d\alpha +$$

$$g_\varphi(w - q^s - q^\tau - q^b - D^f(p^{f1})) \int_{-D^f(p^{f1})}^{q^{f1} - D^f(p^{f1})} g_{\alpha|\varphi}(\alpha) d\alpha +$$

$$g_\varepsilon(w - q^s - q^\tau - q^b - q^{f1}) \int_{q^{f1} - D^f(p^{f1})}^{-D^f(p^{f2})} g_\alpha(\alpha) d\alpha +$$

$$g_\varphi(w - q^s - q^\tau - q^b - D^f(p^{f2})) \int_{-D^f(p^{f2})}^{q^{f2} - D^f(p^{f2})} g_{\alpha|\varphi}(\alpha) d\alpha +$$

$$g_\varepsilon(w - q^s - q^\tau - q^b - q^{f2}) \int_{q^{f2} - D^f(p^{f2})}^{-D^f(p^{f3})} g_\alpha(\alpha) d\alpha +$$

$$g_\varphi(w - q^s - q^\tau - q^b - D^f(p^{f3})) \int_{-D^f(p^{f3})}^{q^{f3} - D^f(p^{f3})} g_{\alpha|\varphi}(\alpha) d\alpha +$$

$$g_{\alpha}(w - q^s - q^r - q^b - q^{f3}) \int_{q^{f0} - D^f(p^{f0})}^{\infty} g_{\alpha}(\alpha) d\alpha$$

מתפלגות אקראית נורמאלית (bivariate normal), ולכן $g_{\alpha|\phi}(\alpha|\phi)$ מתפלגת $N(\rho^2\phi, \sigma_{\alpha}^2(1-\rho^2))$. נסמן

ב- $\alpha - 1 - \varepsilon$ את פונקציית ההתפלגות ופונקציית ההתפלגות המצטברת של המשתנה הסטנדרטי, נורמאלי ואקראי, בהתאמה. להלן פונקציית ההתפלגות:

$$\begin{aligned} & L(w_{it} | p_t^s, p_t^r, p_t^b, p_t^{f1}, p_t^{f2}, p_t^{f3}, q_{it}^s, q_{it}^r, q_{it}^b, q_{it}^{f1}, q_{it}^{f2}, q_{it}^{f3}, \mathbf{x}_{it}, \mathbf{0}) - \\ & \frac{1}{\sigma_{\phi}} \phi\left(\frac{w - D^s}{\sigma_{\phi}}\right) \Phi\left(\frac{q^s - D^s - \rho^2(w - D^s)}{\sigma_{\alpha}\sqrt{1-\rho^2}}\right) + \\ & \frac{1}{\sigma_{\varepsilon}} \phi\left(\frac{w - q^r}{\sigma_{\varepsilon}}\right) \left[\Phi\left(\frac{-D^r}{\sigma_{\alpha}}\right) - \Phi\left(\frac{q^r - D^r}{\sigma_{\alpha}}\right)\right] + \\ & \frac{1}{\sigma_{\phi}} \phi\left(\frac{w - q^s - D^r}{\sigma_{\phi}}\right) \left[\Phi\left(\frac{q^r - D^r - \rho^2(w - q^s - D^r)}{\sigma_{\alpha}\sqrt{1-\rho^2}}\right) - \Phi\left(\frac{-D^r - \rho^2(w - q^s - D^r)}{\sigma_{\alpha}\sqrt{1-\rho^2}}\right)\right] + \\ & \frac{1}{\sigma_{\varepsilon}} \phi\left(\frac{w - q^s - q^r}{\sigma_{\varepsilon}}\right) \left[\Phi\left(\frac{-D^b}{\sigma_{\alpha}}\right) - \Phi\left(\frac{q^r - D^r}{\sigma_{\alpha}}\right)\right] + \\ & \frac{1}{\sigma_{\phi}} \phi\left(\frac{w - q^s - q^r - D^b}{\sigma_{\phi}}\right) \left[\Phi\left(\frac{q^b - D^b - \rho^2(w - q^s - q^r - D^b)}{\sigma_{\alpha}\sqrt{1-\rho^2}}\right) - \Phi\left(\frac{-D^b - \rho^2(w - q^s - q^r - D^b)}{\sigma_{\alpha}\sqrt{1-\rho^2}}\right)\right] + \\ & \frac{1}{\sigma_{\varepsilon}} \phi\left(\frac{w - q^s - q^r - q^b}{\sigma_{\varepsilon}}\right) \left[\Phi\left(\frac{-D^f(p^{f1})}{\sigma_{\alpha}}\right) - \Phi\left(\frac{q^b - D^b}{\sigma_{\alpha}}\right)\right] + \\ & \frac{1}{\sigma_{\phi}} \phi\left(\frac{w - q^s - q^r - q^b - D^f(p^{f1})}{\sigma_{\phi}}\right) \left[\Phi\left(\frac{q^{f1} - D^f(p^{f1}) - \rho^2(w - q^s - q^r - q^b - D^f(p^{f1}))}{\sigma_{\alpha}\sqrt{1-\rho^2}}\right) - \Phi\left(\frac{-D^f(p^{f1}) - \rho^2(w - q^s - q^r - q^b - D^f(p^{f1}))}{\sigma_{\alpha}\sqrt{1-\rho^2}}\right)\right] + \\ & \frac{1}{\sigma_{\varepsilon}} \phi\left(\frac{w - q^r - q^r - q^b - q^{f1}}{\sigma_{\varepsilon}}\right) \left[\Phi\left(\frac{q^{f1} - D^f(p^{f2})}{\sigma_{\alpha}}\right) - \Phi\left(\frac{q^{f1} - D^f(p^{f1})}{\sigma_{\alpha}}\right)\right] + \\ & \frac{1}{\sigma_{\phi}} \phi\left(\frac{w - q^s - q^r - q^b - D^f(p^{f2})}{\sigma_{\phi}}\right) \left[\Phi\left(\frac{q^{f2} - D^f(p^{f2}) - \rho^2(w - q^s - q^r - q^b - D^f(p^{f2}))}{\sigma_{\alpha}\sqrt{1-\rho^2}}\right) - \Phi\left(\frac{q^{f1} - D^f(p^{f2}) - \rho^2(w - q^s - q^r - q^b - D^f(p^{f2}))}{\sigma_{\alpha}\sqrt{1-\rho^2}}\right)\right] + \\ & \frac{1}{\sigma_{\varepsilon}} \phi\left(\frac{w - q^s - q^r - q^b - q^{f2}}{\sigma_{\varepsilon}}\right) \left[\Phi\left(\frac{q^{f2} - D^f(p^{f3})}{\sigma_{\alpha}}\right) - \Phi\left(\frac{q^{f2} - D^f(p^{f2})}{\sigma_{\alpha}}\right)\right] + \\ & \frac{1}{\sigma_{\phi}} \phi\left(\frac{w - q^s - q^r - q^b - D^f(p^{f3})}{\sigma_{\phi}}\right) \left[\Phi\left(\frac{q^{f3} - D^f(p^{f3}) - \rho^2(w - q^s - q^r - q^b - D^f(p^{f3}))}{\sigma_{\alpha}\sqrt{1-\rho^2}}\right) - \Phi\left(\frac{q^{f2} - D^f(p^{f3}) - \rho^2(w - q^s - q^r - q^b - D^f(p^{f3}))}{\sigma_{\alpha}\sqrt{1-\rho^2}}\right)\right] + \\ & \frac{1}{\sigma_{\varepsilon}} \phi\left(\frac{w - q^s - q^r - q^b - q^{f3}}{\sigma_{\varepsilon}}\right) \left[1 - \Phi\left(\frac{q^{f3} - D^f(p^{f3})}{\sigma_{\alpha}}\right)\right] \end{aligned}$$

ביישום המודל נייצג את כל הפרמטרים באמצעות $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$ ו- κ_4 . להלן ייצוגם:
 גזירת המגבלות מפונקצית הביקוש D^s :

$$\begin{cases} \beta x = -\frac{a}{b\mu} \\ \eta x = -\frac{a}{b} \end{cases} \Rightarrow \mu\beta x = \eta x \Rightarrow \beta = \frac{\eta}{\mu} = -\frac{\eta}{\kappa_1}$$

גזירת המגבלות מפונקצית הביקוש D^r :

$$\begin{cases} \varsigma x = -\frac{a}{b\vartheta} \\ \eta x = -\frac{a}{b} \end{cases} \Rightarrow \vartheta\varsigma x = \eta x \Rightarrow \varsigma = \frac{\eta}{\vartheta} = -\frac{\eta}{\kappa_2}$$

גזירת המגבלות מפונקצית הביקוש D^b :

$$\begin{cases} \lambda x = -\frac{a}{b\delta} \\ \eta x = -\frac{a}{b} \end{cases} \Rightarrow \delta\lambda x = \eta x \Rightarrow \lambda = \frac{\eta}{\delta} = -\frac{\eta}{\kappa_3}$$

בנוסף:

$$\gamma = \frac{1}{b\mu} = -\frac{\kappa_4}{\kappa_1}$$

$$v_1 = -\frac{\mu}{\vartheta} = -\frac{\kappa_1}{\kappa_2}$$

$$v_2 = \frac{1}{b\vartheta} = -\frac{\kappa_4}{\kappa_2}$$

$$\chi_1 = -\frac{\mu}{\delta} = -\frac{\kappa_1}{\kappa_3}$$

$$\chi_2 = -\frac{\vartheta}{\delta} = -\frac{\kappa_2}{\kappa_3}$$

$$\chi_3 = \frac{1}{b\delta} = -\frac{\kappa_4}{\kappa_3}$$

לחילוץ החותך, a_i , יש למצוא את η , כלומר יש לחלק ב- $-\kappa_4$. $\eta = -\frac{1}{\kappa_4}$ (מנוסחא 11).

תוצאות ראשוניות

לאחר הרצה ראשונית של המודל התקבלו ערכי המקדמים הבאים:

1,771	גובה הישוב (מטר)
-1,645	מושב או קיבוץ
-2,649	אדמה כבדה
5,000	שטח הישוב (דונם)
-2,059	שטחי מטעים בישוב (דונם)
-2,672	שטחי מרעה בישוב (דונם)
-1,359	קיבולת מאגרי מים בישוב (אלפי קוב)
-3,087	כמות משקעים שנתית (מ"מ)
-637	כמות משקעים בחודש אפריל (מ"מ)
3,672	כמות משקעים חודש אוקטובר (מ"מ)
2,129	קבוע

-4.94	κ_1
-2.75	κ_2
-0.51	κ_3
-4.21	κ_4
1811.76	σ_α
418.62	σ_ε
-0.85	γ
-1.80	ν_1
-1.53	ν_2
-9.73	χ_1
-5.42	χ_2
-8.29	χ_3
0.20	β
0.36	ζ
1.97	λ
1859.49	σ_φ
0.97	ρ

ממצאים ראשוניים אלו מצביעים על כך שהמודל ניתן לאמידה ופונקצית הנראות מתכנסת. ערכו של κ_4 שלילי, כמצופה, דבר המצביע על כך שפונקצית ערך התפוקה השולית (VMP), הינה פונקציה יורדת. $\kappa_1 - \kappa_3$ יצאו אף הם שליליים, בהתאם למצופה, מכיוון שבעת הצבתם בפונקציות הביקוש ערכם מתקבל חיובי. נרצה כי ערכם של המקדמים הללו יהיו חיובי משום שהם מייצגים את יחס ההמרה של סוגי המים השוליים (קולחים שניוניים, קולחים שלישוניים ומליחים) למים שפירים. כלומר, נצפה כי חקלאי יזדקק לכמות מים גדולה יותר במידה והקצאת המים השפירים שלו תומר במים שוליים. שאר המקדמים נגזרים מהצבת $\kappa_1 - \kappa_4$ בנוסחאות המפורטות לעיל בעמוד 16.

רשימת ספרות

- וועדת החקירה הממלכתית בנושא ניהול משק המים בישראל, דוח הוועדה, ניסן תש"ע מרץ 2010, חיפה.
<http://elyon1.court.gov.il/heb/mayim.htm>.
- קליין, ח. 2001. תכנית אב (מים וקולחים) לנגב. הנדסת מים 51(אוקטובר): 22-28.
- www.water.gov.il שנת 2009, – חקלאות למטרות חליפיים מים להקצאת רשות המים, נהלים
- Bar-Shira, Z., Finkelshtain, I. and Simhon, A. 2006. "Block-Rate versus Uniform Water Pricing in Agriculture: An Empirical Analysis." *American Journal of Agricultural Economic*, 88(4):986-999.
- Burtless, G. and Hausman, J. 1978. "The Effect of Taxation on Labor Supply: Evaluating the Gary Negative Income Tax Experiment." *Journal of Political Economy*, 86(6):1103-1130.
- Dahan, M. and Nisan, U. 2007. "Unintended consequences of increasing block tariffs pricing policy in urban water." *Water Resources Research* 43(3): 1-10.
- Finkelshtain, I., Kan, I. and Kislev, Y. 2010. "Are Two Economic Instruments Better Than One? Combining Taxes and Quotas under Political Lobbying." Hebrew University of Jerusalem, Department of Agricultural Economics and Management, working paper # 5.10.
http://departments.agri.huji.ac.il/economics/en/publications/discussion_papers/2010/index.htm.
- Hausman, J.A. 1985. "The Econometrics of Nonlinear Budget Set." *Econometrica* 53(6):1255– 82.
- Hausman, J.A. 1981. "Labor Supply." In Aaron, Henry, and Joseph Pechman, eds., *How Taxes Affect Economic Behavior*. Washington: Brookings Institution.
- Hewitt, J.A., and Hanemann M.W. 1995. "A Discrete/Continuous Choice Approach to Residential Water Demand under Block Rate Pricing." *Land Economics* 71(2):173–92.
- Howitt, R.E. 2005. "Agricultural and Environmental Policy Models: Calibration, Estimation and Optimization." <http://www.agecon.ucdavis.edu/aredepart/facultydocs/howitt/master.pdf>.
- Howitt, R.E. 1995a. "Positive Mathematical Programming." *American Journal of Agricultural Economic*, 77(2):pp. 329-342.
- Kan, I., Rapaport-Rom, M. and Shechter, M. 2007. "Assessing Climate Change Impacts on Water, Land-Use and Economic Return in Agriculture". Social Science Research Network (SSRN), <http://ssrn.com/abstract=1020562>.
- Kislev, Y. 2001. "The Water Economy of Israel." Paper provided by Hebrew University of Jerusalem, Department of Agricultural Economics and Management in its series *Discussion Papers*, number 14995.
- Moffitt, R. 1986. "The Econometrics of Piecewise-Linear Budget Constraint: A Survey and Exposition of Maximum Likelihood Method." *Journal of Business and Economics Statistics* 4(3):317–28.
- Moffitt, R. 1990. "The Econometrics of Kinked Budget Constraint." *Journal of Economics Perspectives* 4(2):119–39.
- Rapaport-Rom, M. 2007. "Economic Assessment of Climate Change Impacts on the Vegetative Agriculture in Israel." Master's thesis, University of Haifa, Israel.
- Rietveld, P., Rouwendal, J. and Zwart, B. 2000. "Block Rate Pricing of water in Indonesia: An analysis of Welfare Effects." *Bulletin of Indonesian Economic Studies*. 36(3): 73-92.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה

מטרות המחקר כללו (1) פיתוח מודל אמידה אקונומטרית של ביקוש המשלב סוגי מים שונים, ו- (2) שימוש בתוצאות האמידה לביצוע סימולציות. מטרה מספר (1) הושגה מבחינת פיתוח פורמאלי של משוואות האמידה וכתובת הקוד בתוכנות לניתוח סטטיסטי. כאמור, היישום האמפירי לא הושלם עקב קשיים באיסוף הנתונים, עיבודם ואימותם. לכן גם מטרה (2) לא הושלמה.

עיקרי התוצאות

תוצאות ראשוניות, המבוססות על סט נתונים מצומצם שהצלחנו להשלים את איסופו, עומדות בקנה אחד עם התיאוריה הכלכלית ומעידות על תקפות שיטת האמידה והמודל הכלכלי.

מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח?

המחקר תומך בתקפות שיטת האמידה ועקרונות המודל הכלכלי עליו היא מבוססת. מבחינה אמפירית המחקר הפיק תוצאות ראשוניות בלבד ולכן השגת המטרות היישומיות לא הושלמה.

בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה ; התייחסות המשך המחקר
כאמור, מטרותיו היישומיות של המחקר לא הושגו במלואם עקב קשיים באיסוף הנתונים, עיבודם ואימותם. אנו כעת בתהליך קליטת נתונים נוספים ועיבודם. מחקר זה מהווה בסיס לעבודת דוקטוראט ולכן אנו צופים כי במהלך חצי השנה הקרובה תושגנה המטרות הללו ונוכל להגיש דו"ח מלא עם תוצאות ומסקנות יישומיות.

הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח : פרסומים בכתב - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; המחקר בתהליך וממצאיו טרם פורסמו בכתבי עת מקצועיים.

פרסום הדו"ח :

אני ממליץ לעכב את פרסום הדו"ח עד אשר נגיש דו"ח מסכם חדש שיכלול השגת מלוא מטרות המחקר.