

## רישום קדסטרלי מרחבי בישראל פרוייקט מו"פ קדסטר תלת-ממדי - תוצאות ביניים

אורי שושני, משה בנחמו, ערי גושן, שאול דנקמפ ורועי בר

אינג' אורי שושני – מומחה לקדסטר ומנהל צוות המו"פ, אינג' משה בנחמו (דוקטורנט בטכניון) - מומחה לקדסטר תלת-ממדי ו-GIS, אדריכל ערי גושן (ד. איתן ע. גושן, אדריכלים בע"מ) – מומחה לתכנון ולבניה, ד"ר שאול דנקמפ (דנקמפ – הנדסת כריה וגיאולוגיה) – מומחה בהנדסת תת-קרקע ועו"ד רועי בר (א. בר ושותפיו עורכי דין) – משפטן, מומחה לחוק ומשפט.

### תקציר

במהלך העשור האחרון ננקטו בישראל מספר פעולות לקראת הפיכת הקדסטר הדו-ממדי הקיים לקדסטר תלת-ממדי וביניהן פרוייקט מחקר ופיתוח נשוא מאמר זה. פרוייקט זה מבוצע עבור המרכז למיפוי ישראל על ידי צוות הכולל מומחים מדיסציפלינות שונות: קדסטר, גיאודזיה, ממי"ג, חוק ומשפט, הנדסת קרקע, תכנון ובנייה. הפרוייקט החל בספטמבר 2002, על פי תוכנית עבודה שגובשה על ידי המרכז למיפוי ישראל והוא אמור להמשך שנתיים. מטרת הפרוייקט הן: גיבוש פתרון לרישום חלקות במרחב, הוספת נתונים אלטימטריים לקדסטר הדו-ממדי ויצירת מסד נתונים ספרתי תלת-ממדי, גיבוש פתרון לניהול מידע אנליטי קדסטרלי בשניים ושלושה ממדים בסביבה ממי"גית, בחינת כלים לויזואליזציה של הקדסטר התלת-ממדי החדש, הרחבה והתאמת קובץ תקנות המדידה וגיבוש הצעות לשינויים בחוק המקרקעין, בחוק התכנון והבנייה ובפקודת המדידות בהתחשב באילוצים תכנוניים והנדסיים רלוונטיים.

פרוייקט המו"פ כולל גם בניית דגם פעיל וממוחשב (בסביבת GIS) של רישום זכויות קניין במרחב עבור אגף הסדר בעלות ורישום מקרקעין במשרד המשפטים. בנוסף לכך יבוצעו שני ניסויים – במע"ר העיר מודיעין הנבנה במפלסים שונים ובעיר העתיקה בעכו שבה שכבת מבני מגורים פעילים שוכנת על שכבות קודמות, עתיקות ותת-קרקעיות.

מאמר זה, מציג את תוצאות הביניים של פרוייקט המו"פ ובכללן את הפתרון שגובש בנושא רישום חלקות במרחב וניהול הקדסטר המרחבי.

### מבוא

הקדסטר הקיים בישראל הונהג על ידי שלטונות המנדט הבריטיים בשנת 1928. קדסטר זה מתבסס על עקרונות שיטת טורנס, כלומר רישום זכויות קניין. הקדסטר בישראל הוא דו-ממדי והוא מטפל בגבולות חלקות ובבתים משותפים שבפני הקרקע בלבד. למרות שיש כמות משמעותית של תשתיות מתחת לפני הקרקע וקיימים מבנים רבים בתת-הקרקע, אין הקדסטר הקיים מטפל בהם. על פי חוק המקרקעין (התשכ"ט-1969), זכות הקניין בחלקת מקרקעין כוללת את המרחב העל-קרקעי שמעליה, את המרחב התת-קרקעי שמתחתה ואת כל הבנוי והנטוע באותה קרקע. בשנים האחרונות, בשל העניין הרב בניצול המרחב התת-קרקעי והעל-קרקעי ובשל המציאות ההנדסית המרחבית שמתהווה, מתחזק הצורך למציאת פתרון קדסטרלי לבנייה

המרחבית. למדינת ישראל יש עניין מיוחד בניצול כל מרחבי הקרקע וזאת בשל השימוש האינטנסיבי בקרקע, בעיקר במרכזה של הארץ ובמרכזי הערים הגדולות. בשנת 1999 נתקבלו החלטות ממשלה בנושא ייעול השימוש בקרקע, בהן מתבטא עניינה של הממשלה בנושא הקדסטר התלת-ממדי והמרחבי. על פי החלטות אלו, על משרדי הממשלה להסדיר את התנאים אשר יאפשרו ניצול מתחם קרקע למספר שימושים, בבעלויות נפרדות, מעל פני השטח ומתחתיו.

## **פרוייקט המו"פ**

מטרות פרוייקט המו"פ כפי שהוגדרו על ידי המרכז למיפוי ישראל הן:

- גיבוש פתרון לרישום חלקות במרחב.
- הוספת נתונים אלטימטריים לקדסטר הדו-ממדי ויצירת מסד נתונים ספרתי תלת-ממדי.
- גיבוש פתרון לניהול מידע אנליטי קדסטרלי בשניים ושלושה ממדים בסביבה ממו"גית.
- בחינת כלים לויזואליזציה של הקדסטר התלת-ממדי.
- בניית דגם פעיל וממוחשב של רישום זכויות קניין במרחב עבור אגף הסדר בעלות ורישום מקרקעין במשרד המשפטים.
- הרחבה והתאמת קובץ תקנות המדידה לקדסטר התלת-ממדי וגיבוש הצעות לשינויים בחוק המקרקעין, בחוק התכנון והבנייה ובפקודת המדידות בהתחשב באילוצים תכנוניים הנדסיים רלוונטיים.

פרוייקט המו"פ מבוצע על ידי צוות הכולל מומחים מדיסציפלינות שונות – קדסטר, גיאודזיה, ממו"ג, חוק ומשפט, הנדסת קרקע, תכנון ובנייה. במרכז למיפוי ישראל אשר אחראי על פרוייקט המו"פ, גובשה תוכנית עבודה לתקופה של שנתיים. משרד האוצר הקציב כמיליון דולר לביצוע פרוייקט המו"פ ולביצוע שני ניסויים – במע"ר העיר מודיעין הנבנה במפלסים שונים ובעיר העתיקה בעכו שבה שכבת מבני מגורים פעילים שוכנת על שכבות קודמות, עתיקות ותת-קרקעיות. את עבודת צוות המו"פ מלוות שתי ועדות ממשלתיות: ועדת היגוי הכוללת מומחים ממשרדי ממשלה שונים ומהאקדמיה שתפקידה להנחות ולפקח על העבודה השוטפת של הצוות וועדה בינמשרדית הכוללת משפטנים בכירים ויועצים משפטיים של משרדי ממשלה שתפקידה להמליץ בפני הממשלה על שינויי חקיקה וחקיקת חוקים חדשים בהתבסס על המלצות צוות המו"פ.

## **רישום זכויות קניין במרחב**

חוק המקרקעין הישראלי קובע כי תחום הבעלות במקרקעין משתרע בלא כל גבול אנכי. דהיינו, בכל העומק שמתחת למקרקעין ובכל הרום שמעליהם (מודל הקונוס). יש לציין, כי המשפט הישראלי אינו בלעדי בתפישה זו של הגדרת תחום הבעלות במקרקעין. זו הוגדרה באופן זהה גם במשפט המקובל בהרבה מארצות המערב. בניגוד לתפישה זו, קובע הדין בחלק מהמדינות, כי הבעלות במקרקעין אינה בלתי מוגבלת, אלא מוגבלת (לעומק ולרום) עד גבולות הניצול המעשי בלבד, ולא מעבר לכך.

על מנת לאפשר את ניצול כל מרחבי הקרקע על ידי גורמים שונים, יש להתאים את שיטת רישום המקרקעין כך שניתן יהיה לרשום מערך זכויות קניין תלת-ממדי. אפשרות הפרדת תת-הקרקע ועל-הקרקע מהקרקע צריכה לבוא לידי ביטוי במרשם המקרקעין, כך ניתן יהיה לרשום זכויות במרחבים החדשים שמעל ומתחת לקרקע בנפרד מהזכויות בקרקע. צוות המו"פ בחן ארבע חלופות לרישום קדסטרלי מרחבי:

1. חלופת "חוק המקרקעין": הפעילות בתת-הקרקע ובעל-הקרקע תתאפשר על ידי שינוי הגדרת תחום הבעלות של החלקה הקרקעית בחוק המקרקעין. תחום הבעלות האינסופי במקרקעין יצומצם לרום ולעומק מסוימים, עד לגבולות הניצול המעשי בלבד. צמצום זה ייעשה באחת מהדרכים הבאות: צמצום גורף של מרחב הבעלות, צמצום נקודתי שייעשה רק במקומות בהם קיימת או מתוכננת פעילות מרחבית, וצמצום מרחב "זכות השימוש" אך לא צמצום מרחב "זכות הבעלות".

כל שינוי בהגדרת תחום הבעלות שבחוק המקרקעין משמעו הגבלת קניינו המלא של בעל המקרקעין. חוק יסוד "כבוד האדם וחירותו" קובע כי "אין פוגעים בקניינו של אדם", ובכך מעגן את מעמדה של הזכות לקניין כזכות יסוד חוקתית. פגיעה בזכות שכזאת יכול שתתאפשר בהתקיים שלושה תנאים מצטברים: תיעשה כחוק, לתכלית ראויה ובמידה שאינה עולה על הנדרש. ייתכן ששינוי חוק המקרקעין בישראל בשל הצורך החיוני לייעל את ניצול משאב הקרקע, לרבות במספר מפלסים, תהווה תכלית ראויה. אולם, רבים יתנגדו לשינוי הגדרת תחום הבעלות. כתוצאה משינוי זה צפוי שתהיינה תביעות משפטיות רבות ובהן גם דרישה לתשלום פיצויים.

פסק דין של בית המשפט העליון בישראל, מינואר 2003, פוסל את הרעיון של הפרדה בין מרחב "זכות השימוש" למרחב "זכות הבעלות". בית המשפט העליון פסק כי (על פי החוק הקיים כיום) המדינה אינה יכולה לאפשר ניצול תת-הקרקע בדרך של הפקעת זכות השימוש לאורך זמן, אלא רק בדרך של הפקעת הבעלות.

2. חלופת "בתים משותפים": שינוי חוק המקרקעין בסעיפים הדנים ברישום בתים משותפים והתאמתו לרישום זכויות במרחב. רישום בתים משותפים מסדיר את מעמדם וזכויותיהם של מספר בעלי נכסים באותו מתחם קרקע, והוא מספק פתרון משפטי לבעלות נפרדת במפלסים. הדירה בבית משותף היא נושא נפרד לבעלות, לזכויות ולעסקאות. יש לציין, ששיטת רישום בתים משותפים מיושמת בישראל מזה עשרות שנים, והנסיון המצטבר בהפעלתה גדול.

דרך זו של רישום מציעה את האפשרויות הטובות ביותר לרישום בעלות שונה במימד האנכי. אולם פתרון זה אינו אופטימלי, מאחר ששיטת רישום בתים משותפים לא נועדה להתמודד עם המורכבות של המציאות הקדסטרלית המרחבית העתידית. רישום בית משותף יכול להתאים לרישום של שימושי תת-קרקע הסמוכים והקשורים לפני הקרקע, אך אינו מתאים למקרים בהם שימושי תת-הקרקע נפרדים לחלוטין מהשימוש הקרקעי. בנוסף, ייתכן קושי בהסדרת היחסים המשפטיים שבין המשתמשים במפלס תת-הקרקע העמוק לבין המשתמשים במפלס הקרקעי וזאת בשל אינטרסים שונים. במקרים בהם אין כלל בניה בחלקה הקרקעית, החוק אינו מאפשר רישום בית משותף.

3. חלופת "תתי-חלקות מרחביות": יצירת חלקות רישום שונות לגבי אותו תא שטח, כאשר כל אחת מהן היא נפרד לזכויות ולחובות. הפעילות בתת-הקרקע ובעל-הקרקע תתאפשר על ידי הקצאת/הפקעת חלקים ממרחבים אלה בגבולות החלקה הקרקעית. חלופה זו מאפשרת שמירה על מירב תחום הבעלות של החלקה הקרקעית, כהגדרתו בחוק המקרקעין הישראלי.

יש לציין, כי בית המשפט העליון בישראל, בינואר 2003 (במקרה של הפקעת רבדים תת-קרקעיים לצורך הקמת מנהרות הכרמל) פסל את ההפקעה הגורפת של עומק הקרקע. בית המשפט העליון קבע, כי במקרה בו נדרשת הפקעתו של רובד תת-קרקעי חובה על המדינה להפקיע אך ורק את אותו רובד שנדרש לשם כריית אותו מנהרות: כל הפקעה של רבדים נוספים מעבר לרובד הנדרש – ועל אחת כמה וכמה הפקעה בלתי מוגבלת של עומק הקרקע – דינה להתבטל.

חלופה זו, חלופת "תתי-חלקות מרחביות", נבחרה על ידי צוות המו"פ כפתרון המוצע לרישום זכויות במרחב. חלופה זו, נבחרה ואושרה על ידי שתי הוועדות המלוות את פרויקט המו"פ. והיא הוכחה כמתאימה להלכה שנקבעה לאחר מכן על ידי בית המשפט העליון בינואר 2003.

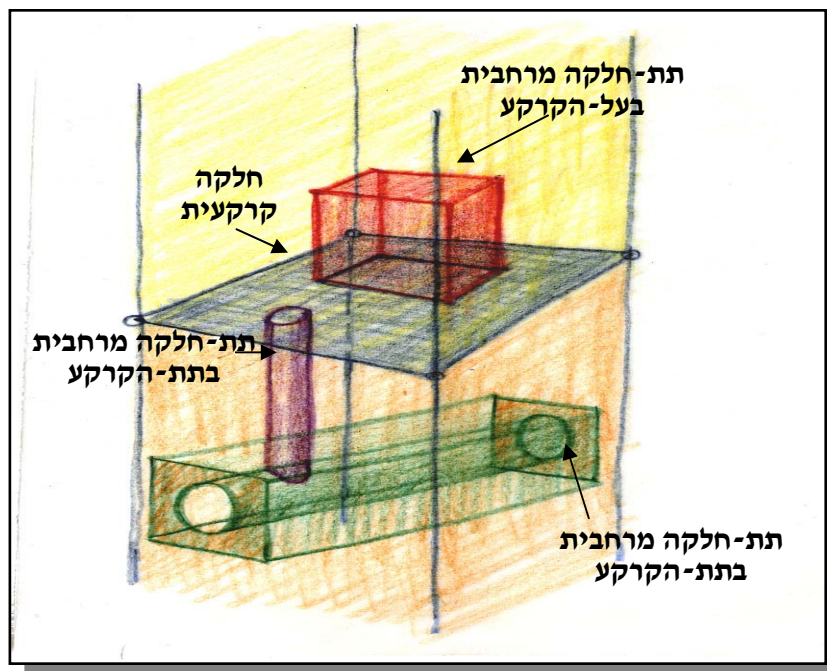
4. חלופת "רישום אובייקטים": יצירת מרשם אובייקטים מרחביים נפרד, בנוסף למרשם המקרקעין הקיים, ואשר יתמקד ברישומם של אובייקטים מרחביים. פתרון זה פשוט וקל לביצוע והוא אמור להתקיים במקביל למרשם המקרקעין הקיים. אולם צפוי קושי רב בהסדרת היחסים שבין המרשם הקיים למרשם האובייקטים המרחביים. כמו כן, ייתכן שמרשם המקרקעין הקיים יתערער משום שלא יכלול את כל המידע לגבי המקרקעין כהגדרתן כיום.

### **"תתי-חלקות מרחביות" - עקרונות הפתרון המוצע**

העקרון אשר הנחה את צוות המו"פ בגיבוש פתרון לרישום קדסטרי מרחבי היה הרחבת שיטת הרישום הקיימת והתאמתה למציאות הקדסטרי המרחבית וזאת מבלי לפגוע במרשם הקיים. להלן עקרונות הפתרון:

- חלוקת מרחב החלקה הקרקעית ל"תתי-חלקות מרחביות": כל פרויקט שיוקם באחד מהמרחבים החדשים (תת-הקרקע ועל-הקרקע), יתחם על ידי תת-חלקה מרחבית תלת-ממדית נפחית וסופית (ראה ציור מס' 1). אובייקט מרחבי המתפרס במרחבים של מספר חלקות קרקעיות, יפוצל למספר חלקים וזאת בהתאם לחלוקה הקרקעית הקיימת. במידת הצורך ניתן יהיה לאחד את תתי-חלקות המרחביות בתחום גוש רישום לחלקה מרחבית אחת.
- שמירה על תחום הבעלות של החלקה הקרקעית: החלקה הקרקעית תישאר בהגדרתה חלקה שמרחבה הוא אינסופי לעומק ולרום והמחוברים לקרקע ישארו צמודים לה. לעומת זאת, תת-החלקה המרחבית תוגדר כאובייקט נפחי סופי נפרד התוחם את האובייקט הפיסי המרחבי עצמו ומרחב הצמוד לו.
- קשירת תתי-החלקות המרחביות לחלקות הקרקעיות: תת-החלקה המרחבית תשוך לגוש הרישום ולחלקה הקרקעית במרחבם היא מוגדרת. ברישומי החלקות הקרקעיות יצוינו

מספרי תתי-החלקות המרחביות שבתחומן ובמקרה של איחוד יצינו גם מספרי החלקות המרחביות.



ציור מס' 1: חלוקה מרחבית לתתי-חלקות מרחביות

יישום הפתרון המוצע לרישום קדסטרלי מרחבי ייעשה בהתבסס על ההמלצות הבאות של צוות המו"פ:

1. שמירה על זכויות קנייניות: אי פגיעה בזכויות קניין אלא למטרה ראויה ובמידה המזערית הנדרשת.
2. אי פגיעה בשימוש הקרקעי הסביר: ניצול תת-הקרקע ועל-הקרקע יוגבל עד לכדי פגיעה מזערית בשימוש הסביר שיש לבעל הקרקע, תוך שמירה על יציבות המבנים הקיימים בטווחי הרחקה הנדסיים.
3. המשכיות שיטת הרישום הקיימת: הרחבת והתאמת שיטת הרישום הקיימת למציאות הקדסטרלית המרחבית. יותאמו תקנות המודדים, חוק התכנון והבניה ותקנותיו, חוק המקרקעין ותקנות המקרקעין כך שיתאפשר גם רישום תלת-ממדי וזאת מבלי לפגוע ברישום הנוכחי.
4. רישום בתת-הקרקע על פי מצב לאחר ביצוע (תוכניות עדות - "as made"): במקרים רבים הביצוע בפועל של בנייה תת-קרקעית אינו תואם במדויק את התכנון, בעיקר בשל קשיי ביצוע בלתי צפויים. לפיכך, ההגדרה הסופית של תת-החלקה המרחבית ושל החלקה המרחבית תעשה לרוב לאחר הקמת הפרוייקט.
5. התהוות הדרגתית של הקדסטר האנליטי: קדסטר קרקעי אנליטי הינו הכרחי כבסיס לקדסטר תלת-ממדי ומרחבי. עד לשינוי הקדסטר בישראל לקדסטר אנליטי, תידרש הגדרה

אנליטית של הקדסטר הקרקעי רק במקומות בהם נדרש רישום זכויות במרחבים החדשים. מכאן ולהבא, כל הסדר מקרקעין וכל תמורה להסדר ימדדו ויחושבו אנליטית ובאופן שיתאים לשילובם בקדסטר התלת- ממדי.

6. ניהול מקרקעין: הקדסטר העתידי ישולב במערכת הממ"ג הלאומי וינהל באמצעות מערכת מידע גיאוגרפי לניהול מקרקעין, אשר תאפשר תכנון וניהול יעילים יותר של המקרקעין.
7. עותק רד בשילוב עותק קשה: כל תוכנית וכל מפה יופקו כמפה ספרתית, וקטורית וממ"גית. הפעילות המרחבית תוצג בתלת-ממד ובהיטל מישורי בצג המחשב. תופק גם מפת נייר התואמת במתכונתה את מפת גוש הרישום העכשווית ועליה תוצג הפעילות המרחבית בדו-ממד במפלסים שונים.
8. ישימות טכנולוגית גיאודטית מרחבית: שיטות וטכנולוגיות המדידה הקיימות ישימות גם לקדסטר המרחבי. יש לקבוע תקנות מתאימות לביצוע מדידה ועריכת תוכניות לצורכי רישום בתת-הקרקע ובעל-הקרקע.

### ההיבט ההנדסי – "טווחי הרחקה"

על פי הפתרון המוצע, כל פרויקט שיוקם באחד מהמרחבים החדשים (תת-הקרקע ועל-הקרקע), יתחם על ידי חלקה תלת-ממדית (נפחית) וסופית, הניתנת ככל האפשר להגדרה סטריאומטרית פשוטה. ההגדרה התלת-ממדית של מעטפת אותה תת-חלקה מרחבית תתבסס על מדידה פנימית (וחיצונית, ככל האפשר) של האובייקט הפיזי בשילוב נתוני תכנון בתוספת טווחי הרחקה הנדרשים הנדסית.

להגדרת תתי-חלקות מרחביות סביב לאובייקטים תת-קרקעיים מספר מטרות:

1. תיחום אובייקטים תת-קרקעיים על ידי מעטפות מרחביות בעלות צורה סטריאומטרית פשוטה ככל האפשר, שתגדיר את תתי-החלקות החלקות המרחביות מבחינת ממדיהם, אורך רוחב וגובה.
2. שמירה על טווחי הרחקה, בהם יוגבלו פעילויות העלולות לפגוע ביציבות ובבטיחות של האובייקטים עצמם, ושל אובייקטים בחלקות שכנות.
3. תכנון הנדסי כלכלי במידת האפשר.
4. שמירה על מרחקי בטיחות ממתקנים וצנרת תת-קרקעית לחומרים מסוכנים כגון גז וחומרים רעילים.
5. שמירה על טווחי הרחקה מבארות מים למניעת זיהום המים.

הגדרת מעטפות מרחביות לאובייקטים תלת-ממדיים תבוצע כנספח במסגרת הכנת תכנית מפורטת (כהגדרתה בחוק התכנון והבנייה – תב"ע) כדוגמת סקר איכות הסביבה. במסגרת תכנית יוגדרו השימושים והמאפיינים הגיאומטריים העיקריים של האובייקטים המתוכננים, גובה בניינים, עומק המרתפים, ומפלסי כבישים ומנהרות. נתונים אלה ומאפיינים גיאומטריים והנדסיים של האובייקטים, יהוו בסיס לתיחום תתי-החלקות המרחביות העתידיות. השאיפה היא כי תתי-החלקות המרחביות יתאימו לתכנון המפורט שיבוצע לצורך קבלת היתרי בנייה. ייתכן, עם זאת, כי הגדרת תתי-החלקות המרחביות בשלב התוכנית המפורטת אינה סופית מאחר

שלא כל הפרטים ההנדסיים והפונקציונליים הרלוונטיים ידועים בשלב זה. במקרים מסוימים צריך יהיה להגדיר מחדש את תתי-החלקות המרחביות ולהקטין או להגדיל את טווחי ההרחקה שנקבעו במסגרת התכנית. בגמר פרויקט המו"פ יוצעו הנחיות כלליות להגדרת טווחי ההרחקה במקרים שונים.

### ויזואליזציה ומיפוי קדסטרלי תלת-ממדי

במציאות ההנדסית המרחבית, תיחומן של יחידות מקרקעין ושל נכסים המרובדים אנכית מחייב תיאור תלת-ממדי הכולל נתונים המגדירים את מיקומם במרחב של הגבול האופקי והגבול האנכי שבין יחידות במרחב. יכולת להציג מאפיינים תלת-ממדיים של נכסים, תאפשר להגדיר בצורה טובה יותר את המצב החוקי של הנכסים במציאות המרחבית. התצוגה התלת-ממדית, מספקת כלים טובים יותר לבדיקה ולניתוח המידע שהוצג עד כה באמצעות תוכניות דו-ממדיות.

הצגת אינפורמציה מרחבית במפה ספרתית (דו-ממדית ותלת-ממדית) מחייב שימוש בכלים גראפיים אשר יסייעו בהבנת המציאות המרחבית. יש לבחון את השימוש בכלים הבאים: שקיפות – הצגת המציאות המרחבית על רקע המציאות הקרקעית וזאת על ידי הצגת שכבת הקדסטר הקרקעית ברמת בהירות גבוהה כרקע לשכבות המרחביות, רזולוציה משתנה – התמקדות באובייקט קרקעי תגרוור הצגת מידע על פעילות מרחבית, סימבוליזציה גראפית – אמצעים גראפיים אשר יאפשרו הבחנה בין אובייקטים ממרחבים שונים (צבע, סימנים מוסכמים וכדומה), ריבוי חלונות – הצגת מידע לגבי פעילות מרחבית בחלונות/מסכים שונים. הצגה פרספקטיבית – הצגה תלת-ממדית פרספקטיבית של הנכס ממספר מבטים, מולטימדיה – מציאות מדומה, טיסה מרחבית וטכניקות תלת-ממדיות מתעשיית הקולנוע.

על-פי דיני הראיות, לא די במסמך ספרתי כראיה קובעת בפני בית-משפט, אלא יש לצרף עותק נייר מקורי. ולכן, מומלץ כי ממפת הקדסטר הספרתית והתלת-ממדית יופקו גם תוצרי נייר דו-ממדיים. במסגרת פרויקט מו"פ קדסטר תלת-ממדי נבחנו שתי החלופות הבאות:

1. מסמך גרפי ספרתי דו-ממדי התואם את המתכונת של מפת הקדסטר העכשווית והמציג אובייקטים מכל שלושת המרחבים (הקרקע, תת-הקרקע ועל-הקרקע).
2. מפת קדסטר קרקעית אשר יצורפו לה במידת הצורך כנספחים תשריטים המתייחסים למרחב התת-קרקעי ולמרחב העל-קרקעי. תשריטים אלו יוגשו במתכונת של מפה מצבית (מצב קיים) בקנה מידה הזהה לזה של התשריט הקרקעי.

מרבית תוכנות ה-CAD אשר מוצעות על ידי ספקי התוכנות, כוללות כלים מתקדמים להצגת המידע ועריכתו, אך הן חסרות את פונקציות ה-GIS המאפשרות שאילתות וניתוח מרחבי של המידע. לעומת זאת, מרבית מערכות ה-GIS שבשוק הן מערכות דו-ממדיות, מערכות אשר פותחו לצורך ניהול, הצגה וניתוח של מידע שהיינו דו-ממדי בעיקרו. אומנם, בשנים האחרונות ישנה מגמה של הוספת פונקציות תלת-ממדיות של תצוגה, כגון: הצגת מודל גבהים של פני השטח, הצגה תלת-ממדית של אובייקטים וזאת על ידי שמירת נתון גובה כתכונה של האובייקט. אך עד כה, לא פותחה תוכנת GIS תלת-ממדית המתבססת על טופולוגיה תלת-ממדית. הואיל ובתוכנות

ה-GIS אין כלים מספקים של תצוגה תלת-ממדית, יש לפתח ממשק המקשר בין תוכנת ה-GIS לתוכנות CAD ולתוכנות אחרות בעלות יכולות תלת-ממדיות של תצוגה חישוב וניתוח.

### תוכנית לצורכי רישום מרחבי (תמצ"ר)

ברישום המקרקעין המיושם בישראל, מהווה התוכנית לצורכי רישום (תצ"ר) חלק בלתי נפרד מהרישום והיא משמשת בסיס גיאודטי הנדסי ליצירת המרשם ולעדכון מפות הגושים. תצ"רים מדויקים ועדכניים מהווים מרכיב חשוב לשמירת עדכניות ואמינות מרשם המקרקעין. בקדסטר העכשווי, התצ"ר הוא דו-ממדי והוא מציג את החלוקה הקרקעית הקיימת והחדשה, את שטח החלקות, צורתן ומיקומן המדויק. בתצ"ר העכשווי, בדומה למפת הגוש הקיימת, אין מידע אלטימטרי כלשהו; קווי גובה אינם משורטטים במפה ולא מצוין גובה של נקודות הבקרה או של פרטים אחרים בשטח. התצ"ר כולל מידע על פרטי התכנית, כגון: מבנים, גדרות, שבילים ודרכים.

בקדסטר התלת-ממדי, התמצ"ר (ומפת הגוש) יהיה ספרתי (קובץ מחשב) ותלת-ממדי. בתהליך הפקתו יהיה ניצול של טכנולוגיות מתקדמות (GIS, אינטרנט, תוכנות CAD ועוד) והוא יכלול במאגר נתונים קדסטרלי לאומי. מומלץ כי מהתצ"ר הספרתי והתלת-ממדי (תמצ"ר) יופקו גם תוצרי נייר דו-ממדיים, במתכונת של התצ"ר העכשווי. שרטוט דו-ממדי של תצ"ר מרחבי יתאפיין במאפיינים הבאים:

- הצגת תמורה ממרחב אחד וממפלס אחד כך שתמורה הכוללת מספר מרחבים ומספר מפלסים תוצג במספר תצ"רים דו-ממדיים.
- הצגת החלוקה הקרקעית כרקע לתמורה מרחבית. יעשה שימוש בצבע ובקווים מסוגים שונים לצורך הבחנה בין האובייקטים השונים מהמרחבים השונים.
- יכללו מספר תבניות תצוגה, כגון: חתכים ומבט פרספקטיבי.
- יכללו הערות לגבי אופן הגדרת המעטפת החיצונית של תת-החלקה המרחבית. יצוין באם הכנת התמצ"ר התבססה על מדידות שדה ו/או נתוני תכנון.
- לוח תמורה מרחבית יכלול נתונים של: מרחב, שטח, אחוז חפייה, נפח, גובה מזערי וגובה מרבי (ראה ציור מס' 2).

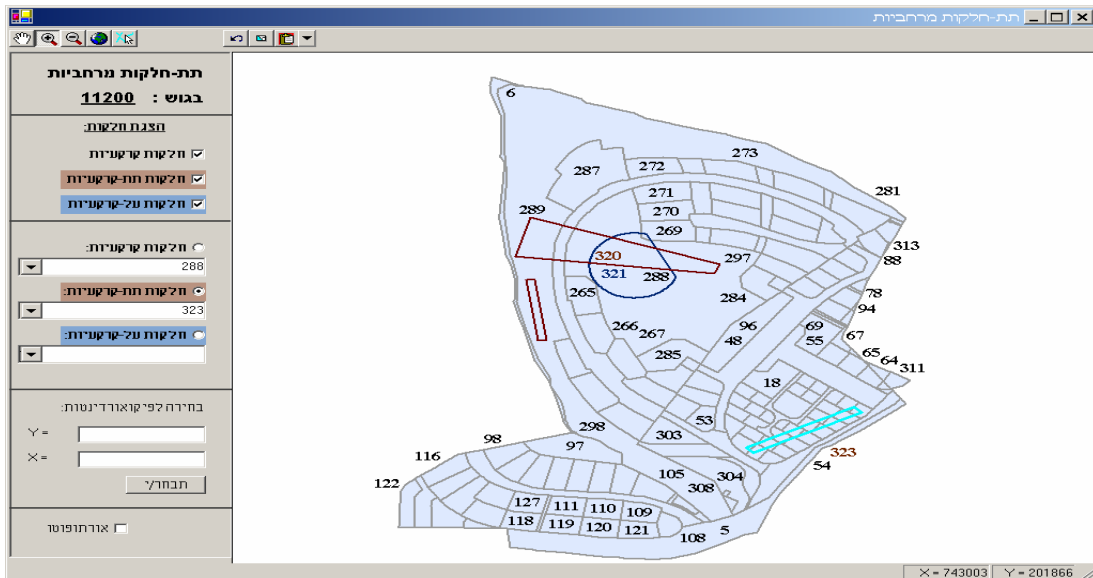
### חלוקה/איחוד מרחבי

מרחב	חפייה באחוזים	גובה מרבי במטר	גובה מזערי במטר	נפח באלפי מטר <sup>3</sup>	שטח בדונם מטר	מספרי חלקות	
						סופיים	ארעיים

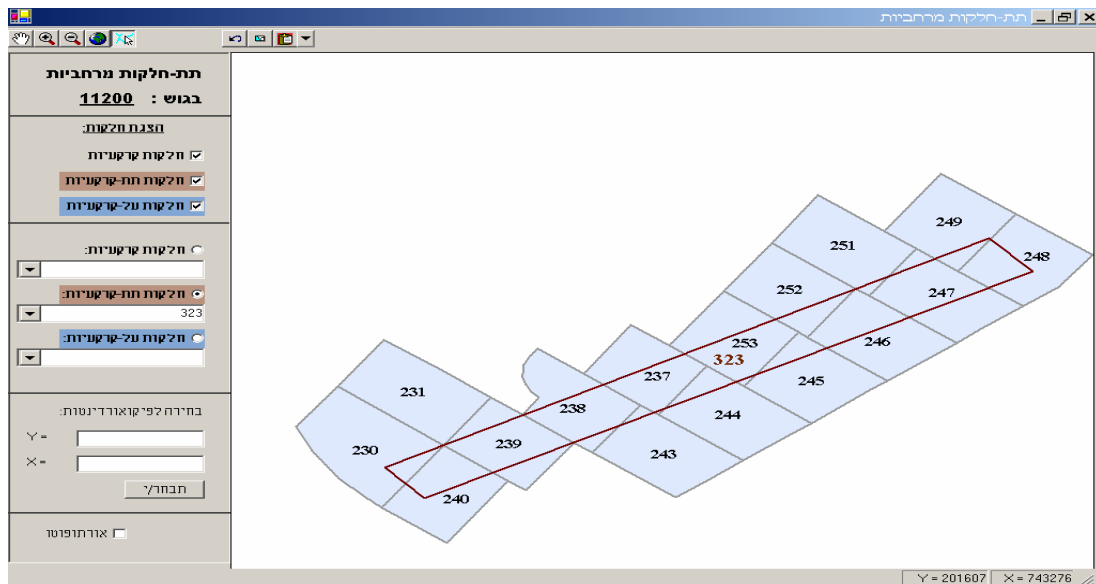
ציור מס' 2: לוח תמורה של חלוקה מרחבית ואיחוד מרחבי

## אבטיפוס ממוחשב לקדסטר התלת-ממדי

אחת ממטרות פרוייקט המו"פ, כפי שהוגדרה על ידי המרכז למיפוי ישראל, היא בניית אבטיפוס פעיל וממוחשב (בסביבת GIS) של מערכת לרישום זכויות קניין במרחב עבור אגף הסדר בעלות ורישום מקרקעין במשרד המשפטים. מערכת מידע גיאוגרפי המשמשת לניהול בסיס נתונים מרחבי של הקדסטר התלת-ממדי והמאפשרת פעולות של תשאול, ניתוח, ויזואליזציה והפקת דו"חות ומפות. מערכת אשר תסייע בבחינת ובהדגמת הפתרון שיגובש על ידי צוות המו"פ.



ציור מסי 3 : מסך פעילות מרחבית בגוש רישום



ציור מסי 4 : חלקות האם הקרקעיות שבמרחבן מוגדרת החלקה המרחבית

פיתוח האבטיפוס כולל אפיון רעיוני של מערכת GIS עתידית לרישום זכויות קניין במרחב ופיתוח סדרת יישומים המדגימים שימוש שוטף במידע קדסטרלי תלת-ממדי (ראה ציור מס' 3). יישומים אלו כוללים בין השאר: הפקת דו"חות הכוללים מידע אלפא-נומרי אודות חלקה קרקעית, תת-חלקה מרחבית, חלקה מרחבית וגוש רישום. כמו כן, הצגה גרפית בדו-ממד של כל החלקות הקרקעיות בגוש מסוים בהן פעילות קדסטרלית מרחבית, תצוגה גרפית דו-ממדית של כל תתי-החלקות המרחביות הקיימות במרחב הבעלות של חלקה קרקעית מסוימת, תצוגה גרפית דו-ממדית של חלקות האם הקרקעיות של החלקה המרחבית (ראה ציור מס' 4) ועוד.

### **פרוייקטים ניסויים**

במסגרת פרויקט המו"פ, מבוצעים שני פרוייקטים ניסויים, האחד במרכז העירוני הראשי (מע"ר) הנבנה כיום בעיר מודיעין, והשני בעיר העתיקה בעכו. היעד העיקרי של פרוייקטים אלו הוא רישום זכויות במקרקעין, במתחם הכולל מספר שכבות מבנים, מתחת ומעל פני הקרקע. יעד זה כולל את מטרות המשנה הבאות:

- בניית מודלים תלת-ממדיים של המציאות הקרקעית והתת-קרקעית.
- הגדרת תתי-חלקות מרחביות הכוללות את האובייקטים הפיסיים הקיימים בתת-הקרקע.
- איחוד תתי-חלקות מרחביות לקבלת חלקות מרחביות בתחומי הגושים.
- הכנת תכנית מרחבית לצרכי רישום.
- בחינת הפתרון שגובש במסגרת פרוייקט המו"פ, הסקת מסקנות סופיות ועדכון ההמלצות לגבי תהליך הרישום בתלת-ממד.

המרכז העירוני הראשי במודיעין הינו מתחם מתוכנן, שיכלול מרכז תחבורה מתקדם ומגוון פונקציות עירוניות. הסיבה שמרכז זה נבחר לשמש כדוגמא בפרוייקט ניסויי הינה המורכבות הרבה ברישום שכבות רבות ושונות, שאין ביניהן בהכרח קשר פונקציונלי והנמצאות בבעלויות שונות. לדוגמא: תחנת רכבת תת-קרקעית שמעליה מפלסי חניה לאוטובוסים וכביש ראשי, שמעליהם כביש משני וגן עירוני ומעליהם מבני מסחר, מגורים ושטחים ציבוריים. בין הפונקציות השונות קיימים מעברים במפלסים שונים ובגבהים משתנים.

בעיר העתיקה של עכו, לעומת זאת, החל לפני כ- 12 שנים תהליך חשיפה של עיר ממלוקית תת-קרקעית המשתרעת מתחת לחלקים גדולים של העיר העתיקה העליונה. עד כה נחשפו בתת-הקרקע רק כ- 12 דונם מתוך כ- 360 דונם. המציאות התת-קרקעית קרובה מאוד לפני הקרקע; המבנים שנחשפו בתת-הקרקע נמצאים כ- 1.5 מ' מתחת לפני הקרקע העליונה. בנוסף ישנם מקומות בהם המציאות התת-קרקעית מגיעה אל מפלס פני הקרקע. רוב הקרקעות הן בניהול מנהל מקרקעי ישראל ומיעוטן הן קרקעות בבעלות של הקדש מוסלמי והקדש נוצרי. המציאות התת-קרקעית אינה תואמת את החלוקה הקדסטרלית הקרקעית הקיימת המתגבשת (השטח נמצא כיום בתהליך הסדר).

## סיכום

פרוייקט המו"פ נשוא המאמר הינו הראשון מסוגו בישראל המטפל בהיבטים השונים של הקדסטר התלת-ממדי. תוצאות הפרוייקט אמורות להוביל למימוש הקדסטר התלת-ממדי בישראל וכן לסייע בגיבוש שלבי המעבר מהקדסטר הקרקעי למרחבי החדש. עד כה גובשו על ידי צוות המו"פ ההמלצות העיקריות לצורך המעבר מהקדסטר הקרקעי לקדסטר המרחבי. המלצות אלו נבחנו על ידי ועדות מקצועיות ממשלתיות ואומצו על ידן. צוות המו"פ מטפל כעת בביצוע שני ניסויים מעשיים בהם יבחנו אותן המלצות והוא ממשיך בטיפול ביתר נושאי המחקר עד להשלמתו.

## רשימת מקורות

**Al-Taha K., Barrera R., (1990). Temporal Data and GIS: An Overview.** In: *Proceeding of the GIS/LIS'90, Annual Convention, Anaheim USA.* pp. 245-254.

**Aronoff S., (1989). Geographic Information System: A Management Perspective.** In: *WDL Publications, Ottawa Canada.* pp. 294.

**Ball W.E., (1991). Design Criteria for Three Dimensional Coordinate Computational Software for Future Land Information System.** In: *Proceedings of ACSM/ASPRS'91, vol-1, Surveying, Annual Convention, Baltimore USA.* pp. 13-23.

**Beller A., (1990). Spatial/Temporal Events in GIS.** In: *Proceedings of GIS/LIS'91, vol-2, Annual Convention.* pp. 766-775.

**Benhamu M., Doytsher Y., (1997). Data Matching Aspects in Temporal Cadastral Information System.** In: *Proceedings of the ACSM/ASPRS'97, vol-2, Annual Convention, Seattle USA.* pp. 190-199.

**Berry J.K., Buckley D.J. Ulbricht C., (1998). Visualize Realistic Landscapes.** In: *GIS World, vol-11, No-8, (August).* pp. 42-47.

**Brown A.G., (1996). Defining the Cadastral Layer of a Municipal GIS Using Registered Land Parcels.** In: *Proceedings of GIS/LIS'96, Annual Convention.* pp. 142-161.

**Bruce E.D., Rhea W., (1989). The Five Dimensions of GIS.** In: *Proceedings of the GIS/LIS'89, Annual Convention, Orlando USA.* pp. 50-58.

**Buchanan H., (1989). Computational Techniques for Determining Three-Dimensional Topology.** In: *Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems. Taylor & Francis Publishing, London.* pp. 105-112.

**Cambray B., (1993). Three Dimensional (3D) Modeling in a Geographical Database.** In: *Auto-Carto 11, Proceedings of 11<sup>th</sup> International Symposium on Computer Assisted Cartography, Minnesota USA.* pp. 338-347.

**Campbell G., Hastie R., (1998). Management of First Nations Lands Using GIS technology.** In: *Internet Site of Center for Surveying Energy, Mines and Resources.*

**Cramody J., Raymond S., (1993). Underground Building Design.** Publ. *Van Nostrand Reinhold Company, New-York.*

**Creteau P.G., (1977). Principles of Real Estate Law.** *Portland Main, Castle Publishing Company.*

**Christopher J., (1998). Geographical Information System and Computer Cartography.** *Published by Longman, England.*

**Dale P.F., (1976). Cadastres and Cadastral Surveys.** In: *Cadastral Surveys within the Commonwealth. Report by P F Dale MA ARICS, London..* pp. 1-16.

**Doytsher Y., Shmutter B., (1991). Incorporating Known External Data in Information Digitized from Cadastral Maps.** In: *Proceedings of ACSM/ASPRS'91, Annual Convention, Baltimore USA.* pp. 61-68.

**E.S.R.I, (1997). Arc/Info, Understanding GIS.** In: *Proceeding of E.S.R.I, USA.*

**Fradkin K., Doytsher Y. (1997). Establishing Accurate Urban Digital Cadastre in Israel.** In: *CD Proceedings of GIS/LIS'97, Annual Convention.*

**Fradkin K., Doytsher Y. (1998). Establishing a Digital Cadastre in Israel.** In: *CD Proceedings of FIG'98, Annual Congress, Brighton England .*

**Frank A.U., (1998). An Object Oriented, Formal Approach to the Design of Cadastral Systems.** In: *Advances in GIS.* pp. 245-261.

**Gabay Y., Doytsher Y., (1994). Automatic Adjustment of Line Maps.** In: *Proceedings of GIS/LIS'94, Annual Convention, Arizona Phoenix USA.* pp. 333-341.

**Gabay Y., Doytsher Y., (1995). Automatic Feature Correction in Merging of Line map.** In: *Proceedings of ACSM/ASPRS'95, Annual Convention, Charlotte North Carolina USA.* pp. 404-410.

**Gisiger A., (1998). AutoCad Map 3.0.** In: *GIS World, vol-11, no-10.* pp. 72-73.

**Guillet V., (1998). ArcView 3-D Analyst 1.** In: *GIS World, vol-11, no-10.* pp. 73-74.

**Heo J., (1997). An Object-Oriented Data Modeling for GIS.** In: *ACSM/ASPRS'97, vol-2, GIS/GPS, Annual Convention & Exposition..* pp. 73-81.

**Herbert M.J., Kidner D.B., (1993). Spatial and Temporal Visualization of Three-Dimensional Surfaces for Environmental Management.** In: *Auto-Carto 11, Proceedings of 11<sup>th</sup> International Symposium on Computer Assisted Cartography, Minnesota USA.* pp. 318-327.

**Hoinkes R., Lange E., (1995). 3D for Free – Toolkit Expands Visual Dimensions in GIS.** In: *GIS World (july 1995).*

**Ioannis M., (1996). Sustainable Development – GIS and Cadastre, the Greek Experience.** In: *FIG'96.* pp. 113-121.

**Jones A., Rowe C., Kentish P., (1999). Cadastral Reform.** In: *M&M, Measure and Map, Journal of Surveying and Mapping in Australia.* pp. 23-26.

**Juraj V. (1996). Legal and Technical Aspects of GIS/LIS - Cadastre in Slovak Republic.** *FIG, Proceedings of the FIG, Copenhagen Denmark..* pp. 65-68.

**Kaufman J., Steudler D., (1998). Cadastre 2014, Vision for a Future Cadastral System.** In: *Proceedings of FIG Commission 7.* pp. 1-48.

**Langran G., (1992). Time in Geographic Information System.** Taylor & Francis Publishing, London. pp. 1-189.

- Laurini R., Tompson D., (1992-a). Design for Information Systems.** In: *Fundamentals of Spatial Information System.* pp. 340-351.
- Laurini R., Tompson D., (1992-b). Spatial Object Modeling.** In: *Fundamentals of Spatial Information System.* pp. 444-476.
- Laurini R., Tompson D., (1992-c). Intelligent Spatial Information Systems.** In: *Fundamentals of Spatial Information System.* pp. 620-645.
- Lemmen C., Ernst P., Van Oosterom P., (1996). New Spatial Data Management Developments in the Netherlands Cadastre.** In: *FIG, Proceedings of the FIG, Copenhagen Denmark.* pp. 39-49.
- Mclaren R., Kennie T., (1989). Visualization of Digital Terrain Models: Techniques and Applications.** In: *Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems.* Taylor & Francis Publishing, London. pp. 79-98.
- McLaughlin J.D., Nichols S.E., (1987). Parcel-Based Land Information Systems.** In: *Surveying and Mapping.* pp. 11-29.
- Moreno J. R., (1991). A Formal Model for Land Titles and Interests in Land.** In: *Proceedings of ACSM/ASPRS'91, vol-1, Surveying, Annual Convention, Baltimore USA.* pp. 187-195.
- Okazaki D., (1993). Visualizing Geographic Data Through Animation.** In: *Auto-Carto 11, Proceedings of 11<sup>th</sup> International Symposium on Computer Assisted Cartography, Minnesota USA.* pp. 238-245.
- Pratt M., (1998). Using Arc View GIS to Build a Baseball Stadium.** In: *Arc User, The Magazine for Esri Software Users (April-June).* pp. 60-61.
- Raper J., (1989-a). Three Dimensional Display of Geologic Data.** In: *Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems.* Taylor & Francis Publishing, London. pp. 1-10.
- Raper J., (1989-b). The 3-Dimensional Geoscientific Mapping and Modeling System: a Conceptual Design.** In: *Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems,* Taylor & Francis Publishing, London. pp. 11-20.
- Ridland M., (1998). Creating Flyby Animation with Arc Tin.** In: *Arc Users, the Magazine for Esri Software Users (April-June).* pp. 38-39.
- Saalfeld A., Lynch M., (1985). Conflation: Automated Map Compilation.** In: *Auto-Carto 7, Proceedings of 7<sup>th</sup> International Symposium on Computer Assisted Cartography, Washington D.C. USA.* pp. 343-352.
- Shahrabi B.A., Kainz W., (1993). An Implementation Approach for Object Oriented Topography Database Using Standard Tools.** In: *Auto-Carto 11, Proceedings of 11<sup>th</sup> International Symposium on Computer Assisted Cartography, Minnesota USA.* pp. 103-112.

- Sinon R., Williamson I.P., Agumya A., (1998). Cadastral Reform: Lessons from a Small Island State.** In: *Surveying and Mapping 34*. pp. 311-329.
- Shoman Y., Goyal N. (1988). Temporal Reasoning in Artificial Intelligence.** In: *Exploring Artificial Intelligence*. pp. 419-438.
- Smith D., Paradis A., (1989). Three Dimensional GIS for The Earth Sciences.** In: *Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems*, Taylor & Francis Publishing, London. pp. 149-154.
- Sui Z. D., (1998). GIS-based Urban Modeling: practices, problems, and prospects.** In: *International Journal of Geographical Information Science*. vol-12, no-7. pp. 651-671.
- Tulloch D.L., Niemann B.J., Epstein E.F., (1996-a). Comparative Study of Multipurpose Land Information Systems Development in Arkansas, Ohio, and Wisconsin.** In: *GIS/LIS'96*. pp. 128-141.
- Tulloch D.L., Niemann B.J. Epstein E.F., (1996-b). A Model of Multipurpose Land Information System Development in Communities: forces, factors, stages, indicators and benefits.** In: *GIS/LIS'96*. pp. 325-345.
- Unger M., (1974). Real Estate Principles & Practice.** In: *South-Western Publishing, Cincinnati OH*.
- Van Driel J. N., (1989). Three Dimensional Display of Geologic Data.** In: *Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems*, Taylor & Francis Publishing, London. pp. 1-9.
- Wenzhong S., (1997). Statically Modeling Uncertainties of Three Dimensional GIS Features.** In: *Cartography and Geographical Information Systems*. Vol-24, No-1. pp. 21-26.
- Wills D.R. (1998). Developing a Rural Cadastre GIS Model for Commercial and Residential Property Assessment in Marshall County, Kentucky.** In: *Assessment Journal*, Chicago. pp. 65-72.
- Worboys M., Andjelic T. (1989). Version Management for GIS in a Distributed Environment.** In: *Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems*, Taylor & Francis Publishing, London. pp. 65-74.