

פתרון פרק שני מסלול תכנות מונחה עצמים בשפת C#

בגרות במדעי המחשב ב', קיץ תשס"ח 2008

21. שאלה העוסקת בהיררכיית מחלקות המייצגות כלי תחבורה.

א. מימוש מחלקה ראשית Program ובה פעולה ראשית, המבצעת את המשימות הבאות:

- בניית עצם בשם company1 מטיפוס חברת כלי תחבורה – TransportationCompany
- הוספת סירה אחת ורכבת אחרת לחברה company1

```
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        TransportationCompany company1 = new TransportationCompany();

        Vehicle boat = new Boat("SEA", 50);
        Vehicle train = new Train(100, 5);

        company1.AddVehicle(boat);
        company1.AddVehicle(train);
    }
}
```

בפעולה הראשית Main בונים מופע עצם, המייצג חברת כלי תחבורה, שבה מופע עצם מטיפוס **סירה**, ששטה בים ("SEA") ומהירותה המקסימאלית היא 50 קמ"ש, ומופע עצם מטיפוס **רכבת**, שמהירותה המקסימאלית היא 100 קמ"ש ובעלת 5 קרונות.

ב. מימוש פעולות שיאפשרו ביצוע תקין של הפעולה () Display, כך שעבור כל כלי תחבורה בחברה יודפסו כל תכונותיו.

הפתרון מבוסס על מימוש דריסה מתאימה למתודה () ToString במחלקת הבסיס כלי תחבורה Vehicle ובכל אחת ממחלקותיה הנגזרות.

המתודה מחזירה מחרוזת מתאימה, המייצגת את מופע העצם בהתאם לטיפוס מחלקת כלי התחבורה בזמן ריצת התוכנית בפועל.

במחלקת הבסיס כלי תחבורה **Vehicle** תמומש גרסת הדריסה הבאה למתודה () ToString:

```
public override string ToString()
{
    return " Type : " + this.type + " ; Way : " + this.way +
        " ; MaxSpeed : " + this.maxSpeed;
}
```

במימוש זה מוחזרת מחרוזת עם ערכי התכונות type, way ו-maxSpeed.

במחלקה הנגזרת רכבת **Train** תמומש גרסת הדריסה הבאה למתודה (ToString) :

```
public override string ToString()
{
    return "Train == >" + base.ToString() + " ; numOfCarriages : "
        + this.numOfCarriages;
}
```

במימוש זה מוחזרת מחרוזת עם ערך תכונת מספר הקרונות numOfCarriages בנוסף לערכי התכונות ממימוש המתודה במחלקת הבסיס.

במחלקה הנגזרת סירה **Boat** תמומש גרסת הדריסה הבאה למתודה (ToString) :

```
public override string ToString()
{
    return "Boat == >" + base.ToString();
}
```

במימוש זה מוחזרת מחרוזת עם ערכי התכונות way ,type ו-maxSpeed ממימוש המתודה במחלקת הבסיס.

במחלקה הנגזרת מטוס **Airplane** תמומש גרסת הדריסה הבאה למתודה (ToString) :

```
public override string ToString()
{
    return "Airplane == >" + base.ToString() + " ; maxHeight : "
        + this.maxHeight;
}
```

במימוש זה מוחזרת מחרוזת עם ערך תכונת גובה הטיסה המקסימאלי maxHeight בנוסף לערכי התכונות ממימוש המתודה במחלקת הבסיס.

ג. מימוש פעולה המקבלת מספר שלם n ומוסיפה n קרונות לכל הרכבות ששייכות לחברה בעלת כלי תחבורה מסוגים שונים.

נממש את הפעולה במחלקת חברת כלי תחבורה TransportationCompany. בפעולה נעבור בלולאה על מערך כלי התחבורה, ועבור הרכבות שביניהם נוסף להן n קרונות בעזרת שימוש במתודת קידום מספר הקרונות IncNumOfCarriages הממומשת במחלקת רכבת Train. בדיקת סוג כלי התחבורה בזמן ריצה מתבצעת ע"י האופרטור is :

```
public void AddCarriagesToTrains(int n)
{
    for (int i = 0; i < this.counter; i++)
    {
        if (this.vehicles[i] is Train)
            ((Train)this.vehicles[i]).IncNumOfCarriages(n);
    }
}
```

להדגמת מתודות ההצגה, `Display ()`, והוספת הקרונות לרכבות בחברה, `AddCarriagesToTrains`, נרחיב את הפעולה הראשית בתוכנית, כך שתציג את נתוני כלי התחבורה בחברה שבה יש סירה, רכבת ומטוס. בנוסף, תוסיף גם 2 קרונות לחברה. הפעולה מציגה את הנתונים לפני ואחרי תוספת הקרונות לרכבות:

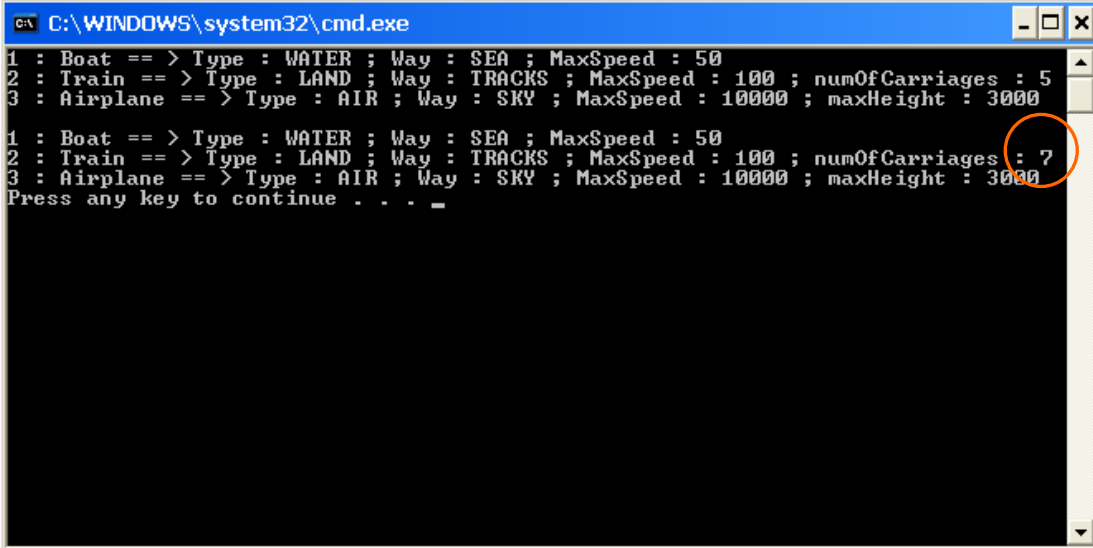
```
static void Main(string[] args)
{
    TransportationCompany company1 = new TransportationCompany();

    Vehicle boat = new Boat("SEA", 50);
    Vehicle train = new Train(100, 5);
    Vehicle airplane = new Airplane(10000, 3000);

    company1.AddVehicle(boat);
    company1.AddVehicle(train);
    company1.AddVehicle(airplane);

    company1.Display();
    company1.AddCarriagesToTrains(2);
    Console.WriteLine();
    company1.Display();
}
```

להלן פלט התוכנית המתקבל:



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
1 : Boat == > Type : WATER ; Way : SEA ; MaxSpeed : 50
2 : Train == > Type : LAND ; Way : TRACKS ; MaxSpeed : 100 ; numOfCarriages : 5
3 : Airplane == > Type : AIR ; Way : SKY ; MaxSpeed : 10000 ; maxHeight : 3000
1 : Boat == > Type : WATER ; Way : SEA ; MaxSpeed : 50
2 : Train == > Type : LAND ; Way : TRACKS ; MaxSpeed : 100 ; numOfCarriages : 7
3 : Airplane == > Type : AIR ; Way : SKY ; MaxSpeed : 10000 ; maxHeight : 3000
Press any key to continue . . . =
```

ניתן לראות את פורמט ההדפסה המתאים לכל סוג של כלי תחבורה. ניתן לראות שמספר קרונות הרכבת בחברה עלה מ-5 ל-7.

22. שאלה העוסקת בניהול מאגר מידע על ספרים בספרייה.

מימוש פעולות הנדרשות לטיפול בהחזרה של ספר לספרייה. עבור כל פעולה יש לרשום את המחלקה בה מוגדרת, מה היא מקבלת ומה היא מחזירה.

פעולת החזרת ספר לספרייה כוללת את המשימות הבאות:

- קליטת קוד הספר המוחזר
- זיהוי / איתור הספר בספרייה ע"פ הקוד הנקלט
- עדכון מספר העותקים של הספר בספרייה
- קליטת דרוג ההנאה של הקורא מן הספר המוחזר
- עדכון מערך מוני דירוגי ההנאה עבור הספר המוחזר
- הדפסת הודעה המציינת, אם בעקבות דרוג ההנאה של מחזיר הספר, ציון הספר עלה, ירד או לא השתנה

בהתאם לרשימה זו נגדיר ונממש את המשימות הכרוכות בהחזרת ספר לספרייה:

קליטת קוד הספר המוחזר

משימה זו תבוצע ע"י מחלקת התוכנית הראשית Program במתודה העיקרית Main:

```
Console.WriteLine("Enter a Code of The Returned Book");  
int code = int.Parse(Console.ReadLine());
```

קליטת דרוג ההנאה של הקורא מן הספר המוחזר

משימה זו תבוצע ע"י מחלקת התוכנית הראשית Program במתודה העיקרית Main:

```
Console.WriteLine("Enter a Rank of Pleasure for The Returned Book:  
Between 0 - 4");  
int rating = int.Parse(Console.ReadLine());
```

החזרת ספר לספרייה

פעולת החזרת ספר לספרייה, שתיקרא ReturnBookToLibrary, תוגדר במחלקה ספרייה Library. הפעולה תקבל כפרמטרים את קוד הספר המוחזר ואת דרגת ההנאה של הקורא מן הספר, אשר נקלטים מן המשתמש. הפעולה תבצע איתור של הספר בספרייה ע"פ הקוד המתקבל, עדכון מספר עותקי הספר בספרייה, עדכון מערך מוני דירוגי ההנאה של הקוראים מן הספר ע"פ

דרגת ההנאה המתקבלת והדפסת הודעה המציינת אם בעקבות דרוג הקורא המחזיר – ציון הספר
עלה, ירד או לא השתנה.

```
public void ReturnBookToLibrary(int code, int rating)
```

איתור ספר בספרייה

פעולת החזרת הספר לספרייה מתחילה באיתור הספר בספרייה. פעולת האיתור, שנקראת
LocateBookInLibrary (אתר ספר בספרייה), מוגדרת במחלקה ספרייה Library. הפעולה מקבלת
כפרמטר את קוד הספר הנדרש לאיתור ומחזירה אובייקט מטיפוס המחלקה ספר Book, המייצג
את הספר המאותר.

```
private Book LocateBookInLibrary(int code)
{
    int index;
    bool found = false;

    for (index = 0; (index < counter) && found != true; index++)
    {
        if (this.books[index].Code == code)
            found = true;
    }

    return this.books[index - 1];
}
```

counter הינו משתנה במחלקה ספרייה Library, המייצג את מספר הספרים בפועל בספרייה.
Code הינו Property המחזיר את מאפיין קוד הספר עבור מופע עצם של המחלקה ספר Book.

עדכון מספר העותקים של ספר בספרייה

הפעולה כבר מופיעה בתרשים המחלקות במחלקה ספר Book, בשם IncNumOfCopies, ולכן אין
צורך לממשה.

עדכון מערך מוני דירוגי ההנאה של הקוראים מספר

פעולת עדכון מערך מוני דירוגי הנאה של קוראים מספר, תיקרא UpdateRating ותוגדר במחלקה
ספר Book. הפעולה מקבלת דרגת הנאה (מספר שלם בין 0 ל-4), מעדכנת את מערך דירוגי ההנאה
ואינה מחזירה דבר.

```
public void UpdateRating(int rating)
{
    this.rating[rating]++;
}
```

בדיקת סטאטוס ציון הספר לאחר עדכון דרוג קורא מחזיר

פעולת בדיקת סטאטוס לציון הספר לאחר עדכון דרגת הנאה של קורא מחזיר, נקראת CheckScoreStatus, ומוגדרת במחלקה ספר Book. הפעולה מקבלת ציון קודם לפני עדכון הדרוג החדש וציון חדש לאחר עדכון דרוג הקורא, ומדפיסה הודעה אם בעקבות הדרוג החדש, ציון הספר עלה, ירד או לא השתנה.

```
public void CheckScoreStatus(double previousScore, double newScore)
{
    if (newScore > previousScore)
        Console.WriteLine("After This Rating - The Books's
        Score Has Been Increased");
    else if (newScore < previousScore)
        Console.WriteLine("After This Rating - The Books's
        Score Has Been Decreased");
    else
        Console.WriteLine("After This Rating - The Books's
        Score Has Not Been Changed");
}
```

מימוש פעולת החזרת ספר לספרייה

לפיכך, לאחר הגדרת הפעולות האלה, ניתן להשתמש בהם כדי לממש את פעולת ההחזרה של ספר לספרייה, ReturnBookToLibrary, שאת כותרתה כבר ראינו קודם:

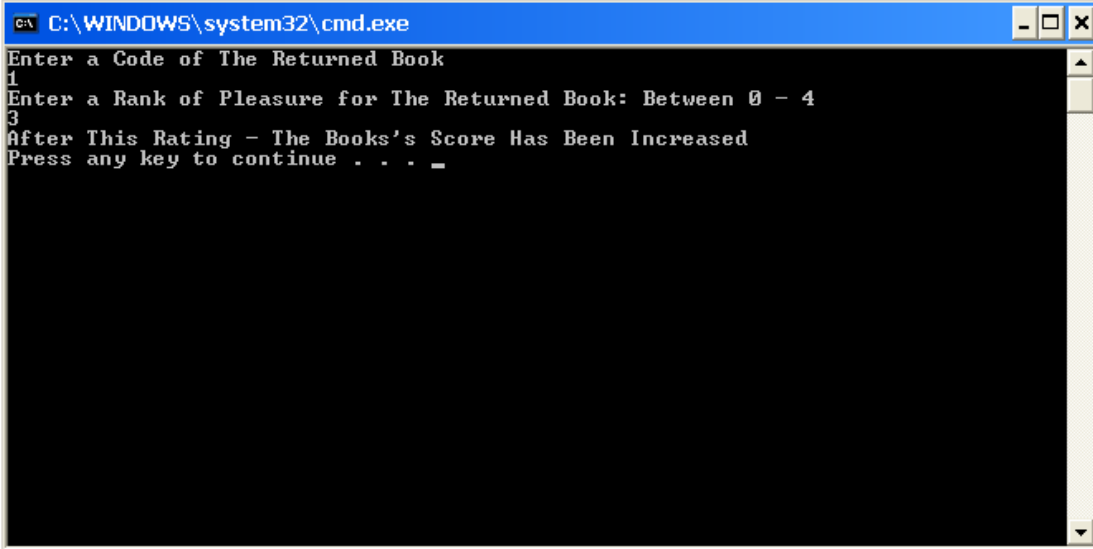
```
public void ReturnBookToLibrary(int code, int rating)
{
    Book b = LocateBookInLibrary(code);
    b.IncNumOfCopies();
    double beforeUpdateRating = b.Score();
    b.UpdateRating(rating);
    double AfterUpdateRating = b.Score();
    b.CheckScoreStatus(beforeUpdateRating, AfterUpdateRating);
}
```

הפעולה יוצרת מופע עצם של הספר המתאים לקוד המתקבל, בעזרת שימוש בפעולת האיתור של ספר בספרייה, LocateBookInLibrary. על מופע העצם של הספר מעדכנת את מספר עותקיו בספרייה, מחשבת את ציון הספר לפני עדכון דרוג הקורא המחזיר, מעדכנת את מערך מוני דירוגי הקוראים בהתאם לדרוג המתקבל, מחשבת את ציון הספר לאחר עדכון הדרוג ומדפיסה הודעה המציינת אם בעקבות הדרוג החדש, ציון הספר עלה, ירד או לא השתנה. ניתן לראות שימוש במתודות IncNumOfCopies, Score, UpdateRating, CheckScoreStatus של המחלקה ספר Book (הפעולה לחישוב ציון, Score, אינה ממומשת כאן כיוון שמופיעה בתרשים המחלקות במחלקה ספר Book).

להדגמת פעולת ההחזרה של ספר לספרייה נמשך מתודה עיקרית Main במחלקה Program אשר מאתחלת ספרייה עם ספר אחד עם קוד 1 בשם Programming In C# מז'אנר Computer עם שלושה עותקים בספרייה. המתודה קולטת מן המשתמש קוד ספר מוחזר ודרגת הנאה של הקורא מן הספר המוחזר ומבצעת את פעולת ההחזרה של הספר לספרייה:

```
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        Library lib = new Library();
        Book b1 = new Book(1, "Programming In C#", "Computer", 3);
        lib.AddBook(b1);
        Console.WriteLine("Enter a Code of The Returned Book");
        int code = int.Parse(Console.ReadLine());
        Console.WriteLine("Enter a Rank of Pleasure for The Returned Book: Between 0 - 4");
        int rating = int.Parse(Console.ReadLine());
        lib.ReturnBookToLibrary(code, rating);
    }
}
```

עבור החזרת עותק של ספר הספרייה בעל קוד מס. 1 ודרגת הנאה 3 נקבל את הפלט הבא:



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Enter a Code of The Returned Book
1
Enter a Rank of Pleasure for The Returned Book: Between 0 - 4
3
After This Rating - The Books's Score Has Been Increased
Press any key to continue . . . _
```

ניתן לראות שציון הספר עלה בעקבות הזנת דרוג ההנאה הראשון שניתן עבור ספר זה.

23. שאלה העוסקת בייצוג רשת חנויות המוכרות מוצרי נגן MP3 ו-MP4 ואוזניות אלחוטיות. נדרש לתכנן את המחלקות, המייצגות את הישויות המתוארות בשאלה, ואשר תומכות בביצוע הפעולות, המוגדרות בדרישות התוכנה.

א. ציור היררכיית המחלקות הנדרשות ויחסי ירושה – הכלה ביניהן.
ראשית נגדיר את המחלקות ונאפיין את ההיררכיה שלהן:

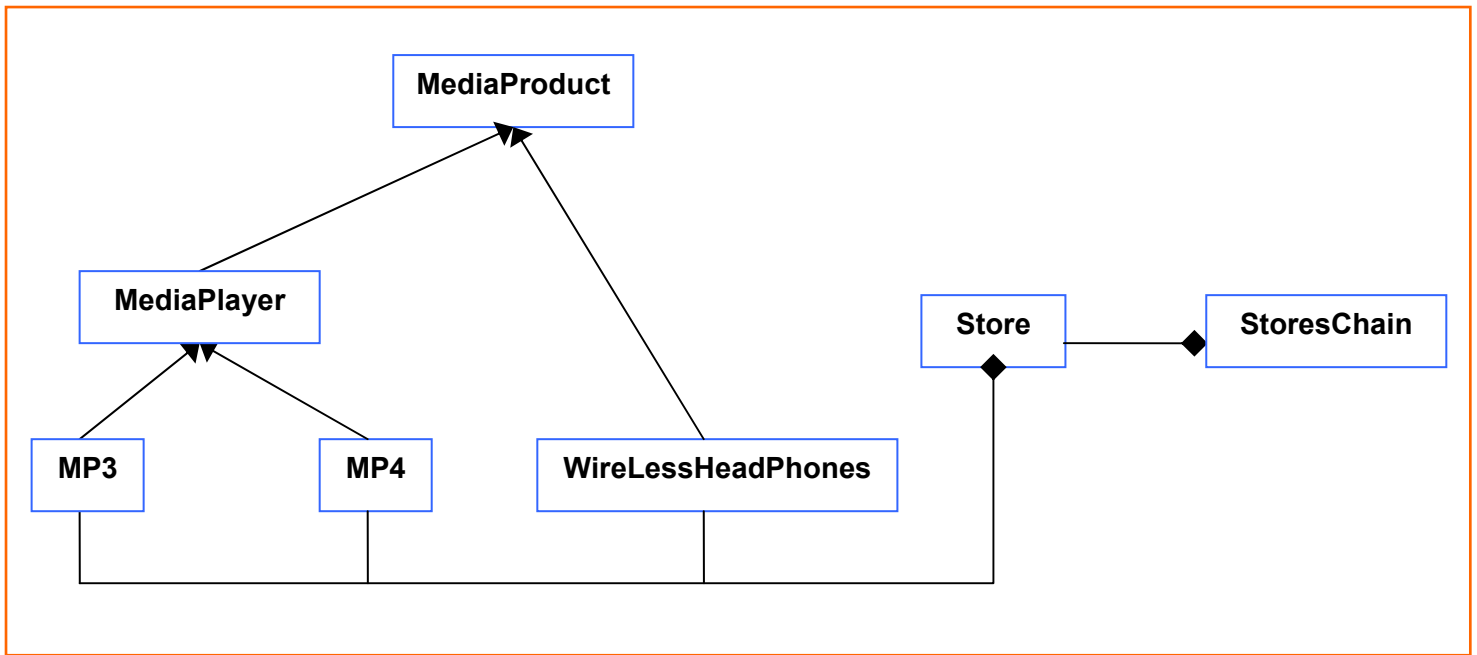
שם מחלקה	תיאור מחלקה
המחלקה MediaProduct	מחלקת בסיס (אב) אבסטרקטית המייצגת סוגים של מוצרי מדיה.
המחלקה MediaPlayer	מחלקה נגזרת של המחלקה MediaProduct. מחלקת בסיס (אב) אבסטרקטית המייצגת מוצרים מסוג נגן מדיה (MP3 או MP4).
המחלקה MP3	מחלקה נגזרת של המחלקה MediaPlayer. מייצגת מוצר מסוג נגן MP3.
המחלקה MP4	מחלקה נגזרת של המחלקה MediaPlayer. מייצגת מוצר מסוג נגן MP4.
המחלקה WireLessHeadPhones	מחלקה נגזרת של המחלקה MediaProduct. מייצגת מוצר מסוג אוזניות אלחוטיות.
המחלקה Store	מחלקה המייצגת חנות, שבה מוצרים משלושה סוגים: נגני MP3 ו-MP4 ואוזניות אלחוטיות.
המחלקה StoresChain	מחלקה המייצגת רשת של חנויות.

ניתן לראות מטבלת המחלקות שכלל סוגי המוצרים בחנות ייוצגו ע"י מחלקות מתוך היררכיית הירושה MediaProduct.

המחלקה חנות תכיל מופעי עצם מטיפוסי המחלקות הנגזרות: MP3, MP4, WireLessHeadPhones, המייצגות את סוגי המוצרים: נגני MP3, MP4 ואוזניות אלחוטיות. לפיכך, היחס בין מחלקות המוצרים לבין המחלקה חנות הינו הכלה, כלומר מחלקות המוצרים מוכלות במחלקה חנות.

המחלקה רשת חנויות תכיל מופעי עצם מטיפוס המחלקה המייצגת חנות Store. לפיכך, היחס בין המחלקות המייצגות חנות ורשת חנויות הוא הכלה, כלומר המחלקה המייצגת חנות מוכלת במחלקה המייצגת רשת חנויות.

נעלה את המחלקות המצוינות על גבי תרשים בו נבטא את יחסי הירושה – הכלה ביניהן.



בתרשים ניתן לראות שמחלקות סוגי מוצרים מופיעות בהיררכיה של ירושה, שכל אחת מהן, MP3, MP4, WireLessHeadPhones מוכלות במחלקה חנות Store, כאשר זו האחרונה מוכלת במחלקה רשת חנויות StoresChain.

ב. הגדרת התכונות והפעולות עבור כל מחלקה המופיעה בתרשים. תוגדרנה רק הפעולות הנחוצות כדי לענות על דרישות התוכנה. נגדיר את התכונות והפעולות עבור המחלקות בדיאגרמות UML:

המחלקה MediaProduct

abstract class MediaProduct		
protected string producer	//	שם יצרן
protected string model	//	שם דגם
protected double price	//	מחיר
protected int quantity	//	כמות במלאי
...	//	לכל תכונה מוגדרות פעולות get / set
...	//	למחלקה תוגדר פעולה בונה
public double ProductStockValue()	//	פעולה המחזירה את שווי מלאי המוצר
public bool IsProductQuantityBelowLimit(int limit)	//	פעולה המקבלת מספר שלם, המציין גבול תחתון לבדיקת כמות במלאי המוצר, ומחזירה אמת אם כמות המוצר במלאי קטנה מהמספר המתקבל, ושקר אחרת

המחלקה MediaPlayer

<code>abstract class MediaPlayer : MediaProduct</code>		
<code>protected bool hasRadio</code>	<code>//</code>	האם יש רדיו (בוליאני)
<code>protected bool hasInternalSpeaker</code>	<code>//</code>	האם יש רמקול (בוליאני)
<code>...</code>	<code>//</code>	לכל תכונה מוגדרות פעולות get / set
<code>...</code>	<code>//</code>	למחלקה תוגדר פעולה בונה

המחלקה MP3

<code>class MP3 : MediaPlayer</code>		
<code>...</code>	<code>//</code>	למחלקה תוגדר פעולה בונה

המחלקה MP4

<code>class MP4 : MediaPlayer</code>		
<code>private double screenLength</code>	<code>//</code>	אורך מסך
<code>...</code>	<code>//</code>	לתכונה מוגדרות פעולות get / set
<code>...</code>	<code>//</code>	למחלקה תוגדר פעולה בונה

המחלקה WireLessHeadPhones

<code>class WireLessHeadPhones : MediaProduct</code>		
<code>private double receptionRange</code>	<code>//</code>	טווח קליטה
<code>...</code>	<code>//</code>	לתכונה מוגדרות פעולות get / set
<code>...</code>	<code>//</code>	למחלקה תוגדר פעולה בונה

המחלקה Store

<code>class Store</code>		
<code>private MP3[] MP3productModels</code>	<code>//</code>	מערך דגמי מוצר מסוג נגן MP3
<code>private MP4[] MP4productModels</code>	<code>//</code>	מערך דגמי מוצר מסוג נגן MP4
<code>private WireLessHeadPhones[] WLHPproductModels</code>	<code>//</code>	מערך דגמי מוצר מסוג אוזניות אלחוטיות
ניתן להחליט על מספר דגמים מקסימאלי אפשרי מכל סוג מוצר, ובהתאם לכך לקבוע את גדלי מערכי דגמי המוצרים. לחילופין, ניתן להגדיר מערכים אלו כמערכי רשימה <code>ArrayList</code> , שגודלם ייקבע ע"פ כמות האובייקטים המוכנסים בפועל.		
<code>...</code>	<code>//</code>	לכל תכונה מוגדרת פעולת <code>get</code>
<code>...</code>	<code>//</code>	תוגדר פעולה להוספת דגמי מוצר למערכי הדגמים
<code>...</code>	<code>//</code>	למחלקה תוגדר פעולה בונה
<code>public double StoreStockValue()</code>	<code>//</code>	פעולה המחזירה את שווי מלאי החנות
<code>public ArrayList ModelsInStoreBelowLimit(string mediaType, int limit)</code>		
(WireLess HeadPhones / אוזניות אלחוטיות) WLHP או MP4, MP3, המוצר את סוג המוצר המציינת את סוג המוצר (WireLess HeadPhones / אוזניות אלחוטיות) ומחזירה מערך רשימה (<code>ArrayList</code>) של מחרוזות, המייצגות את שמות הדגמים מסוג המוצר המתושאל, אשר הכמות שלהם במלאי <u>החנות</u> קטנה מגבול כמות המלאי שהתקבל לבדיקה.		

המחלקה StoresChain

<code>class StoresChain</code>		
<code>private Store[] stores</code>	<code>//</code>	מערך של עצמים מטיפוס המחלקה המייצגת חנות גודל המערך יאותחל ל-50. מספר החנויות ייקבע ע"פ גודל המערך.
<code>...</code>	<code>//</code>	לתכונה מוגדרת פעולת <code>get</code>
<code>...</code>	<code>//</code>	תוגדר פעולה המאפשרת להוסיף חנות לרשת
<code>...</code>	<code>//</code>	למחלקה תוגדר פעולה בונה
<code>public double ChainStockValue()</code>	<code>//</code>	פעולה המחזירה את שווי מלאי הרשת
<code>public ArrayList ModelsInChainBelowLimit(string mediaType, int limit)</code>		
(WireLess HeadPhones / אוזניות אלחוטיות) WLHP או MP4, MP3, המוצר את סוג המוצר המציינת את סוג המוצר (WireLess HeadPhones / אוזניות אלחוטיות) ומחזירה מערך רשימה (<code>ArrayList</code>) של מחרוזות, המייצגות את שמות הדגמים מסוג המוצר המתושאל, אשר הכמות שלהם במלאי <u>הרשת</u> קטנה מגבול כמות המלאי שהתקבל לבדיקה.		
<code>private Store BuildChainStore()</code>	<code>//</code>	פעולת עזר המאחדת את כלל חנויות הרשת לחנות אחת
	<code>//</code>	הפעולה משמשת כעזר עבור הפעולות להחזרת שווי מלאי
	<code>//</code>	הרשת ושמות דגמי מוצר שכמותם במלאי קטנה מגבול
	<code>//</code>	תחתון תוך שימוש בפעולות המתאימות של המחלקה חנות

להדגמת פעילות התוכנית, המתבססת על תכנון המחלקות המוצג, נאתחל רשת עם שתי חנויות, שבכל אחת 2 דגמים שונים מכל סוג מוצר. לצורך ההדגמה, שתי החנויות זהות בכמויות ובמחירים של דגמי המוצרים בהן.

להלן פלט התוכנית המציג את מלאי אחת החנויות ברשת, ואת תוצאות השאילתות לאחזור שווי מלאי החנויות והדפסת שמות הדגמים מכל סוג מוצר, שהכמות שלהם במלאי החנויות קטנה מגבול תחתון נדרש:

```

c:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Store Stock Display:

  PRODUCER      MODEL      PRICE  QUANTITY
  -----      -
San Disk      MP3 CT015      50      10
San Disk      MP3 CT015-A    60      15
Creative      MP4 CT961      80      10
Creative      MP4 CT981     100     12
UltraSone     WLHP SR60      10       8
UltraSone     WLHP iCans     12      10

The Store Stock Value: 3600

MP3 Product's Models Below Limit 15 - In Store:
MP3 CT015

MP4 Product's Models Below Limit 13 - In Store:
MP4 CT961
MP4 CT981

WireLess HeadPhones Models Below Limit 10 - In Store:
WLHP SR60
    
```

להלן פלט התוכנית המציג את מלאי הרשת, ואת תוצאות השאילתות לאחזור שווי מלאי הרשת והדפסת שמות הדגמים מכל סוג מוצר, שהכמות שלהם במלאי הרשת קטנה מגבול תחתון נדרש:

```

c:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Chain Stock Display:

  PRODUCER      MODEL      PRICE  QUANTITY
  -----      -
San Disk      MP3 CT015      50      20
San Disk      MP3 CT015-A    60      30
Creative      MP4 CT961      80      20
Creative      MP4 CT981     100     24
UltraSone     WLHP SR60      10      16
UltraSone     WLHP iCans     12      20

The Chain Stock Value: 7200

MP3 Product's Models Below Limit 31 - In Chain:
MP3 CT015
MP3 CT015-A

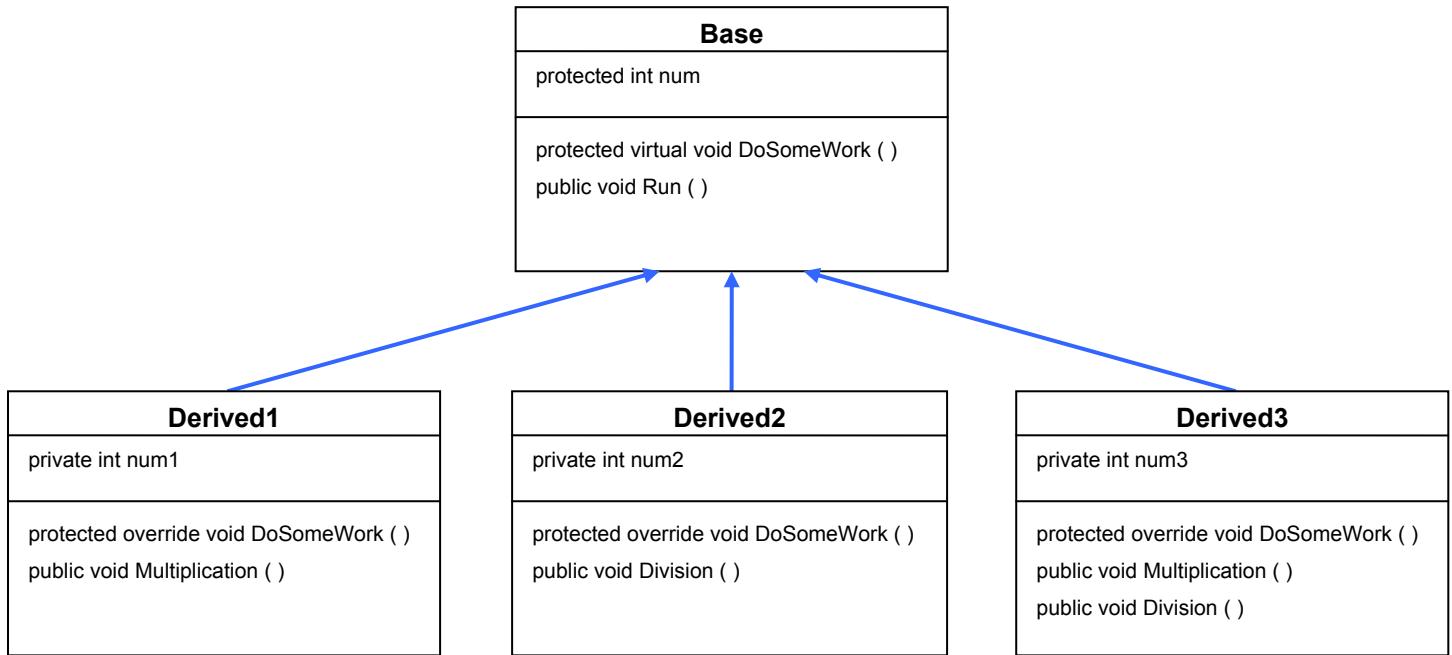
MP4 Product's Models Below Limit 24 - In Chain:
MP4 CT961

WireLess HeadPhones Models Below Limit 20 - In Chain:
WLHP SR60
    
```

24. ביצוע מעקב אחר הפעולה **Main** במחלקה **Program** ורישום הפלט, מעקב הכולל את ערכי המשתנים ואת ערכי התכונות של כל עצם:

ראשית, נתאר את היררכיית המחלקות בשאלה.

מלבד מחלקת התוכנית העיקרית, **Program**, ישנן 4 מחלקות: מחלקות בסיס אחת בשם **Base**, ו-3 מחלקות נגזרות של מחלקת הבסיס והן: **Derived1**, **Derived2**, **Derived3** כמתואר בתרשימים המחלקות הבא:



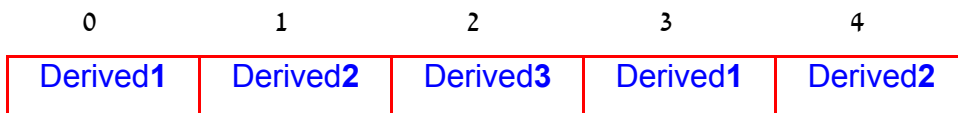
מלבד ירושה, בהיררכיית המחלקות בתוכנית בא לידי ביטוי עיקרון הפולימורפיזם. המתודה () **DoSomeWork** במחלקת הבסיס היא וירטואלית, ומימושה נדרס באופן שונה בכל אחת משלוש המחלקות הנגזרות. בתוכנית העיקרית מופעלת מתודת מחלקת הבסיס () **Run** על עצמי המערך, שהינם מופעי המחלקות הנגזרות. המתודה () **Run** במחלקת הבסיס מפעילה את המתודה () **DoSomeWork**, ומכיוון שזו מתודה וירטואלית, תופעל המתודה הדורסת באחת מן המחלקות הנגזרות בהתאם לטיפוס מופע העצם, המוקצה בפועל בזמן ריצת התוכנית. בהתאם לכך תופעלנה המתודות () **Division** / () **Multiplication** מתוך המתודה הדורסת () **DoSomeWork** במחלקה הנגזרת המתאימה.

בהתאם להסבר הני"ל נערוך מעקב אחר ביצוע קטעי הקוד של התוכנית:

אתחול מערך arr

- a [0] – מופע עצם של Derived1 שערכי תכונותיו הם num = 12, num1 = 22
- a [1] – מופע עצם של Derived2 שערכי תכונותיו הם num = 33, num2 = 44
- a [2] – מופע עצם של Derived3 שערכי תכונותיו הם num = 54, num3 = 34
- a [3] – מופע עצם של Derived1 שערכי תכונותיו הם num = 51, num1 = 72
- a [4] – מופע עצם של Derived2 שערכי תכונותיו הם num = 58, num2 = 99

למעשה איברי המערך הם מטיפוס מחלקת הבסיס Base, אך בפועל כל איבר הינו מופע עצם מטיפוס המחלקות הנגזרות כמתואר בתרשים הבא:



ביצוע לולאת arr[i].Run ()

פלט	this.num % 2 == 0	arr [i]			i	arr.Length
		טיפוס מופע	num	num x		
num = 12 num1 = 22 num * num1 = 264	true	Derived1	12	num1 22	0	5
אין פלט	false	Derived2	33	num2 44	1	
num = 54 num3 = 34 num * num3 = 1836 num = 54 num3 = 34 num / num3 = 1	true	Derived3	54	num3 34	2	
אין פלט	false	Derived1	51	num1 72	3	
num = 58 num2 = 99 num / num2 = 0	true	Derived2	58	num2 99	4	

הוראות התנאי (if (arr [] is Derived))

פלט	this.num % 2 == 0	arr [] is Derived	num	num x	טיפוס מופע	arr [i]
num = 54 num3 = 34 num * num3 = 1836 num = 54 num3 = 34 num / num3 = 1	true	arr [2] is Derived3 true	54	num3 34	Derived3	arr [2]
אין פלט	לא נבדק	arr [3] is Derived2 false	51	num1 72	Derived1	arr [3]

אם מצרפים את שורות הפלט מעמודת הפלט בטבלאות המעקב, ניתן להשוות מול הפלט שמתקבל בפועל מהרצת התוכנית בסביבת הפיתוח:

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
num = 12
num1 = 22
num * num1 = 264
num = 54
num3 = 34
num * num3 = 1836
num = 54
num3 = 34
num / num3 = 1
num = 58
num2 = 99
num / num2 = 0
num = 54
num3 = 34
num * num3 = 1836
num = 54
num3 = 34
num / num3 = 1
Press any key to continue . . . _
    
```