

חילופי תקופות גשומות ושחונות

תופעות טבע רבות מאפיינות במחזוריות, בקשר בין מה שקורה בתקופה אחת לאירועים מאוחרים יותר. ליבולי הזיתים מחזוריות דו-שנתיות—סירוגיות: שנה אחת העצים נושאים פרי רב ובשנה שאחריה היבולים דלים; הגאות והשפל נעים במחזוריות יומית; לקיץ ולחורף מחזוריות עונתיות; אחת למאה אלף שנים עוברת על כדור הארץ תקופת קרח ואחריה נסוגים הקרחונים לקטבים. גם לגשמים נמצאה מחזוריות: חוקרים הראו עדויות למחזוריות הזו בטבעות עצים מארכי ימים ובסימנים ששפת ים המלח הותירה על הסלעים שמסביב לאגם. השאלה אם יש גם עתה, בימינו, מחזוריות ביבולי הגשמים ועל כן גם בהעשרה של מקורות המים שלנו—מעניינת וחשובה. אם נדע את המחזוריות נוכל להעריך טוב יותר את הסיכויים לשנה גשומה לאחר שחונה ונוכל להתכונן לרצף של שנים שחונות או גשומות. אולם אם יש מחזוריות ביבולי הגשמים היא אינה חדה ואינה בולטת לעין. בחינת המחזוריות צריכה על כן להיעשות בכלים סטטיסטיים מתוחכמים שהם מעבר לכוחי. אשאיר זאת לאחרים.

מטרת המאמר צנועה יותר, להצביע על "מחזוריות מדומה"; על כך שאפילו אם אין כל מחזוריות בגשמים ואין כל קשר בין כמות הגשם בשנים, צפוי שתהיינה תקופות גשומות ואחרות שחונות.¹ ההצגה תיעזר באיורים.

איור 1 ואיור 2 מציגים סדרות היסטוריות: כמות הגשם בשכם ב-153 שנים וההעשרה בשלושת האגנים הגדולים שלנו—כינרת, חוף והר—במשך 70 שנה (עבור שכם יש לנו נתוני משקעים משנת 1847 ואילך וסדרת ההעשרה נאספת בסדירות עוד מימי המנדט הבריטי). אקראיות הגשמים וההעשרה ניכרת היטב באיורים, שנים גשומות מתחלפות בשחונות, אף כי יש גם צברים של שנים מעוטות או רבות משקעים. כאמור, בהסתכלות בגרפים הללו אי-אפשר לקבוע אם יש בהן מחזוריות ומה אופייה. טענת המאמר היא שגם ללא מחזוריות תהיינה תקופות גשומות שתתחלפנה בשחונות. לבחינת הטענה נניח שאמנם אין כל מחזוריות, ששר הגשם יושב כביכול בסתיו ובקיץ ולפניו רולטה עליה רשומות כל כמויות הגשם האפשריות. השר מכה ברולטה, היא מסתובבת והמספר עליו תיעצר תהיה כמות הגשם בעונה הקרובה. כל שנה מסתובבת הרולטה ובכל שנה יש לכל אחד מהמספרים סיכוי זהה לעלות בגורל.

איורים 3 ו-4 נבנו בצורה דומה; ובשני שלבים. בשלב הראשון בניתי מכל אחת מהסדרות, גשם והעשרה, סדרה מלאכותית בת אלף "שנים" בכך שלכל שנה מתוך האלף שלפתי באקראי כמות גשם אחת או העשרה אחת מתוך הסדרות ההיסטוריות—לכל מספר בסדרה ההיסטורית היה סיכוי זהה לעלות בגורל. (מסדרת הגשם הוצאתי את השנים 1850, 1860, להן לא היו נתונים, ואת שנת 1900 שהנתון שלה היה מוטעה). בשלב השני חישבתי ממוצע נע בן 25 שנים מנתוני הסדרה המלאכותית. איורים 3 ו-4 מציגים את הממוצעים הנעים. כל נקודה באיורים היא הממוצע, בסדרה המלאכותית של הגשם או של ההעשרה, בתקופת 25 השנים שהיא עומדת בסיומה. למשל, הערך מעל לשנה 400 באיור 3 הוא 673 מ"מ והוא עובי הגשם הממוצע לתקופה שמהשנה 376 ועד 400. במשך אותה תקופה מלאכותית של רבע מאה היו שנים גשומות ושחונות, כמו באיור 1, הממוצע לתקופה היה 673 מ"מ.

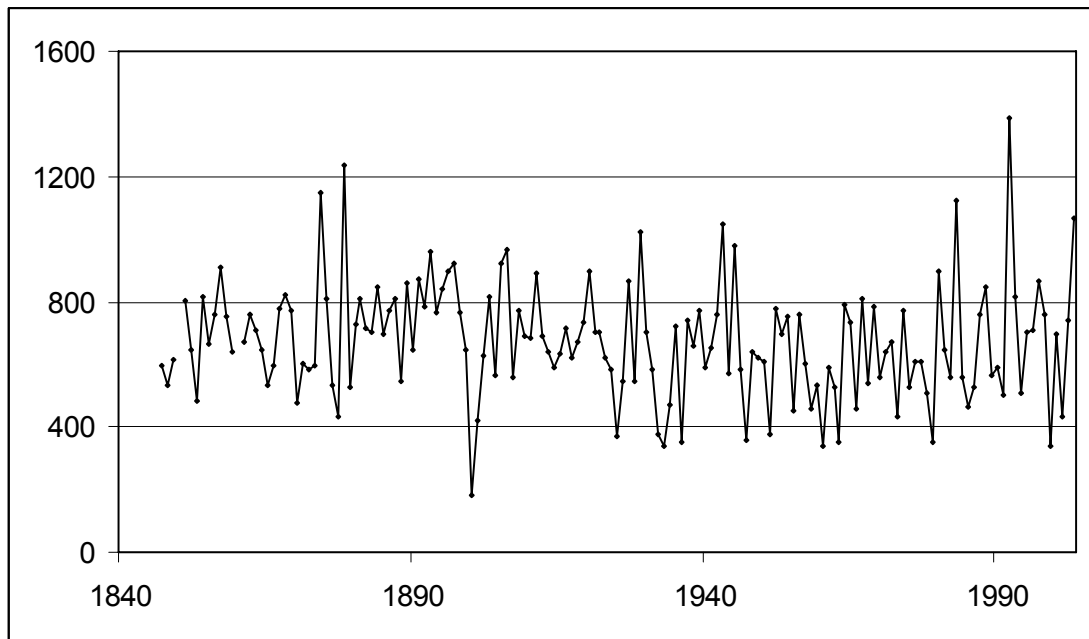
¹ חילופי התקופות מתקשרים להסבר שאספקת מים רבה ואמינה אפשר לקיים, ללא התפלה, רק במאגרים גדולים מאלה שיש לנו. דן זסלבסקי מדגיש נקודה זו, אך לא אטפל בה כאן.

הממוצע הרב-שנתי של הגשם בשכם, לכל 153 השנים, הוא 677 מ"מ. בשיאו, הגיע הממוצע הנע באיור 3 ל-809 מ"מ והנקודה הנמוכה ביותר היא 560 מ"מ. אלה הן תנודות של קרוב ל-20 אחוזים מעל ומתחת לממוצע הרב-שנתי. בדומה לכך, ההעשרה הממוצעת באיור 2 היא 1,298 מ"מ (מיליון מ"ק לשנה); גם התנודות באיור 4 היו של עד 20 אחוזים מעל ומתחת לממוצע הזה. עם זאת, חשוב לחזור ולהדגיש: על אף התנודות באיורים, אין כאן מחזוריות, המספרים אקראיים, שליפה מקרית מתוך הסדרות ההיסטוריות.

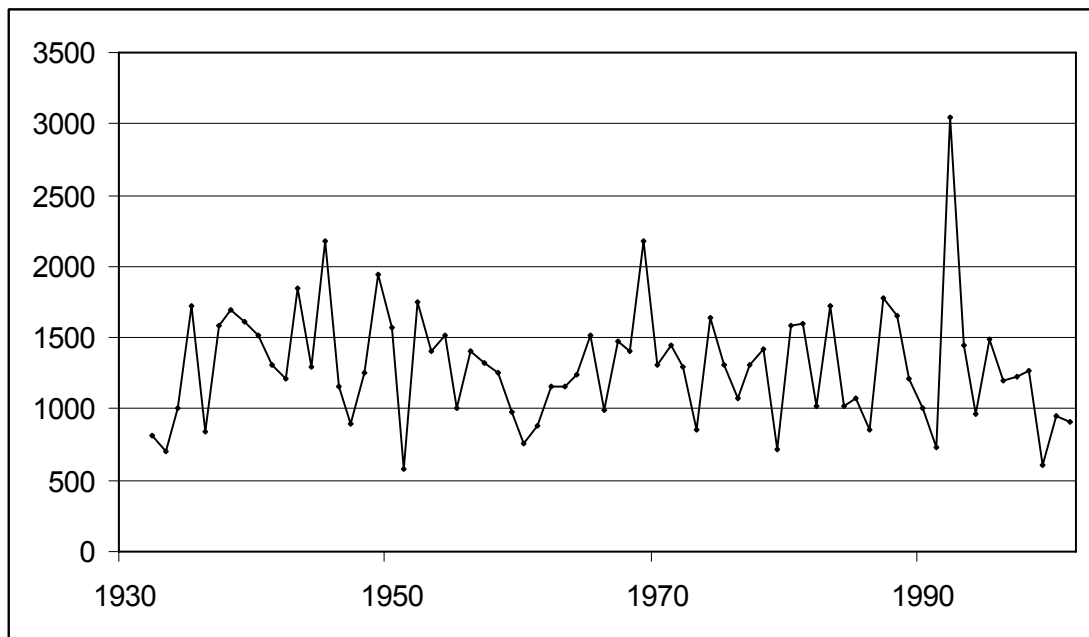
התנודות בגרפים שבאיורים 3 ו-4 אינן צריכות להפתיע מי שרגיל במספרים אקראיים. אקראיות אינה פיזור אחיד. להדגמה ולשכנוע אפשר לקחת קוביית משחק ולזרוק אותה כמאה פעמים. בכל פעם לרשום את המספר שיעלה בגורל, בין 1 ל-6. בסדרת המספרים יהיו ערכים מתחלפים, אך סביר שיהיו גם צברים של מספרים קרובים. האחרונים יוצרים "תקופות גשומות" או "שחונות". אפשר להוסיף ולחשב ממוצע נע; למשל, בן שישה ערכים. גרף הממוצע הנע יגלה "מחזוריות מדומה".

הדין הזה התעלם במתכוון מהתחממות כדור הארץ ותופעות מדאיגות קשורות. מטרתו היתה להצביע על הקושי לקיים הספקה מינימלית אם לא נושפע משינויים גלובליים. ואכן עשרים וחמש שנים הן שנות דור. תנודות תקופתיות של 20 אחוזים מסביב לממוצע במשקעים ובהעשרה הן תנודות גדולות מאד ומשמעותן חמורה. במיוחד חמורה המשמעות במשק מים כה הדוק כשלנו. אנחנו מנצלים את כל מקורות המים שלנו; ולעתים אף בעודף. בתקופה ארוכה יחסית של משקעים מרובים אנו עשויים לתכנן לניצול רב של משאבי המים. רישומי הגשם וההעשרה של אותו זמן לא יגלו שהתקופה גשומה; הם יהיו אקראיים כמו באיורים 1 ו-2. אולם אחרי תקופה גשומה תבוא שחונה וכשהיא תגיע—וגם היא עלולה להיות ארוכה—ימצאו מנהלי משק המים מדלים שלא מדעת את המאגרים וגורמים להם נזקים; ובכל זאת לא מצליחים לספק את הכמויות המובטחות.

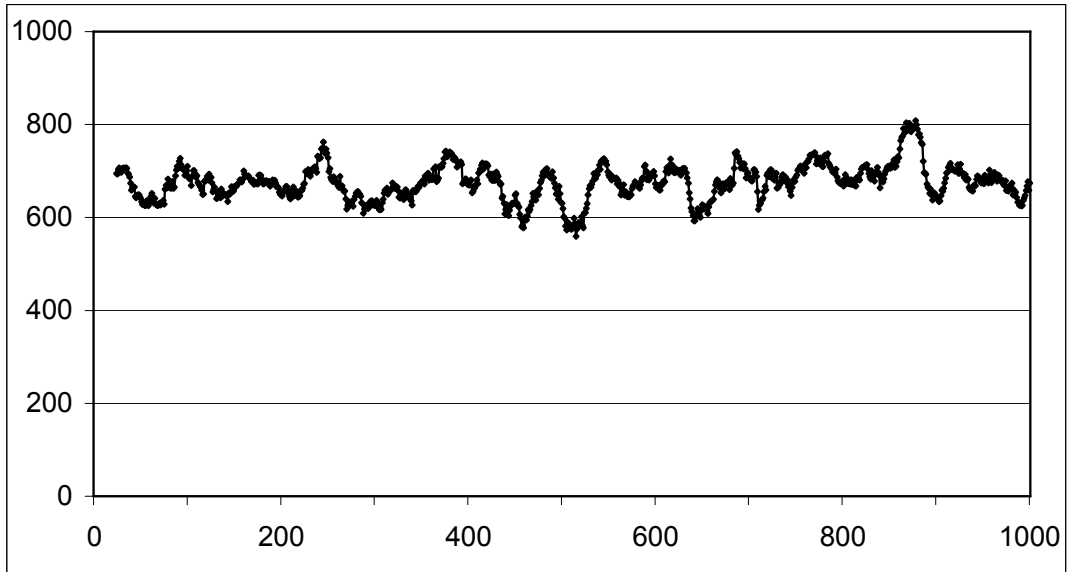
חומר למחשבה.



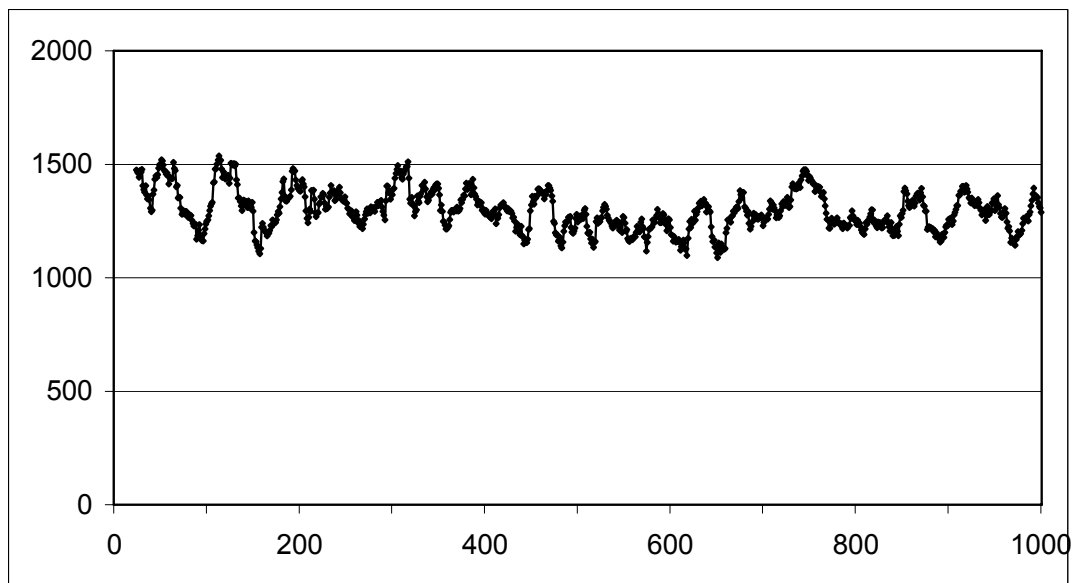
איור 1: גשם בשכם, מ"מ בשנה



איור 2: העשרה בשלושת האגנים, מיליון מ"ק לשנה



איור 3: גשם בשכם, סדרה מלאכותית, ממוצע נע ל-25 שנים, מ"מ לשנה



איור 4: העשרה בשלושת האגנים, סדרה מלאכותית, ממוצע נע ל-25 שנים, מיליון מ"ק לשנה