

הצעת מחקר מקדמית לדוקטורט בנושא :

**התוויית גבולות בינלאומיים: הערכה רבת-קריטריונים,
ניתוח ידע יישומי, ופיתוח אלגוריתמים תורתיים**

**Delineation of International Boundaries: Multicriteria
Evaluation, Analysis of Implemented Knowledge, and
Development of Theory Algorithms**

שימי פריש, בהנחיית פרופ' מקסים שושני ופרופ' אביעד שפירא

דצמבר 2018

1. רקע כללי ותיאור הבעיה: חשיבות בעיית הגבולות

התוויית גבולות הנה חלק מניסיון ליצירת סדר גלובלי (Albert et al. 2001; Van Houtum and Newman 2003). רואה בתהליך יצירת הגבול תופעה בעלת משמעות ביצירת סדר בחברה האנושית, דהיינו, הרבה יותר מאשר רק קו הגבול עצמו. כל הגבולות שותפים לתפקיד דומה של הפרדה בין קבוצות. הדבר נכון לקווים טריטוריאליים הקובעים את הצורה והגודל של טריטוריות בהן חיים אנשים את חיי היומיום שלהם, והדבר נכון באותה מידה לגבולות סוציולוגיים, דתיים, תרבותיים, אתניים, ואפילו רשתיים (cyber) המשייכים אנשים לקבוצות, ועבור רבים אף קובעים את זהותם. (Morley and Robbins 1995; Shapiro and Alker 1996; Paasi 1996; Wilson and Donnan 1998). במקביל, גבולות יוצרים גם פערים ושוני (Newman 2003).

תפיסת הגבול המדיני נקשרה באורח מסורתי עם המרחב סביב הגבול המפריד בין מדינה אחת לשכנתה (House 1980; Prescott 1987; Martinez 1994). "אזור הספר" (Frontier) מתורגם במקרים רבים ל"אדמת הגבול" (borderland), מונח המשקף מרחב בעל מגוון של פעילויות המושפעות ישירות מהיות הגבול סמוך אליהן (Rumley and Minghi 1991). במושגים טריטוריאליים, הכוונה לאזורים הסמוכים ביותר לגבול המדינה אשר בהם כל התפתחות מרחבית תלויה בגבול ומושפעת ממנו. המדיניות הנהוגה באזורי ספר מעלה שאלות קריטיות בהקשרים של אזרחות, זהויות, נאמנויות פוליטיות-לאומיות, וקצה אזור המשילות המדינתית (Anderson 2002).

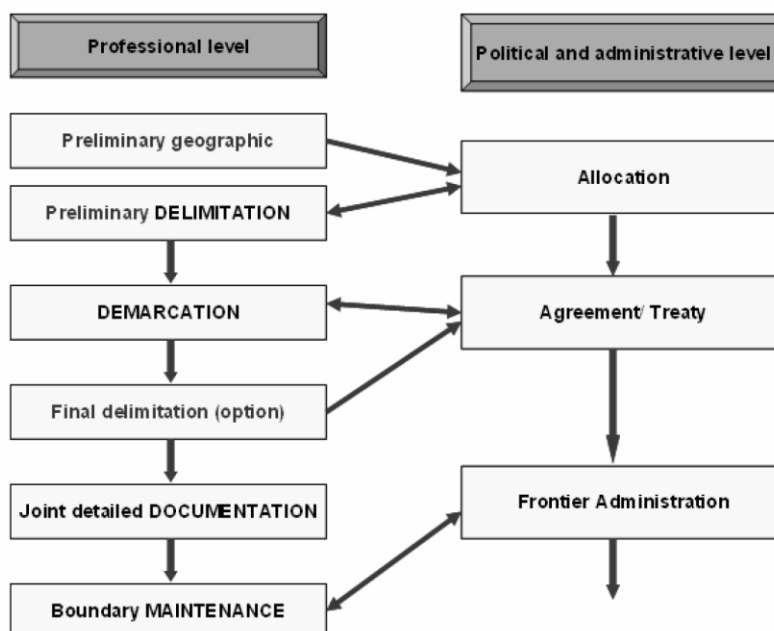
לורד קרזון (Lord Curzon of Kedleston, 1859–1925), מי שהיה מושל הודו, כיהן כשר החוץ הבריטי, ועסק רבות בהתוויית גבולות במלחמת העולם הראשונה ואחריה, ניסח משפט (Curzon 1907) המצוטט רבות (Prescott 1987): "Frontiers are indeed the razor's edge on which hang suspended the modern issues of war and peace" (בתרגום חופשי: אזורי ספר הנם קצה התער עליו נשענות הסוגיות המודרניות של מלחמה ושלוש). תהליך התוויית גבולות הנו תהליך מורכב שמטרתו להגיע לגבול מוסכם ויציב אשר ימנע קונפליקטים העשויים להידרדר עד כדי מאבקים צבאיים.

2. מצב הידע הקיים וסקר ספרות מצומצם

תהליך ההתוויה הכללי

ראוי שהמחקר בנושא הנדון יתרכז בפרמטרים בהם השתמשו להתוויית גבולות. לדעתו של Newman (2003), אין להמעיט בחשיבות שבנוחות השימוש בקריטריונים מוסכמים, אפילו כאשר נוחות זו נשקלת אל מול חוסר יעילות הנובע מהתוויית גבולות שאינם תואמים באופן מוחלט לתפקודם כגבול. Albert (1998) טוען שגבולות מעטים בלבד (גיאוגרפיים או חברתיים) תואמים את תפקודם באופן מוחלט, דבר ההופך את מחקר דינמיות הגבולות לכה מעניין. דינמיות זו הינה תוצאה של העדר התאמה של התוויה מול תפקוד. Albert מדגיש את הגישה הממסדית של top-down, האיטית בתגובתה לשינויים במצב השטח והמעוניינת לשמר סטטוס קוו, אל מול גישה ה-bottom-up המאופיינת בדינמיות אנושית מהירה המתחוללת בשטח, והמובילה ללחצים לשינויים. Newman ממשיך מנקודה זו וטוען שנוחות כשלעצמה מובילה במקרים רבים לשימוש בקריטריונים מסוימים. לדעתו, גישה של שימוש בקריטריונים נוחים היא דטרמיניסטית במהותה וראויה לבחינה מחדש על ידי קובעי המדיניות ומנהלי הגבולות. הוא מסכם כי השימוש במושג "התוויה" הינו מסורתי. אך במקום לבטלו כלא רלוונטי, נדרשת חשיבה מחודשת לגבי מגוון הרכיבים המקיימים את הגבול.

תורת הגבולות התפתחה מאוד בשלהי המאה ה-19 ובתחילת המאה ה-20 בדגש על הגדרת שלבי התוויית הגבול. Shoshany ו-Srebro (2009) מתארים בעבודתם תהליך מוצע לקביעת גבול (איור 1) תוך שהם מפרטים את השלבים השונים של ההקצאה, ההתוויה, והסימון, ואף מרחיבים את התהליך לשלבים נוספים של תיעוד הגבול, הגדרת המנהלה, והתחזוקה, ומציגים יישום של המודל והדגמתו בתהליך קביעת הגבול בהסכם השלום בין מדינת ישראל לממלכה ההאשמית של ירדן ב-1994.

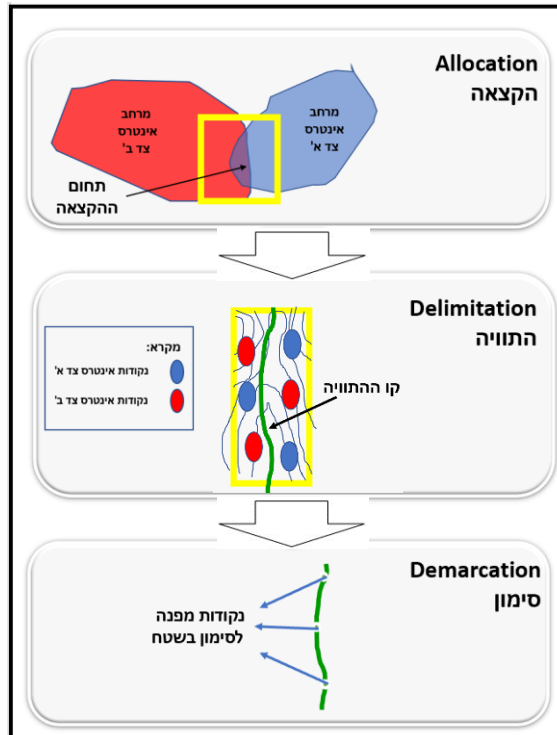


איור 1 תהליך הכללי של ההתוויה והאדמיניסטרציה של גבולות (Srebro and Shoshany 2009)

גורמים/קריטריונים בהתוויה

כתהליך, התוויית הגבול מתקדמת מהכלל אל הפרט, או מבחינה גיאומטרית מהטריטוריה דרך תוואי הגבול אל הנקודות המסמנות אותו. לאורך ההיסטוריה התפתחה תורת גבולות המגדירה שלושה שלבים בתהליך יצירת הגבול (איור 2). בשלב הראשון, שלב ההקצאה (Allocation), מתבצע תיחום כללי ועקרוני כפי שמסוכם ברמה המדינית על ידי מנהיגי מדינות (תוך התייעצות, כמובן, עם מומחי גבולות); במהותו עוסק שלב זה בתכולה ובמאפיינים של השטח בתחום הקונפליקט (גודלו של השטח, ערכיותו, יחסו לטריטוריה השכנה, וכו'). השלב השני הוא שלב ההתוויה (Delimitation); שלב זה עוסק במאפייני הקו עצמו, בהתוויה פרטנית ע"ג עזרים מפורטים תוך בחינה מדוקדקת של תיאורו כמאזן את המתחים במרחב הקרוב אותם הוא חוצה. השלב השלישי הוא שלב הסימון (Demarcation); זהו השלב שבו נבחרות הנקודות בשטח ומסומנות פיזית באופן המתמצת את מהלכו של הקו לנקודות המפנה המשמעותיות, תוך התבססות מקצועית קפדנית על גיאודטים ומהנדסי גיאואינפורמציה (Adler 2003).

בין השלבים הללו קיימת משרעת רחבה של גורמים המשפיעים על תהליך המעבר מההתוויה הכללית לסימון פרטני. מדובר בגורמי מיקום מרחבי: צירי נהרות/נחלים, קווי רכס, גבולות טבעיים של קרקעות וצומח, שימושי קרקע, פעילות חקלאית במרחב, תשתיות תחבורתיות, תשתיות תקשורתיות, מערכות מים וחשמל, משאבי טבע (נפט, מחצבים, וכו'), וכמובן תפרושת ישובים ואוכלוסייה. בתורת הגבולות הקיימת אין התייחסות מספקת לשיוך של גורמי ההתוויה המתאימים לכל שלב.



איור 2 תיאור סכמתי של תהליך יצירת הגבול

לאורך השנים התפתח תהליך מוסדר, המושפע מהתפתחויות טכנולוגיות בכלל והתפתחויות בתחום המידע הגיאוגרפי בפרט, כיישום במערכות מידע גיאוגרפיות וכלי מדידה מדויקים. בעבר נוהל השלב השני, שלב ההתוויה הפרטנית, בשטח עצמו, בהשתתפות שני הצדדים, לעיתים או לרוב תוך כדי מחלוקות, במצב בו נציגי כל צד אינם מוסמכים לוותר או להתפשר על האינטרסים של מדינותיהם. השימוש בטכנולוגיות חדשות מאפשר לבצע את רוב התהליך על מערכות המידע בשיטות אלגוריתמיות, עקביות, ובמידה מסוימת אובייקטיביות, תוך העברת המידע ברזולוציה כמעט סנטימטרית לסימון בשטח. ככל שנצבר ניסיון וידע בתחום ההתוויה האלגוריתמית, יכול ניסיון זה לשמש כלי אובייקטיבי להורדת רמת הקונפליקט. התורה בתחום זה היא ברמה הכללית ועוסקת, לדוגמה, בגבולות טבעיים לעומת גבולות גיאומטריים. מתוך סקירת הספרות בתחום הגבולות ניכר שרובה עוסקת בניתוח התוויית גבולות של מקרי בוחן ספציפיים. קיים מעט מאוד תיעוד גלוי של יישום העקרונות, גם בשל המוטיבציה הברורה להסוות ולא לגלות מה היו הגורמים אשר השפיעו בסופו של דבר על הצבת עמודי הגבול במקום מסוים. כתוצאה מכך, לא התגבשה תורה מוסדרת. העדרה של התורה המגדירה מתודה סדורה לבחינת הקריטריונים השונים לפי חשיבותם, השפעתם, ויחסם לקריטריונים אחרים גורם לטעויות בשיקול הדעת ולשגיאות בהתוויית הגבול שמחירן נע מאובדן נכסים לאומיים וטריטוריאליים ועד למוקדי סכסוך וקונפליקטים חדשים. מכאן הצורך להציע שיטה שתמודד עם בעיות אלו.

ההתוויה כתהליך רב-קריטריונים

הגדרה שלבית ותהליכית בקביעת הגבול הנה רכיב בסיסי חשוב ליצירת תהליך עבודה סדור. אולם מעבר לשלביות התהליך, קביעת גבולות מחייבת הפעלת שיקולים רבים וקבלת החלטות המערבות בתוכן רמות שונות של קריטריונים מעולמות תוכן ומקצועות שונים. בעולם המדעי פותחו שיטות וטכניקות רבות לקבלת החלטות בסביבות מרובות קריטריונים, עד כדי התפתחות ענף מחקרי חדש, MCDM (Multi Criteria Decision Making), כאשר לעיתים נבדלות השיטות זו מזו בשינויים קלים בלבד. Hester ו-Velasquez (2013) סקרו במחקרם 11 שיטות MCDM מוכרות בספרות האקדמית, ובחנו את היתרונות והחסרונות היחסיים שלהן תוך שהם מתארים גם את מידת התאמתה של כל שיטה למקרה בוחן שונה (טבלה 1). הם מצאו כי השיטה של תהליך היררכיה אנליטי, (Analytical Hierarchy Process), אשר פותחה ע"י Saaty (1980), הנה המתאימה ביותר ליישום בנושאים הקשורים בניהול משאבים, מדיניות ואסטרטגיה של החברה, מדיניות ציבורית, אסטרטגיה פוליטית, ותכנון. לכן נבחרה שיטה זו עבור השלב הנוכחי של המחקר המוצע ככלי ליצירת פורמליזציה של ידע (Knowledge Formalization) באמצעות תחקור מומחים ודליית הידע (Knowledge Elicitation).

קיים מספר קטן של עבודות העוסקות בבעיה דומה לבעיית המחקר הנוכחי. שושני ואחרים (2019) מציגים מחקר אשר בו התבצעה התוויה דינמית של מסדרונות ירוקים והערכתם תוך שימוש בכלי GIS ומיפוי בשילוב עם שיטת ה-AHP ועם שיטת ההקבצה AHC (Analytical Hierarchical Clustering). גישה זו אפשרה זיהוי של קבוצות מומחים בעלות אסטרטגיות שיפוט שונות; אסטרטגיות אלו התבטאו בפתרון שונה של קונפליקטים בין גורמי משיכה וגורמי דחייה המגדירים את המיקום וההתפתחות הצפויה של מסדרונות ירוקים. בעיית הגבולות היא במהותה בעיה של פתרון קונפליקטים ולכן גישת המחקר בעבודה זו הנה רלוונטית למחקר הנוכחי.

טבלה 1 השוואה של שיטות MCDM (עפ"י Velasquez and Hester 2013)

No.	Method	Advantages	Disadvantages	Areas of Application
1	Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)	Takes uncertainty into account; can incorporate preferences	Needs a lot of input; preferences need to be precise.	Economics, finance, actuarial, water management, energy management, agriculture
2	Analytic Hierarchy Process (AHP)	Easy to use; scalable; hierarchy structure can easily adjust to fit many sized problems; not data intensive.	Problems due to interdependence between criteria and alternatives; can lead to inconsistencies between judgment and ranking criteria; rank reversal.	Performance-type problems, resource management, corporate policy and strategy, public policy, political strategy, and planning.
3	Case-Based Reasoning (CBR)	Not data intensive; requires little maintenance; can improve over time; can adapt to changes in environment.	Sensitive to inconsistent data; requires many cases.	Businesses, vehicle insurance, medicine, and engineering design
4	Data Envelopment Analysis (DEA)	Capable of handling multiple inputs and outputs; efficiency can be analyzed and quantified.	Does not deal with imprecise data; assumes that all input and output are exactly known.	Economics, medicine, utilities, road safety, agriculture, retail, and business problems.
5	Fuzzy Set Theory	Allows for imprecise input; takes into account insufficient information.	Difficult to develop; can require numerous simulations before use	Engineering, economics, environmental, social, medical, and management.
6	Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMART)	Simple; allows for any type of weight assignment technique; less effort by decision makers.	Procedure may not be convenient considering the framework.	Environmental, construction, transportation and logistics, military, manufacturing and assembly problems.
7	Goal Programming (GP)	Capable of handling large-scale problems; can produce infinite alternatives.	It's ability to weight coefficients; typically needs to be used in combination with other MCDM methods to weight coefficients.	Production planning, scheduling, health care, portfolio selection, distribution systems, energy planning, water reservoir management, scheduling, wildlife management.
8	ELECTRE	Takes uncertainty and vagueness into account.	Its process and outcome can be difficult to explain in layman's terms; outranking causes the strengths and weaknesses of the alternatives to not be directly identified	Energy, economics, environmental, water management, and transportation problems.
9	PROMETHEE	Easy to use; does not require assumption that criteria are proportionate.	Does not provide a clear method by which to assign weights.	Environmental, hydrology, water management, business and finance, chemistry, logistics and transportation, manufacturing and assembly, energy, agriculture.
10	Simple Additive Weighting (SAW)	Ability to compensate among criteria; intuitive to decision makers; calculation is simple does not require complex computer programs.	Estimates revealed do not always reflect the real situation; result obtained may not be logical.	Water management, business, and financial management.
11	Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS)	Has a simple process; easy to use and program; the number of steps remains the same regardless of the number of attributes.	Its use of Euclidean Distance does not consider the correlation of attributes; difficult to weight and keep consistency of judgment.	Supply chain management and logistics, engineering, manufacturing systems, business and marketing, environmental, human resources, and water resources management.

Murayama ו-Bunruamkaew (2011) מדגימים יישום של חמישה גורמים ותשעה קריטריונים למיפוי מידת ההתאמה האקו-תיירותית של אזורים במחוז Surat Thani שבתאילנד תוך שילוב שיטת ה-AHP עם כלי ה-GIS. תהליך העבודה כולל מספר שלבים: בשלב ראשון נקבעים הקריטריונים הרלוונטיים ע"י מומחי התוכן, ומתבצעים תהליכי AHP להערכת המשקלים של כל אחד מהם; בשלב השני מתבצע מיפוי של הקריטריונים במרחב; השלב שלישי מתבצע על בסיס המשקלים אשר הוגדרו על פי תשאל

המומחים ומיפוי מידת ההתאמה לכל קריטריון; ובסופו של דבר מתבצע תהליך שילוב מפות אלו לכדי מפת ההתאמה המצרפית. במחקר הנוכחי ייושם תהליך זה על קריטריונים שיאותרו בספרות וע"י קריטריונים אשר יוצעו על ידי מומחים. השיטה תיושם על מקרי בוחן שונים של גבולות קיימים כדי לבחון את הקשר בין גבולות אלה למידת ההתאמה של השטח לשמש כגבול.

3. מטרת המחקר

מטרת העל של מחקר זה היא פיתוח תורה להתוויית גבולות בינלאומיים. תהליכי התוויית גבולות הינם מטבעם רב-שלביים ומרובי קריטריונים; נסמכים על תקדימים, מחד גיסא, אבל חייבים לשקף את המציאות הדינמית ואת ההקשר של המקרה הפרטני הנדון, מאידך גיסא; ומאופיינים ברזולוציות הולכות וגדלות ככל שהתהליך מתקדם. מכאן נגזרות מטרותיו הממוקדות של המחקר: (א) פיתוח מתודולוגיה סדורה לזיהוי הקריטריונים המשפיעים על התוויית הגבול בכל אחד משלבי התהליך; (ב) פיתוח מערכת של עצים היררכיים של קריטריונים עבור כל שלב, הכוללת מתכונת לקביעת המשקלים היחסיים של הקריטריונים בכל עץ ופיתוח סקלות השפעה לכל קריטריון בהתאם למיפוי האילוצים בכל מקרה פרטני; (ג) פיתוח מערכת אחודה המתרגמת את התוצרים שהתקבלו לאחר השגת שתי המטרות הראשונות דלעיל לכלי יישומי; מאחר שכל מקרה פרטני מוסיף בעצמו נדבך של ידע, הכלי היישומי שיוצע צריך להיות כלי לומד.

4. שיטת הביצוע ושלבי העבודה

המחקר מתוכנן להתנהל עפ"י השלבים העיקריים הבאים:

- א. זיהוי והגדרה של קריטריונים בהתוויית גבולות בינלאומיים. שלב זה יתבצע על בסיס מספר מקורות מידע: (א) ספרות מחקרית עיונית; (ב) ספרות מקצועית על מקרי בוחן; (ג) דוחות על מקרי קונפליקט להם טרם נמצא פתרון; (ד) תשאול מומחים.
- ב. קלסיפיקציה של הקריטריונים שאותרו, הגדרת משפחות ומשפחות משנה, ובניית עצים היררכיים; אישוש העצים מול פנל מומחים. במסגרת זו: בחינת האי-תלות של הקריטריונים זה בזה. מצבים של תלות ושל אי-תלות יכוונו לשיטות שונות, בהתאמה, של קביעת משקלי הקריטריונים.
- ג. הרצות תהליך של ניתוח רב-משתני (MCDA) באחת השיטות המקובלות, שתימצא מתאימה לאופי הבעיה, לצורך קביעת דרוג החשיבות של הקריטריונים השונים ושל משפחות הקריטריונים וחישוב המשקלים היחסיים שלהם בכל אחד מהעצים ההיררכיים. התהליך יתנהל מול שורת מומחים ממגוון גורמי אקדמיה, ממשל, וצבא המייצגים נקודות מבט ותפיסות עולם שונות.
- ד. אגלומרציה של תוצאות השלב הקודם לצורך זיהוי קלאסטרים של מומחים והפקת תובנות כבסיס להמשך המחקר (Shapira et al. 2013).
- ה. למידה וניתוח של תהליכי התוויית קווי גבול מוכרים במטרה לגלות ולהגדיר את הקריטריונים אשר יושמו בהם בפועל (Reverse Engineering), תוך שימוש בכלי ניתוח מרחביים; השוואה בין הידע שגובש בתהליך הפורמליזציה של ידע המומחים לבין המידע שגובש מניתוח גבולות קיימים.

ו. פיתוח אלגוריתמים להתוויה על בסיס מערכות מידע גיאוגרפיות ליישום הקריטריונים דלעיל.

5. תרומה צפויה

תרומתו של המחקר צפויה לסייע בשלוש הרמות העוסקות בקביעת הגבולות ובהתווייתם:

- א. שימוש בכלים מדעיים ומתודולוגיים ליצירת תורה להפחתת המתחים הנוצרים בעת התוויית הגבול.
- ב. יצירת מסמך מנחה ומכווין למומחי הגבול היוצר פורמליזציה לתהליכים וקריטריונים שעובדו ונתחו על ידי תהליך ה-MCDM ומקנה למומחים מתווה סדור לעבודתם בשלבי קביעת הגבול והתווייתו.
- ג. יצירת סט של פתרונות אלגוריתמיים המסייעים לתהליכי התוויה וסימון פרטניים ומקומיים.

מראי מקום

- שושני, מ', שפירא, א', וניר-גולדנברג, ס' (2019). "התוויה דינמית של מסדרונות ירוקים והערכתם בתהליך אנליטי היררכי: הדגמה בצפון ישראל". *חקר הגיאואינפורמציה בישראל* (בדפוס).
- Adler, R. (2003). "Surveyors role in delineation and demarcation of international land boundaries," *FIG XXII International Congress*, Washington, D.C.
- Albert, M. (1998). "On boundaries, territory and postmodernity: An international relations perspective," *Geopolitics* 3(1), 53–68.
- Albert, M., Jacobson, D., and Lapid, Y. (2001). *Identity, borders, orders: new directions in international relations theory*, University of Minnesota Press, Minneapolis, Min.
- Anderson, J. (2002). "Borders after 11 September 2001." *Space and Polity*, 6(2), 227–232.
- Bunruamkaewa, K., and Murayama, Y. (2011). "Site suitability evaluation for ecotourism using GIS and AHP: a case study of Surat Thani Province, Thailand," *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 21, 269–278.
- Curzon, G. N. (1907). *Frontiers*, Romanes lectures, Clarendon, Oxford.
- House, J. (1980). "The frontier zone: a conceptual problem for policy makers," *International Political Science Review*, 1, 456–477.
- Martinez, O. (1994). "The dynamics of border interaction: new approaches to border analysis," in *World Boundaries, Vol I: Global Boundaries*, C. Schofield, Ed., Routledge, London.
- Morley, D., and Robbins, K. (1995). *Spaces of identity: global media, electronic landscapes and cultural boundaries*, Routledge, London.
- Newman, D. (2003). "On borders and power: a theoretical framework," *J. Borderlands Studies*, 18(1), 13–25.
- Paasi, A. (1996). *Territory, boundaries and consciousness*, John Wiley, New York.
- Prescott, J. R. V. (1987). *Political frontiers and boundaries*, Unwin Hyman, Boston.

- Rumley, D., and Minghi, J. (1991). "The border landscape concept," in *The geography of border landscapes*, D. Rumley and J. Minghi., Eds., Routledge, London.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York.
- Shapira, A., Shoshany, M., and Nir-Goldenberg, S. (2013). "Combining Analytical Hierarchy Process and Agglomerative Hierarchical Clustering in search of expert consensus in green corridors development management," *Environmental Management*, 52(1), 123–135.
- Shapiro, M., and Alker, H., Eds. (1996). *Challenging boundaries: global flows, territorial identities*, University of Minneapolis Press, Minneapolis, Min.
- Srebro, H., and Shoshany, M. (2009). "Comprehensive process-driven boundary making model: a case study of the Jordan-Israel boundary," *Survey Review*, 41(312), 174–191.
- Van Houtum, H., and Van Naerssen, T. (2002). "Bordering, Ordering and Othering." *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie (J. of Economical and Social Geography)*, 93(2), 125–136.
- Velasquez, M., and Hester, P. (2013). "An analysis of multi-criteria decision making methods," *International J. of Operations Research*, 10(2), 56–66.
- Wilson, T., and Donnan, H., Eds. (1998). *Border identities: nation and state at international frontiers*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K.