



תוכנה 1 בשפת Java

שיעור מספר 2: מערכים, העמסה

בית הספר למדעי המחשב
אוניברסיטת תל אביב

מענה מרוכז לשאלות מהשבוע האחרון

■ חומרים של הקורס "מבוא מורחב למדעי המחשב":

<http://tau-cs1001-py.wikidot.com/previous-2022b>

■ בעיית הרשאות לשרת ה nova:

[https://moodle.tau.ac.il/mod/forum/discuss.php?
d=5072](https://moodle.tau.ac.il/mod/forum/discuss.php?d=5072)

■ בעיה בהרצת הפקודה udocker-copy

[https://moodle.tau.ac.il/mod/forum/discuss.php?
d=6355#p7392](https://moodle.tau.ac.il/mod/forum/discuss.php?d=6355#p7392)

הגשת תרגילי בית



טיפוסים שאינם יסודיים ומערכים

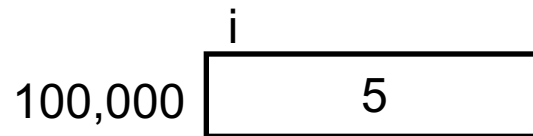
משתנים שאינם יסודיים (non primitive variables)

- פרט ל-8 הטיפוסים שסקרנו עד כה, כל שאר הטיפוסים ב Java אינם פרימיטיביים
- הספרייה התקנית של Java מכילה יותר מ-3000 טיפוסים (!) ואנו כמתכנתים נשתמש בהם ואף ניצור טיפוסים חדשים
- מערכים ומחרוזות אינם טיפוסים יסודיים, אולם מכיוון שאנו שנזדקק להם כבר בשיעורים הקרובים נדון בקצרה בטיפוסי הפנייה
- משתנה מטיפוס שאינו יסודי נקרא **הפנייה** (reference type)
 - לעיתים נשתמש בכינויים שקולים כגון: התייחסות, מצביע, מחוון, פוינטר
 - בשפות אחרות (למשל C++) יש הבדל בין המונחים השונים, אולם ב Java כולם מתייחסים למשתנה שאינו יסודי

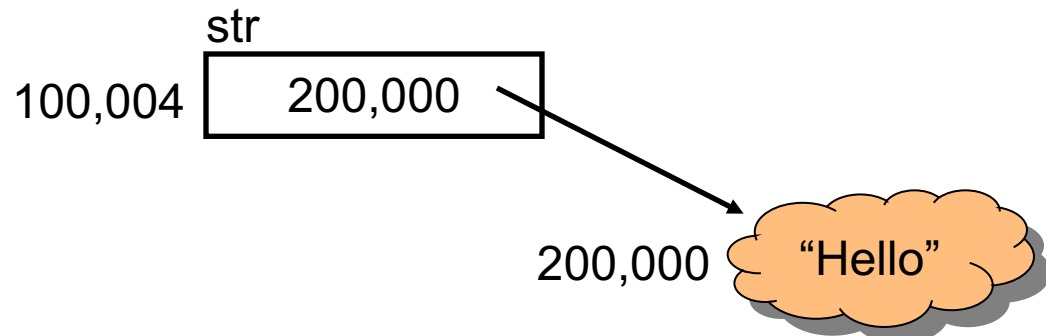
הפניות ומשתנים יסודיים

- ביצירת משתנה מטיפוס יסודי אנו יוצרים מקום בזיכרון בגודל ידוע שיכול להכיל ערך מטיפוס מסוים
- ביצירת משתנה הפנייה אנו יוצרים מקום בזכרון, שיכול להכיל כתובת של מקום אחר בזכרון שם נמצא תוכן כלשהו

⇒ `int i = 5;`



⇒ `String str = "Hello"`



הפניות ועצמים

■ **המשתנה `str` נקרא הפנייה, התוכן שעליו הוא מצביע נקרא עצם (object)**

■ **אזור הזיכרון שבו נוצרים עצמים שונה מאזור הזיכרון שבו נוצרים משתנים מקומיים והוא מכונה Heap (זיכרון ערימה)**

■ **למה חץ?**

■ **מכיוון ש Java לא מרשה למתכנת לראות את התוכן של משתנה מטיפוס הפנייה (בשונה משפת C)**

■ **למה ענן?**

■ **מכיוון שאנו לא יודעים את מבנה הזיכרון שבו מיוצגים טיפוסים שאינם יסודיים**

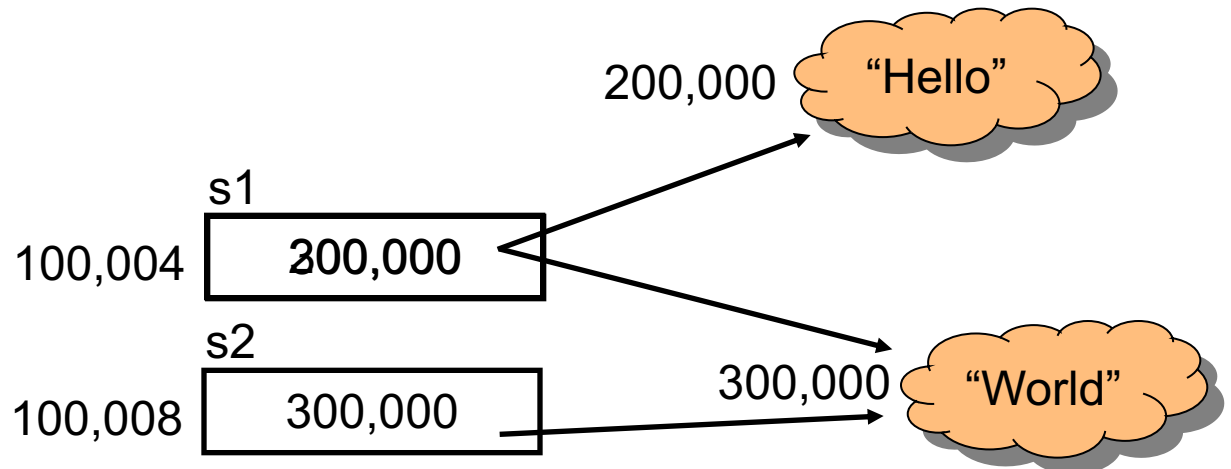
פעולות על הפניות

■ השמה למשתנה הפנייה שמה ערך חדש במשתנה
ההפנייה ללא קשר לעצם המוצבע!

⇒ String s1 = "Hello";

⇒ String s2 = "World";

⇒ s1 = s2;



ערך null

- ניתן לייצר משתנה הפנייה ללא אתחולו. כמו ביצירת משתנה פרימיטיבי ערכו יהיה זבל, ולא ניתן יהיה לגשת אליו
- ניתן להשים למשתנה הפנייה את הערך null (לא מוגדר). כך ניתן יהיה לגשת אליו בהמשך כדי לבדוק אם אותחל

str
100,004 !@#%\$%

isInitialized
100,008 true

⇒ String str;

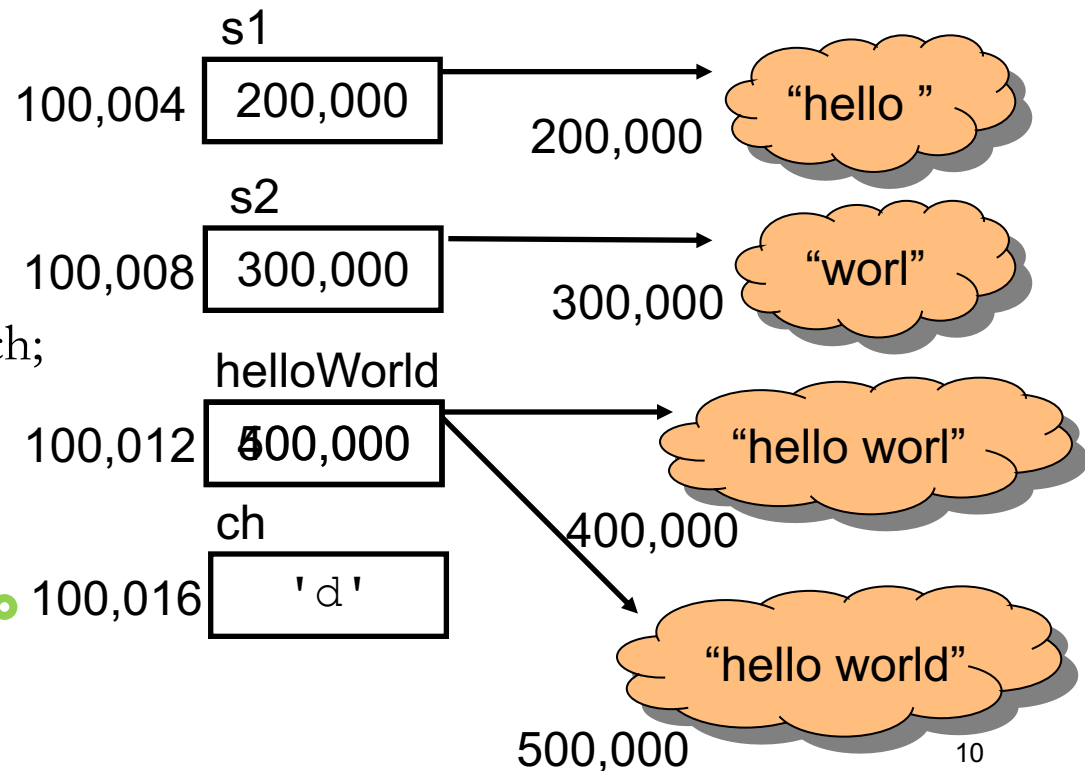
⇒ str = null;

⇒ boolean isInitialized = (str == null);

שרשור מחרוזות

כאשר אחד האופרנדים של אופרטור ה '+' הוא מחרוזת, הוא מתרגם את כל שאר האופרנדים למחרוזת ומייצר מחרוזת חדשה שהיא שרשור כל המחרוזות

```
String s1 = "hello ";  
String s2 = "worl";  
String helloWorld = s1 + s2;  
char ch = 'd';  
helloWorld = helloWorld + ch;
```



מה באמת כתוב בתא ch?

פניה לעצם המוצבע

עד עכשיו כל הפעולות שבצענו היו על ההפנייה. איך ניגשים לעצם המוצבע?

אופרטור '!' (הנקודה) מאפשר גישה לעצם המוצבע

מה עושים עם זה?

■ אפשר לבקש **בקשות**

■ אפשר לשאול **שאלות** (ולקבל תשובות)

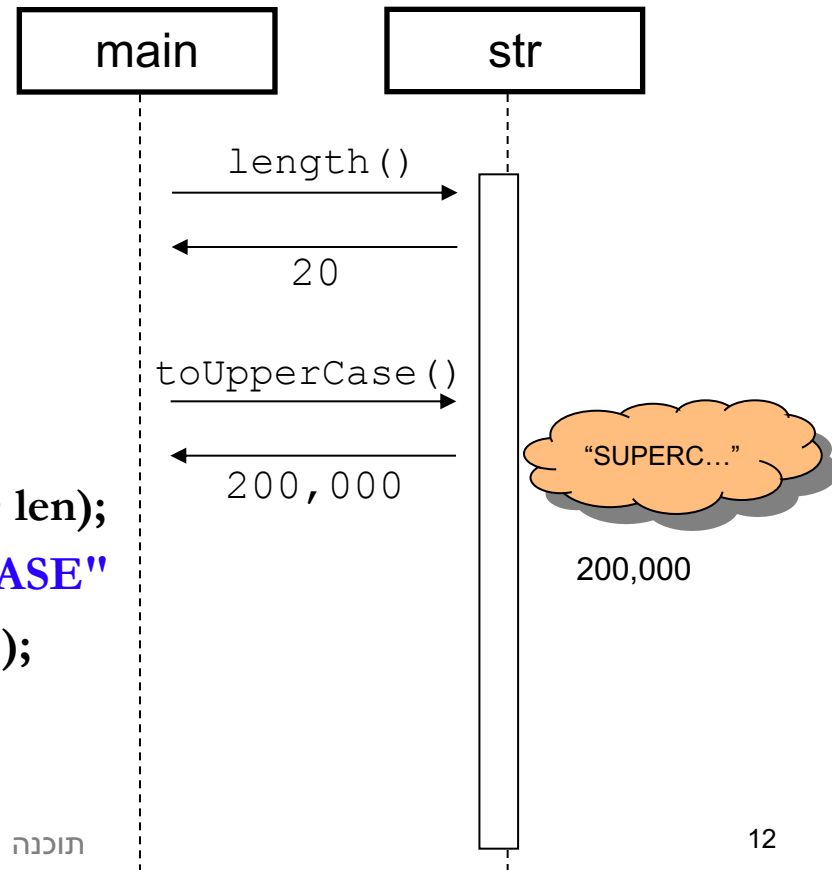
■ לעיתים רחוקות אפשר לגשת **למאפיינים פנימיים** ישירות

הבקשות השאלות והמאפיינים הפנימיים משתנים מעצם לעצם לפי טיפוסו (אם כי יש מספר קטן של בקשות שאפשר לבקש מכל עצם ב Java)

דוגמא

בדוגמא הבאה נשאל עצם מחרוזת לאורכו, ואח"כ נבקש ממנו לייצר גירסת Uppercase של עצמו. לסיום נדפיס את התוצאות:

```
public class StringExample {  
  
    public static void main(String[] args) {  
        String str = "SupercaliFrajalistic";  
        int len = str.length();  
        String upper = str.toUpperCase();  
        System.out.println("String length is " + len);  
        System.out.println("String in UPPERCASE"  
            + "is " + upper + "");  
    }  
}
```



מערכים

- מייצג סדרת משתנים מאותו הטיפוס (בין אם פרימיטיבי או הפניה).
- לדוגמא: מערך של איברים מטיפוס `int`:

2	3	5	7	11	13	17	19	23	29
---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

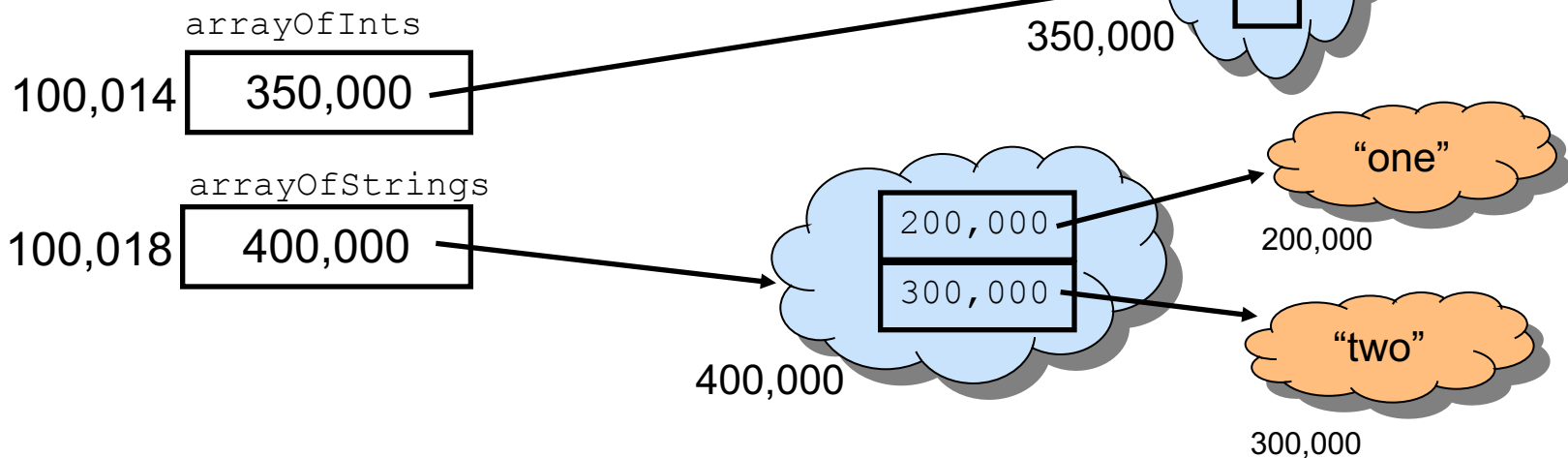
- תאים במערך יושבים בדרך כלל ברצף בזיכרון (Java רצה על מכונה וירטואלית!) כך שגישה סידרתית אליהם עשויה להיות יעילה
- מערך אינו זהה לטיפוס `list` שאתם מכירים ב `Python`!

מערכים

- גם מערכים אינם חלק מהטיפוסים היסודיים של Java ועל כן משתנה מערך הוא מטיפוס הפנייה
- כדי לציין שמשתנה הוא מטיפוס מערך נשתמש בסוגריים המרובעים ("מרובעיים")

```
int [] arrayOfInts = {1,2,3};
```

```
String [] arrayOfString = {"one", "two"};
```

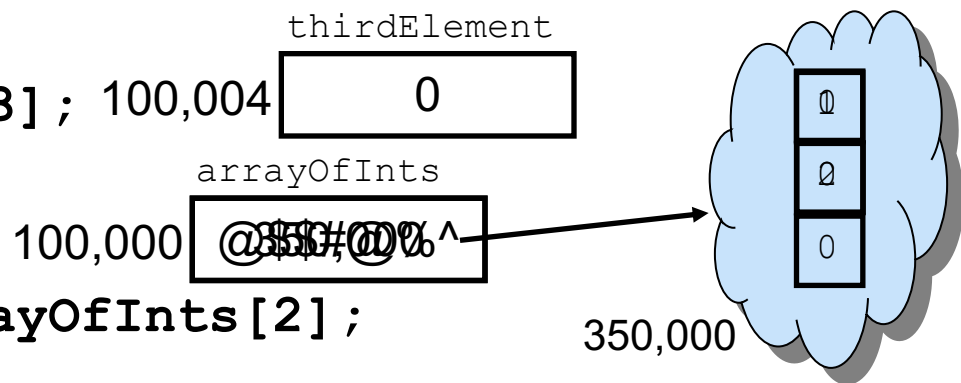


מערכים

- נשים לב להבדל בין מערכים של טיפוס פרימיטיבי ומערך של טיפוס הפנייה:
 - במערכים של טיפוסים פרימיטיביים, הערכים הפרימיטיביים יושבים **במערך עצמו** (במקום שהוקצה לו בזכרון)
 - במערכים של טיפוס הפנייה, הערכים הנמצאים במערך הן **הפניות** לעצמים הנמצאים במקום אחר בזכרון
- בשקף הקודם ראינו **אתחול** של מערך בעזרת שימוש בסוגריים מסולסלים. אם נרצה להפריד בין יצירת ההפנייה ואתחולה (יצירת עצם המערך) יש להשתמש באופרטור `new`
- כדי לגשת לאיבר מסוים במערך (קריאה או כתיבה) נשתמש באופרטור הסוגריים המרובעים

יצירת עצם מטיפוס מערך וגישה לאיבריו

```
int [] arrayOfInts;  
arrayOfInts = new int[3];  
arrayOfInts[0] = 1;  
arrayOfInts[1] = 2;  
int thirdElement = arrayOfInts[2];
```



אברי מערך שהוקצה ע"י `new` מאותחלים אוטומטית לפי טיפוסם:

- טיפוס הפנייה מאותחל ל- `null`
- הטיפוסים הפרימיטיביים השלמים מאותחלים ל-0
- הטיפוסים הפרימיטיביים הממשיים מאותחלים ל-0.0
- הטיפוסים הפרימיטיבי `boolean` מאותחלים ל- `false`
- הטיפוסים הפרימיטיבי `char` מאותחל לתו שערך ה `Unicode` שלו הוא 0

ניתן לשאול מערך לאורכו

- אורכו של מערך, הוא מאפיין פנימי אשר ניתן לגשת אליו ישירות בעזרת אופרטור הנקודה

```
int [] arrayOfInts = {1,2,3};  
System.out.println("The size of my array is " +  
arrayOfInts.length);
```

הפניות ואופרטור ההשוואה (==)

■ אופרטור ההשוואה (==) כאשר הוא מופעל על משתני הפניה, משווה את ההפניות (הכתובות המופיעות בהן) ולא את העצמים המוצבעים:

```
int [] arr1 = {1,2,3};
```

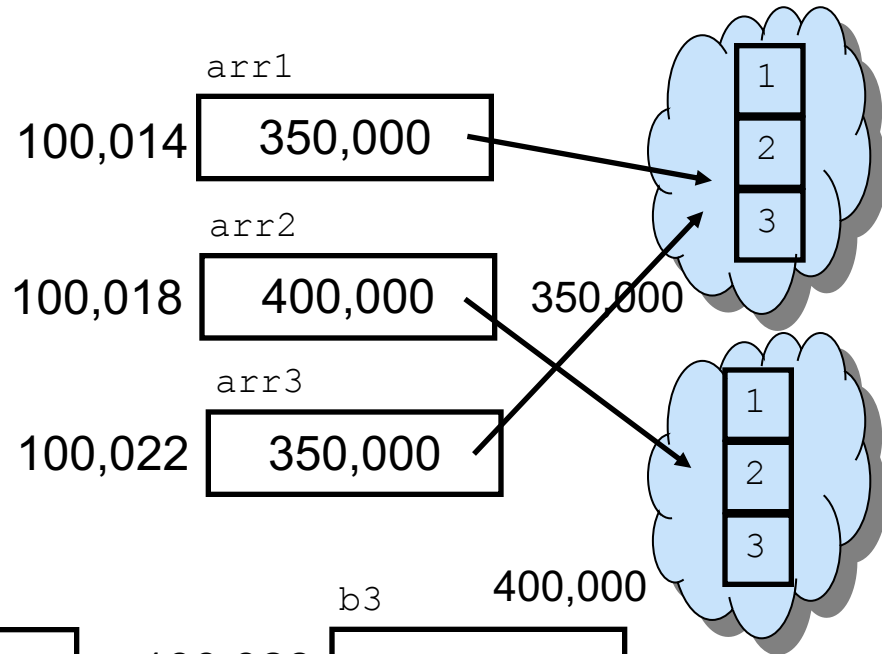
```
int [] arr2 = {1,2,3};
```

```
int [] arr3 = arr1;
```

```
boolean b1 = (arr1 == arr2);
```

```
boolean b2 = (arr2 == arr3);
```

```
boolean b3 = (arr1 == arr3);
```



b1
100,026 false

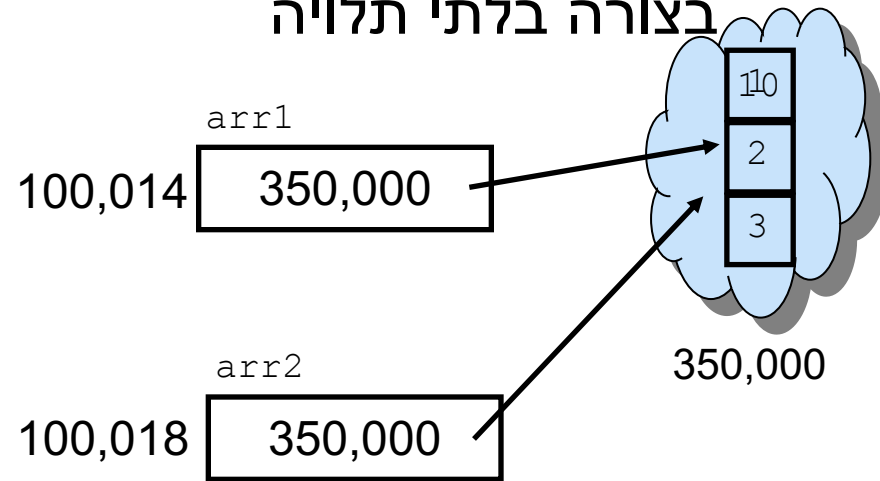
b2
100,027 false

b3
100,028 true

שיתוף (sharing, aliasing)

- אם שתי הפניות מצביעות לאותו עצם, העצם הוא משותף לשתייהן. אין עותק נפרד לכל הפנייה
- כל אחת מההפניות יכולה לשנות את העצם המשותף המוצבע בצורה בלתי תלויה

```
int [] arr1 = {1,2,3};  
int [] arr2 = arr1;  
arr2[0] = 10;  
System.out.println(arr1[0]);  
// מה יודפס ?
```



הפרוטקציה של מערכים ומחרוזות

מכיוון שמחרוזות ומערכים הם טיפוסים מאוד שכיחים ושימושיים בשפה, הם קיבלו "יחס מועדף", שתי תכונות שאין לאף טיפוס אחר בשפה:

■ פטור מ- `new`

■ לא ניתן ב Java לייצר עצם ללא שימוש מפורש באופרטור `new`
אבל

■ ניתן ליצור עצם מחרוזת ע"י שימוש בסימן המרכאות ("`hello`"), ניתן ליצור עצם מערך ע"י שימוש במסולסליים (`{1, 2, 3}`)

■ הפניות ואופרטורים

■ על משתנה מטיפוס הפניה אפשר לבצע רק השמה (אופרטור '='), השוואה (אופרטור '==') או גישה לעצם (אופרטור '.')
אבל

■ על מערך ניתן גם לבצע גישה לאיבר (`[]`), על מחרוזת ניתן לבצע גם שרשור (+)

מבני בקרה

If/Else

```
public class IfElse {  
    public static void main(String[] args) {  
        int num = Integer.parseInt(args[0]);  
        if (num % 2 == 0) {  
            System.out.println("*");  
        }  
        else {  
            if (num % 5 == 0) {  
                System.out.println("***");  
            }  
            else {  
                System.out.println("****");  
            }  
        }  
    }  
}
```

מה יודפס עבור הקלטים הבאים:

9, 10, 5, 2

?

If/Else

```
public class IfElse {
    public static void main(String[] args) {
        int num = Integer.parseInt(args[0]);
        if (num % 2 == 0) {
            System.out.println("*");
        }
        if (num % 5 == 0) {
            System.out.println("**");
        }
        else {
            System.out.println("***");
        }
    }
}
```

כיצד תשתנה ריצת התוכנית לאחר השינוי הבא?

אופרטור התנאי

■ נקרא גם אופרטור טרנרי (Ternary Operator):

ב Python:

```
x = 1 if y == 0 else 8
```

ב Java:

```
int x = y == 0 ? 1 : 8
```

ההשמות יכולות להיות גם תוצאות של חישובים והפעלות של פונקציות.

```
i = i > 0 ? func1(i) : func2(i);
```


ריבוי תנאים (switch)



→ `System.out.print("Your grade is: ");` קיים תחביר מיוחד לריבוי תנאים:

```
→ switch (grade) {  
    case 100:  
        System.out.println("A+");  
    case 90:  
        System.out.println("A");  
    case 80:  
        System.out.println("B");  
    case 70:  
        System.out.println("C");  
    case 60:  
        System.out.println("D");  
}  
...
```

ארגומנט ה **switch** יכול להיות
byte, short, int, char, String
או טיפוס מניה (יוסבר בהמשך
הקורס)

מתבצעת השוואה בינו ובין כל
אחד מערכי ה **case** ומתבצעת
קפיצה לשורה המתאימה אם
קיימת

לאחר הקפיצה מתחיל ביצוע
סדרתי של המשך התוכנית, תוך
התעלמות משורות ה **case**

מה יודפס עבור grade שהוא 60?

מה יודפס עבור grade שהוא 70?

ריבוי תנאים (break)

```
System.out.print("Your grade is: ");
```

```
switch(grade) {  
    case 100:  
        System.out.println("A+");  
        break;  
    case 90:  
        System.out.println("A");  
        break;  
    case 80:  
        System.out.println("B");  
        break;  
    case 70:  
        System.out.println("C");  
        break;  
    case 60:  
        System.out.println("D");  
        break;
```

```
}  
...
```

ניתן לסיים משפט `switch` לאחר
ההתאמה הראשונה, ע"י המבנה `break`

מה יודפס עבור `grade` שהוא 70?

מה יודפס עבור `grade` שהוא 50?


שימוש במבנה `default` (ברירת מחדל)
נותן מענה לכל הערכים שלא הופיעו ב
`case` משלהם

מקובל למקם את ה `default` כאפשרות
האחרונה

ריבוי תנאים (default)



```
System.out.print("Your grade is: ");
```



```
switch(grade) {  
    case 100:  
        System.out.println("A+");  
        break;  
    case 90:  
        System.out.println("A");  
        break;  
    case 80:  
        System.out.println("B");  
        break;  
    case 70:  
        System.out.println("C");  
        break;  
    case 60:  
        System.out.println("D");  
        break;  
    default:  
        System.out.println("F");
```

```
}  
...
```

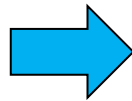


מה יודפס עבור grade שהוא 50?

בתכנות מונחה עצמים נשתדל להימנע משימוש ב switch

ריבוי תנאים

```
int numLetters = 0;
String day = args[0];
switch (day) {
    case "MONDAY":
    case "FRIDAY":
    case "SUNDAY":
        numLetters = 6;
        break;
    case "TUESDAY":
        numLetters = 7;
        break;
    case "THURSDAY":
    case "SATURDAY":
        numLetters = 8;
        break;
    case "WEDNESDAY":
        numLetters = 9;
        break;
    default:
        System.err.println("Illegal day "
            + day);
}
System.out.println(numLetters);
```



```
int numLetters = 0;
String day = args[0];
switch (day) {
    case "MONDAY", "FRIDAY", "SUNDAY":
        numLetters = 6;
        break;
    case "TUESDAY":
        numLetters = 7;
        break;
    case "THURSDAY", "SATURDAY":
        numLetters = 8;
        break;
    case "WEDNESDAY":
        numLetters = 9;
        break;
    default:
        System.err.println("Illegal day "
            + day);
}
System.out.println(numLetters);
```

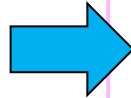
ריבוי תנאים (Switch)

- עד Java 15 – קיים תחביר עבור פקודות (statements).
- החל מ Java 15 קיים גם עבור ביטויים (expressions). המשמעות היא שבלוק ה switch יכול גם להחזיר ערכים.

ריבוי תנאים כביטויים

Statement

```
int numLetters = 0;
String day = args[0];
switch (day) {
    case "MONDAY", "FRIDAY", "SUNDAY":
        numLetters = 6;
        break;
    case "TUESDAY":
        numLetters = 7;
        break;
    case "THURSDAY", "SATURDAY":
        numLetters = 8;
        break;
    case "WEDNESDAY":
        numLetters = 9;
        break;
    default:
        System.err.println("Illegal day "
            + day);
}
System.out.println(numLetters);
```

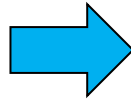


Expression

```
String day = args[0];
int numLetters = switch (day) {
    case "MONDAY", "FRIDAY", "SUNDAY":{
        yield 6;
    }
    case "TUESDAY": {
        yield 7;
    }
    case "THURSDAY", "SATURDAY":{
        yield 8;
    }
    case "WEDNESDAY":{
        yield 9;
    }
    default:{
        System.err.println("Illegal day " +
            day);
        yield 0;
    }
};
System.out.println(numLetters);
```

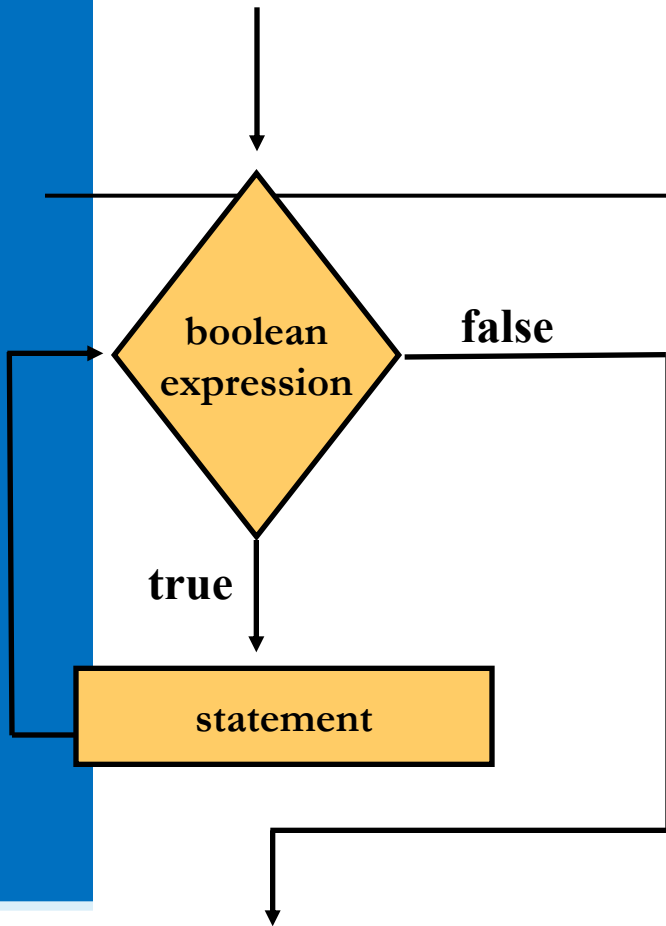
ריבוי תנאים כביטויים

```
String day = args[0];
int numLetters = switch (day) {
    case "MONDAY", "FRIDAY", "SUNDAY":{
        yield 6;
    }
    case "TUESDAY": {
        yield 7;
    }
    case "THURSDAY", "SATURDAY":{
        yield 8;
    }
    case "WEDNESDAY":{
        yield 9;
    }
    default:{
        System.err.println("Illegal day "
            + day);
        yield 0;
    }
};
System.out.println(numLetters);
```



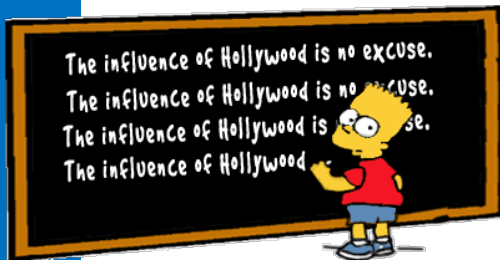
```
String day = args[0];
int numLetters = switch (day) {
    case "MONDAY", "FRIDAY",
    "SUNDAY" -> 6;
    case "TUESDAY" -> 7;
    case "THURSDAY", "SATURDAY" -> 8;
    case "WEDNESDAY" -> 9;
    default -> {
        System.err.println("Illegal day " +
            day);
        yield 0;
    }
};
System.out.println(numLetters);
```

משפט while



```
while ( <boolean_expression> )  
<statement>
```

- ביצוע משפט ה while נעשה כך:
- .1 הביטוי `<boolean_expression>` מחושב:
 - אם ערכו `false` מדלגים על `<statement>` (גוף הלולאה - משפט או בלוק משפטים)
 - אם ערכו `true` מבצעים את גוף הלולאה וחוזרים ל- (1)



דוגמא ללולאת while

```
int cnt = 0;
while (cnt < 5) {
    System.out.println("Java is the best!");
    cnt++;
}
```

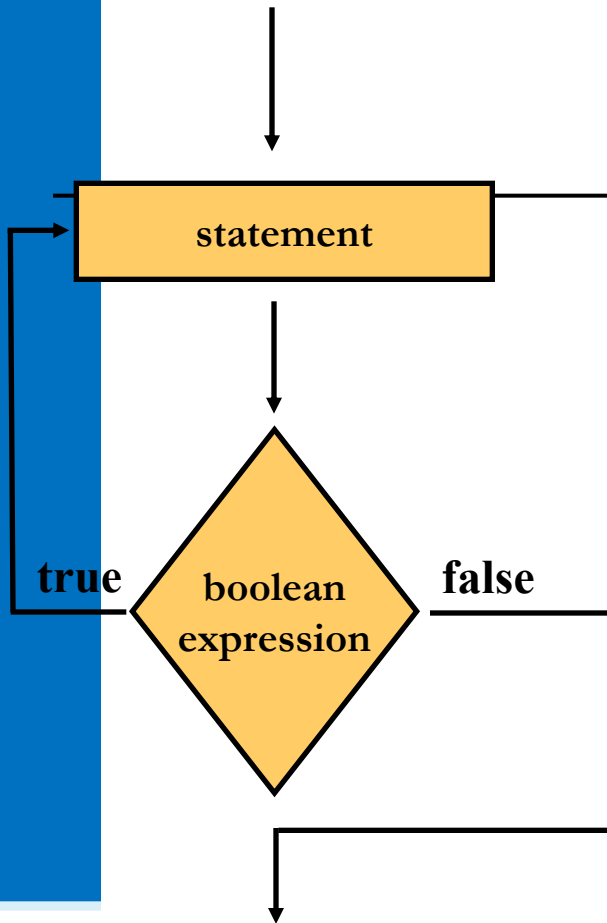
אף על פי שהדוגמא פשוטה, נמצאים בה כל מרכיבי הלולאה:

- הגדרת משתנה עזר ואתחולו
- בדיקת תנאי עצירה (שנמשיך?)
- ביצוע איטרציה נוספת
- קידום משתנה העזר

מוסכמות:

- משתני עזר מאותחלים ל- 0
- בדיקת הסיום היא בעזרת האופרטור < על מספר האיטרציות המבוקש

משפט do



```
do
  <statement>
while ( <boolean_expression> );
```

- כאן התנאי מחושב לאחר ביצוע גוף הלולאה
- לכן גוף הלולאה מתבצע לפחות פעם אחת
- לפעמים מאפשר לחסוך כתיבת שורה לפני הלולאה

■ נתרגם את לולאת ה- **while** מהשקף הקודם ללולאת **do-while**

משפט do

```
int cnt = 0;
do {
    System.out.println("Java is the best!");
    cnt++;
}
while (cnt < 5);
```

הבחירה בין השימוש במשפט **do** לשימוש במשפט **while** (במקרים שבהם ידוע בוודאות שיהיה לפחות מחזור אחד של הלולאה) היא עניין של טעם אישי

משפט for

- במשפט ה **while** ראינו את 4 יסודות הלולאה
- אולם תחביר הלולאה כפי שמופיע ב **while** אינו תומך ישירות בהגדרת משתנה עזר, באתחולו ובקידומו
- המתכנתת צריכה להוסיף קוד זה לפני הלולאה או בתוכה
- תחביר משפט **for** כולל את 4 יסודות הלולאה:

```
for (<initialize> ; <boolean_expression> ; <increment> )  
    <statement>
```

משפט for

```
for (int cnt = 0; cnt < 5; cnt++) {  
    System.out.println("Java is the best!");  
}
```

הגדרת משתנה עזר ואתחולו – משתנה זה מוגדר אך ורק בתחום לולאת ה for ואינו נגיש לאחריו

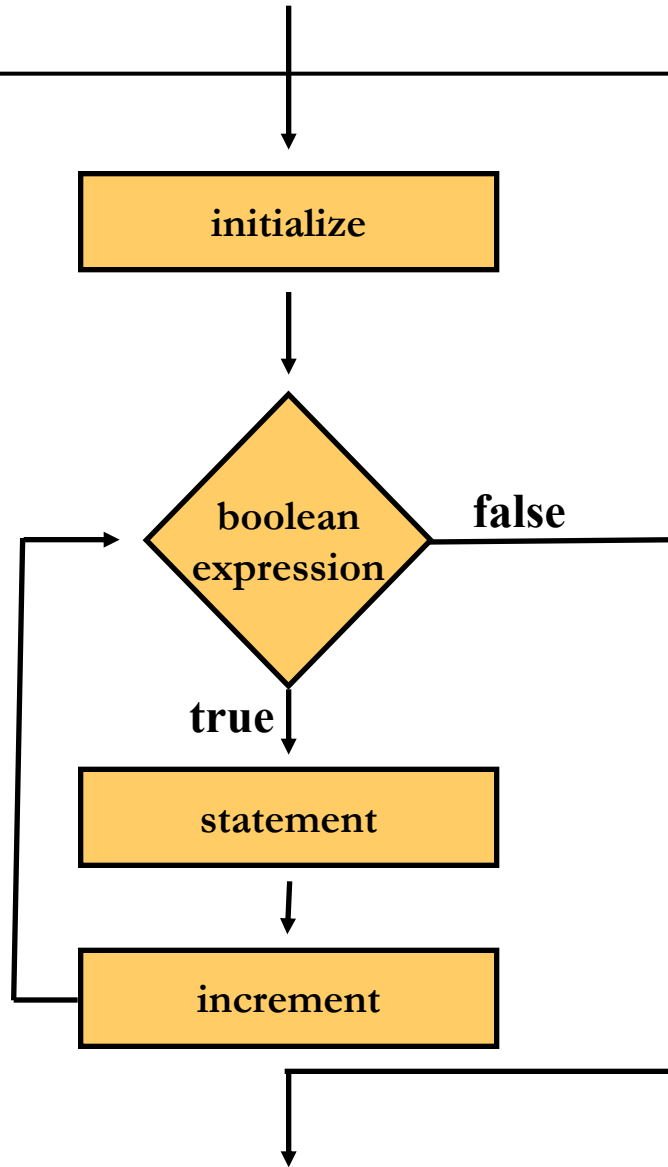
בדיקת תנאי עצירה (שנמשיך?)

גוף הלולאה – ביצוע איטרציה נוספת

קידום משתנה העזר



for (<initialize> ; < boolean_expression> ; <increment>)
<statement>



משפט for

■ לולאת ה for:

```
for (<initialize> ; <boolean_expression> ; <increment> )  
    <statement>
```

כמעט שקולה לולאת ה while:

```
<initialize> ;  
while <boolean_expression> {  
    <statement> ;  
    <increment>  
}
```

משפט for

החלקים <increment> ו <initialize> יכולים להכיל יותר ממשפט אחד, מופרדים בפסיקים. לדוגמא: ■

שתי הצהרות של שלמים (תחביר כללי לסדרת הצהרות מופרדות בפסיק, של משתנים מאותו טיפוס): ■

```
for (int i = 0, j = 10; i < 10 ; i++, j-- )  
    sum += i * j ;
```

הדפסה במשפט <initialize> : ■

```
int cnt;  
for(cnt = 0 , System.out.println("Starting a loop");  
    cnt<5; cnt++) {  
    System.out.println("Java is the best!");  
}
```

למרות שמו, יכול <increment> לטפל לא רק בהגדלת מספרים, אלא גם (למשל) להתקדם בסריקה של מבנה נתונים (דוגמאות בהמשך) ■

break/continue

■ Break

- ביצוע משפט break גורם ליציאה מיידית מהמבנה המכיל אותו (משפט while, do, for, switch)

- ראינו דוגמא במשפט switch, שם זה שימושי מאד

■ Continue

- ביצוע משפט זה גורם ליציאה מיידית מהאיטרציה הנוכחית של הלולאה, ולהתחיל מייד את האיטרציה הבאה

- יכול להופיע רק בתוך לולאה (משפט while, do, for)



ההבדל בין continue ל- break

נציג שתי גרסאות למשחק "2-בום" ■

```
for ( int i = 1; i < 10; i++ ) {  
    if ( i % 2 == 0 )  
        break;  
    System.out.println(i);  
}  
System.out.println("The End");
```

"נריץ" את גרסת ה- break ■



ההבדל בין continue ל- break

■ גרסת continue למשחק "2-בום"

```
for ( int i = 1; i < 10; i++ ) {  
    if ( i % 2 == 0 )  
        continue;  
    System.out.println(i);  
}  
System.out.println("The End");
```

■ וכו'...



לולאות מקוננות

■ גוף הלולאה יכול להיות לולאה בעצמו

■ נדפיס את לוח הכפל:

```
for ( int i = 1; i <= 10; i++ ) {  
    for ( int j = 1; j <= 10; j++ )  
        System.out.print(i*j + "\t");  
    System.out.println();  
}
```

break ו-continue מתויגים

■ קיימת צורה נוספת של break ו-continue שכוללת תווית, ומאפשרת לצאת ממבנה כלשהו, לאו דווקא המבנה העוטף הסמוך

■ הדבר שימושי ביותר ביציאה מלולאות מקוננות פרטים בתיעוד הרשמי:

■ <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/nutsandbolts/branch.html>

לולאות ומערכים

- לולאות שימושיות ביותר בעבודה עם מערכים
- להלן קטע קוד שמחשב את סכום אברי המערך `arr`:

```
double [] arr = {1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0};
double sum = 0.0;
for (int i=0; i<arr.length; i++){
    sum += arr[i];
}
System.out.println("arr sum is: " + sum);
```

foreach

- ביצוע פעולה מסוימת על כל אברי מערך היא פעולה שכיחה כל כך עד שב-Java5 ניתן לה תחביר מיוחד המכונה foreach (או for/in)
- בתחביר זה הקומפיילר מייצר את העבודה עם משתנה העזר בצורה אוטומטית מאחורי הקלעים
- קטעי הקוד הבאים שקולים:

```
for (int i=0; i<arr.length; i++){  
    sum += arr[i];  
}
```

שקול ל-

```
for (double d : arr) {  
    sum += d;  
}
```

קראו את זה כך: "לכל איבר d מטיפוס double שבמערך arr בצע..."

לולאת foreach

- לולאת ה foreach היא לא רק קצרה יותר מלולאת ה for, אלא היא דוגמא להפשטה (abstraction) של מבנה תחבירי

- כאשר הפרטים אינם מופיעים בצורה מפורשת, הדבר נותן חופש לכותב ה JVM לממש את הלולאה כרצונו. לדוגמא:
 - מעבר סדרתי בסדר כלשהו
 - ביצוע מקבילי

- מה עושה קטע הקוד הבא?

```
for (int i : arr)
    i++;
```




שירותי מחלקה והעמסה

שרותי מחלקה (static methods)

בדומה לשיגרה (פרוצדורה, פונקציה) בשפות תכנות אחרות, שרות מחלקה הוא סדרת משפטים שניתן להפעילה ממקום אחר בקוד של ג'אווה ע"י קריאה לשרות, והעברת אפס או יותר ארגומנטים

שירותים כאלה מוכרזים על ידי מילת המפתח **static** כמו למשל:

```
public class MethodExamples {  
  
    public static void printMultipleTimes(String text, int times) {  
        for(int i=0; i<times; i++)  
            System.out.println(text);  
    }  
  
}
```

נתעלם כרגע מההכרזה **public**

הגדרת שרות

■ התחביר של הגדרת שרות הוא:

```
<modifiers> <type> <method-name> ( <paramlist> ) {  
    <statements>  
}
```

■ **<modifiers>** הם 0 או יותר מילות מפתח מופרדות ברווחים (למשל public static)

■ **<type>** מציין את טיפוס הערך שהשרות מחזיר

■ **void** מציין שהשרות אינו מחזיר ערך

■ **<paramlist>** רשימת הפרמטרים הפורמליים, מופרדים בפסיק, כל אחד מורכב מ**טיפוס הפרמטר ושמו**

החזרת ערך משרות ומשפט return

■ משפט **return**:

return <optional-expression>;

■ ביצוע משפט **return** מחשב את הביטוי (אם הופיע), מסיים את השרות המתבצע כרגע וחוזר לנקודת הקריאה

■ אם המשפט כולל ביטוי ערך מוחזר, ערכו הוא הערך שהקריאה לשרות תחזיר לקורא


■ טיפוס הביטוי צריך להיות תואם לטיפוס הערך המוחזר של השרות

■ אם טיפוס הערך המוחזר מהשרות הוא **void**, משפט ה- **return** לא יכלול ביטוי, או שלא יופיע משפט **return** כלל, והשרות יסתיים כאשר הביצוע יגיע לסופו

דוגמא לשרות המחזיר ערך

```
public static int arraySum(int [] arr) {  
    int sum = 0;  
    for (int i : arr) {  
        sum += i;  
    }  
    return sum;  
}
```

- אם שרות מחזיר ערך, כל המסלולים האפשריים של אותו שרות (flows) צריכים להחזיר ערך
- איך נתקן את השרות הבא:

```
 public static int returnZero() {  
    int one = 1;  
    int two = 2;  
  
    if (two > one)  
        return 0;  
}
```

גוף השרות

■ גוף השרות מכיל הצהרות על משתנים מקומיים (variable declaration) ופסוקים ברי ביצוע (כולל return)

■ **משתנים מקומיים** נקראים גם משתנים זמניים, משתני מחסנית או משתנים אוטומטיים

■ הצהרות יכולות להכיל פסוק איתחול בר ביצוע (ולא רק אתחול ע"י ליטרלים)

```
public static void doSomething(String str) {  
    int length = str.length();  
    ...  
}
```

■ הגדרת משתנה זמני צריכה להקדים את השימוש בו

■ תחום הקיום של המשתנה הוא גוף השרות

■ חייבים לאתחל או לשים ערך באופן מפורש במשתנה לפני השימוש בו

יש צורך באתחול מפורש

קטע הקוד הבא, לדוגמא, אינו עובר קומפילציה: ■

```
int i;  
int one = 1;  
  
if (one == 1) // what about if (true)?  
    i = 0;  
  
System.out.println("i=" + i);
```

הקומפיילר צועק ש- `i` עלול שלא להיות מאותחל לפני השימוש בו



קריאה לשרות (method call)

- קריאה לשרות (לפעמים מכונה – "זימון מתודה") שאינו מחזיר ערך (טיפוס הערך המוחזר הוא void) תופיע בתור משפט (פקודה), ע"י ציון שמו וסוגריים עם או בלי ארגומנטים
- קריאה לשרות שמחזיר ערך תופיע בדרך כלל כביטוי (למשל בצד ימין של השמה, כחלק מביטוי גדול יותר, או כארגומנט המועבר בקריאה אחרת לשרות)
- קריאה לשרות שמחזיר ערך יכולה להופיע בתור משפט (statement), אבל יש בזה טעם רק אם לשרות תוצאי לוואי, כי הערך המוחזר הולך לאיבוד
- גם אם השרות אינו מקבל ארגומנטים, יש חובה לציין את הסוגריים אחרי שם השרות


```
public class MethodCallExamples {
```

```
    public static void printMultipleTimes(String text, int times) {  
        for (int i = 0; i < times; i++)  
            System.out.println(text);  
    }
```

הגדרת שרות void (פרוצדורה)

```
    public static int arraySum(int[] arr) {  
        int sum = 0;  
        for (int i : arr)  
            sum += i;  
        return sum;  
    }
```

הגדרת שרות עם ערך מוחזר (פונקציה)

```
    public static void main(String[] args) {
```

```
        printMultipleTimes("Hello", 5);
```

קריאה לשרות

```
        int[] primes = { 2, 3, 5, 7, 11 };
```

```
        int sumOfPrimes = arraySum(primes);
```

קריאה לשרות

```
        System.out.println("Sum of primes is: " + sumOfPrimes);
```

```
    }
```

```
}
```

```
public class MethodCallExamples {
```

```
    public static void printMultipleTimes(String text, int times) {  
        for (int i = 0; i < times; i++)  
            System.out.println(text);  
    }
```

```
    public static int arraySum(int[] arr) {  
        int sum = 0;  
        for (int i : arr)  
            sum += i;  
        return sum;  
    }
```

ניתן לוותר על משתנה העזר sumOfPrimes

```
    public static void main(String[] args) {
```

```
        printMultipleTimes("Hello", 5);
```

```
        int[] primes = { 2, 3, 5, 7, 11 };
```

```
        System.out.println("Sum of primes is: " + arraySum(primes));
```

```
        System.out.println("Sum of primes is: " + sumOfPrimes);
```

```
    }
```

```
}
```

```
public class MethodCallExamples {
```

```
    public static void printMultipleTimes(String text, int times) {  
        for (int i = 0; i < times; i++)  
            System.out.println(text);  
    }
```

```
    public static int arraySum(int[] arr) {  
        int sum = 0;  
        for (int i : arr)  
            sum += i;  
        return sum;  
    }
```

אין חובה לקלוט את הערך
המוחזר משרות,
אולם אז הוא הולך לאיבוד

```
    public static void main(String[] args) {  
  
        printMultipleTimes("Hello", 5);  
  
        int[] primes = { 2, 3, 5, 7, 11 };  
        arraySum(primes);  
    }  
}
```

שם מלא (qualified name)

■ אם אנו רוצים לקרוא לשרות מתוך שרות של מחלקה אחרת (למשל main), יש להשתמש בשמו המלא של השרות

■ שם מלא כולל את שם המחלקה שבה הוגדר השרות ואחריו נקודה

```
public class CallingFromAnotherClass {  
  
    public static void main(String[] args) {  
        ✘ printMultipleTimes("Hello", 5);  
  
        int[] primes = { 2, 3, 5, 7, 11 };  
        ✘ System.out.println("Sum of primes is: " +  
                               arraySum(primes));  
    }  
}
```

שם מלא (qualified name)

- במחלקה המגדירה ניתן להשתמש בשם המלא של השרות, או במזהה הפונקציה בלבד (unqualified name)
- בצורה זו ניתן להגדיר במחלקות שונות פונקציות עם אותו השם (מכיוון שהשם המלא שלהן שונה אין התלבטות – no ambiguity)

```
public class CallingFromAnotherClass {  
  
    public static void main(String[] args) {  
        MethodCallExamples.printMultipleTimes("Hello", 5);  
  
        int[] primes = { 2, 3, 5, 7, 11 };  
        System.out.println("Sum of primes is: " +  
            MethodCallExamples.arraySum(primes));  
    }  
}
```

- כבר ראינו שימוש אחר באופרטור הנקודה כדי לבקש בקשה מעצם, זהו שימוש נפרד שאינו שייך להקשר זה

העמסת שרותים (method overloading)

- לשתי פונקציות ב Java יכול להיות אותו שם (מזהה) גם אם הן באותה מחלקה, ובתנאי שהחתימה שלהן שונה
 - כלומר הן שונות בטיפוס ו\או במספר הארגומנטים שלהם
 - לא כולל ערך מוחזר!

■ הגדרת שתי פונקציות באותו שם ובאותה מחלקה נקראת **העמסה**

■ כבר השתמשנו בפונקציה מועמסת – `println` עבדה גם כשהעברנו לה משתנה פרימיטיבי וגם כשהעברנו לה מחרוזת

■ נציג שלוש סיבות לשימוש בתכונת ההעמסה

- נוחות
- ערכי ברירת מחדל לארגומנטים
- תאימות אחורה



העמסת פונקציות (שיקולי נוחות)

■ נממש את `max` המקבלת שני ארגומנטים ומחזירה את הגדול מביניהם

■ ללא שימוש בתכונת ההעמסה (בשפת C למשל) היה צורך להמציא שם נפרד עבור כל אחת מהמתודות:

```
public class MyUtils {  
    public static double max_double(double x, double y) {  
        ...  
    }  
  
    public static long max_long(long x, long y) {  
        ...  
    }  
}
```

■ השמות מלאכותיים ולא נוחים

העמסת פונקציות (פחות נוחות)

■ בעזרת מנגנון ההעמסה ניתן להגדיר:

- `public static double max(double x, double y)`
- `public static long max(long x, long y)`

■ בחלק מהמקרים, אנו משלמים על הנוחות הזו באי בהירות

■ למשל, איזו מהפונקציות תופעל במקרים הבאים:

- `max(1L, 1L); // max(long, long)`
- `max(1.0, 1.0); // max(double, double)`
- `max(1L, 1.0); // max(double, double)`
- `max(1, 1); // max(long, long)`

העמסה והקומפיילר

- המהדר מנסה למצוא את הגרסה המתאימה ביותר עבור כל קריאה לפונקציה על פי טיפוסי הארגומנטים של הקריאה
- אם אין התאמה מדויקת לאף אחת מחתימות השרותים הקיימים, המהדר מנסה המרות (casting) ש(כמעט)-אינן מאבדות מידע.
- ר' פרק 5, **Conversions and Promotions** של ה – JLS:
<http://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se8/html/index.html>
- אם לא נמצאת התאמה או שנמצאות שתי התאמות "באותה רמת סבירות" או שפרמטרים שונים מתאימים לפונקציות שונות המהדר מודיע על אי בהירות (ambiguity)

העמסה וערכי ברירת מחדל לארגומנטים

■ ב Python ניתן להגדיר פונקציות עם פרמטרים עם ערכי ברירת מחדל. למשל:

```
def func(x, y=1):  
    return x+y
```

לפונקציה func ניתן לקרוא בשתי צורות: עם פרמטר יחיד ועם שני פרמטרים.

■ ב Java לא ניתן להגדיר ערכי ברירת מחדל. במקום זאת, נשתמש בהעמסה:

```
public static int func(int x){  
    return func(x, 1);  
}
```

```
public static int func(int x, int y){  
    return x + y;  
}
```

העמסה ותאימות לאחור

נניח כי במערכת כלשהי כבר קיימת הפונקציה השימושית `compute` המבצעת חישוב כלשהו על הארגומנט `x`.

```
public static int compute(int x)
```

לאחר זמן מה, כאשר הקוד כבר בשימוש במערכת (גם מתוך מחלקות אחרות שלא אתם כתבתם), עלה הצורך לבצע חישוב זה גם בבסיסי ספירה אחרים (החישוב המקורי בוצע בבסיס עשרוני)

בשלב זה לא ניתן להחליף את חתימת הפונקציה להיות:

```
public static int compute(int x, int base)
```

מכיוון שקטעי הקוד המשתמשים בפונקציה יפסיקו להתקמפל

העמסה, תאימות לאחור ושכפול קוד

- על כן במקום להחליף את חתימת השרות נוסף פונקציה חדשה כגירסה מועמסת
 - משתמשי הפונקציה המקורית לא נפגעים
 - משתמשים חדשים יכולים לבחור האם לקרוא לפונקציה המקורית או לגרסה החדשה ע"י העברת מספר ארגומנטים מתאים
- בעיה – קיים דמיון רב בין המימושים של הגרסאות המועמסות השונות (גוף המתודות compute)
- דמיון רב מדי - שכפול קוד זה הינו בעייתי מאוד

שכפול קוד הוא הדבר הנורא ביותר בעולם (התוכנה)!

העמסה, שכפול קוד ועקביות

□ חסרונות שכפול קוד:

□ קוד שמופיע פעמיים, יש לתחזק פעמיים – כל שינוי, שדרוג או תיקון עתידי יש לבצע בצורה עקבית בכל המקומות שבהם מופיע אותו קטע הקוד

□ כדי לשמור על עקביות שתי הגרסאות של `compute` נממש את הגרסה הישנה בעזרת הגרסה החדשה:

```
public static int compute(int x, int base) {  
    // complex calculation...  
}
```

```
public static int compute(int x) {  
    return compute(x, 10);  
}
```

העמסת מספר כלשהו של ארגומנטים

■ נניח שברצוננו לכתוב פונקציה שמחזירה את ממוצע הארגומנטים שקיבלה:

```
public static double average(double x) {  
    return x;  
}
```

```
public static double average(double x1, double x2) {  
    return (x1 + x2) / 2;  
}
```

```
public static double average(double x1, double x2, double x3) {  
    return (x1 + x2 + x3) / 3;  
}
```

■ למימוש 2 חסרונות:

- שכפול קוד
- לא תומך בממוצע של 4 ארגומנטים

העמסת מספר כלשהו של ארגומנטים

■ רעיון: הארגומנטים יועברו כמערך

```
public static double average(double [] args) {  
    double sum = 0.0;  
    for (double d : args) {  
        sum += d;  
    }  
    return sum / args.length;  
}
```

■ יתרון: שכפול הקוד נפתר

■ חסרון: הכבדה על הלקוח - כדי לקרוא לפונקציה יש ליצור מערך

```
public static void main(String[] args) {  
    double [] arr = {1.0, 2.0, 3.0};  
    System.out.println("Average is:" + average(arr));  
}
```




ג'אווה באה לעזרה

- ב Java קיים תחביר להגדרת שרות עם מספר לא ידוע של ארגומנטים (vararg)
- תחביר מיוחד של שלוש נקודות (...) יוצר את המערך מאחורי הקלעים:

```
public static double average(double ... args) {  
    double sum = 0.0;  
    for (double d : args) {  
        sum += d;  
    }  
    return sum / args.length;  
}
```

- ניתן כעת להעביר לשרות מערך או ארגומנטים בודדים:

```
double [] arr = {1.0, 2.0, 3.0};  
System.out.println("Average is:" + average(arr));  
System.out.println("Average is:" + average(1.0, 2.0, 3.0));
```

משתני מחלקה

- עד כה ראינו משתנים מקומיים – משתנים זמניים המוגדרים בתוך מתודה, בכל קריאה למתודה הם נוצרים וביציאה ממנה הם נהרסים
- ב Java ניתן גם להגדיר **משתנים גלובליים** (global variables)
 - מכונים שדות סטטיים (static fields/members)
- משתנים אלו יוגדרו בתוך גוף המחלקה אך מחוץ לגוף של מתודה כלשהי, ויסומנו ע"י המציין **static**.
 - יכולה להיות ניראות שונה (public/private)

משתני מחלקה לעומת משתנים מקומיים

- משתנים אלו, שונים ממשתנים מקומיים בכמה מאפיינים:
 - **תחום הכרות:** כתלות בנראות (נראה נראויות שונות בהמשך הקורס), מוכרים בכל הקוד, ולא רק בתוך פונקציה מסויימת.
 - **משך קיום:** אותו עותק של משתנה נוצר בזמן טעינת הקוד לזיכרון ונשאר קיים בזיכרון התוכנית כל עוד המחלקה בשימוש
 - **אתחול:** משתנים סטטיים מאותחלים בעת יצירתם. אם המתכנתת לא הגדירה להם ערך אתחול - יאותחלו לערך ברירת המחדל לפי טיפוסם (0, false, null)
 - **הקצאת זיכרון:** הזיכרון המוקצה להם נמצא באזור ה Heap (ולא באזור ה- Stack)

נשתמש במשתנה גלובלי `counter` כדי לספור את מספר הקריאות למתודה `m()`:

```
public class StaticMemberExample {  
  
    public static int counter; //initialized by default to 0;  
  
    public static void m() {  
        int local = 0;  
        counter++;  
        local++;  
        System.out.println("m(): local is " + local +  
            "\tcounter is " + counter);  
    }  
  
    public static void main(String[] args) {  
        m();  
        m();  
        m();  
        System.out.println("main(): m() was called " +  
            counter + " times");  
    }  
}
```

שם מלא

- ניתן לפנות למשתנה counter גם מתוך קוד במחלקה אחרת, אולם יש צורך לציין את שמו המלא (qualified name)
- במחלקה שבה הוגדר משתנה גלובלי ניתן לגשת אליו תוך ציון שמו המלא או שם המזהה בלבד (unqualified name)
- בדומה לצורת הקריאה לשרותי מחלקה

```
public class AnotherClass {  
  
    public static void main(String[] args) {  
        StaticMemberExample.m();  
        StaticMemberExample.m();  
        StaticMemberExample.m();  
        System.out.println("main(): m() was called " +  
            StaticMemberExample.counter + " times");  
    }  
}
```

זה סופי

- ניתן לקבע ערך של משתנה ע"י ציון המשתנה כ `final`
- למשתנה שהוא `final` ניתן לבצע השמה פעם אחת בדיוק.
- כל השמה נוספת לאותו משתנה תגרור שגיאת קומפילציה
- דוגמא:

```
public final static long uniqueID = ++counter;
```

- מוסכמה מקובלת היא שמות משתנים המציינים קבועים ב-UPPERCASE כגון:

```
public final static double FOOT = 0.3048;  
public final static double PI = 3.1415926535897932384;
```