סיכון פיננסי: מטרת השיעור

- סיכון פיננסי מהווה אחד המונחים המרכזיים בכלכלה ובמימון; הדבר נובע ישירות מעצם העובדה שמשתתפי השוקים הפיננסיים נאלצים לפעול בסביבה אי וודאית
- בהמשך הקורס נעסוק במודלים כלכליים ומתמטיים הבנויים על מונח הסיכון, עם שימוש כפול במונח זה:

1. בהקשר לנכסים פיננסיים בסיסיים, נכיר במודלים שבהם הסיכון מהווה גורם בעל חשיבות מרכזית
2. בהקשר לנכסים נגזרים (בחלקו השני של הקורס), נעסוק בסוגיית ניהול סיכונים ובנושאים קשורים

- מטרת השיעור הנוכחי היא הגדרת מונח הסיכון על כל סוגיותיו, הכרה בסוגים ומקורות שונים של סיכון וכן הצגת מדדי סיכון חלופיים המשמשים בעבודה מעשית

2

כלכלה פיננסית

סיכון פיננסי: סוגים ומדדים עיקריים

סיכון פיננסי: מבנה השיעור

- השיעור מורכב משני חלקים:

1. דיון כללי בסוגיית הסיכון – סוגי סיכונים, הקשר לעקרון ההערכה, השוואת סיכונים של ני"ע שונים
2. דיון טכני בנושא מדידת סיכון – מדדי סיכון עיקריים וחלופיים, יתרונות וחסרונות יחסיים של מדדי סיכון שונים, סוגיות אמפיריות והקשר לפונקציית תועלת

- בהמשך הקורס נתייחס בד"כ למסגרות תיאורטיות מופשטות ונשתמש במדדי הסיכון הבסיסיים ביותר; אולם, חשוב לזכור כי בעבודה מעשית השליטה במסגרות תיאורטיות ומונחים טכניים מתקדמים מהווה דרישה מקצועית שקשה להגזים בחשיבותה

3

רקע: סיכונים פיננסיים בעולם המודרני

- הסיכונים הפיננסיים קיימים מאז שקיימים שוקים פיננסיים – כלומר אלפי שנים – אך הסיכונים גברו בצורה ניכרת בעולם המודרני, בין היתר הודות ל-

1. חוסר היציבות היחסי המאפיין שוקים מודרניים: במהלך 30 השנים האחרונות בלבד, בורסות מובילות לני"ע עברו מספר משברים עמוקים וזעזועים גדולים
2. גידול ניכר בהיקפי מסחר, כולל זינוק בהיקפי המסחר בבורסות קיימות, פתיחת בורסות חדשות, פתיחה של בורסות ומערכות מסחר במדינות נוספות, גלובליזציה
3. טכנולוגיה: מהירות ויעילות תקשורתית וחישובית, שלא היו בגבולות האפשרי עד לפני מספר עשרות שנים

4

רקע: סיכונים פיננסיים בעולם המודרני

- לאור הגברת הסיכונים הפיננסיים בעולם המודרני, גובר גם הצורך בפיתוח מנגנונים רלוונטיים למדידת הסיכון וניהול סיכונים יעיל (דברים קשורים זה לזה)

✓ בהיבט התיאורטי, במאה ה- 20 הושגה התקדמות דרמטית בהבנת התהליכים הקשורים לסיכונים פיננסיים (עם תובנות גם מחוץ לתחום הכלכלה)

✓ בהיבט המעשי, פותח מכלול כלים משוכללים למדידה וניהול של סיכונים שהוכיחו את עצמם במגוון מצבים

- אולם, מורכבותם של הכלים בשילוב עם טכנולוגיות חדשות מציבה גם אתגרים חדשים; בפרט, המשבר שהתחיל ב- 2007 נבע לפחות בחלקו משימוש בכלים נגזרים חדשים ומשוכללים בעלי פרופיל סיכון מורכב

5

סיכון פיננסי – היבטים בסיסיים

- בקורס זה נעסוק רבות בסיכון פיננסי וסוגיות קשורות למונח זה, במספר היבטים בסיסיים:

סוגי סיכונים פיננסיים ומדדי סיכון

↓

סיכון, תיקי השקעות ותמחור נכסים

↓

ניהול סיכונים באמצעות ני"ע נגזרים

- היום נעסוק בהיבט הראשון: סוגי סיכונים פיננסיים ומדדי סיכון עיקריים וחלופיים

6

סיכון ועיקרון הערכת נכסים

- בשיעור 1 התייחסנו לעיקרון הערכת הנכסים שלפיו ערכו של נכס (או פרויקט, או חברה) שווה לסך ערכה הנוכחי של סדרת תזרימי המזומנים הנובעים ממנו
- כמו כן, ציינו כי ערכו הנוכחי של תזרים מזומנים עתידי יהיה תלוי, בין היתר, בסיכונו של התזרים
  - ככל שתזרים עתידי יהיה וודאי פחות (מסוכן יותר), יהיה ערכו הנוכחי נמוך יותר (יש פחות סיכוי לקבלו)
  - מבחינה טכנית, עם הגדלת סיכונו של התזרים יגדל שער ההיוון r, או באופן שקול, יקטן מקדם ההיוון, $1/(1+r)^n$, וכתוצאה יקטן ערכו הנוכחי של התזרים

7

סוגי הסיכונים

- הקשר ההפוך בין סיכון לערך הנו קשר בסיסי שבא לידי ביטוי בכל מודל להערכת נכסים; אולם, המודלים לעתים מתמקדים בסוגי סיכון שונים; בפרט, הסיכון יכול לנבוע:
  - מחוסר יכולת פירעון (default או credit risk), כאשר לצד החייב אין אפשרות לשלם את החוב
  - מחוסר וודאות לגבי כוח קניה (inflation risk), כאשר התזרים העתידי אינו צמוד למדד רלוונטי
  - מתקופת החזקה (maturity risk), אם נאלצים למכור מוקדם את הנכס המבטיח תזרים עתידי; הסיכון הנלווה הוא של נזילות (liquidity risk), הקשור לעלות ומאמץ הדרושים למכירת הנכס

8

סוגי הסיכונים

למעט הסוג הראשון, הסיכונים לעיל מאפיינים גם את הנכס המכונה בד"כ "חסר סיכון" - אג"ח ממשלתית; אולם מעבר לכך, קיימת שורת סיכונים מסוגים נוספים

- בדומה לסיווג שוק ההון עפ"י ממדים שונים, קיימות שיטות סיווג שונות של סיכונים; נתייחס לשיטת סיווג נפוצה, המשייכת סיכונים ל- 4 סוגים עיקריים הבאים:

1. סיכון השוק (market risk) קשור לחוסר וודאות לגבי שערי שוק שונים, בין היתר מחירי ני"ע ומדדים, שערי ריבית וחליפין, מחירי חומרי גלם, סחורות, נכסים וכד'
2. סיכון אשראי (credit risk) מתייחס לחוסר הוודאות לגבי יכולת פירעון החוב (או כושר פירעון - solvency)

9

סוגי הסיכונים

3. סיכון תפעולי (operational risk) קשור לאירועים שונים שיכולים להשפיע על הצד התפעולי של חברה או פרויקט (דהיינו הצד העסקי, לעומת המימוני)
4. סיכונים אחרים, שאינם משתייכים לאף אחת מהקטגוריות הקודמות (אך חשובים לא פחות)

- להלן נפרט אודות כ"א מהסוגים הללו ונראה כיצד מקורות של סיכונים שונים צפויים להיות קשורים לערך (ובעקבות זאת לתשואה) של נכסים פיננסיים
- התוצאה הסופית של מגוון ההשפעות הללו קובעת תשואות של נכסים, ובחלקו השני של השיעור נכיר בשיטות מדידה טכניות חלופיות של סיכון פיננסי

10

סיכון שוק

- לצד הסיכון של *מחירי נכסים*, סיכון שוק חשוב נוסף הנו של *שער הריבית*, המשפיע על כל סוגי משקיעים
  - ברור כי המושפעים המיידיים משינויים בשערי הריבית הנם הלווים והמלווים, אולם גם משתתפי שוק אחרים
  - למשל, לחברות המעדיפות מימון באמצעות הון עצמי, בתקופות של ריבית נמוכה עולה עלות הון אלטרנטיבית
- *שערי חליפין* מהווים מקור סיכון חשוב נוסף, כאשר חשיבותו אינה מוגבלת לעסקים של יבואנים ויצואנים
  - בפרט, תיסוף מטבע מקומי יכול למשוך לקוחות של חברות מקומיות אל עבר מתחרים ממדינות אחרות
- לעומת סיכון מחירי סחורות (כגון חומרי גלם), סיכון *מחירי המניות* ניתן לפיזור; נרחיב בנושא זה בהמשך

11

סיכון אשראי

- פירמות רבות מאפשרות מכירה בהקפה ללקוחותיהן, וישנן כאלו (כגון בנקים) שמתקיימות ממתן הלוואות
- ברור שמכירה בהקפה או מתן הלוואה כרוכים בסיכון של חוסר יכולת פירעון – החוב לא תמיד מוחזר כהלכה
  - רוב הפירמות מביאות סיכון זה בחשבון באופן גלוי, ע"י הכללת סעיף כמו "הפרשה לחובות מסופקים" בספרים
- הבעיה העיקרית עם סיכון אשראי הנה כי, לעומת סיכוני שוק כמו של ריבית או מחירי נכסים וסחורות, סיכון זה:
  - סובייקטיבי מטבעו במקרים רבים (הערכת כושר פירעון)
  - קשה יותר לזיהוי ותפיסה ולעתים דורש צבירת ניסיון ארוך (וכואב) בטרם פיתוח מודלים של הערכה וניהול

12

סיכונים אחרים

- "סיכונים אחרים" הנה קטגוריה רחבה ובה כל סוגי הסיכונים שמחוץ לסיכוני שוק, אשראי ותפעוליים
- ✓ לדוגמא, כל עסק חי חשוף לסיכון משפטי: לקוחות של פירמות רבות תובעים אותן בביהמ"ש, בטענות שונות ומשונות, ותהליך הגנה מפני התביעות הנו תהליך יקר
- ✓ מסים מהווים מקור סיכון נוסף: החוקים של מיסוי תאגידים עשויים להשתנות, עם השלכות מיידיות לגבי רווחיות הפירמה, וכתוצאה גם ערכה ומחירי ני"ע שלה
- ✓ סיכון המס מהווה מקרה פרטי של סיכון פיקוח כללי, המתייחס לחוקים של דיווח וניהול חשבונאי, חשיפה למשקיעים, ביקורת חשבונות, גיוס מקורות וכדומה
- בכל סיכון המטרה היא איזון בין עלות ותועלת של צמצומו

14

סיכון תפעולי

- כל עסק חי באופן הגדרתי יהיה חשוף לסיכון תפעולי אשר מתייחס למגוון האינסופי של אירועים שיכולים להתרחש במהלך פעילותה הסדירה של חברה עסקית
- מקור אחד לסיכון תפעולי הנו הגורם האנושי: בני אדם טועים, בשוגג או בזדון, מה שגורם לתאונות ואסונות
- ✓ הגורם האנושי טומן סיכון מיוחד במוסדות פיננסיים, בהם התחרות והמרוץ בעקבות בונוסים יכולים ליצור סיכון מוסרי לבעלי גישה למקורות כספיים מהותיים
- הטכנולוגיה מהווה מקור סיכון תפעולי נוסף, ובמיוחד IT, בעוד היום כשל טכנולוגי מקומי יכול לגרום לאסון לאומי בגלל רמת המחשוב ותלות הדדית בין מערכתית
- פירמות רבות רוכשות ביטוח כנגד סיכונים תפעוליים

13

סיכוני השקעה בני"ע שונים

- כהקדמה לנושאים הקרובים, נציין כי סיכון של נכס עשוי להיות קשור *קשר ישיר* לתשואה הצפויה ממנו
- בפרט, בגלל שנאת הסיכון, עבור הנכסים שהוזכרו:
- ✓ אג"ח ממשלתית נחשבת לני"ע חסר סיכון ולכן התשואה על האג"ח צפויה להיות מינימאלית
- ✓ אג"ח קונצרנית תהיה מסוכנת יותר מהממשלתית, ולכן גם התשואה עליה צפויה להיות גבוהה יותר
- ✓ מניה של חברה תהיה מסוכנת עוד יותר, ובהתאם התשואה על המניה צפויה להיות גבוהה עוד יותר
- ממצאים אמפיריים (סדרות עתיות של נתוני מסחר בני"ע מסוגים שונים) מאששים את הטענות הללו:

16

סיכוני השקעה בני"ע שונים

- סיכון השקעה (investment risk) מתייחס לאפשרות של הפקת תשואה נמוכה (או אף שלילית) מן ההשקעה
- מבחינה טכנית, סיכון ההשקעה מתייחס (קודם כול) לחוסר וודאות לגבי תשואתה העתידית של ההשקעה
- ✓ *אג"ח ממשלתית* נחשבת לנייר ערך "חסר סיכון" מכיוון ותשואתו המובטחת תתקבל *כמעט* בוודאות
- ✓ *אג"ח קונצרנית* תהיה מסוכנת יותר מהממשלתית, בגלל האפשרות של חדלות הפירעון (insolvency)
- ✓ *מניה* של חברה בע"מ תהיה מסוכנת עוד יותר, מכיוון ותשואתה וודאית עוד פחות מזו של אג"ח קונצרנית
- הגישה המופשטת גורסת כי *הסיכון עולה ככל שעולה הפיזור סביב תוחלת התשואה* (נרחיב על כך בהמשך)

15

שנאת סיכון

- כחזרה קצרה על מושג שנאת הסיכון, נניח כעת שני פרויקטים חלופיים בעלי תוחלת תשואה זהה, כאשר סיכון של פרויקט א' הנו אפסי וזה של פרויקט ב' חיובי
- בפרט, נניח כי הפרויקטים הנם בעלי המאפיינים הבאים
- ✓ א': השקעה של 100 ₪ ותקבול של 110 ₪ בוודאות
- ✓ ב': השקעה של 100 ₪ ותקבול של 105 ₪ או 115 ₪, עם סיכויים שווים (50%) לכל אחד מהתקבולים הנ"ל
- ✓ תוחלת התשואה של שני הפרויקטים הנה 10%, אך התשואה היא וודאית רק במקרה הראשון ולא בשני
- שנאת סיכון הנה העדפת פרויקט א' על פני ב' לעיל; נראה כי בפועל רוב המשקיעים הנם שונאי סיכון ברוב המקרים, וזוהי הנחה בסיסית ברוב המודלים בכלכלה

18

סיכוני השקעה בני"ע שונים

- החוקר J. Siegel השווה נתונים היסטוריים של תשואות של מניות ואג"ח, בין 1802 ל- 1990, וקיבל תמונה הבאה:

השקעת $1 במניות ב- 1802 הייתה הופכת לכמעט $1,000,000 לקראת סוף ה- 1990, לעומת השקעה של $1 באג"ח ממשלתיות לזמן קצר: התוצאה הייתה $2,680 לזמן ארוך: התוצאה הייתה $5,770 (הגרף מציג גם מדד מחירים ומחירי זהב)

- חשוב לציין כי תשואת המניות הנה תנודתית ועולה בבירור על תשואה חסרת הסיכון בטווח ארוך בלבד
- לפרטים נוספים ראו מאמר: *Jeremy J. Siegel (1992), "The Equity Premium: Stock and Bond Returns since 1802," Financial Analyst Journal, 48 (1)*
- ✓ תוספת לתשואת מניות הנה במונחי תוחלת ובאה כפיצוי על סיכון גבוה; מקור הדרישה לפיצוי הנו בשנאת סיכון

17

סיכון תיקי השקעות

- גם אם מוגדר באופן הנ"ל, מונח הסיכון איננו טריוויאלי; נמחיש ע"י דוגמא: איזה משני הנכסים הבאים מסוכן יותר?

- תשובה: תלוי לאיזה תיק מוסיפים את הנכס, למשל:

20

שנאת סיכון ותשואה

- אם שנאת סיכון אכן מאפיינת את רוב המשקיעים, אזי נכסים מסוכנים יותר חייבים להבטיח תשואות גבוהות יותר *(אחרת לא ייכלו להתחרות עם הנכסים הבטוחים)*
- נתייחס שוב לדוגמא עם שני הפרויקטים לעיל:
  - ✓ א': השקעה של 100 ₪ ותקבול של 110 ₪ בוודאות
  - ✓ ב': השקעה של 100 ₪ ותקבול של 105 ₪ או 115 ₪, עם סיכויים שווים (50%) לכל אחד מהתקבולים הנ"ל
  - ✓ תוחלת התשואה של שני הפרויקטים הנה 10%, אך התשואה היא וודאית רק במקרה הראשון ולא בשני
- אם הפרויקטים הם אג"ח (ממשלתית וקונצרנית), שונא סיכון לא יקנה את ב' כי קניית א' אינה כרוכה בסיכון; עודף הביקוש ל-א' יעלה את מחירה ויוריד את תשואתה

19

סיכון ותשואה

- מכאן: הודות לאפשרות הפיזור של סיכונים, משקיעים מנוסים יתמקדו רק בתוספות של סיכונים לתיק הכולל
- מסקנה חשובה נוספת: לא רק הסיכון אלא גם המתאם בין נכסים שונים בתיק ישפיע על האטרקטיביות שלהם
  - ✓ נניח נכס מסוכן כלשהו אשר אינו מתואם עם שאר תיק השקעות (אינו נוטה לעלות או לרדת עם שאר הנכסים)
  - ✓ חרף סיכונו הגבוה, הנכס הנ"ל יכול להיות דווקא מאוד אטרקטיבי, כי רכישתו מייצבת את תשואת התיק הכולל
  - ✓ מאידך, נכס בעל סיכון נמוך לא בהכרח יהיה אטרקטיבי אם הוא נוטה לנוע יחד עם נכסים אחרים; במקרה הזה הנכס אינו יכול לשמש לפיזור סיכונים של התיק הכולל

22

סיכון תיקי השקעות

- כעת נניח תיק השקעות הכולל שני נכסים בלתי תלויים:
  1. נכס א' יכול לרדת או לעלות בערכו, עם הסתברויות של 0.4 ו- 0.6 לכל אחת מהתנועות הנ"ל, בהתאמה
  2. נכס ב' יכול לרדת או לעלות בערכו, עם הסתברויות של 0.5 ו- 0.5 לכל אחת מהתנועות הנ"ל, בהתאמה
- במקרה הגרוע ביותר, שני הנכסים ירדו בערכם, בוזמנית; הסתברות המאורע הנה 0.4*0.5=0.2
- במקרה הטוב ביותר, שני הנכסים יעלו בערכם, בוזמנית; הסתברות המאורע הנה 0.6*0.5=0.3
- הסתברויות של תרחישי הקיצון הנן נמוכות יותר בתיק המשולב, הודות לפיזור סיכונים; ככל שהנכסים נוטים לנוע ביחד פחות, כך תשואת התיק תהיה פחות תנודתית

21

תיאוריית תיקי השקעות – הקדמה

- בפועל, המתאם כמעט אף פעם איננו מלא, ולכן תיקי השקעות בד"כ מסוכנים; וגם אם ניתן ליצור תיק חסר סיכון, המטרה אינה בהכרח אטרקטיבית; חשבו מדוע
- התיאוריה העוסקת בשיטות לפיזור סיכונים בתיקי השקעות מכונה תיאוריית תיקי השקעות מודרנית – MPT – Modern Portfolio Theory
  - ✓ בהמשך הקורס, נכיר בתיאוריה זו ובעקרונות הבסיסיים של הרכבת תיקי השקעות יעילים (כלומר בעלי רמת הסיכון הנמוכה ביותר עבור תוחלת נתונה)
  - ✓ מודלים של תמחור נכסים פיננסיים (בפרט CAPM) מניחים כי המשקיעים פועלים בהתאם לכללי MPT

24

תיק השקעות – דוגמא מופשטת

- להמחשה נוספת, נניח כי יכול להתממש רק אחד משני מצבי טבע: 1 או 2, עם הסתברויות לא ידועות, ונניח כי:
  - ✓ נכס א': יהיה שווה 110 ₪ במצב 1, או 90 ₪ במצב 2 (ברור שהנכס מסוכן כי ישנו פיזור לא אפסי של תשואה)
  - ✓ נכס ב': יהיה שווה 90 ₪ במצב 1, או 110 ₪ במצב 2 (ברור שהנכס מסוכן כי ישנו פיזור לא אפסי של תשואה)
  - ✓ תיק (א+ב) יהיה שווה 200 ₪ במצב 1, ו-200 ₪ במצב 2 (מורכב מ- 2 נכסים מסוכנים; האם גם נכס זה מסוכן?)
  - ✓ מסקנה: *תיק השקעות המורכב מנכסים שהם מסוכנים יכול להיות חסר סיכון* (כלומר שקול לאג"ח ממשלתית)
- התיק הופך לחסר סיכון הודות למתאם שלילי מלא (perfect negative correlation) בין מרכיביו

23

תיאוריית תיקי השקעות וסוגי סיכונים

- תיאוריית תיקי השקעות מניחה כי המשקיעים הם שונאי סיכון, מעדיפים תשואות גבוהות על נמוכות, ומשתמשים במדד אחיד של סיכון: שונות התשואה
- בהינתן מדד השונות ושנאת סיכון כתכונה אופיינית:
  - ✓ המשקיעים ישאפו למזער שונות של תשואת תיקים ע"י הוספת נכסים לתיק אשר מצמצמים שונות אך אינם פוגעים בתוחלת התשואה של התיק הכולל
  - ✓ באופן שקול, המשקיעים ישאפו למקסם תוחלת התשואה של תיקים ע"י הוספת נכסים לתיק אשר מעלים תוחלת מבלי להעלות את שונות התיק הכולל
- במסגרת CAPM, נראה כיצד התנהגות המשקיעים הבודדים מביאה לתוצאות מצרפיות של שווי משקל

25

סוגי סיכונים: סיכום

- לסיכום נושא סוגי הסיכונים: סביר להניח כי רוב סוגי הסיכונים עליהם עברנו (ואלו שרק הוזכרו באופן כללי) נלקחים בחשבון ע"י המשתתפים בשוקי ההון, כאשר:
  1. אין כל ספק שמשתתפי שוק ההון שואפים למזער את הסיכונים הרלוונטיים לגביהם (אם כי לא בכל מחיר אלא תוך מציאת איזון בין עלות לתועלת של צמצום הסיכונים)
  2. אין כל ספק שהסיכונים הקיימים משפיעים על תמחור נכסים פיננסיים במובן הרחב (פרויקטים, נ"ע, חברות...)
- אולם, הסוגיה הפחות ברורה היא כיצד הסיכון נמדד: האם גישת תוחלת/שונות היא אכן השיטה היחידה בה משתמשים המשקיעים; בשאלה זו נתמקד מכאן ואילך

26

תשואה וסיכון פיננסי

- סיכון ותשואה מהווים מונחי מפתח בסיסיים בכלכלה פיננסית: הערכת שווי של נכסים והשקעות מתבססת על המאפיינים המרכזיים הללו, העונים על השאלות:
  1. מהו הערך המובטח ע"י נכס או השקעה, ו-
  2. עד כמה ניתן לסמוך על אומדן הערך הנ"ל
- התשובה לשאלה 1 היא ברוב המקרים תוחלת הערך המתמטית – באופן הגדרתי, זוהי הציפייה המאוזנת, המהווה מעין "מרכז כובד" של התוצאות האפשריות
- אולם, לשאלה 2 אין תשובה פשוטה, יחידה וחסינת ביקורת, בין היתר כי השאלה עצמה ניתנת לפרשנויות שונות (למשל, האם כל סטייה מהציפייה הנה 'רעה'?)

27

מדדי סיכון פיננסי

- *שונות התשואה* (נגדירה מייד) מהווה מדד נפוץ ביותר של סיכון; יתרון המדד הנו בהגדרתו הפשוטה, קלות המדידה ושורת תכונות סטטיסטיות נוחות ומועילות
- חסרון המדד הנו בגסותו היחסית (ללא הבחנה בין שונות טובה ורעה) ובמגבלות סטטיסטיות של מדד השונות (המתייחס לחלק בלבד מתכונות ההתפלגות)
- לאור חסרונותיו של המדד, לאורך שנים פותחו מדדי סיכון נוספים שמטרתם להתגבר, במידת הצורך, על מגבלותיה של שונות ולהתחשב בסיכון הרלוונטי יותר
- להלן נציג מדד הערך בסיכון (VaR - Value at Risk), חצי-שונות של הפסד (Downside Semi-Variance), מדד הסתברות הגירעון (Shortfall Probability) ומדד הערך הקיצוני בסיכון (Tail Value at Risk)

28

שונות התשואה – השלכות

- להגדרת סיכון כשונות התשואה השלכות משמעותיות לגבי תיאוריות של תמחור נכסים; ניתן להראות בדרך אנליטית, כי אם יתקיים לפחות אחד משני התנאים:
  1. למשקיעים פונקצית תועלת ריבועית (לבעיה עם הנחה זאת ראו שיעור מס' 1, ניתוח מדדים של שנאת סיכון)
  2. התפלגות התשואה ניתנת לאפיון מלא ע"י תוחלת ושונות בלבד (למשל, התפלגות נורמלית; האם לדעתכם הנחה זו נראית מציאותית? מהם הטיעונים לטובת ונגד ההנחה?)

  אזי המשקיעים יבססו את החלטותיהם על תוחלת ושונות התשואה בלבד ואז נכסים פיננסיים יתומחרו בהתאם לתיאוריית תיקי השקעות (MPT) ו- CAPM
- במידה ולא יתקיים לפחות אחד משני התנאים הללו, אפשר יהיה לצפות לסטיות מניבויי התיאוריות הנ"ל

30

שונות התשואה - הגדרה

- *שונות התשואה* הנה המדד הבסיסי והנפוץ ביותר של סיכון פיננסי; שונות התשואה מוגדרת באופן הבא:

$$Var(R) = \int_{-\infty}^{\infty} (R-\mu)^2 f(R) dR$$

- ✓ בנוסחה לעיל, μ היא תוחלת התשואה (כדלהלן) ו- $f(R)$ היא פונקצית הצפיפות של התפלגות התשואה

$$\mu = E(R) = \int_{-\infty}^{\infty} R f(R) dR$$

- ✓ תזכורת: תשואת הנכס הנה שינוי פרופורציוני בערך הנכס; אם בין תקופה 1 ל-2 מחיר הנכס עלה מ-P_1 ל-P_2, אזי (בהנחה כי הנכס לא הניב דיבידנד* לבעליו):

$$R = \frac{P_2 - P_1}{P_1} = \frac{P_2}{P_1} - 1$$

**הדיבידנד, אם יחולק בין 1 ל-2, יתווסף למונה של* $(P_2 - P_1)/P_1$

29

שונות התשואה – בעד ונגד

- בפועל נראה כי לכל אחת משתי הדרישות לעיל מגבלות רציניות ואין בסיס חזק במיוחד להניח שהן מתקיימות:
  1. פונקצית תועלת ריבועית מחייבת עלייה בשנאת סיכון יחסית (RRA), בניגוד לממצאים (ואולי גם להגיון)
  2. להתפלגות התשואה ישנם "מומנטים גבוהים", ובפרט skewness ו- kurtosis – מדדי עקמומיות וריכוזיות של התפלגות, המוגדרים ע"י הנוסחאות המובאות להלן
- skewness – *"עקמומיות"* של התפלגות רציפה, או המומנט השלישי, מוגדר ע"י: $Skew = \int_{-\infty}^{\infty} (R-\mu)^3 f(R) dR$
- מדד העקמומיות מבטא את מידת חוסר הסימטריה של ההתפלגות: זנב ימין גדול מצביע על עקמומיות חיובית, ולהתפלגות סימטרית (כגון נורמלית) עקמומיות אפסית

שונות התשואה – בעד ונגד

- kurtosis – מדד *"הריכוזיות"* בהתפלגות רציפה, או המומנט הרביעי, מוגדר ע"י: $K = \int_{-\infty}^{\infty} (R-\mu)^4 f(R) dR$
- ✓ המונח מתייחס לחלקה האמצעי של ההתפלגות: חלק אמצעי גבוה ורזה מצביע על סטיות נדירות מהממוצע, וחלק אמצעי שטוח ועבה מצביע על סטיות נפוצות יותר
- שתי התכונות לעיל עשויות להיות בעלות חשיבות רבה עבור המשקיעים המעוניינים בתיאור התפלגות מדויק
- נראה כי השימוש בשונות בלבד הנו מוגבל; עם זאת:
- ✓ ממצאים רבים (אם כי בהחלט לא כולם) מצביעים על הצלחה יחסית של תיאוריות קיימות לתמחור נכסים; שימוש בשונות כמדד לסיכון מאפשר חישובים טכניים המביאים לתוצאות מקורבות סבירות במקרים רבים

שונות התשואה: סיכום

- כאמור, שונות התשואה (variance, או סטיית התקן – standard deviation) מהווה מדד הנפוץ ביותר של סיכון פיננסי, ותיאוריות רבות מתבססות על מדד זה
- מכיוון והשונות באופן הגדרתי מהווה מדד לפיזור סביב הערך הממוצע, היא משקפת את מידת התנודתיות של תשואה סביב ערך התשואה הצפוי (דהיינו, התוחלת)
- אולם, מה שפחות ברור הוא האם הגדרה זו תואמת את *תנודתיות התשואה כפי שזאת נתפסת ע"י המשקיעים:*
  - ✓ בפועל המשקיעים יכולים להיות מעוניינים במדדים פשוטים יותר, כגון הפסד כספי פוטנציאלי מקסימאלי
  - ✓ לחלופין, המשקיעים יכולים להיות מעוניינים במדדים מתקדמים יותר, כגון הפסדים אפשריים תחת תסריטים שונים (עם רווחי סמך מוגדרים עבור כל תסריט אפשרי)

חצי-השונות של הפסדים

- מדד של סיכון פיננסי חלופי לשונות התשואה מכונה *חצי-השונות של הפסדים* (downfall semi-variance)
- מדד חצי-השונות מתבסס על הטענה כי המשקיעים אינם נרתעים מכל סטייה אפשרית מערך התשואה הצפויה, אלא מהסטיות השליליות בלבד מהתוחלת
- ✓ לדוגמא, חשבו על שתי השקעות חלופיות א' ו-ב', כאשר להשקעה א' תשואה וודאית של 7% בעוד להשקעה ב' תשואה לא וודאית של 7% או 9%, בסיכויים שווים...
- ✓ הגדרת חצי-השונות של הפסד: $\int_{-\infty}^{\mu} (R-\mu)^2 f(R) dR$
- ✓ המדד פחות נוח מתמטית, ובהתפלגויות סימטריות אין למדד זה כל יתרון כי הוא פרופורציוני לשונות הרגילה

הערך בסיכון - VaR

- אחד ממדדי הסיכון הפיננסי המודרניים והמשוכללים יותר הנו מדד *הערך בסיכון* (VaR – Value at Risk)
- ✓ המדד VaR פותח בניסיון להתגבר על מגבלותיהם של המדדים הקיימים ולנוכח הצורך הגובר בפיתוח שיטות יעילות למדידת *סיכונים מצטברים במערכות מורכבות*
- ✓ מדד הערך בסיכון פותח ושימש החל משנות ה- 1970 את סוחרים, אנליסטים וכלכלנים מקצועיים רבים בחברות מסחריות, ועם הזמן המדד שוכלל והפך למקובל מאוד
- ✓ ראש ענקית ההשקעות JP Morgan בשנות ה- 1990 דרש הגשת "דו"ח 15:16" לאחר סגירת כל יום מסחר, ובדו"ח הזה מדד הסיכון המצרפי עבור כל העסק יחדיו, המבטא *הפסד מקסימאלי צפוי במהלך יום המסחר הבא*

הסתברויות הגירעון

- מדד נוסף של סיכון פיננסי מכונה *הסתברות גירעון* (או shortfall probability - המחסור), שהיא הסתברות של מימוש תשואה מתחת לרמה כלשהי מוגדרת מראש
- הסתברות הגירעון מתחת לרמת תשואה L: $\int_{-\infty}^{L} f(R) dR$
- ✓ יתרון המדד הוא בפרשנות האינטואיטיבית המיידית: פירושה של הסתברות הגירעון הוא בדיוק כלשונה – הסיכויים של אי הגעה ליעד כלשהו שהוגדר מראש
- ✓ מהו חסרונו החשוב של המדד? [מה "חסר" בהגדרה?]
- ✓ המדד אינו מתחשב *בגודל הגירעון*: לדוגמא, המדד יעדיף השקעה שבה הסתברות התשואה מתחת ל- 10% הנה 0.5 על פני השקעה עם 0.51 גם אם בהשקעה הראשונה גירעון פירושו פשיטת רגל ובהשקעה השניה חוסר רווחיות בלבד

הערך בסיכון - VaR

- הגדרה פורמאלית של מדד הערך בסיכון (VaR) הנה:

$$VaR(X) = -X^* \text{, כאשר } P(X < X^*) = p$$

- ✓ הערך בסיכון VaR הוא הסכום הכספי X^* מתוך תיק השקעות כולל, אשר לאורך תקופה מוגדרת מראש לא ניתן להפסיד יותר ממנו ברמת ביטחון ידועה מראש p
- במלים אחרות, ה-VaR הנו *הפסד מקסימאלי אפשרי ברמת הסתברות נתונה ולאורך פרק זמן מוגדר מראש*
- ✓ לדוגמא, אם ה- VaR נתון ע"י 1,000,000 ₪ ברמת בטחון של 99% לפרק הזמן של שבוע, נוכל להפסיד במהלך השבוע יותר ממיליון ₪ בהסתברות של 1%

37

הערך בסיכון - VaR

- הערך בסיכון מהווה אומדן לחשיפה של השקעה נתונה להפסד אפשרי; האומדן בנוי מ- 3 מרכיבים:

1. תקופת הזמן בה עלולה ההשקעה לספוג הפסדים
2. רווח סמך, או מידת הסתברותו של ההפסד המרבי
3. בהינתן הנ"ל, אומדן גובה ההפסד המרבי האפשרי

- חרף רמת השכלול הגבוהה יחסית של המדד, גם הוא אינו נטול חסרונות; למשל, חישובו מתבסס על הנחת התפלגות תשואה נורמלית – הנחה לא תמיד מוצדקת
- ✓ בפרט (ונחזור לזה עוד בהמשך), להתפלגות התשואה לעתים "זנבות עבים מדי", כלומר יותר מדי תשואות חריגות מאשר ניתן היה לצפות מהתפלגות נורמלית

38

הערך בסיכון - דוגמא

- נניח השקעה במניות בסך 100,000 ₪ ונניח כי תשואת ההשקעה השנתית מתפלגת נורמלית עם תוחלת 10% וסטיית התקן 8%. מהו VaR שנתי ברמת בטחון 99%?

1. הערך הקריטי (נורמלי-סטנדרטי) עבור 99% הנו -2.33
2. הערך הקריטי בהתפלגות הנתונה בתנאיי השאלה:

$$-0.0864 = 0.1 - 0.08 * 2.33$$

3. מכאן, ה- VaR של ההשקעה בסך 100,000 ₪ הנו:

$$100{,}000 * 0.0864 = 8{,}640 \text{ ₪}$$

- ✓ פירוש הדבר הנו כי תחת התפלגות תשואה נתונה, ניתן להיות בטוחים ב- 99% כי במשך שנה אחת לא נפסיד מההשקעה הנתונה בסך 100,000 ₪ יותר מ- 8,640 ₪

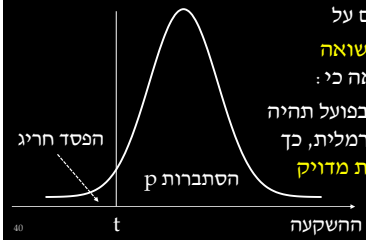
39

הערך בסיכון - VaR

באופן כללי, סדר חישוב ה- VaR

1. נקבע מראש תקופת זמן רצויה ורמת הסתברות רצויה p
2. נמצא ערך t של התפלגות נורמלית סטנדרטית ונמיר אותו למונחי השקעה תוך שימוש בסטיית תקן ותוחלת התשואה
3. את התשואה נכפיל בגובה ההשקעה ונקבל את ערך ה- VaR

- השלבים מתבססים על
- ✓ הנחת התפלגות תשואה נורמלית, ולכן נראה כי:
- ✓ ככל שההתפלגות בפועל תהיה 'רחוקה יותר' מנורמלית, כך האומדן יהיה פחות מדויק



40

הערך בסיכון - VaR

- חסרון ההנחה של התפלגות תשואה נורמלית בולט במיוחד בהשקעות 'פחות שגרתיות' כגון בני"ע נגזרים
- ✓ בפרט, השקעות בנגזרים מאופיינות ע"י מינוף פיננסי גבוה במיוחד: שינויים קטנים בנכסי הבסיס יכולים לגרום לשינויים דרמטיים ביותר בנכסים הנגזרים
- ✓ התפלגות התשואה של מכשירים פיננסיים מורכבים בפועל עשויה להיות רחוקה למדי מהתפלגות נורמלית
- לכאורה, ניתן להשתמש בהתפלגות אחרת שמתאימה יותר למקרה הקיים, אך אז חייבים לאמוד פרמטרים של התפלגות זו מתוך נתוני העבר שלא תמיד אמינים
- ✓ למשל, לעתים אין נתונים זמינים של חברות שקרסו; הטיית האומדנים הזאת מכונה "survivorship bias" (חשבו על השלכות אפשריות של חוסר זמינות הנתונים)

41

הערך בסיכון - VaR

- חרף מגבלות האמידה מתוך נתונים היסטוריים, לעתים לא נדירות מפעילים את השיטה ע"מ להגיע לאומדנים בדרכים שלא מניחות התפלגות נורמלית:

1. שיטה אחת חלופית להנחת התפלגות נורמלית מכונה פשוט השיטה ההיסטורית, והיא משתמשת בכל נתוני העבר הזמינים תוך הנחת דמיון סביר בין עבר לעתיד; בשיטה זו מנסים לאפיין את ההתפלגות האמיתית
2. שיטה נוספת היא שיטת סימולציה (Monte Carlo) ובה עושים שימוש בהרצות חוזרות רבות של תסריטים שונים ע"ס נתוני תשואה היסטוריים; שיטה זו למעשה מהווה פתרון נומרי שפותר מחובת אפיון של ההתפלגות

42

הערך בסיכון ורמות ביטחון

- אחד המרכיבים החיוניים של מדד הערך בסיכון VaR הנו *רווח סמך*, או רמת הביטחון שבה ההפסד האפשרי לא יעלה מעל לערך המקסימאלי שנקבע כ- "ערך בסיכון"
- ✓ באופן אינטואיטיבי, נראה כי ככל שרמת ביטחון תעלה, יעלה גם הערך בסיכון; בפועל הערך בסיכון אכן לעולם אינו יורד (ובד"כ עולה) עם העלאה של רמת הביטחון
- ✓ האיור מציג תמונה טיפוסית של הקשר הנ"ל
- ✓ מאפיין נוסף שעשוי להיות חשוב הוא עליית המדד בקצב עולה (מצב נפוץ)

43

הערך בסיכון ואופק הזמן

- מרכיב חיוני נוסף של מדד הערך בסיכון VaR הנו *פרק הזמן*, או התקופה שלאורכה ההפסד האפשרי לא יעלה מעל לערך המקסימאלי שנקבע כ- "ערך בסיכון"
- ✓ גם כאן, נראה כי ככל שפרק הזמן יוארך, יעלה גם הערך בסיכון; בפועל הערך בסיכון אכן עולה, אך במקרים רבים בקצב הולך ופוחת, כפי שמוצג להלן
- ✓ האיור מציג תמונה טיפוסית של הקשר הנ"ל
- ✓ במקרים רבים (אם כי לא תמיד) מסתבר כי המדד עולה באופן פרופורציוני לשורש ריבועי של הזמן

44

הערך בסיכון: יתרונות וחסרונות

- למדד הערך בסיכון שורת יתרונות חשובים שהופכים אותו לאחד המדדים המועדפים והשימושיים ביותר
- ברמה הכללית:
- ✓ VaR מסכם במספר אחד מגוון של מצבים אפשריים בעלי חשיבות עליונה עבור המשקיעים – מצבי הפסד
- ✓ VaR מהווה מדד אחיד ישים עבור מגוון סוגי השקעות
- ✓ VaR מהווה מדד פשוט להבנה ושימושי עבור כל דרגי ניהול והסמכה, מסוחר מן השורה ועד מנכ"ל החברה
- ברמה יותר ספציפית:
- VaR מאפשר ניתוח סיכונים שיטתי במערכות מורכבות
- VaR תומך בצרכים חיוניים דוגמת ניהול סיכונים, יישום אסטרטגיות, הקצאות הון, בקרה ודיווח ועוד

45

הערך בסיכון: יתרונות וחסרונות

- לאור יתרונותיו הרבים, מדד ה- VaR הפך למקובל מאוד בקרב חוקרים ואנשי מקצוע ממגזר עסקי; עם זאת, ישנה ביקורת המצביעה על חסרונות לא זניחים:
- ✓ המדד *איננו קוהרנטי* – באופן כללי, אינו מחבר סיכונים שונים באופן עקבי (סוגיה מתקדמת שלא נדון בה כאן; נציין כי ישנם גרסאות/מצבים בהם המדד הנו קוהרנטי)
- ✓ ביקורת כללית יותר מתמקדת בסוגיות אמפיריות כגון הבחירה בין שיטות האמידה שהוצגו (הנחת התפלגות נורמלית לעומת התפלגות היסטורית או סימולציות)
- ✓ ביקורת אחרת מתמקדת בסוגיות עמוקות הקשורות לרעיון הכללי של הסתמכות על נתונים נצפים; ישנם הטוענים כי מודלים סטטיסטיים תקפים לגבי תופעות פיזיות אך לא חברתיות (עם תגובות דינאמיות חוזרות)

46

הערך בסיכון: יתרונות וחסרונות

- קיימת גם ביקורת ספציפית בתחום היישומי, המצביעה בין היתר על הבעיות הבאות של מדד הערך בסיכון:
- ✓ שימוש מאסיבי במדד ה- VaR עלול להפוך השקעות בלתי תלויות למתואמות, ובכך להעלות את הסיכונים
- ✓ שימוש שגוי או בלתי אחראי במדד ה- VaR עלול לגרום לאסונות מקומיים ובסופו של דבר לחוסר יציבות כללי
- ✓ לבסוף, קיימת שורת מדדים נוספים המתייחסים לאפיון ההפסדים; המדדים הללו פותרים את אותן הבעיות כמו ה- VaR אך גם עונים על דרישות חשובות נוספות עליהן ה- VaR לא מצליח לענות; להלן נכיר במדדים מסוג זה

47

גירעון צפוי וערך קיצוני בסיכון

- למדדי הסתברות הגירעון והערך בסיכון חסרון משותף אחד – שניהם אינם מתחשבים בחומרת הבעיה, בפרט:

1. Shortfall Probability – הסתברות של מימוש התשואה מתחת לרמה כלשהי מוגדרת מראש; השאלה היא: אם התשואה הרעה אכן תתממש, מהי?
2. Value at Risk – הסכום הכספי מתוך תיק השקעות כולל, אשר לאורך זמן מוגדר מראש לא ניתן להפסיד יותר ממנו ברמת הסתברות מוגדרת; השאלה היא: אם בכל זאת נפסיד יותר מה- VaR, אז בכמה?

- המדדים המשלימים: Expected Shortfall - גירעון צפוי ו- Tail Value at Risk - ערך קיצוני בסיכון

48

גירעון צפוי – Expected Shortfall

- *גירעון צפוי* (Expected Shortfall/Tail Loss) קובע תוחלת הגירעון מתחת לרמת תשואה L מוגדרת מראש:

$$E(R|R<L)=\int_{-\infty}^{L}(L-R)f(R)dR$$ ⇦ הגדרה מופשטת

- שימו לב להבדל בין גירעון צפוי להסתברות הגירעון:
  - ✓ הסתברות הגירעון היא הסתברות של מימוש תשואה מתחת לרמה כלשהי מוגדרת מראש, אך לא ברור כמה המשקיע צפוי (בממוצע) להפסיד ברמת הסתברות זאת
  - ✓ הגירעון הצפוי קובע את (או שווה ל-, כתלות בהגדרה; נתייחס לנקודה זו בהמשך) תוחלת התשואה במקרה של התסריט הגרוע; האפיון יותר מתאים להשוואת השקעות
  - ✓ שכלול של מדד הגירעון הצפוי מביא למדד הסיכון הבא

49

ערך קיצוני בסיכון – TailVaR

- נתבונן בנוסחת הגירעון הצפוי שמתייחסת לתוחלת הגירעון מתחת לרמת התשואה L מוגדרת מראש:

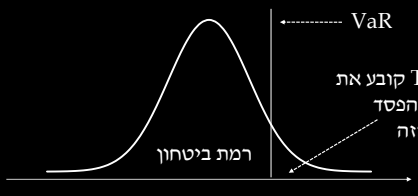
$$E(R|R<L)=\int_{-\infty}^{L}(L-R)f(R)dR$$ ⇦ הגדרה מופשטת

- אם L הנו אחוזון (percentile) ספציפי של התפלגות התשואה, זוהי הגדרת *ערך קיצוני בסיכון* – TailVaR
  - ✓ למעשה, מדד ה- TailVaR קובע את תוחלת הערך של ההפסד האפשרי מעבר לרמת הביטחון המוגדרת מראש
  - ✓ למשל, עבור רמת ביטחון 95%, TailVaR מתייחס לתוחלת ההפסד בזנב ה- 5% (התחתון) של ההתפלגות
  - ✓ לעומת VaR, TailVaR הוא *תוצאת* התסריט הגרוע; בדוגמא שנציג מייד, נבהיר את הקשר לתוחלת מותנית

50

השוואת המדדים

- ✓ לעומת ה- VaR, TailVaR מתייחס לתוצאת התסריט הגרוע (בדומה לגירעון הצפוי); להלן השוואה אפשרית:



- ✓ ה- TailVaR והגרעון הצפוי שניהם מדדים קוהרנטיים; בפרט, שניהם משקפים את העובדה כי בחיבור השקעות, סיכון מצרפי לעולם אינו גבוה מסכום סיכוני המרכיבים

51

הסתברויות הגירעון וגירעון צפוי – דוגמא

- נניח השקעה בעלת התפלגות תשואה שנתית אחידה (רציפה) בין 0.00 ל- 0.10; נמדוד את סיכון ההשקעה עפ"י הסתברות הגירעון והגירעון הצפוי (ברמת 0.03); פונקצית צפיפות נתונה עפ"י $f(R)=10$ בתחום $0.00\le R\le 0.10$, ו- $f(R)=0$ אחרת
  - ✓ תוחלת התשואה של ההשקעה הנה 0.05
  - ✓ הסתברות הגירעון הנה: $\int_{-\infty}^{L}f(R)dR=\int_{0.00}^{0.03}10\,dR=0.3$ המשמעות: 30% הסתברות של תשואה מתחת ל- 3%
  - ✓ הגירעון הצפוי הנו: $\int_{0.00}^{0.03}10(0.03-R)dR=0.0045$
  - ✓ כלומר: תשואה בגובה 0.45% במידה והתשואה תהיה מתחת ל- 3%; *התוחלת המותנית* הנה 0.0045/0.3 = 1.5%, והגירעון הצפוי מוגדר כאן כתוחלת מותנית כפול הסתברות התחום
  - ✓ שימו לב: תחת ההגדרה הנ"ל, *תוחלת מותנית = גירעון צפוי חלקי הסתברותו*; קיימות גרסאות חלופיות במסגרתן גירעון צפוי מוגדר כתוחלת הגירעון המותנית (1.5% בדוגמא לעיל)

52

מדדי סיכון נוספים

- ובכן ניתן לראות כי במצבים שונים מדדים שונים עשויים להיות מועילים, ועל כן קיימת שורת מדדי סיכון נוספים:
  - ✓ Expected Tail Loss
  - ✓ Tail Conditional Expectation
  - ✓ Conditional VaR
  - ✓ Tail Conditional VaR
  - ✓ Worst Conditional Expectation
- המדדים מהווים גרסאות של גירעון צפוי וערך קיצוני בסיכון, וכולם למעשה מצביעים על סיכויי אי עמידה בקריטריונים מסוימים של ביצועי תיק ההשקעות
- למדדים הללו בד"כ משמעות אינטואיטיבית פשוטה: הסתברות לתשואה מתחת לרמה כלשהי מוגדרת מראש; הבעיה היא חוסר התייחסות להתפלגות מעל לרמה הנ"ל

54

הסתברויות הגירעון וגירעון צפוי – דוגמא

- נניח שתי השקעות עם תשואות שנתיות הבאות:

	הסתברות 1/3	הסתברות 1/3	הסתברות 1/3
השקעה א'	-3%	2%	7%
השקעה ב'	-5%	2%	3%

- איזו השקעה *מסוכנת פחות* (ב- 0% עבור מדדי הגירעון)?
  - ✓ עפ"י שונות התשואה, השקעה ב' מסוכנת פחות (שונות של 12.67 לעומת 16.67, כלומר ל- ב' סיכון נמוך יותר)
  - ✓ עפ"י מדד הסתברות הגירעון, ההשקעות שקולות (1/3)
  - ✓ עפ"י מדד הגירעון הצפוי, הגירעון הנו 1% בשקעה א' ו- 1.67% בהשקעה ב' (בדקו מדוע), ולכן א' מסוכנת פחות
  - ✓ שאלה: איזו תוצאה נראית לכם הכי הגיונית ומדוע?

53

מדדי סיכון ופונקציית תועלת

- מדדי סיכון שונים עשויים להיות מתאימים למשקיעים בעלי פונקציות תועלת שונות; למשל, ניתן להראות כי:
  - *משקיע בעל פונקציית תועלת ריבועית יתנהג עפ"י תורת תוחלת התועלת ויהיה מעוניין בתוחלת ושונות בלבד*
  - ✓ היבט תיאורטי מעניין: ניתן לשחזר פונקציית התועלת של משקיע מתוך העדפותיו באשר למדדי סיכון שונים
  - ✓ בפרט, ידוע כי אם משקיע מעדיף תוחלת וחצי-השונות של ההפסדים בתור מדדי סיכון, אזי הוא בעל פונקציית תועלת שהיא ריבועית מתחת לתוחלת וליניארית מעליה
  - ✓ המשקיע הנ"ל הנו למעשה אדיש לסיכון מעל לתוחלת השקעתו, ואינו מושפע מתנודתיות השקעתו בתחום זה

55

מדדי סיכון ופונקציית תועלת - המשך

- מאידך, משקיעים שמעדיפים מדדי סיכון של גירעון עשויים להיות בעלי פונקציית תועלת שאינה רציפה בנקודת תשואה נדרשת מינימאלית (וגבול הגירעון עבורם ייקבע ברמה הזאת בעקבות חוסר הרציפות)
  - ✓ הערה: פונקציית תועלת שצורתה משתנה ברמות עושר מסוימות מכונה "תלוית מצבים" (state-dependent)
- לסיכום:
  - ✓ קיים קשר הדוק בין מדדי סיכון לצורת פונקציית התועלת
  - ✓ פונקציות תועלת שונות הנן רגישות למדדי סיכון שונים, ומדדי סיכון מועדפים מרמזים על פונקציות תועלת שונות
  - ✓ בפועל, היחס לסיכון הנו שונה אצל פרטים שונים ולכן גם מדדי סיכון שונים יהיו שימושיים עבור משקיעים שונים

56

מדידת סיכונים: סיכום

- לסיכום החלק של מדידת סיכונים פיננסיים:
  - ✓ סיכון מהווה תכונה לא פשוטה של נכסים פיננסיים, ונראה כי תכונה זאת ניתנת לתפיסה בדרכים שונות
  - ✓ מכאן, כתלות בהיבטי סיכון ספציפיים, ניתן להגדיר ולהפעיל מדדי סיכון חלופיים, שונים במידה ניכרת
  - ✓ החלטות ההשקעה המוכתבות ע"י מדדי סיכון שונים עשויות להיות שונות ואף מנוגדות במקרים מסוימים
  - ✓ העדפת מדדי סיכון מסוימים על פני אחרים עשויה להיות קשורה לצורת פונקציית התועלת של המשקיע, כך שניתן לשחזר פונקציית התועלת מ"העדפה נגלית"

57

סיכום כללי

- בשיעור זה הצגנו סקירה כללית של התחום העוסק בסיכון פיננסי, תוך התייחסות לשני היבטים עיקריים:
  1. סוגים ומקורות של סיכונים פיננסיים ויסודות של עיקרון פיזור הסיכונים עפ"י גישת תוחלת/שונות
  2. שיטות חלופיות למדידת סיכונים, מדדים פשוטים ומתקדמים והקשר לצורה של פונקציית התועלת
- בשיעורים הקרובים נתמקד בגישה הבסיסית של תוחלת/שונות ונכיר בהשלכותיה לגבי תיאוריות התנהגות המשקיעים ותמחור נכסים פיננסיים
  - ✓ חשוב לזכור כי בעבודה המעשית נעשה שימוש נרחב במדדים חלופיים של סיכון (כגון VaR ו- TailVaR)

58