תוכנה 1

תרגול 4: חוזים

אסף זריצקי והדס צור

חוזה בין ספק ללקוח

- חוזה בין ספק ללקוח מגדיר עבור כל שרות:
  - תנאי ללקוח - "תנאי קדם" - precondition
  - תנאי לספק - "תנאי אחר" – postcondition.

תנאי קדם (preconditions)

- מגדירים את הנחות הספק
- ההנחות הללו מתארות מצבים של התוכנית שבהם מותר לקרוא לשירות
- במקרים פשוטים (ונפוצים), ההנחות הללו נוגעות רק לקלט שמועבר לשירות
- במקרה הכללי ההנחות הללו מתייחסות גם למצב התוכנית, כגון משתנים גלובליים
- תנאי הקדם יכול להיות מורכב ממספר תנאים שעל כולם להתקיים (AND)

תנאי אחר (postconditions)

- מגדיר את המחויבות של הספק
- אם תנאי הקדם מתקיים, הספק חייב לקיים את תנאי האחר
- ואם תנאי קדם אינו מתקיים? לא ניתן להניח דבר:
  - אולי השרות יסתיים ללא בעיה
  - אולי יוחזר ערך שגוי
  - אולי השרות יתקע בלולאה אינסופית
  - אולי התוכנית תעוף מייד, אולי השרות יסתיים ללא בעיה אך והתוכנית תעוף / תתקע לאחר מכן
  - ...

דוגמא 1

```
/*
 * precondition:
 *            1) arr != null
 *            2) arr.length > 0
 *            3) arr contains only numbers (no NaN or ±infinity)
 *
 * postcondition: Returns the minimal element in arr
 */
public static double min1(double[] arr) {
    double m = Double.POSITIVE_INFINITY;

    for (double x : arr)
        m = (x < m ? x : m);

    return m;
}
```

המימוש אינו בודק את קיומם של תנאי הקדם

מה יקרה אם בקריאה ל- min1 לא יקויימו כל התנאים בתנאי הקדם?

?arr==null

?arr.length == 0

arr מכיל NaN?

arr מכיל Infinity או –Infinity?

דוגמא 2 (אותו קוד, חוזה שונה)

```
/*
 * precondition:  arr != null
 *
 * postcondition:
 *   If ((arr.length==0) || (arr contains only NaNs))
 *          returns Infinity.
 *   Otherwise,  returns the minimal value in arr.
 */
public static double min2(double[] arr) {
    double m = Double.POSITIVE_INFINITY;

    for (double x : arr)
        m = (x < m ? x : m);

    return m;
}
```

בהשוואה לחוזה מדוגמא 1:
חוזה מתירני יותר מבחינת הלקוח

דוגמא 3 (טיפול שונה ב- NaN)

```
/*
 * precondition:  arr != null
 *
 * postcondition: If (arr.length==0) returns Infinity.
 * Otherwise,  if arr contains NaN - returns NaN.
 * Otherwise,  returns the minimal value in arr.
 */
public static double min3(double[] arr) {
    double m = Double.POSITIVE_INFINITY;

    for (double x : arr) {
        if (Double.isNaN(x))
            return x;
        m = (x < m ? x : m);
    }

    return m;
}
```

השוואה לחוזה מדוגמא 2:
טיפול שונה במקרה קצה
(קיום ערכי NaN)

דוגמא 4 (ללא precondition)

מוכן לכל מקרה

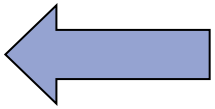
תנאי אחר המגדיר תגובה לכל קלט אפשרי מסבך את הקוד.

```
/*
 * precondition:  true
 *
 * postcondition: If ((arr==null) || (arr.length==0))
 *                    returns NaN
 * Otherwise,  if arr contains only NaN - returns Infinity.
 * Otherwise,  returns the minimal value in arr, ignoring any NaN.
 */
public static double min4(double[] arr) {
    if (arr == null  ||  arr.length == 0)
        return Double.NaN;

    double m = Double.POSITIVE_INFINITY;

    for (double x : arr)
        m = (x < m ? x : m);

    return m;
}
```

תכנון תוכנה למערכת בנקאית

תכנון מערכת תוכנה עוסק במיפוי בין עולם הבעיה ועולם הפתרון

- עולם הבעיה:
  - בנקים
  - לקוחות
  - משיכות, הפקדות
  - חשבונות
  - יתרות



- עולם הפתרון:
  - שפת תכנות
  - עצמים
  - מחלקות
  - שירותים
  - שדות

תכנון מחלקה לייצוג חשבון בנק

- בגישה מכוונת עצמים מייצגים ישויות מעולם הבעיה ע"י ישויות בשפת התכנות
  - כל שם עצם מעולם הבעיה **מועמד** לייצוג ע"י מחלקה
  - יש להיזהר לא להיצמד בקנאות לעולם האמיתי (דוגמא: פקיד בנק שעושה הכל)

- נתכנן מחלקה לייצוג חשבון בנק
  - נהפוך תיאור המילולי של חשבון בנק לרכיב תוכנה עם מצב פנימי וסט פעולות אפשריות
  - תאור הפעולות יתבטא בחוזה (שיעור הבא) ובמתודות המחלקה

המחלקה BankAccount

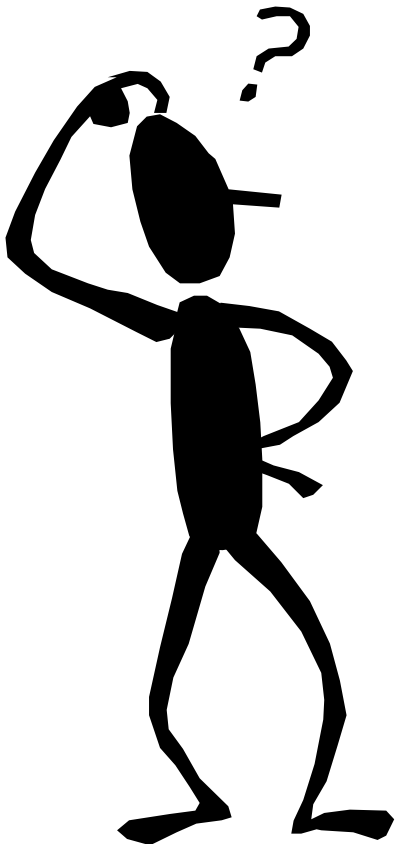
- מייצג חשבון בנק
- באילו פעולות תומך?
  - איזה מידע שומר כדי לאפשר את הפעולות?
- האם קיימים תנאים שהם תמיד נכונים?
  - לכל חשבון יש לקוח
  - לכל חשבון יש מספר מזהה חוקי

שרותי המחלקה

ישנם 3 סוגי שירותים (מתודות, פונקציות, פרוצדורות)

- שאילתות (queries, accessors)
  - מחזירות ערך ללא שינוי המצב הפנימי
  - כגון: בירור יתרה
- פקודות (commands, transformers, mutators)
  - מבצעות שינוי במצב הפנימי של העצם
  - כגון: משיכה, הפקדה
- בנאים (constructors)
  - יצירה ואיתחול של עצם חדש
  - כגון: יצירת חשבון חדש

שאילתות BankAccount



- ברור יתרה:
  - ארגומנטים?
  - מה טיפוס הערך המוחזר?
- פרטים על החשבון:
  - מספר חשבון?
  - פרטים על בעל החשבון?
    - תעודת זהות?
    - גיל?

שאילתות BankAccount

```
public class BankAccount {
    public double getBalance() {
        ???
    }

    public long getAccountNumber() {
        ???
    }

    public Customer getOwner () {
        ???
    }

    ???
    ???
    ???
}
```

שאילתות

מצב פנימי

השאילתות הן מצג לעולם החיצון.

שאילתות BankAccount

```
public class BankAccount {
    public double getBalance() {
        return balance;
    }

    public long getAccountNumber() {
        return accountNumber;
    }

    public Customer getOwner () {
        return owner;
    }

    private double balance;
    private long accountNumber;
    private Customer owner;
}
```

שאילתות

מצב פנימי

- מוסכמה: הגישה לשדה `field` תעשה בעזרת המתודה `getField()`.
- שמירה על מוסכמה זו הכרחית בסביבות GUI Builders ו- JavaBeans

המצב הפנימי

- המצב הפנימי של עצם מיוצג ע"י נתוניו (שדותיו)
  - מאפשר מימוש שאילתות/פקודות
- שדות עצם הם לרוב עם הרשאת גישה **פרטית**
- במקרה של חשבון בנק:
  - מצב פנימי: מכיל מספר חשבון, יתרה ולקוח
  - מאיזה טיפוס?

```
public class BankAccount {
   ...
   private  double    balance;
   private  long      accoutNumber;
   private  Custome   owner;
}
```

getter/setter

- יש חשיבות לגישה לנתונים דרך מתודות. מדוע?
- לא כל שדה עם נראות פרטית (**private**) צריך ציבורי **getter/setter**
- יצירה אוטומטית של שרותים אלו עבור כל שדה פוגמת בעקרון הסתרת המידע
- למשל: עבור השדה **balance**
  - האם דרוש getter?

    כן, זהו חלק מהממשק של חשבון בנק
  - האם דרוש setter?

    לא בהכרח, פעולות של משיכה או הפקדה אמנם משפיעות על היתרה, אבל פעולה של שינוי יתרה במנותק מהן אינה חלק מהממשק

פקודת ה-'להפקיד'

- המתודה: deposit
- סכום הכסף המופקד מתווסף ליתרה בחשבון
  - ארגומנטים?
  - ערך מוחזר?
  - מהן הנחות המימוש?

מוסכמה: שמות פקודות הם שמות פועל

פקודת ה-'להפקיד'

```
/**
 * Makes a deposit to the account
 * @pre   ??????????????????????????????????
 * @post ??????????????????????????????????
 */
public void deposit(double amount) {
   ...;
}
```

פקודת ה-'להפקיד'

```
/**
 * Make a deposit to the account
 * Requires that amount is non-negative
 * Ensures that the balance after the operation is the
 * balance before it plus the amount
 */
public void deposit(double amount) {
  balance += amount;
}
```

פקודת ה-'להפקיד'

```
/**
 * Makes a deposit to the account
 * @pre   amount > 0
 * @post ??????????????????????????????????
 */
public void deposit(double amount)  {
   ...;
}
```

בגישת תכנות לפי חוזה תנאיי הקדם לא יבדקו בגוף המתודה. אחרת: תכנות מתגונן.

פקודת ה-'להפקיד'

```
/**
 * Makes a deposit to the account
 * @pre   amount > 0
 * @post getBalance() == $prev(getBalance()) + amount
 */
public void deposit(double amount) {
   ...;
}
```

מימוש ה-'להפקיד'

```
/**
 * Makes a deposit to the account
 * @pre   amount > 0
 * @post getBalance() == $prev(getBalance()) + amount
 */
public void deposit(double amount)  {
   balance += amount;
}
```

פקודת ה-'למשוך'

- המתודה: withdraw

- סכום הכסף המבוקש יורד מיתרת החשבון. משיכת יתר (אוברדרפט) אינו אפשרי.
  - ארגומנטים?
  - ערך מוחזר?
  - מהן הנחות המימוש?

פקודת ה-'למשוך'

```
/**
 * Withdraw amount from the account
 * Requires 0 < amount <= getBalance()
 * Ensures that the balance after the operation is the
 * balance before it minus the amount
 */
public void withdraw(double amount) {
  balance -= amount;
}
```

פקודת ה-'למשוך'

```
/**
 * Withdraw amount from the account
 * @pre  ??????????????????????????????????
 * @post ??????????????????????????????????
 */
public void withdraw(double amount) {
   ...;
}
```

פקודת ה-'למשוך'

```
/**
 * Withdraw amount from the account
 * @pre   0 < amount <= getBalance()
 * @post ??????????????????????????????????
 */
public void withdraw(double amount) {
   ...
}
```

פקודת ה-'למשוך'

```
/**
 * Withdraw amount from the account
 * @pre   0 < amount <= getBalance()
 * @post getBalance() == $prev(getBalance()) - amount
 */
public void withdraw(double amount)  {
   ...
}
```

פקודת ה-'למשוך'

```
/**
 * Withdraw amount from the account
 * @pre   0 < amount <= getBalance()
 * @post getBalance() == $prev(getBalance()) - amount
 */
public void withdraw(double amount) {
  balance -= amount;
}
```

דיון – העברה בנקאית

מספר חלופות למימוש העברת סכום מחשבון לחשבון:

- אפשרות א: מתודה סטטית שתקבל שני חשבונות בנק ותבצע ביניהם העברה:

```
/**
 * Make a transfer of amount from one account to the other
 * Requires ...?
 * Ensures ...?
 */
public static void transfer(double amount,
                            BankAccount from,
                            BankAccount to) {
    from.withdraw(amount);
    to.deposit(amount);
}
```

דיון – העברה בנקאית

מספר חלופות למימוש העברת סכום מחשבון לחשבון:

- אפשרות א: מתודה סטטית שתקבל שני חשבונות בנק ותבצע ביניהם העברה:

```
/**
 * Make a transfer of amount from one account to the other
 * Requires 0 < amount <= from.getBalance()
 * Ensures that amount has been deducted the 'from' account and added to
 * the 'to' account
 */
public static void transfer(double amount,
                            BankAccount from,
                            BankAccount to) {
    from.withdraw(amount);
    to.deposit(amount);
}
```

דיון – העברה בנקאית

- אפשרות ב:

```
/**
 * Makes a transfer of amount from the current account to
 * the other one
 */
public void transferTo(double amount,
                       BankAccount other) {
    other.deposit(amount);
    balance -= amount;
}
```

דיון – העברה בנקאית

- אפשרות ג: העמסת withdraw ו/או deposit שיקבלו שני ארגומנטים (סכום והפנייה לחשבון נוסף):

```
/**
 * Make a transfer of amount from other to the current account
 */
public void deposit(double amount, BankAccount other) {
    other.withdraw(amount);
    balance += amount;
}
```

שמורת המחלקה (Class Invariant)

- צריכה להתקיים "תמיד"
  - לפני ואחרי ביצוע כל מתודה ציבורית
  - אחרי הבנאי
- במחלקה חשבון בנק:
  - חשבון חייב להיות עם יתרה אי שלילית
  - לכל חשבון קיים מספר מזהה במערכת
  - לכל חשבון יש בעלים

שמורת BankAccount

```
/**
 * @inv getBalance() >= 0
 * @inv getAccountNumber() > 0
 * @inv getOwner() != null
 */
public class BankAccount {
  ...
}
```

BankAccount בנא'

```
/**
 * Constructs a new account and sets its owner and identifier
 * @pre  ????????
 * @pre  ????????
 * @post ????????
 * @post ????????
 * @post ????????
 */
public BankAccount(Customer customer, long id) {
   accountNumber = id;
   owner = customer;
}
```

BankAccount בנא'

```
/**
 * Constructs a new account and sets its owner and identifier
 * @pre id > 0
 * @pre customer != null
 * @post ????????
 * @post ????????
 * @post ????????
 */
public BankAccount(Customer customer, long id) {
   accountNumber = id;
   owner = customer;
}
```

BankAccount בנאי

```
/**
 * Constructs a new account and sets its owner and identifier
 * @pre id > 0
 * @pre customer != null
 * @post getOwner() == customer
 * @post getAccountNumber() == id
 * @post getBalance() == 0
 */
public BankAccount(Customer customer, long id) {
   accountNumber = id;
   owner = customer;
}
```