

בחינת קשרים מרחוק באזור הודו והים הערבי ובאזור דרום אמריקה

**עבודה במסגרת הקורס
גיאוגרפיה של מערכות לחץ ורוחות**

פרופ' חיים קותיאל
תשס"ג

מגיש :
גיא שחר

מבוא

מערכות הלחץ באטמוספירה מעצבות את הסירקולציה העולמית ומנווטת את אירועי מזג האוויר בעולמנו. הבנת מערכות הלחץ היא כלי חשוב בניתוח וחיזוי של מזג האוויר. כאשר בוחנים את הקשר שבין ערכי לחץ בשתי נקודות שונות על פני כדור הארץ, סביר שנמצא מתאם גבוה בין נקודות שסמוכות זו לזו. המתאם ילך וירד ככל שהנקודות יהיו רחוקות זו מזו, וסביר מאוד שבסופו של דבר לא נמצא קורלציה בכלל בין נקודות שמרוחקות מרחק אלפי קילומטרים זו מזו. אולם התברר, שניתן בכל זאת לאתר אזורים מרוחקים מאוד זה מזה על פני כדור הארץ, שבכל זאת מקיימים קשר גומלין כלשהו מבחינת ערכי לחץ האוויר בשכבות שמעליהם. לא זו בלבד, אלא שנמצאו אזורים רבים שמתקיים ביניהם מתאם הפוך מבחינת ערכי הלחץ - דהיינו - כאשר באזור א' ערכי הלחץ עולים, באזור ב' ערכי הלחץ יורדים, ולהפך. בשנים האחרונות, אחד הנושאים הבולטים במחקר הקלימטולוגי הוא איתור ואפיון של אותן תופעות שבהן מתקיים מתאם הפוך בין ערכי לחץ במקומות שונים. תופעות אלה מכונות "תנודות" - Oscillations, ואיתור קשרי הגומלין הללו בכלל זכה לכינוי "קשרים מרחוק" - Teleconnections. אחד ההיבטים המעניינים של התנודות, הוא אופי ביטוין לאורך חודשים ושנים. חלק גדול מהתנודות שאותרו נושא אופי שונה מעונה לעונה ומשנה לשנה, והדבר בא לידי ביטוי במגמת שינויי הלחץ במוקדי התנודה. היות שלשינויי הלחץ השפעה אקוטית על טמפרטורות ומערכות משקעים, הכרת התנודות ובשאיפה חיזוין, יכולה לתרום להבנת התנהגות תנאים אקלימיים השוררים במקומות שונים. למשל, אחת התנודות המוכרות יותר הנה "התנודה הדרומית" Southern Oscillation. תנודה זו מתייחסת לערכי הלחץ בדרוין, אוסטרליה, ובטהיטי שבאוקיינוס השקט. למאפייני התנודה קשר בל ינתק לתופעת ה"אל ניניו" - התחממות החלק המזרחי של האוקיינוס השקט, תופעה שהשפעותיה רבות על האקלים ביבשות אמריקה ואף באזורים נוספים בעולם. תנודה נוספת, הרלוונטית לאזורנו, היא תנודת הים הצפוני - הים הכספי (NCP), שמאפייניה הם בעלי השפעה על תנאים אקלימיים באגן הים התיכון. בשנים האחרונות הפך זמין לחוקרים מאגר נתונים, שמאפשר בקלות יחסית לבצע חתכים שונים על נתוני לחץ מכל חלקי הגלובוס, ברזולוציה גבוהה ולאורך שנים. מדובר בעיבוד מחדש (Reanalysis) של נתונים, שבוצע ע"י National Center for Environmental Prediction - National Center for Atmospheric Research - NCEP-NCAR. המאגר זמין לכל דיכפין באמצעות האינטרנט, ומאפשר לחוקרים לאסוף נתונים, שיכולים לשמש בין השאר במחקר תופעת התנודות - שבבסיסה יש צורך לזהות קורלציות הפוכות בין ערכי לחץ. עבודה זו תעסוק בשני אזורים עניין - אזור הודו והים הערבי, ואזור סביב החלק הדרומי של דרום אמריקה.

אודות מאגר הנתונים

היות שהעבודה מושתתת על נתוני מאגר NCEP-NCAR, ראוי להקדיש מספר מלים לנתונים במאגר, כפי שהוצגו ע"י טרנברת' וקארון במאמרם משנת 2000. הנתונים עובדו אחורה עד לשנת 1948, אולם ישנן עדויות מוצקות לכך שאיכות הנתונים מחודש יולי 1957 ואחורה נמוכה למדי (בעבודה זו השתמשתי בנתונים משנת 1969 ואילך).

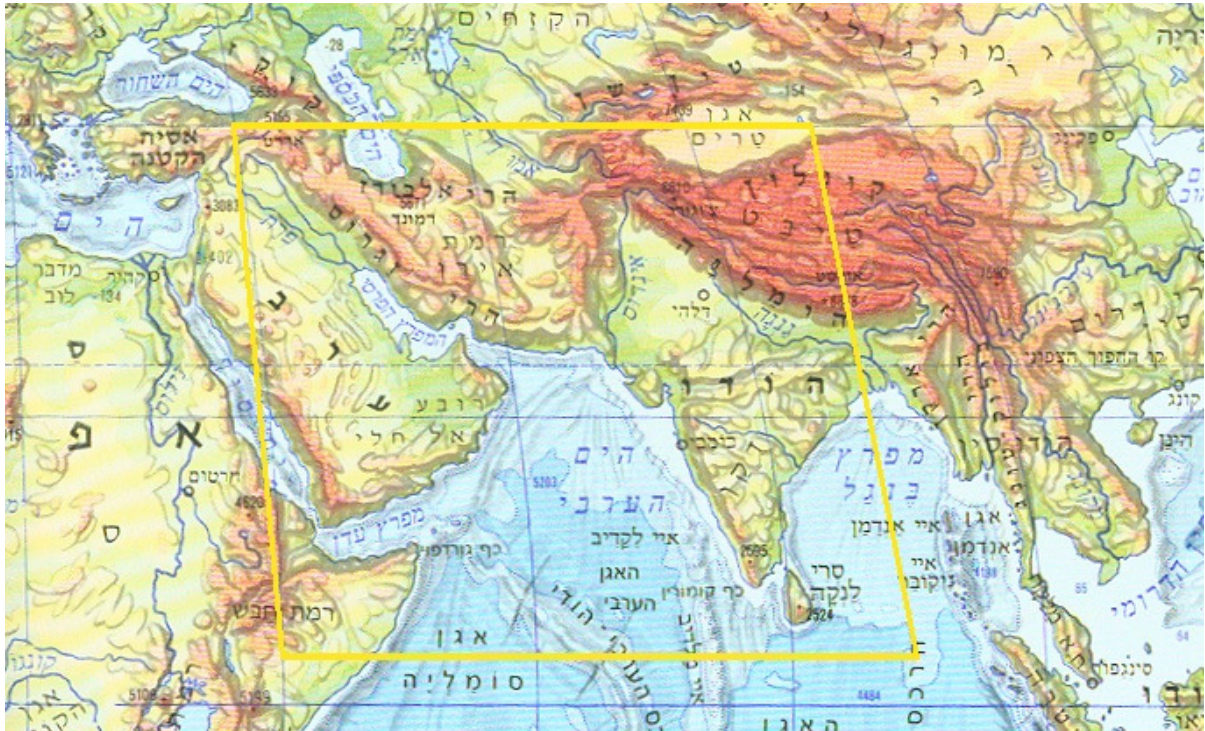
כמו-כן, טרנברת' וקארון מדברים על הקלדה שגויה של נתונים הרלוונטיים לחצי הכדור הדרומי, בשנים 1979-1992. הטעות משפיעה בצורה מסוימת על נכונות חלק מהנתונים במאגר. בחלק השני של עבודתי אני עושה שימוש בנתונים משנים אלה מחצי הכדור הדרומי, אולם לאור פירוט ממדי הבעיה, כפי שהוצג ע"י טרנברת' וקארון, יש לשער שההשפעה זניחה על התוצאות שקיבלתי.

אזור א' - הודו והים הערבי

תיחום האזור המחקר

האזור אותו בדקתי כולל את תת היבשת ההודית, הים הערבי, איראן וחצי האי ערב (תיחום: קווי רוחב: 7.5 מעלות צפון עד 40 מעלות צפון. קווי אורך: 40 מעלות מזרח עד 90 מעלות מזרח).

בתמונה מס' 1 מופיע בצהוב תיחום האזור שלגביו הורדו הנתונים לעיבוד.



תמונה 1

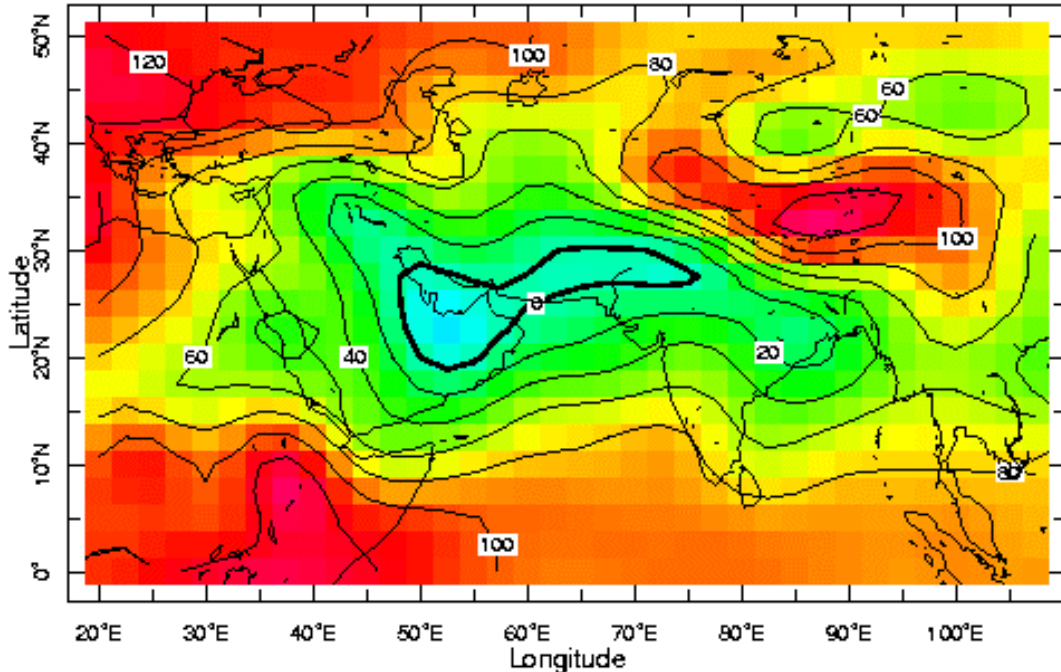
מקור: עיבוד תמונה מתוך אטלס אוניברסיטאי חדש, פרופ' משה ברור

בחרתי באזור זה, שכן בשנים האחרונות נפגעים שוב ושוב מספר אזורים בהודו מבצורות ממושכות. תא השטח שנבחר כולל את האזור שבו מתייצב מדי שנה השקע המונסוני, שהוא מקור המשקעים העיקרי של תת היבשת ההודית.

המטרה בבחירת אזור זה הייתה לנסות ולאתר קשרי גומלין של ערכי לחץ בין נקודות שונות בתא השטח, כדי שאם אכן ימצאו כאלה, ניתן יהיה אולי להסביר בעזרתם התנהגות אקלימית באזור תת היבשת ההודית מבחינת טמפרטורות ומשקעים.

רקע

בתמונה 2 ניתן לראות בבירור את השקע המונסוני, ששורר בחודשי הקיץ (יוני - ספטמבר) באזור הים הערבי ותת היבשת ההודית.



1 000 mb Aug 1994

תמונה 2

מקור: מאגר המידע המקוון NOAA NCEP-NCAR, טבלאות ממוצע חודשי של נתוני גבהי-לחץ, לרמת לחץ של 1000 hPa.

שקע זה גורם להתכנסות אוויר סביב תת היבשת ההודית, ולרוחות ה"מונסון הדרום מערבי", שנושבות מאזור קו המשווה צפונה לתוך תת היבשת ההודית, ומביאות אוויר לח מן הים שגורם להורדת כמות גדולה של ממטרים באזור זה.

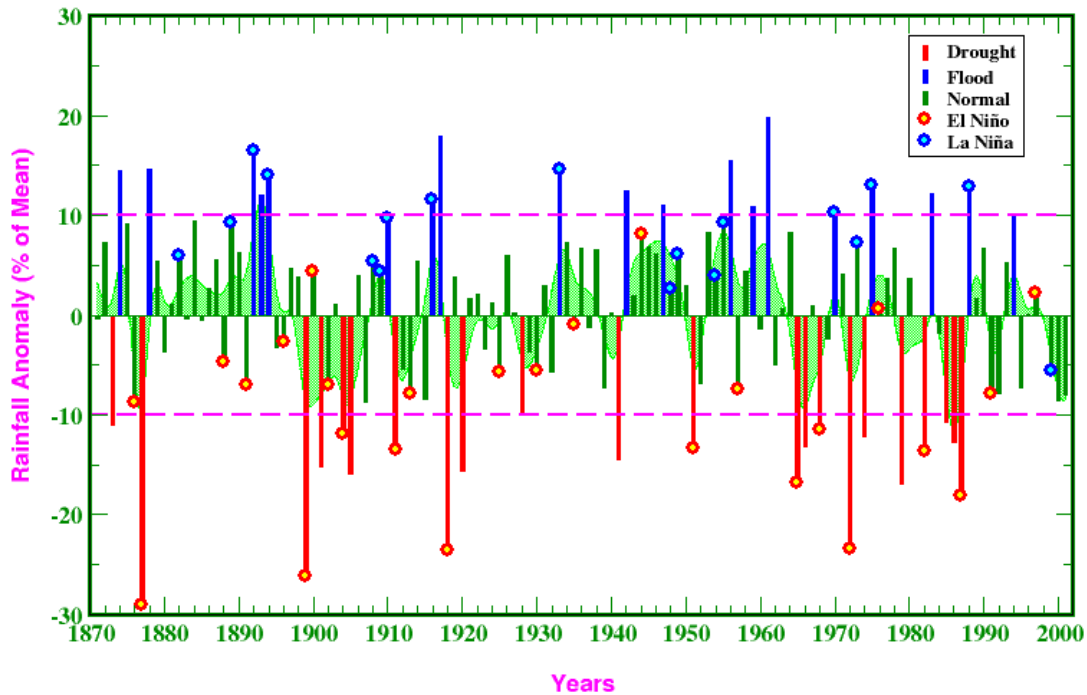
עם זאת, למרות המשטר הממושעמ כביכול של גשמי המונסון, ישנם משנה לשנה שינויים גדולים למדי בכמויות הגשמים שיורדות באזורים שונים בהודו. ישנן שנים של הצפות נרחבות, וישנן שנים של בצורת קשה.

בתמונה 3 ניתן לראות ריכוז נתונים לגבי השתנות כמויות משקעי המונסון לאורך השנים. מבצע המחקר גם בחן את הקשר בין כמויות משקעים חריגות לתופעות "אל ניניו" ו"לה ניניה".

עם זאת, המטרה שלי בעבודה זו הייתה לבדוק דווקא את נושא הקשרים מרחוק, לנסות ולהיות תנודה כלשהי באזור המחקר, ובמידה ותתגלה כזו, לנסות ולהסביר בעזרתה תופעות של שינויים בכמויות משקעי המונסון לאורך השנים.

All-India Summer Monsoon Rainfall (JJAS), 1871-2001

(Based on IITM Homogeneous Indian Monthly Rainfall Data Set)



Rupa Kumar Koli, IITM, Pune, India (October 29, 2001)

תמונה 3

מקור: Rupa Kumar, IITM, Puna, India מבוסס על IITM homogeneous Indian Monthly Rainfall Data Set

מקור הנתונים

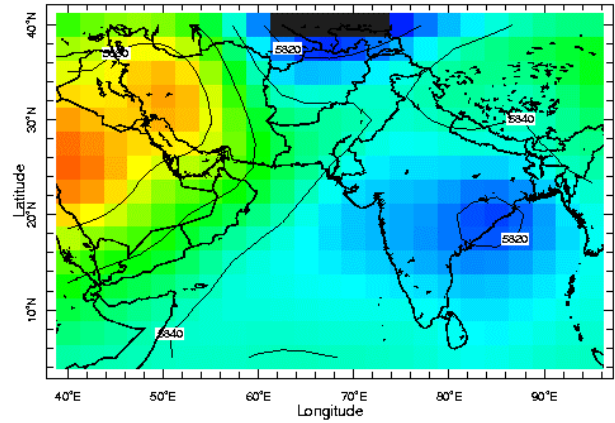
הנתונים נלקחו מתוך מאגר המידע המקוון NOAA NCEP-NCAR. נעשה שימוש בטבלאות ממוצע חודשי של נתוני גבהי-לחץ, לרמת לחץ של 500 hPa (Mean Monthly Geopotential heights at 500hPa level).

טווח התאריכים: חודשי יולי בשנים 1965 - 2002 (38 שנים).

טווח הקואורדינטות: 7.5 מעלות צפון עד 40 מעלות צפון. 40 מעלות מזרח עד 90 מעלות מזרח.

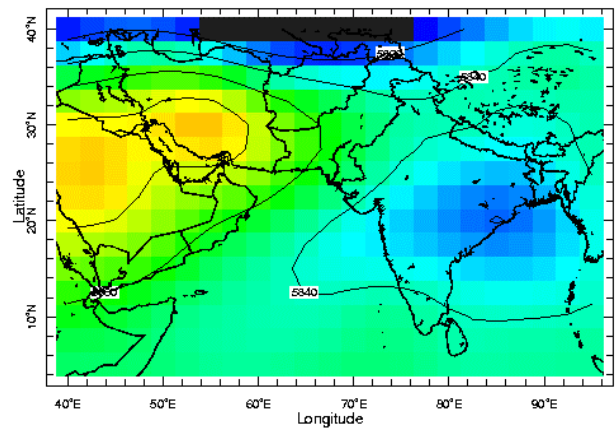
הנתונים הורדו ברמת רזולוציה של 2.5 מעלות, בסה"כ 294 (14 על 21) נקודות שריג.

הסיבה העיקרית לבחירה במפלס הגובה של 500 הקטו-פסקל הייתה, שמ"מבט ראשון" במפות מפלסי הלחץ נראה היה כי אני עשוי למצוא מאפיינים של תנודה בין שתי נקודות, שהאחת נמצאת באזור החוף המזרחי של הודו, והשניה באזור המפרץ הפרסי, כפי שניתן לראות מתמונות 4 ו-5.



500 mb Jul 2000

תמונה 4



500 mb Jul 1999

תמונה 5

שלבי עיבוד הנתונים

1. ארגון הנתונים :

ארגון הנתונים בצורת טבלה שבה לכל נקודת שריג מופיע ערך גובה הלחץ הממוצע לחודש יולי

בשנה הרלוונטית. הטבלה נערכה באמצעות תוכנת Excel ובנויה בצורה הבאה :

...	ערך גובה הלחץ הממוצע לחודש יולי 1965	ערך גובה הלחץ הממוצע לחודש יולי 1966	ערך גובה הלחץ הממוצע לחודש יולי 1967
קואורדינטות נקודת שריג א'			
קואורדינטות נקודת שריג ב'			
קואורדינטות נקודת שריג ג'			
:			

2. צמצום כמות הנתונים ע"י הורדת רזולוציית הנתונים :

בהמשך עיבוד הנתונים היה עלי להפוך את המטריצה. היות שתוכנת Excel אינה מסוגלת להתמודד עם למעלה מ-256 עמודות, נאלצתי לצמצם את כמות נקודות השריג. לשם כך, הורדתי את רזולוציית נתוני קווי האורך ל-5 מעלות (ע"י מחיקת שורות נקודות השריג הרלוונטיות) וכך קיבלתי סה"כ 154 (14 על 11) נקודות שריג.

3. הפיכת המטריצה :

הפיכת המטריצה נדרשה על מנת לקבל טבלה שבה כל עמודה מייצגת קואורדינטה של נקודת שריג, ומתחתיה בכל שורה רשום ערך גובה הלחץ. הדבר נדרש על מנת להכין את הנתונים לתוכנת Stat View.

4. חישוב נתוני קורלציה :

בעזרת תוכנת Stat View בוצע חישוב נתוני קורלציה בין כל העמודות, דהיינו בין כל נקודות השריג. טבלת הקורלציה שהתקבלה מכילה 11,781 ערכים $(154 \times 153/2)$.

טבלת הקורלציה היא התוצר העיקרי שאפשר להסיק מסקנות לגבי קשרי הגומלין בין ערכי הלחץ בנקודות השריג.

תוצאות

בטבלת הקורלציה (המבוססת של נתוני 38 שנים) לא נמצאו כלל ערכים שליליים. לא זו בלבד, אלא שרוב הערכים החיוביים שהתקבלו הנם גבוהים (בממוצע - מעל 0.6).

היות שטבלת הקורלציה חושבה לאור נתוני ערכי לחץ של 38 שנים, התעניינתי לבחון האם חל שינוי כלשהו באופי קשרי הגומלין הללו לאורך השנים, ועל כן בניתי טבלאות קורלציה שמחושבות לפי תקופות של 12 שנים :

טבלה א' - לשנים 1967 - 1978

טבלה ב' - לשנים 1979 - 1990

טבלה ג' - לשנים 1991 - 2002

מניתוח ההבדלים בין הטבלאות התגלתה תופעה מעניינת :

בטבלה א' כמעט ואין ערכי קורלציה שליליים, והמעטים סובבים סביב ערך 0.1-.

בטבלה ב' ישנו מספר גדול יותר של ערכים שליליים, שסובבים סביב ערך 0.2-, והתקבלו גם ערכים קיצוניים יותר מ-0.3-.

בטבלה ג' ישנו מספר גדול של ערכים שליליים, והתקבלו גם ערכים קיצוניים יותר מ-0.6.

בטבלה זו אף ניתן היה לאתר תנודה בעלת שני מוקדים:

מוקד א' בקואורדינטות 36 צפון 60 מזרח (מעל איראן) ומוקד ב' בקואורדינטות 38 צפון 40 מזרח (מעל מזרח תורכיה).

הרלוונטיות של ניתוח זה בעייתית, שכן ההסתמכות על תקופה בת 12 שנים אינה מספיקה על מנת לקבל תוצאות מובהקות, ולכן מהימנותה לא ברורה. אי לכך, העדפתי שלא לטפל במסגרת עבודה זו בשני מוקדי התנודה שנמצאו כביכול, מה גם שהם אינם נמצאים באזור העניין שאליו כיוונתי - תת היבשת ההודית.

יחד עם זאת, לא ניתן להתעלם מכך, שבמעבר מתקופת 12 שנים אחת לבאה אחריה, חלה עליה בכמות הנקודות המקיימות ביניהן מתאם שלילי, וכמו כן חלה הקצנה בערכים השליליים עצמם.

נשאלת השאלה מה גורם לכך - האם יסוד התופעה בהקצנה של תופעות אקלימיות, שהתרחשו במשך 36 השנים הללו, או שמא הסיבה תלויה בכלל במהימנות הנתונים - האם נתוני 1970 שנכללים במאגר, זהים במהימנותם לנתוני 2002 שנכללים במאגר? אם אכן יש שוני במקורות הנתונים, האם יתכן ששוני זה גרם לשינוי באופי המתאמים כפי שהתקבלו?

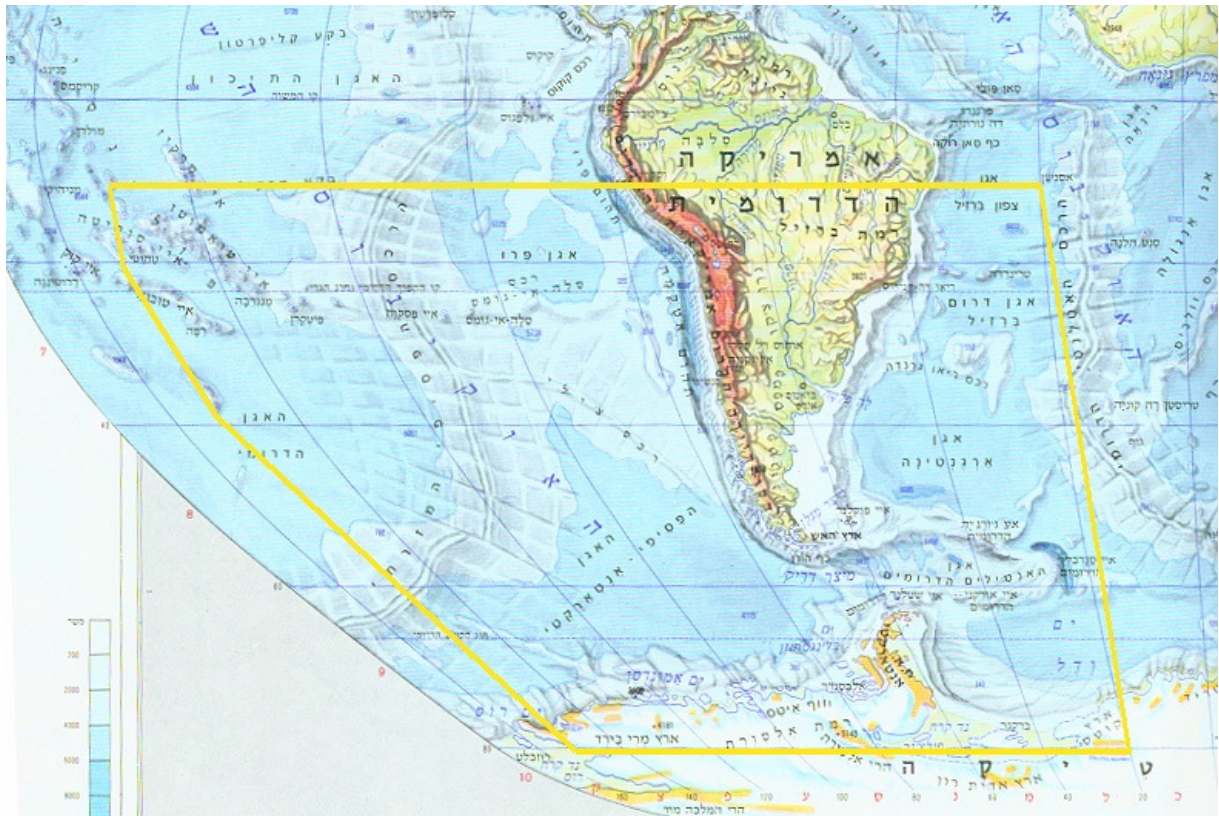
היות ששאלות אלה הן מעבר לנושא עבודה זו, בחרתי להשאיר אותן פתוחות בשלב זה, ולהציע כמצע לבדיקה במסגרת עבודות אחרות.

תחת זאת בחרתי לבחון מתאמי לחץ באזור נוסף על פני כדור הארץ.

אזור ב' - החלק הדרומי של דרום אמריקה

תיחום אזור המחקר

האזור כולל את החלק הדרומי של דרום אמריקה, החלק הצפוני של אנטרקטיקה, וחלקים נרחבים מהאוקיינוס האטלנטי והאוקיינוס השקט (תיחום: קווי רוחב: 10 מעלות דרום עד 80 מעלות דרום. קווי אורך: 20 מעלות מערב עד 150 מעלות מערב).



תמונה 6

מקור: עיבוד תמונה מתוך אטלס אוניברסיטאי חדש, פרופ' משה ברור

הרעיון בבחירת אזור זה היה לעסוק בחצי הכדור הדרומי הפחות נחקר - מאמרו של Yin מסכם את הידוע על תנודות בחצי הכדור הצפוני בלבד, ומטבע הדברים רוב החוקרים, אשר פועלים בחצי הכדור הצפוני, מתעניינים בתנודות באזורים שלהם.

מצבור הידע העיקרי לגבי תנודות בחצי הכדור הדרומי סובב סביב "התנודה הדרומית" - Southern Oscillation, אשר מקושרת לתופעת ה"אל ניניו". בחרתי אזור המשיק לאזור ההשפעה של התנודה הדרומית.

רקע

טרנברת' וקארון, במאמרם משנת 2000, מסכמים את הידוע על אחת התופעות המשמעותיות ביותר בנוגע לשינויי אקלים ומזג אוויר בעולם - "אל ניניו - התנודה הדרומית" (El Ninio - Southern Oscillation או ENSO). תופעת הפרש הלחצים באוקיינוס הפסיפי הייתה ידועה כבר בשלהי המאה ה-19, אולם היו אלה ווקר ובליס (1932, 1937), אשר תעדו לראשונה את נתוני הפרשי הלחצים בגובה פני הים, ואת ההשפעות הנגזרות מהם באשר לטמפרטורות ומשקעים. הם נתנו לתופעה את השם "התנודה הדרומית", והגדירו בהמשך את אינדקס התנודה. מאז, חוקרים רבים התעניינו בתנודה, בשל השפעותיה המשמעותיות על האקלים העולמי.

נקודת קצה אחת לחישוב ערכי הלחץ של התנודה נמדדה בדרווין (12.4 דרום 130.9 מזרח) (קווין וברט, 1970). נקודת הקצה השנייה נמדדה ע"י חלק מהחוקרים באיי הפסחא (ברלג, 1966, וכן קווין וברט, 1970) וע"י חוקרים אחרים בטהיטי (17.5 דרום 149.6 מערב) (פיטוק, 1974).

טרנברת' (1984) אשר נירמל את ערכי הלחץ לפני קביעת האינדקס, קבע שערכי הקורלציה השלילית הקיצוניים ביותר התקבלו עבור דרווין וטהיטי, ועל כן נקודות אלה התקבלו כנקודות הקצה לחישוב אינדקס התנודה. בעבודה העדכנית של טרנברת' וקארון (2000) אושרר ביסוס אינדקס התנודה על נקודות אלה. אינדקס התנודה הדרומית (SOI) מוגדר כלחץ בטהיטי פחות הלחץ בדרווין.

שינויים בגרדיינט הלחצים שמגדירה התנודה מביא לתופעות אקלימיות נרחבות באזור הפסיפי, כתלות בפאזה של התנודה.

בפאזה השלילית ("החמה") של התנודה הלחץ יורד באזור טהיטי ועולה באזור דרווין. משטר זרימת רוחות הסחר משתנה. היות שגרדיינט הלחצים קטן, רוחות אלה, שזורמות בדרך כלל מעל האזור הטרופי באוקיינוס הפסיפי מכיוון אמריקה לכיוון אסיה, מאטות את מהירותן. הדבר מביא להתחזקות זרמים הפוכים באוקיינוס השקט, ולהגעת מים חמים יותר לכיוון חופי אמריקה. באירועים כאלה טמפרטורת האוקיינוס השקט באזור אמריקה עולה ל-2-5 מעלות צלסיוס מעל הממוצע. הדבר מביא גם להסתת אזורי ההתעבות וסערות הגשם לכיוון אמריקה, דבר המביא למשל שיטפונות בפרו ולבצורות באזור אוסטרליה ואינדונזיה. תופעות אלה מוכרות גם בשם "אל ניניו".

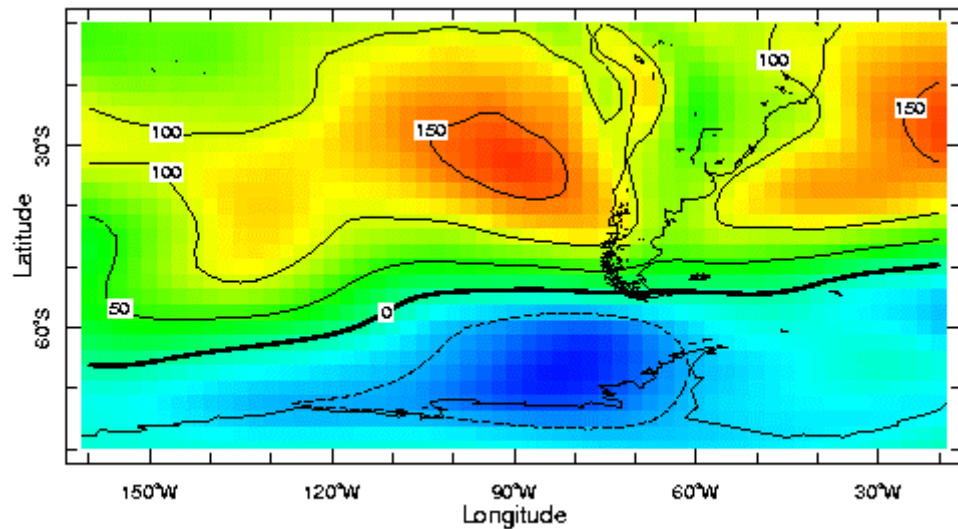
בפאזה החיובית ("הקררה") של התנודה, עולה הלחץ באזור טהיטי ויורד באזור דרווין. רוחות הסחר מתחזקות, וטמפרטורת האוקיינוס השקט באזור אמריקה צונחות ל-1-2 מעלות מתחת לממוצע. במקרה זה מוגברת פעילות ציקלונית באזור אוסטרליה ואינדונזיה. תופעה זו נקראת "לה ניניה".

בנוסף לתנודה הדרומית הדומיננטית, מוכרות עוד מספר תנודות (Teleconnection Patterns) בחלק הצפוני של האוקיינוס השקט. תנודות אלה דומיננטיות בחלקים מסוימים של השנה (El Ninio / - NOAA, Southern Oscillation pages, 2001), והשפעתן מקומית.

כל השנה	West Pacific pattern (WP)
כל השנה למעט אוגוסט-ספטמבר	East Pacific pattern (EP)
מתקיימת בחודשים מרץ - יולי	North Pacific pattern (NP)
כל השנה למעט יוני-יולי	Pacific/North American pattern (PNA)
מתקיימת בחודשים נובמבר - ינואר	Tropical/ Northern Hemisphere pattern (TNH)
מתקיימת בחודשים מאי - אוגוסט	Pacific Transition pattern (PT)

התנודות הללו מתארות אזורים של אנומליה באופי הסירקולציה וערכי הלחץ יחסית לערכים הממוצעים.

היות שהמוקד המזרחי של התנודה הדרומית נמצא אי שם במרכז האוקיינוס השקט, והשפעות התנודה ניכרות במיוחד באזורים שסביב קו המשווה, והיות שתנודות נוספות מוכרות באזורים צפוניים של האוקיינוס השקט, בחרתי לבחון נתוני לחץ באזור דרומי של האוקיינוס השקט, הכולל גם את החלק הדרומי של דרום אמריקה. זאת מתוך מטרה לנסות ולבדוק את התנהגות מערכות הלחץ באזור זה, ולנסות לאתר בו תנודות.



1000 mb Jan 1983

תמונה 7

מקור הנתונים

הנתונים נלקחו מתוך מאגר המידע המקוון NOAA NCEP-NCAR. נעשה שימוש בטבלאות ממוצע חודשי של נתוני גבהי-לחץ, לרמת לחץ של **1000 hPa** (Mean Monthly Geopotential heights at 1000hPa level).

טווח התאריכים: חודשי ינואר בשנים 1970 - 2002 (33 שנים).

טווח הקואורדינטות: 10 מעלות דרום עד 80 מעלות דרום. 20 מעלות מערב עד 150 מעלות מערב. הנתונים הורדו ברמת רזולוציה של 2.5 מעלות, בסה"כ 1537 (29 על 53) נקודות שריג.

בחרתי במפלס הגובה של 1000 הקטו-פסקל, שכן התנודה הדרומית נבדקה על פי ערכים של נתוני לחץ בגובה פני האוקיינוס, וגם כאן נראה מ"מבט ראשון" במפות מפלסי הלחץ (ראה תמונה 7), שאני עשוי למצוא מאפיינים של תנודות.

שלבי עיבוד הנתונים

שלבי העיבוד במקרה זה דומים לשלבים 1-4 שבוצעו עבור אזור א': ארגון הנתונים, הורדת כמות הנקודות, סידור הנתונים, וחישוב מטריצת קורלציה בעזרת תוכנת StatView. כאן, הורדת הרזולוציה נעשתה ע"י צמצום כמות נקודות השריג לרזולוציה של 10 מעלות בקווי האורך ו-10 מעלות בקווי הרוחב. כתוצאה מכך התקבלו 112 נקודות שריג (8 על 14). שלבי העיבוד שלאחר קבלת תוצאות הקורלציה יפורטו בחלק העוסק בתוצאות.

תוצאות

טבלת הקורלציה חושבה על פי נתוני 33 שנים, לפי 112 נקודות השריג. נתוני קורלציה שליליים, בעלי ערכים קטנים מ-0.5- הועלו בצורה גרפית על מפה (תמונה 8), על פי המפתח הבא:

- כל זוג נקודות, שביניהן מתאם שלילי של -0.5 ועד -0.6 קושרו באמצעות קו כתום.
- כל זוג נקודות, שביניהן מתאם שלילי של -0.6 ומטה ("חזק" יותר מ-0.6-) קושרו באמצעות קו אדום. ברקע הונחה מפה של תוואי היבשות, בהיטל המתאים לפריסה הגרפית של קווי האורך והרוחב - שנלקח מתוך מאגר NCEP-NCAR.

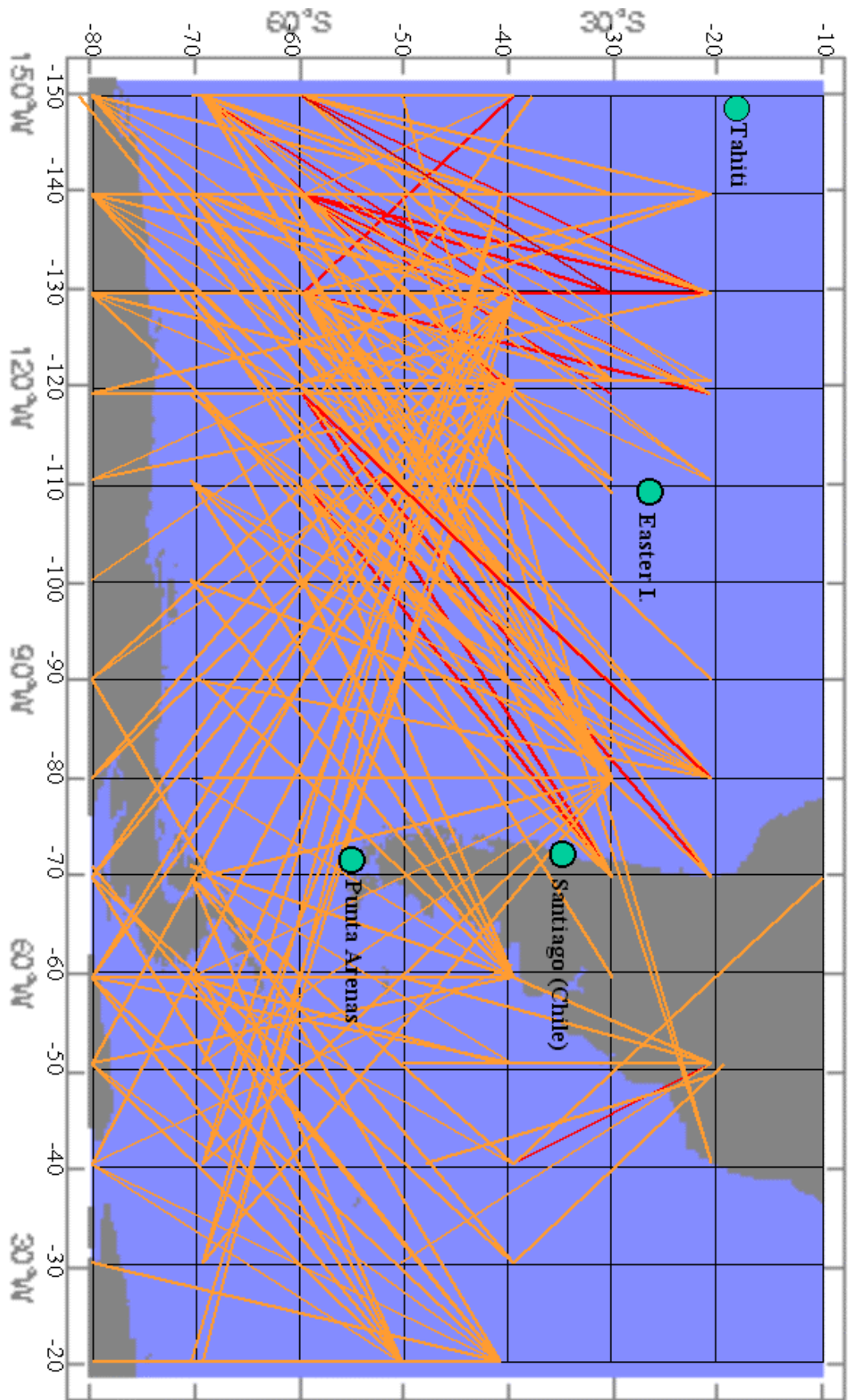
בחירת מוקדים

את מוקדי התנודות בחרתי לזהות לפי ריכוז הקווים המעידים על ערכי קורלציה שליליים, ובעיקר לפי עוצמתם. לפיכך, נתוני קורלציה שלילית חזקה, של -0.6 ומטה (הקווים הצבועים באדום), היו המפתח לאיתור תנודות.

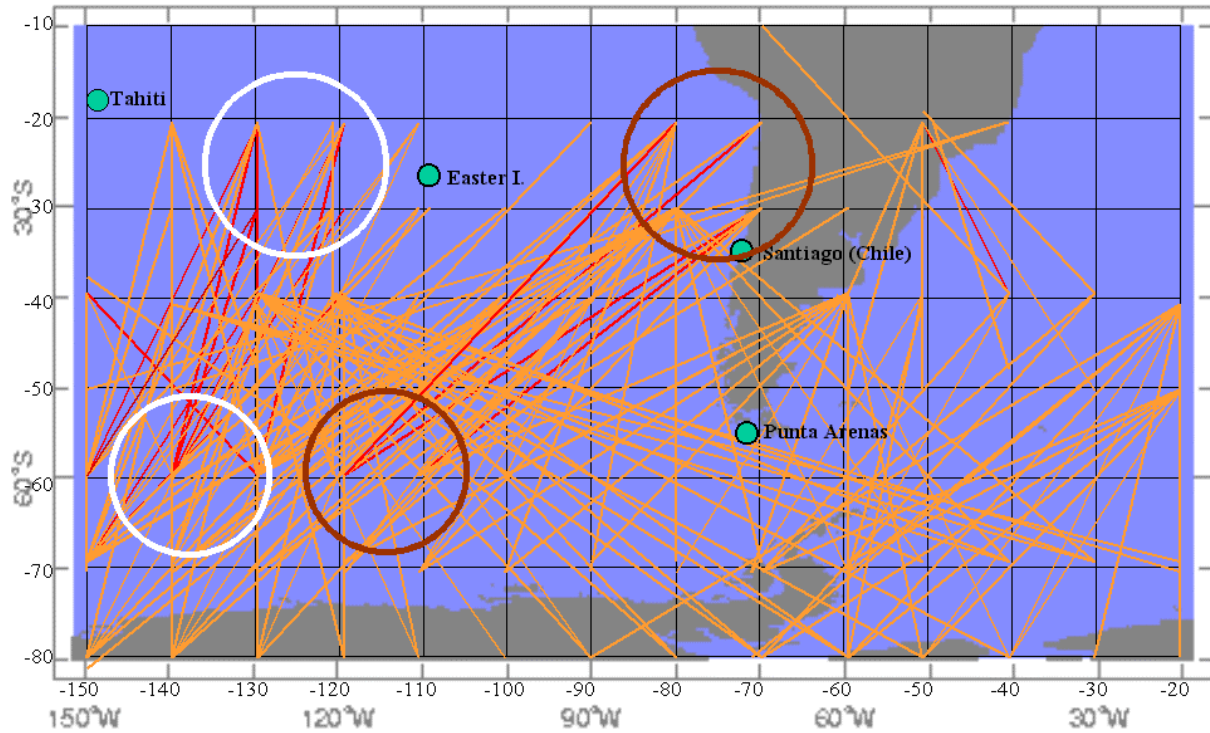
לאור הסתכלות במקומות שבהם ישנם קווי קורלציה אדומים, ניתן לזהות שתי תנודות (תמונה 9). מוקדי המזרחית יותר מסומנים בחום, ומוקדי המערבית יותר מסומנים בלבן.

לצורך עבודה זו החלטתי להתמקד בתנודה המזרחית יותר, המסומנת בחום, ולכנותה **SEPO** -

South East Pacific Oscillation.



תמונה 8



תמונה 9

אינדקס התנודה

אינדקס התנודה:

$$SEPO = \text{average_gpm} (80W, 30S ; 70W, 20S) - \text{average_gpm} (120W, 60S ; 110W, 60S)$$

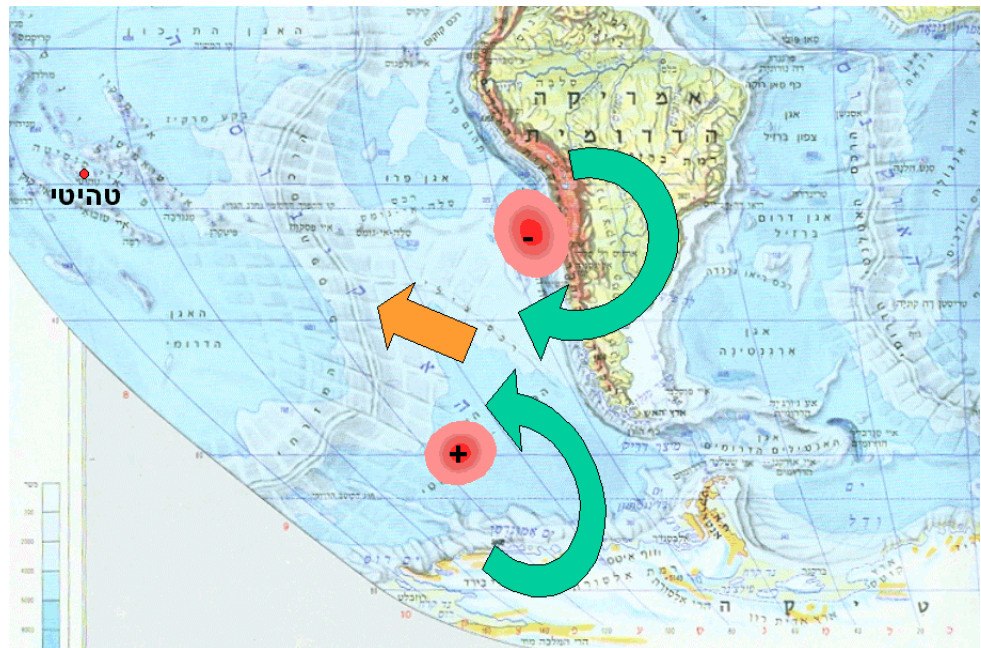
לאחר שהוגדר אינדקס התנודה, פתחתי גליון חדש ב-Excel, על מנת לבצע את יתרת החישובים:

- א. ריכזתי את העמודות עם נתוני ערכי הלחץ הרלוונטיים לנקודות של המוקדים.
- ב. חישבתי ממוצעי לחץ לכל אחד מהמוקדים עבור כל שנה, ומתוכם חישבתי את $SEPO_i$ (אינדקס התנודה עבור כל שנה, בחודש ינואר).
- ג. חישבתי סטיית תקן σ לכל ערכי $SEPO_i$ שהתקבלו.
- ד. תיקנתי את הערכים לפי הנוסחה: $Z_i = (SEPO_i - SEPO_AVERAGE) / \sigma$, כך שקיבלתי סדרת ערכים - ערך לכל חודש.
- ה. על פי Z_i , בחרתי את השנים שבהן Z_i בערך מוחלט גדול מ-0.5, וקבעתי שנים שבהן הפאזה חיובית או שלילית.

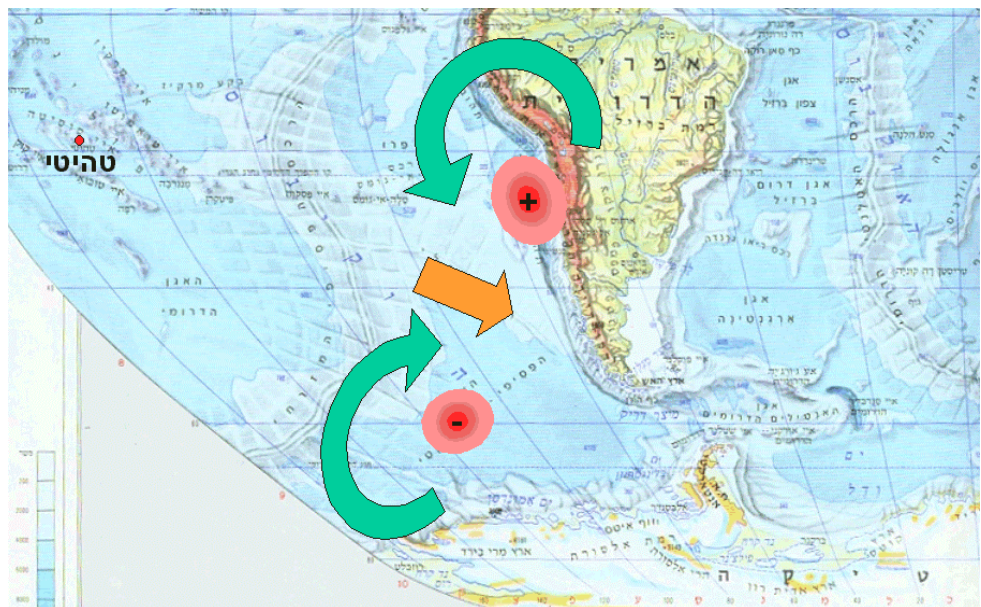
SEPO_i	Zi	Phases	Month / Year
190.675	0.011		JAN 1970
179.775	-0.235		JAN 1971
71.9	-2.671	N	JAN 1972
123.25	-1.511	N	JAN 1973
165.85	-0.549	N	JAN 1974
172.4	-0.401		JAN 1975
114.9	-1.700	N	JAN 1976
121.925	-1.541	N	JAN 1977
176.825	-0.301		JAN 1978
214.9	0.558	P	JAN 1979
176.8	-0.302		JAN 1980
197.9	0.174		JAN 1981
224.275	0.770	P	JAN 1982
120.375	-1.576	N	JAN 1983
209.225	0.430		JAN 1984
183.65	-0.147		JAN 1985
215.225	0.566	P	JAN 1986
250.725	1.367	P	JAN 1987
178.5	-0.264		JAN 1988
251.475	1.384	P	JAN 1989
168.175	-0.497		JAN 1990
213.1	0.518	P	JAN 1991
215.55	0.573	P	JAN 1992
168.875	-0.481		JAN 1993
256.775	1.504	P	JAN 1994
235.275	1.018	P	JAN 1995
196.525	0.143		JAN 1996
231.675	0.937	P	JAN 1997
161.575	-0.646	N	JAN 1998
252.85	1.415	P	JAN 1999
171.3	-0.426		JAN 2000
218.55	0.641	P	JAN 2001
245.05	1.239	P	JAN 2002

דיון

אני מצפה שלתנודת SEPO תהיינה השפעות על הסירקולציה בחלק הדרומי מזרחי של האוקיינוס השקט, בכלל זה באגן הפסיפי אנטארקטי, וכן על משטר הרוחות והמשקעים במורדות המערביים של הרי האנדים בחלק הדרומי של דרום אמריקה.



תמונה 10



תמונה 11

בפאזה השלילית של התנודה (תמונה 10), ישנה הגברה של הסירקולציה לכיוון צפון מערב, דבר שעשוי להביא להחלשת הרוחות המערביות שנושבות לכיוון החופים המערביים של דרום אמריקה, ולהחלשת כמות הגשמים שם.

בפאזה החיובית של התנודה (תמונה 11), ישנה הגברה של הסירקולציה לכיוון דרום מזרח, דבר שעשוי להביא להגברת רוחות מערביות ו/או לשינוי בכיוון נשיבתן, ולהגברת גשמים באזורים דרומיים של החופים המערביים של דרום אמריקה.

מציאת קשר לאינדקס התנודה הדרומית

היות ש-SEPO היא תנודה שמתקיימת באוקיינוס השקט, בחרתי לבדוק האם ישנה קורלציה כלשהי בין ערכי SOI (אינדקס התנודה הדרומית) בחודשי ינואר לאורך השנים, לבין ערכי Zi של SEPO שאותם מצאתי.

נתונים של ערכי SOI ניתנים להשגה ממספר מקורות, ואני בחרתי בנתונים של ה-Commonwealth Bureau of Meteorology (נתוני SOI אלה אינם מתוקננים, אולם הדבר אינו מפריע לביצוע חישוב הקורלציה).

Zi	SOI	Year
0.011	-10.1	1970
-0.235	2.7	1971
-2.671	3.7	1972
-1.511	-3	1973
-0.549	20.8	1974
-0.401	-4.9	1975
-1.700	11.8	1976
-1.541	-4	1977
-0.301	-3	1978
0.558	-4	1979
-0.302	3.2	1980
0.174	2.7	1981
0.770	9.4	1982
-1.576	-30.6	1983
0.430	1.3	1984
-0.147	-3.5	1985
0.566	8	1986
1.367	-6.3	1987
-0.264	-1.1	1988
1.384	13.2	1989
-0.497	-1.1	1990
0.518	5.1	1991
0.573	-25.4	1992
-0.481	-8.2	1993
1.504	-1.6	1994
1.018	-4	1995
0.143	8.4	1996
0.937	4.1	1997
-0.646	-23.5	1998
1.415	15.6	1999
-0.426	5.1	2000
0.641	8.9	2001
1.239	2.7	2002

בעזרת תוכנת Stat View ביצעתי חישוב קורלציה בין ערכי SOI לערכי Zi של SEPO, ומתברר כי אין קורלציה בין סדרות הנתונים: אחוז השונות המוסברת שהתקבל עומד על 4.4, והתוצאה רחוקה מלהיות מובהקת.

Regression Summary

SEPO_AV-SEPOi / STDDEV vs. Jan

Count	33
Num. Missing	3
R	.210
R Squared	.044
Adjusted R Squared	.013
RMS Residual	1.009

ANOVA Table

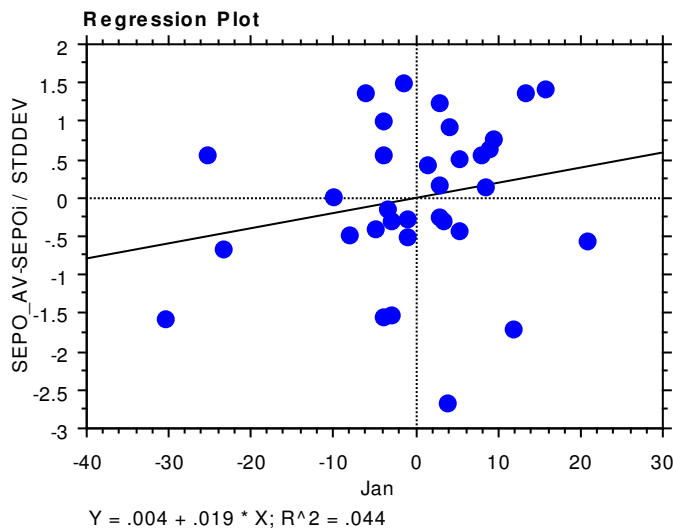
SEPO_AV-SEPOi / STDDEV vs. Jan

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Regression	1	1.459	1.459	1.434	.2401
Residual	31	31.541	1.017		
Total	32	33.000			

Regression Coefficients

SEPO_AV-SEPOi / STDDEV vs. Jan

	Coefficient	Std. Error	Std. Coeff.	t-Value	P-Value
Intercept	.004	.176	.004	.026	.9798
Jan	.019	.016	.210	1.198	.2401



לאחר מכן, ביצעתי חישובי קורלציה בין ערכי Zi של תנודת SEPO מינואר לערכי SOI של כל שאר החודשים פברואר עד דצמבר. גם במקרים אלה לא נמצא קשר.

מעניין אם כן לגלות, כי תנודה שנמצאת לא הרחק מ"מגרש המשחקים" של התנודה הדרומית, מתנהגת באופן שונה ובלתי תלוי בתנודה הדרומית.

סיכום

בעבודה זו ביצעתי עיבוד של נתוני ערכי לחץ חודשיים ממוצעים בשני אזורים בעולם, מתוך מטרה למצוא תופעות של "קשרים מרחוק" באזורים אלה.

באזור הראשון שנבדק, הודו והים הערבי, לא נמצאו תופעות שכאלה במפלס הגובה 500 הקטו-פסקל עבור מיצוע נתונים של 38 שנים. לעומת זאת, בחינה של הנתונים לאורך תקופות של 12 שנים מגלה מגמה של התעצמות ערכי הקורלציה השליליים של ערכי לחץ בנקודות שריג.

באזור השני שנבדק, דרום אמריקה ודרום מזרח האוקיינוס השקט, נמצאו שתי תנודות במפלס הגובה 1000 הקטו-פסקל עבור מיצוע נתונים של 33 שנים.

מתוכן, נעשה עיבוד נתונים לגבי אחת התנודות, שכונתה לעיל SEPO. תנודה זו הינה בעלת מוקדים הנמצאים ממערב ליבשת דרום אמריקה, ועשויה להשפיע על משטר זרימת הרוחות והורדת הגשמים במורדות המערביים של הרי האנדים.

לא נמצאה קורלציה בין התנהגות אינדקס תנודת SEPO לאינדקס התנודה הדרומית SOI.

עבודה זו עשויה לשמש כזרז לחידוד המחקר של תופעות קשרים מרחוק באזור דרום האוקיינוס השקט, והקשר שלהן לתנודה הדרומית.

רשימת מקורות**מאמרים**

Cazes, G., Robertson A. W., Mechoso, C. R., 2002: Seasonal Dependence of ENSO Teleconnections over South America and Relationships with Precipitation in Uruguay, J Climate, sub judice

Kutiel H. and Benaroch Y., 2002: North Sea-Caspian Pattern (NCP) - an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition, Theoretical and Applied Climatology, 71, 17-28

Trenberth, K. E., and Caron, J. M., 2000: The Southern Oscillation Revisited: Sea Level Pressures, Surface Temperatures, and Precipitation, Journal of Climate, Volume 13, 4358-4365

Zhi-Yong Yin, 1999: Winter Temperature anomalies of the North China Plain and macroscale extratropical circulation patterns, International Journal of Climatology, 19, 291-300

אתרי אינטרנט

NOAA - El Nino / Southern Oscillation pages

http://ww2.wrh.noaa.gov/climate_info/ENSO_Neutral.htm

http://ww2.wrh.noaa.gov/climate_info/ENSO_Page.htm

Dr. David Hodell and Ray G. Thomas, University of Florida,
"An introduction to Global Change" - ENSO Mechanism

http://ess.geology.ufl.edu/usra_esse/ENSO_Mechanism.html

Dr. Herbert Lettner, University of Salzburg, Austria - The El-Nino Phenomenon

<http://www.sbg.ac.at/ipk/avstudio/pierofun/atmo/elnino.htm>

University Corporation for Atmospheric Research -

National Center for Atmospheric Research -

Climate and Global Dynamics division

Southern Oscillation Index -

<http://www.cgd.ucar.edu/cas/catalog/climind/soi.html>

<http://www.cgd.ucar.edu/cas/catalog/climind/SOI.signal.ascii>

Commonwealth Bureau of Meteorology - Southern Oscillation Index
(Updated April 2nd 2003)

<http://www.bom.gov.au/climate/current/soi2.shtml>

רשימת קבצים מצורפים

קבצי הנתונים הגולמיים והמעובדים מצויים בתוך הקובץ הדחוס files_guy_shachar.zip

הודו וערב

India_Arabia_NCEP_NCAR_JULY.tsv	הודו וערב - נתונים גולמיים מתוך מאגר NCEP-NCAR
data_transposed.txt	נתונים מאורגנים לביצוע קורלציה
38_years_correlation.txt	מטריצת קורלציה
Tavla_1_correl_india_67_78.txt	קורלציה חלקית לפי שנים
Tavla_2_correl_india_79_90.txt	קורלציה חלקית לפי שנים
Tavla_3_correl_india_91-02.txt	קורלציה חלקית לפי שנים

דרום אמריקה ואוקיינוס שקט

NCEP_NCAR_South_America.tsv	דרום אמריקה ופסיפיק - נתונים גולמיים ממאגר NCEP-NCAR
SA_1000_ORDERED.xls	נתונים מאורגנים לביצוע קורלציה
correlations_sa.xls	מטריצת קורלציה
SEPO_ANALYSIS.xls	חישובי אינדקס ופאזות
soi.txt	נתוני אינדקס התנודה הדרומית מתוך Commonwealth Bureau of Meteorology
Pacific_SA_Teleconnection_SEPO.ppt	מצגת ובה ריכוז מפות התנודה