

## درس ۳۲

# حل یک مدل برنامه ریزی خطی با داده های بررداری با زبان ویژال بیسیک

تهیه شده توسط گروه آموزشی بهینه یاب

**بهینه یاب**

نخستین مرجع تحقیق در عملیات

LP IP NP NET DP

در این مثال می خواهیم به چند نکته مهم در برنامه نویسی با محیط ویژال بیسیک پردازیم. نکته اول، توسعه یک مدل ریاضی را به صورت برداری تعریف کنیم که در مدل ها در مقیاس واقعی بسیار کاربرد دارد. در بخش دوم به نحوی استفاده از قابلیت تولید عدد تصادفی در برنامه نویسی ویژال بیسیک می پردازیم و در یک مثال نشان می دهیم که چطور در یک مدل بهینه سازی می توان استفاده کرد. نکته سوم، تعیین زمان یافتن جواب بهینه است که در پژوهش های تحقیق در عملیات بسیار اهمیت دارد و زمان حل یک مدل یکی از ویژگی های مهم است که می بایستی در گزارشات علمی گزارش داده شود. نکته آخر، در خصوص نحوه یافتن خطا در زبان ویژال بیسیک است که برای بررسی درستی عملکرد مدل بسیار مهم است.

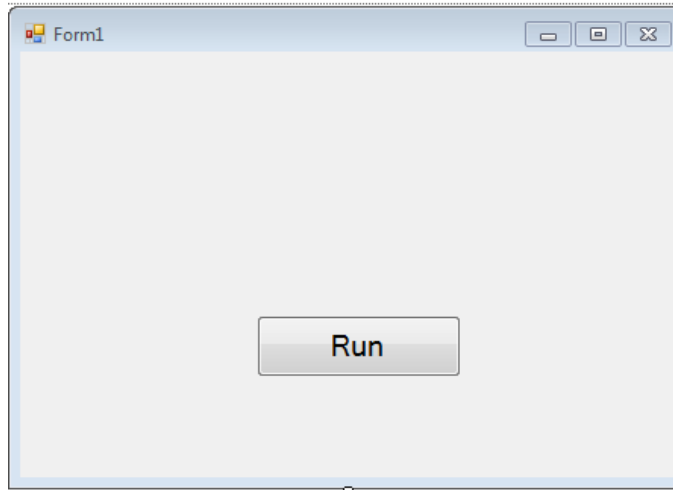
## ارایه یک مدل خطی برداری

در این درس، به بررسی مدل زیر می پردازیم.

$$\begin{aligned} & \text{Max} \quad \sum_{j=1}^m c_j x_j \\ & \text{s.t.} \\ & \sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1, \dots, n \\ & x_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, m \end{aligned}$$

در برنامه تعداد متغیرها ( $m$ ) و تعداد محدودیت ها ( $n$ ) با متغیر  $numberofvariable$  و  $numberofconstraint$  مشخص می شود. مقدار سمت راست ( $b_i$ ) و  $a_{ij}$  را به صورت اعداد تصادفی تعیین می کنیم. با توجه به اهمیت بخش های مختلف برنامه این مثال، به صورت دقیق هر بخش از کل توضیح داده می شود.

در ابتدا یک فرم به صورت زیر ایجاد می شود و سپس یک دکمه برای اجرای مدل با عنوان *Run* ایجاد می شود.



روی دکمه *Run* دو بار کلیک می کنیم و کد زیر را وارد می کنیم.

<pre>Dim cplex As New Cplex() Dim var(0)() As INumVar Dim rng(0)() As IRange Dim experssion(10) As ILOG.Concert.IIntExpr Dim numberofvariable As Integer Dim numberofconstraint As Integer</pre>	<p>در این قسمت مدل بهینه سازی، متغیرها، محدودیت، توابع، و پارامتر تعداد متغیرها و محدودیت ها تعریف می شود. عبارت <i>expression(10)</i> یک بردار ۱۰ مولفه ای با ماهیت تابع است.</p>
<pre>numberofvariable = 15 numberofconstraint = 15</pre>	<p>برای مثال اول، تعداد متغیرها و تعداد محدودیت ها برابر ۱۵ در نظر گرفته می شود.</p>
<pre>Dim coffobj(numberofvariable) As Double Dim coff(numberofconstraint, numberofvariable) As Double Dim rhs(numberofconstraint) As Double</pre>	<p>تعریف پارامترهای مدل شامل ضرایب تابع هدف، محدودیت و مقادیر سمت راست بر با ماهیت پیوسته و با توجه به تعداد محدودیت ها و متغیرها تعریف می شود.</p>
<pre>For i = 1 To numberofvariable coffobj(i) = Rnd() * 4 Next  For i = 1 To numberofconstraint For j = 1 To numberofvariable coff(i, j) = Rnd() * 10 Next Next  For i = 1 To numberofconstraint rhs(i) = Rnd() * 2000 Next</pre>	<p>در این بخش مقدار پارامترهای ضریب تابع هدف، ضریب متغیرها در محدودیت عملکردی و مقادیر سمت راست تعیین می شود. این مقادیر به صورت تصادفی تعیین می شود. برای این کار کافی است که از تابع <i>rnd()</i> که از ابزارهای موجود در</p>

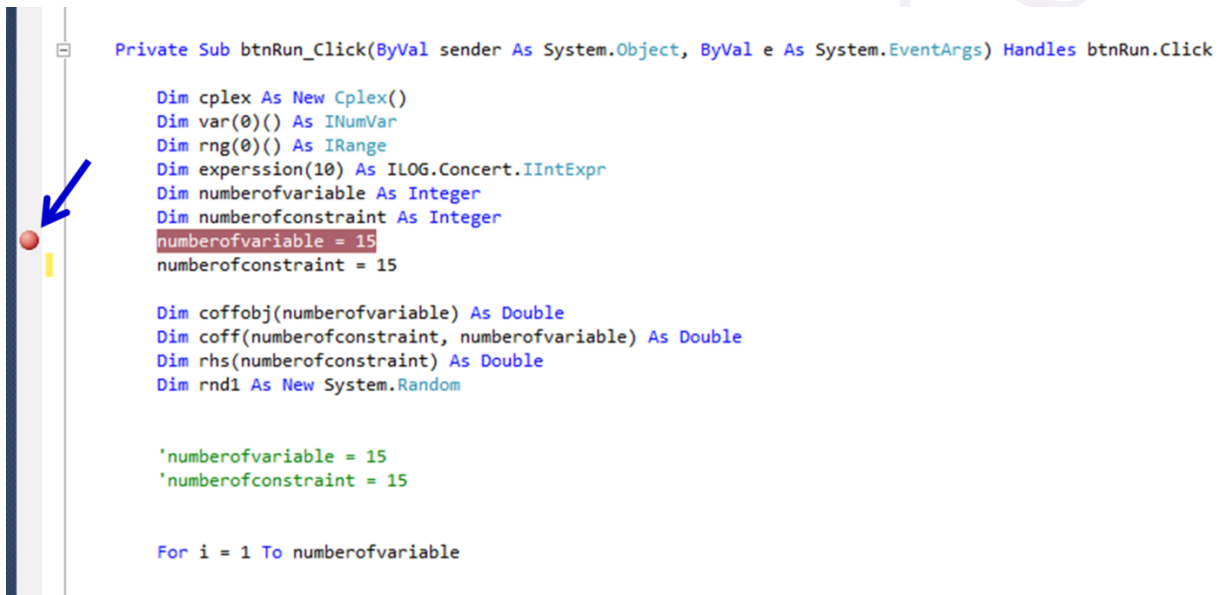
	<p>ویژال بیسیک است استفاده کرد که یک عدد تصادفی پیوسته بین صفر و یک تولید می کند. مقدار ضریب متغیرها در تابع هدف برابر <math>4rnd()</math> است که به این معنا است که یک عدد تصادفی بین صفر و چهار است. ضرایب متغیرها در محدودیت ها یک عدد تصادفی بین ۰ و ۱۰ است. همچنین، مقدار سمت راست محدودیت ها یک عدد تصادفی بین صفر و ۲۰۰۰ است.</p>
<pre>Dim x(numberofvariable) As INumVar For vc = 0 To numberofvariable x(vc) = cplex.NumVar(0, Double.MaxValue, ILOG.Concert.NumVarType.Float) Next</pre>	<p>متغیر تصمیم به صورت یک بردار با <i>numberofvariable</i> مولفه با نام <i>x</i> تعریف می شود. پس از تعریف این متغیر، می بایستی نوع متغیر و حد پایین و بالا مشخص شود که در این جا حد پایین و بالا برابر صفر و مثبت بی نهایت تعریف می شود. همچنین نوع متغیر پیوست است که با عنوان <i>float</i> تعیین می شود.</p>
<pre>var(0) = x rng(0) = New IRange(numberofconstraint) {} For i = 0 To numberofconstraint rng(0)(i) = cplex.AddLe(cplex.Prod(0, x(0)), 0) rng(0)(i).ClearExpr() Next</pre>	<p>در صورتیکه متغیرهای تصمیم چند نوع باشد (مثلا <math>x, y, z</math>) برای سهولت در برنامه نویسی یک متغیر دیگر با عنوان <i>var()</i> تعریف می شود که به صورت لیست است و هر متغیر به یکی از مولفه های آن متغیر تخصیص داده می شود.</p> <p>محدودیت ها در این بخش تعریف می شود که می توان معادلات و مقادیر سمت راست را به آن ها تخصیص داد. با توجه به این که برای تعریف مدل بهینه سازی از رویکرد برنامه نویسی شی گرا استفاده می شود، پس از تعریف محدودیت ها، مقدار صفر به آن تخصیص داده می شود که</p>

	<p>خطای <i>Null</i> در حین اجرای برنامه داده نشود. یکی از روش های مناسب استفاده از کد این بخش است.</p>
<pre>For i = 1 To numberofconstraint ' UBound(rng, 0)   For j = 1 To numberofvariable     experssion(3) = cplex.Prod(x(j), coff(i, j))     cplex.AddToExpr(rng(0)(i), experssion(3))    Next   rng(0)(i).SetBounds(Double.NegativeInfinity,   rhs(i)) Next</pre>	<p>تعریف مقادیر سمت راست و ضرایب متغیرها محدودیت های عملکردی در این بخش صورت می گیرد. مقادیر <i>coff</i> از قبل تعیین شده است. برای تعریف مقدار سمت راست، می توان به این صورت عمل کرد. با توجه به این که محدودیت به صورت کمتر مساوی است، مقدار حد پایین معادله را برابر منفی بینهایت و مقدار سمت راست را برابر <i>rhs</i> آن محدودیت قرار دهیم.</p>
<pre>Dim objfunction As ILOG.Concert.IObjective = cplex.AddMaximize() For i = 1 To numberofvariable   experssion(1) = cplex.Prod(x(i), coffobj(i))   cplex.AddToExpr(objfunction, experssion(1))  Next</pre>	<p>تابع هدف در این بخش تعریف می شود. با توجه به این که به دنبال بیشینه کردن تابع هدف هستیم از عبارت <i>addmaximize</i> استفاده می کنیم. تابع هدف با ضرب ضریب متغیر در متغیر مربوطه به دست می آید.</p>
<pre>Dim timeMain As System.Diagnostics.Stopwatch = System.Diagnostics.Stopwatch.StartNew timeMain.Reset() timeMain.Start()</pre>	<p>برای این که بتوان زمان حل مدل توسط حلگر <i>cplex</i> را محاسبه کرد، از یکی از ابزارهای زبان برنامه نویسی ویژال بیسیک استفاده می کنیم. <i>start</i>. به این معنا است که کرنومتر از این خط شروع به اجرا می شود.</p>
<pre>If cplex.Solve() Then   timeMain.Stop()   Dim maintime As Double   maintime = timeMain.Elapsed.TotalMilliseconds    Dim xx As Double() = cplex.GetValues(var(0))   Dim slack As Double() =</pre>	<p>در این بخش مدل ایجاد شده حل می شود. اگر مدل دارای جواب باشد، تابع <i>cplex.solve</i> مقدار <i>True</i> دارد و ادامه برنامه اجرا می شود. در غیر این صورت پیام <i>No optimal solution found</i> گزارش می شود. اگر مدل دارای جواب</p>

```
plex.GetSlacks(rng(0))  
    MessageBox.Show("Solution status = " +  
plex.GetStatus().ToString)  
    MessageBox.Show("Solution value = " +  
plex.ObjValue.ToString)  
Else if  
    MessageBox.Show("No optimal solution found")  
End If
```

باشد، زمان حل مدل با دستور *timemain.stop* محاسبه می شود و مقدار زمان حل در متغیر *maintime* ذخیره می شود. مقدار بهینه متغیرها در بردار *XX* ذخیره می شود. مقدار بهینه تابع هدف هم گزارش می شود.

یکی از بخش های محل نرم افزار ویزال بیسیک استفاده از ابزار خطایابی این نرم افزار است. فرض کنید می خواهید روند برنامه را به صورت خط به خط بررسی کنید. برای این کار بر روی نوار خاکستری مجاور خط دلخواه یک بار کلیک می کنیم تا یک دایره قرمز رنگ به صورت زیر ایجاد شود.



```
Private Sub btnRun_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles btnRun.Click  
  
    Dim cplex As New Cplex()  
    Dim var(0)() As INumVar  
    Dim rng(0)() As IRange  
    Dim experssion(10) As ILOG.Concert.IIntExpr  
    Dim numberofvariable As Integer  
    Dim numberofconstraint As Integer  
    numberofvariable = 15  
    numberofconstraint = 15  
  
    Dim coffobj(numberofvariable) As Double  
    Dim coff(numberofconstraint, numberofvariable) As Double  
    Dim rhs(numberofconstraint) As Double  
    Dim rnd1 As New System.Random  
  
    'numberofvariable = 15  
    'numberofconstraint = 15  
  
    For i = 1 To numberofvariable
```

اکنون برنامه را اجرا می کنیم. برنامه تا خط مدنظر اجرا و سپس متوقف می شود و خط مدنظر زرد رنگ می شود.

```
Public Class Form1

Private Sub btnRun_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles btnRun.Click

    Dim cplex As New Cplex()
    Dim var(0)() As INumVar
    Dim rng(0)() As IRange
    Dim experssion(10) As ILOG.Concert.IIntExpr
    Dim numberofvariable As Integer
    Dim numberofconstraint As Integer
    numberofvariable = 15
    numberofconstraint = 15

    Dim coffobj(numberofvariable) As Double
    Dim coff(numberofconstraint, numberofvariable) As Double
    Dim rhs(numberofconstraint) As Double
    Dim rnd1 As New System.Random

    For i = 1 To numberofvariable

        coffobj(i) = Rnd() * 4
    Next

End Sub

End Class
```

برای اجرای ادامه برنامه، اگر بخواهید کل برنامه اجرا شود، دکمه F5 را فشار می دهید و برنامه تا انتهای اجرا می شود. ولی برای اجرای خط به خط، دکمه F8 را فشار می دهیم. در این صورت می توانید تغییرات متغیرها را بدقت رصد کنید. برای مشاهده مقدار متغیرها، در پایین صفحه، روی تب watch1 کلیک کنید و در ستون اول نام متغیر مدنظر نظر مثلا VC را وارد کنید. همان طور که مشاهده می کنید با کلیک بر روی F8 مقدار این متغیر افزایش می یابد و به صورت مستمر مقدار آن را داشته باشید. برای مثال در شکل زیر، مقدار فعلی آن 13 است. این ابزار برای بررسی نحوه اجرای درست الگوریتم بسیار کاربردی است.

```
btnRun Click  
Next  
'defining variables for master model  
  
Dim x(numberofvariable) As INumVar ' is the value of flow in arcs in hyper network  
  
For vc = 0 To numberofvariable ' تعداد کمان های شبکه بزرگ شده است  
    x(vc) = cplex.NumVar(0, Double.MaxValue, ILOG.Concert.NumVarType.Float)  
Next  
var(0) = x  
rng(0) = New IRange(numberofconstraint) {}  
For i = 0 To numberofconstraint  
    rng(0)(i) = cplex.AddLe(cplex.Prod(0, x(0)), 0)  
    rng(0)(i).ClearExpr()  
  
Next  
  
For i = 1 To numberofconstraint ' UBound(rng, 0)  
    For j = 1 To numberofvariable  
        experssion(3) = cplex.Prod(x(j), coff(i, j))  
        cplex.AddToExpr(rng(0)(i), experssion(3))  
  
    Next  
    rng(0)(i).SetBounds(Double.NegativeInfinity, rhs(i))  
Next  
  
Dim objfunction As ILOG.Concert.IObjective = cplex.AddMaximize()  
For i = 1 To numberofvariable
```

Watch 1	
Name	Value
vc	13

Autos Locals Watch1 Call Stack Breakpoints Command Window Immediate Window Output Error

اگر بخواهیم مقدار متغیرهای تصمیم و زمان حل مدل را بدست آوریم، می توان مشابه شکل زیر، یک توقف در محل زیر قرار داد و سپس در قسمت watch1 متغیرهای xx و maintime را نوشت تا مقدار آن ها را بدست آورد که در شکل زیر آورده شده است. همان طور که مشخص است، زمان حل ۱۸ میلی ثانیه است و مقدار مولفه ۶ متغیر xx به صورت زیر است.



```
Dim objfunction As ILOG.Concert.IObjective = cplex.AddMaximize()
For i = 1 To numberofvariable
    experssion(1) = cplex.Prod(x(i), coeffobj(i))
    cplex.AddToExpr(objfunction, experssion(1))
Next

Dim timeMain As System.Diagnostics.Stopwatch = System.Diagnostics.Stopwatch.StartNew
timeMain.Reset()
timeMain.Start()

If cplex.Solve() Then
    timeMain.Stop()
    Dim maintime As Double
    maintime = timeMain.Elapsed.TotalMilliseconds

    Dim xx As Double() = cplex.GetValues(var(0))
    Dim slack As Double() = cplex.GetSlacks(rng(0))
    MessageBox.Show("Solution status = " + cplex.GetStatus().ToString)
    MessageBox.Show("Solution value = " + cplex.ObjValue.ToString)
Else
End If

End Sub
```

100 %

Name	Value
maintime	18.3166
xx	{Length=16}
xx (0)	0.0
xx (1)	0.0
xx (2)	0.0
xx (3)	0.0
xx (4)	0.0
xx (5)	0.0
xx (6)	89.601171538154645
xx (7)	0.0

Autos Locals Watch 1 Call Stack Breakpoints Command Window Immediate Window Output Error