

非线性规划

非线性规划的挑战(10. 1)

10.2–10.16

边际收益递减的非线性规划(10. 2)

10.17–10.21

边际收益递减的非线性规划(10. 2)

10.22–10.26

可分离规划(10. 3)

10.27–10.39

复杂非线性规划问题(10. 4)

10.40–10.41

Evolutionary Solver软件和遗传算法(10.5)

10.42–10.50

西南交通大学经济管理学院

10.1 线性公式和非线性公式的例子

线性公式

SUMPRODUCT(D4:D6, C4:C6)

[(D1 + D2) / D3] * C4

IF(D2 >= 2, 2*C3, 3*C4)

SUMIF(D1:D6, 4, C1:C6)

SUM(D4:D6)

2*C1 + 3*C4 + C6

C1 + C2 + C3

非线性公式

SUMPRODUCT(C4:C6, C1:C3)

[(C1 + C2) / C3] * D4

IF(C2 >= 2, 2*C3, 3*C4)

SUMIF(C1:C6, 4, D1:D6)

ROUND(C1)

MAX(C1, 0)

MIN(C1, C2)

ABS(C1)

SQRT(C1)

C1 * C2

C1 / C2

C1 ^2

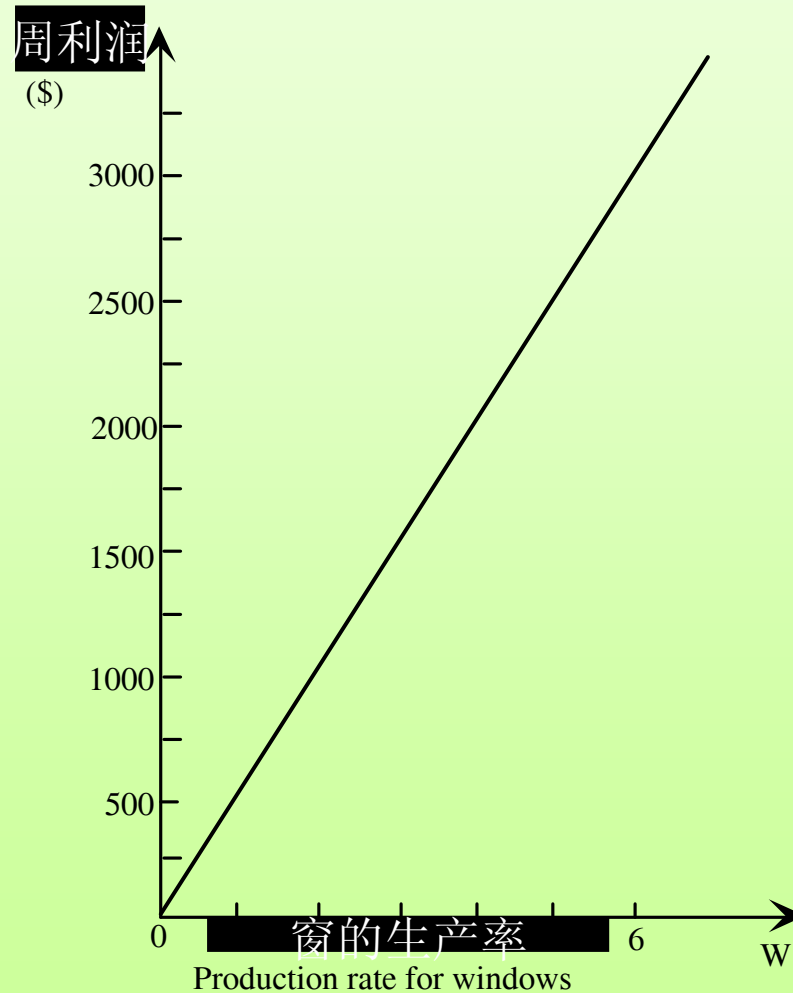
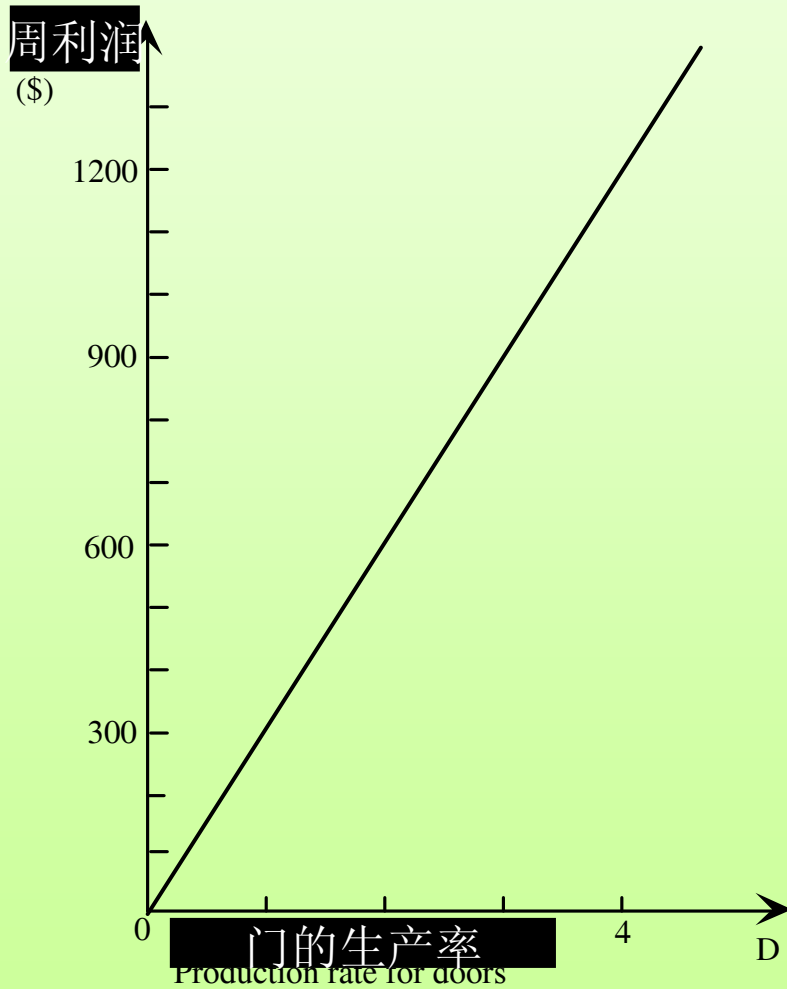
非线性规划的挑战

- ◆ 非线性规划用于模拟活动水平和总绩效测度之间的非比例关系, 而线性规划呈现的是比例关系
- ◆ 为了一个非线性规划模型创立非线性公式比在线性规划中建立线性公式更复杂
- ◆ 非线性规划模型的求解(如果可以求解的话)比线性规划模型更加复杂

非比例关系的挑战

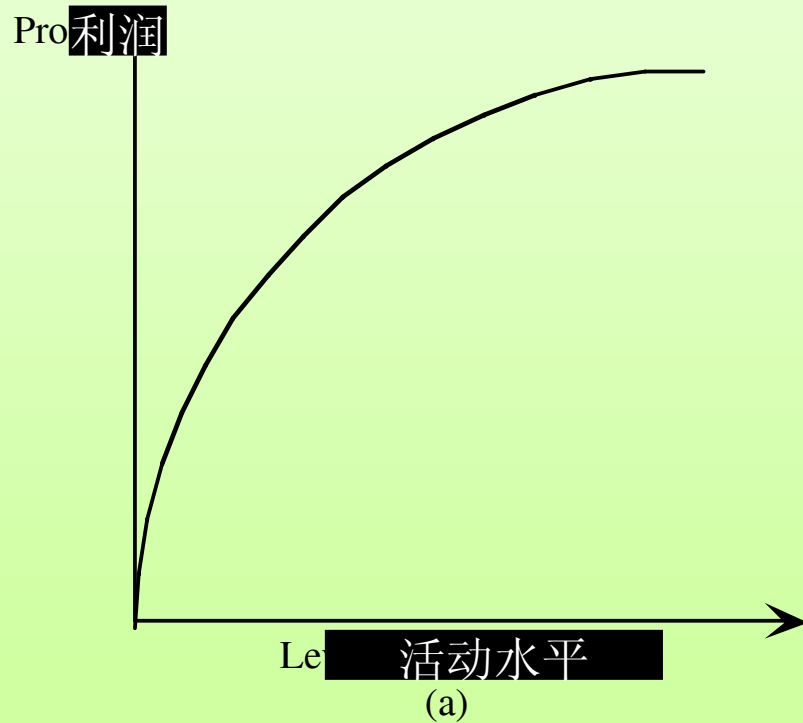
- ◆ 线性规划的比例性假设:各种活动对目标函数值的贡献与活动水平成比例。换句话说,也就是目标函数中包含该活动的一项是系数与决策变量的乘积。
- ◆ 只要任何活动与总绩效测度之间存在非比例关系,就会产生非线性规划问题,因为活动对绩效测度的贡献与活动水平间的关系是不成比例的

伟恩德玻璃制品公司的利润图(比例关系)

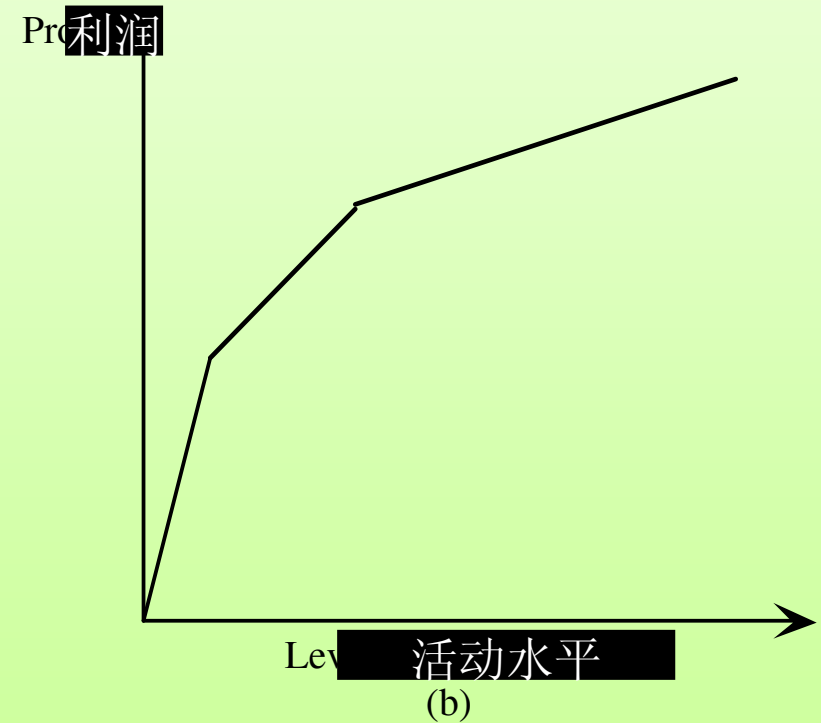


非比例关系利润曲线

边际收益递减

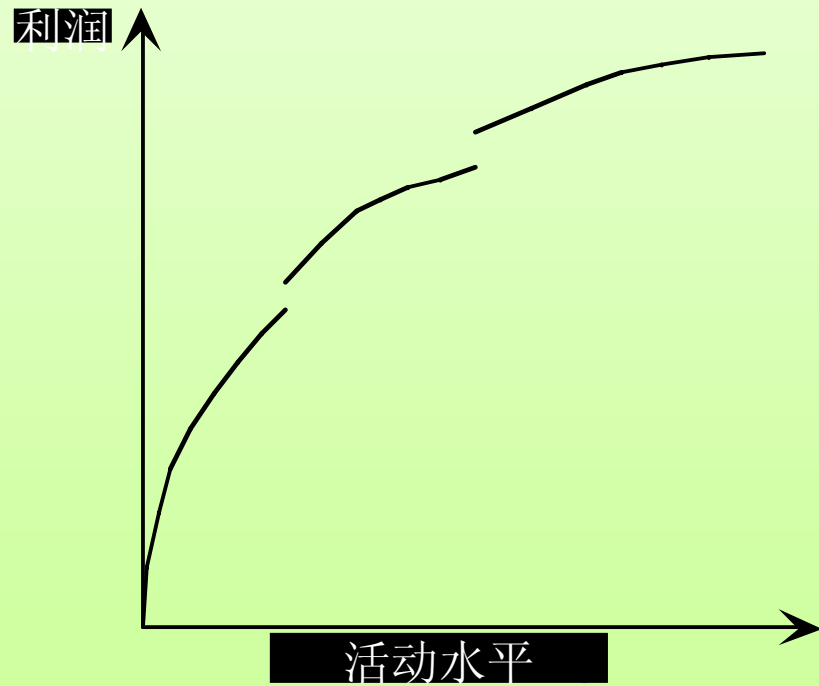


边际收益递减的分段直线



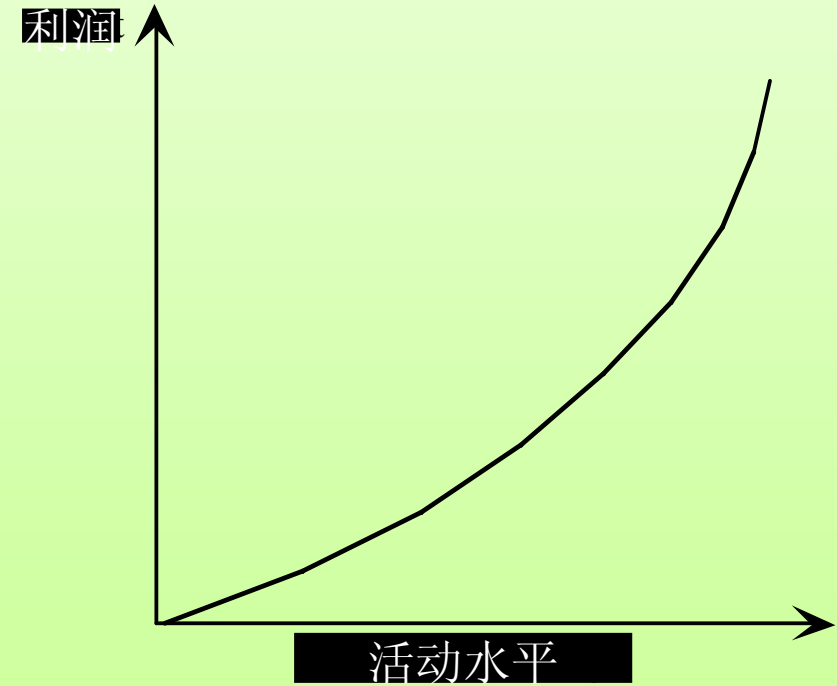
非比例关系利润曲线

边际收益递减,除不连续点外



(c)

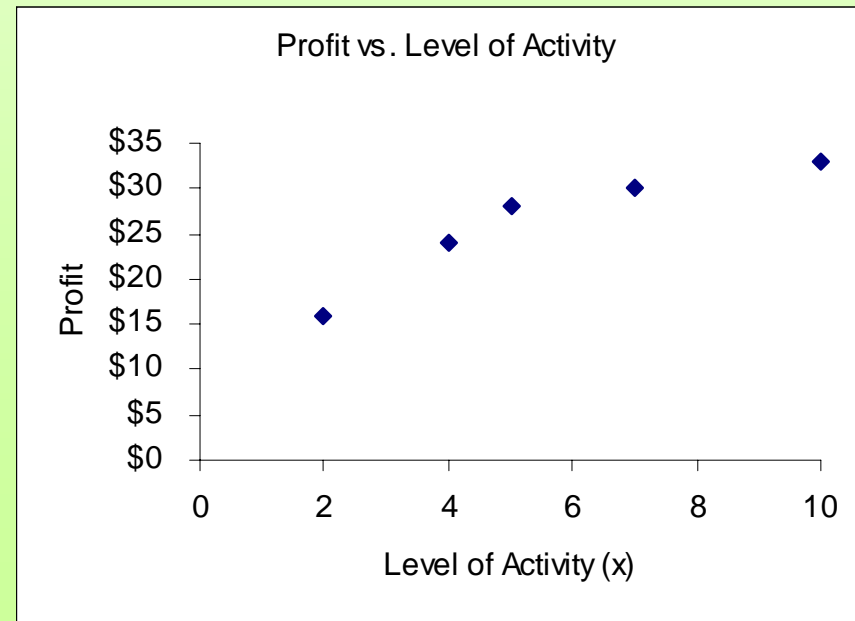
边际收益递增



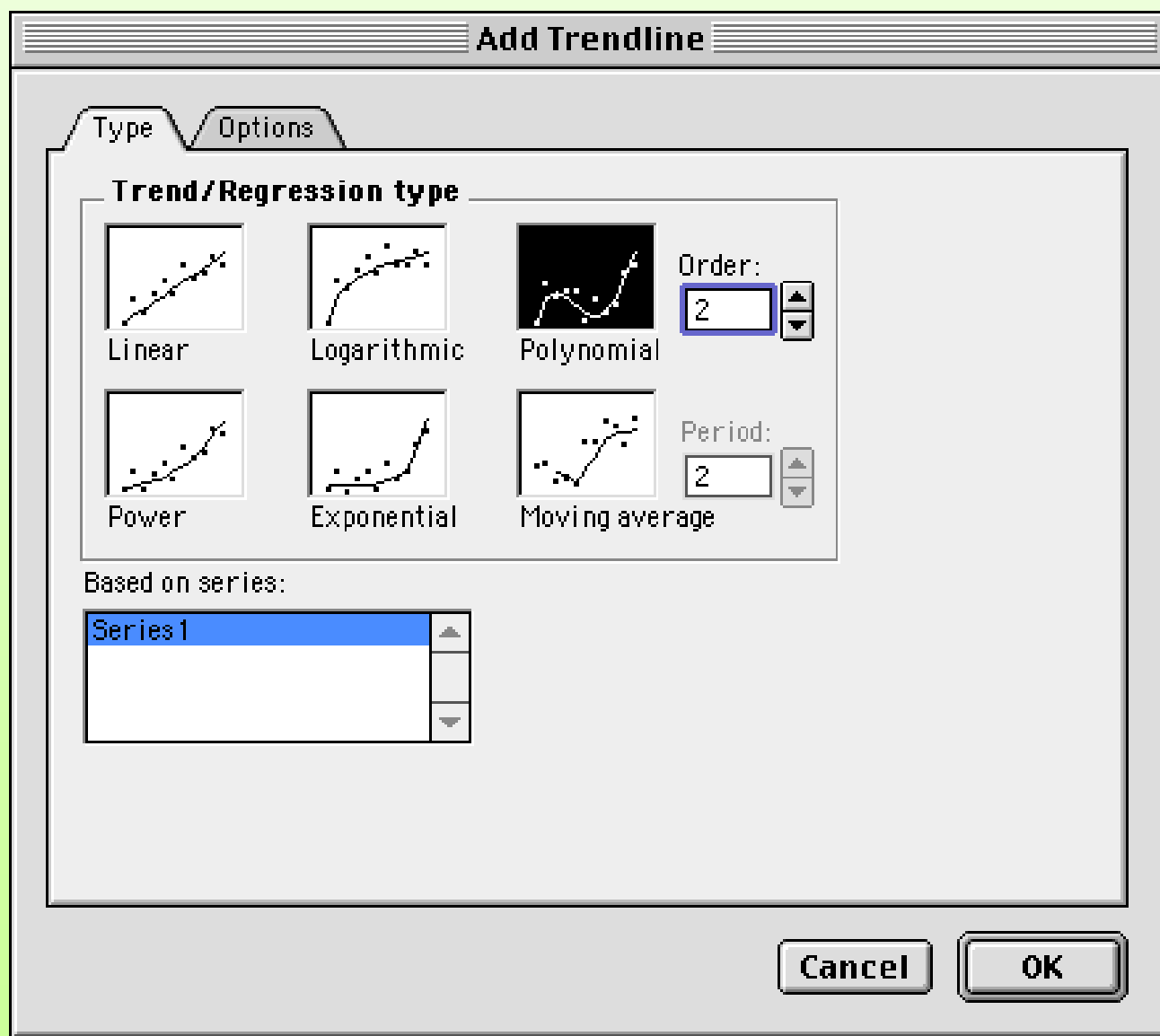
(d)

建立非线性公式

	A	B	C
1	Constructing a Nonlinear Formula		
2			
3		Level of Activity	Profit
4		2	\$16
5		4	\$24
6		5	\$28
7		7	\$30
8		10	\$33



添加趋势线对话框



添加趋势线选项

Add Trendline

Type Options

Trendline name

Automatic: Poly. (Series1)

Custom:

Forecast

Forward: Units

Backward: Units

Set intercept =

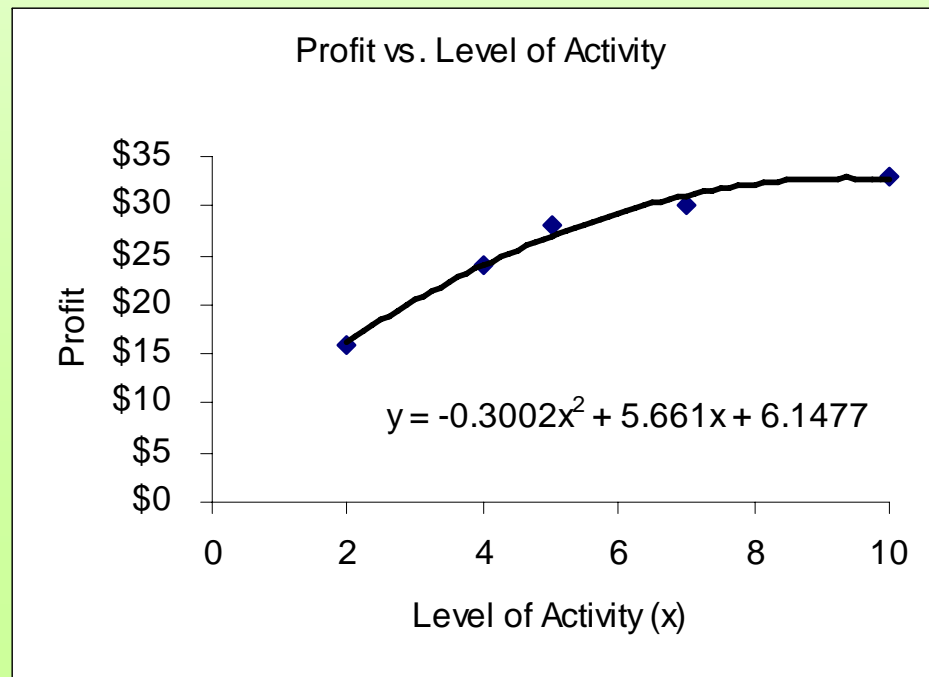
Display equation on chart

Display R-squared value on chart

Cancel OK

趋势线(二次方程式)

	A	B	C
1	Constructing a Nonlinear Formula		
2			
3		Level of Activity	Profit
4		2	\$16
5		4	\$24
6		5	\$28
7		7	\$30
8		10	\$33



求解非线性问题的模型

考虑以下所示代数形式的模型:

$$\text{最大化 利润} = 0.5x^5 - 6x^4 + 24.5x^3 - 39x^2 + 20x$$

约束条件

$$x \leq 5$$

$$x \geq 0$$

以 $x = 0$ 为初始值求解

	A	B	C	D	E
1	A Simple NLP				
2					
3					Maximum
4		$x =$	0.371	\leq	5
5					
6		Profit = $0.5x^5 - 6x^4 + 24.5x^3 - 39x^2 + 20x$			
7		$=$	\$3.19		

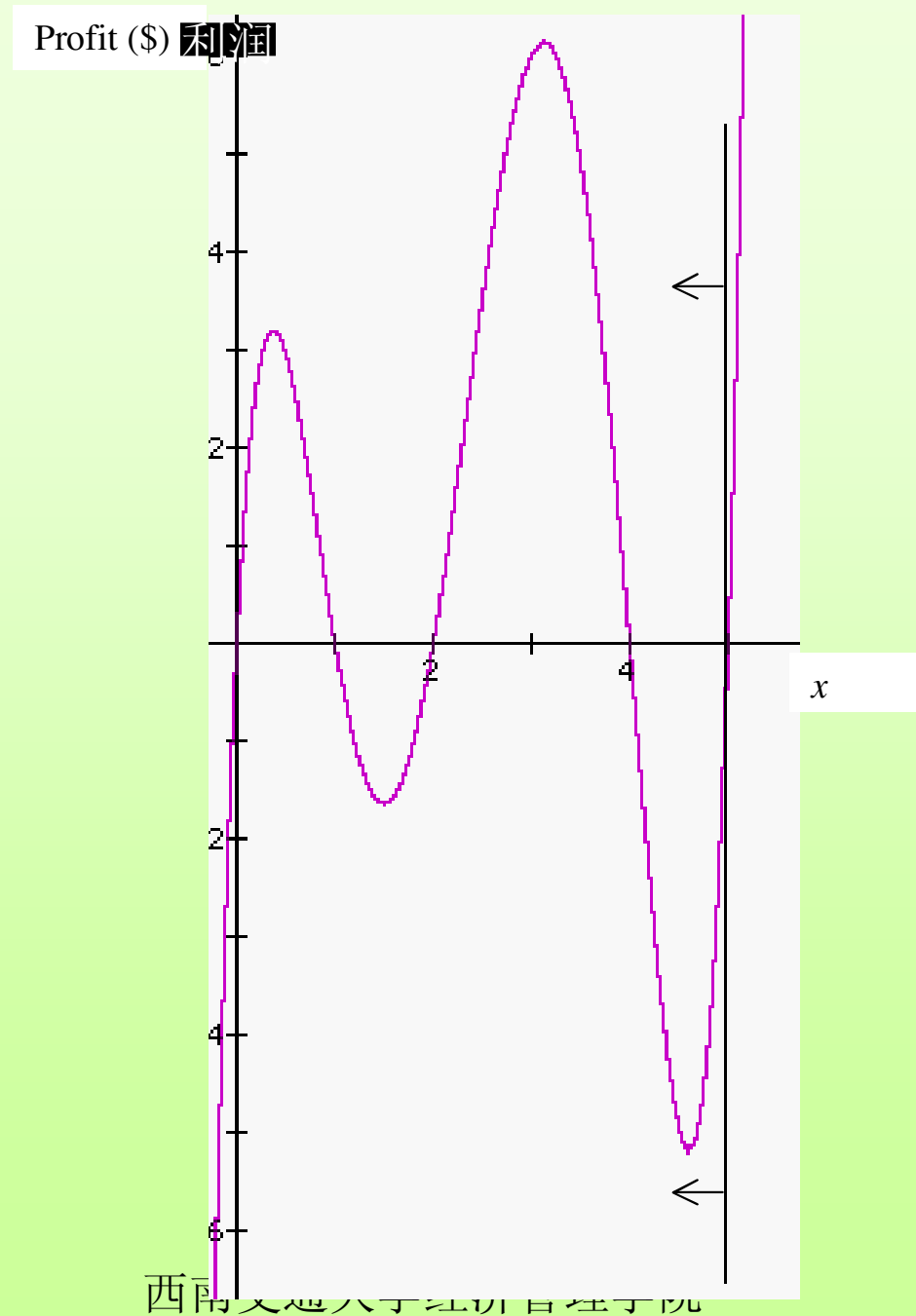
以 $x = 3$ 为初始值求解

	A	B	C	D	E
1	A Simple NLP				
2					
3					Maximum
4		$x =$	3.126	\leq	5
5					
6		Profit = $0.5x^5 - 6x^4 + 24.5x^3 - 39x^2 + 20x$			
7		$=$	\$6.13		

以 $x = 4.7$ 为初始值求解

	A	B	C	D	E
1	A Simple NLP				
2					
3					Maximum
4		$x =$	5.000	\leq	5
5					
6		Profit = $0.5x^5 - 6x^4 + 24.5x^3 - 39x^2 + 20x$			
7		$=$	\$0.00		

利润曲线



10.2 最初的伟恩德公司问题的电子表格模型

	A	B	C	D	E	F	G
1	Wyndor Glass Co. Product-Mix Problem						
2							
3			Doors	Windows			
4		Unit Profit	\$300	\$500			
5					Hours		Hours
6			Hours Used Per Unit Produced		Used		Available
7		Plant 1	1	0	2	<=	4
8		Plant 2	0	2	12	<=	12
9		Plant 3	3	2	18	<=	18
10							
11			Doors	Windows			Total Profit
12		Units Produced	2	6			\$3,600

伟恩德玻璃制品公司的营销成本

- ◆ 市场调查显示，如果不做广告，伟恩德玻璃制品公司可以卖出少量的门和窗。同时，如果我们按工厂生产能力进行生产，那么需要进行大量的广告活动。
- ◆ 需要用产品生产率曲线来估计每周的营销成本，以维持门和窗的生产率

$$\text{门的营销成本} = \$25D^2$$

$$\text{窗的营销成本} = (\$66^2/3)W^2$$

- ◆ 每扇门的毛利润为375美元，每扇窗的毛利润为700美元，因此，净利润为

$$\text{门的净利润} = \$375D - \$25D^2$$

$$\text{窗的净利润} = \$700W - (\$66^2/3)W^2$$

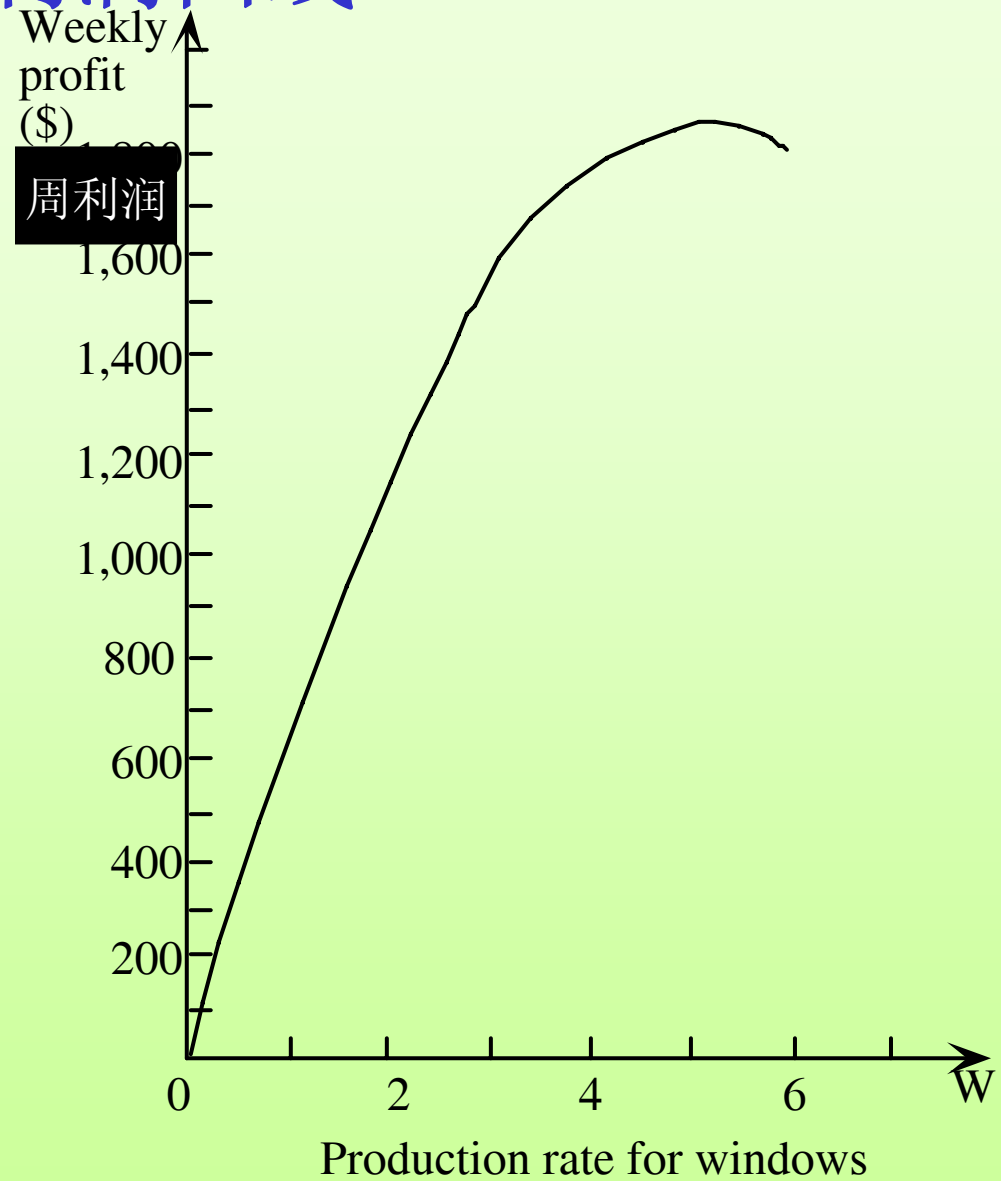
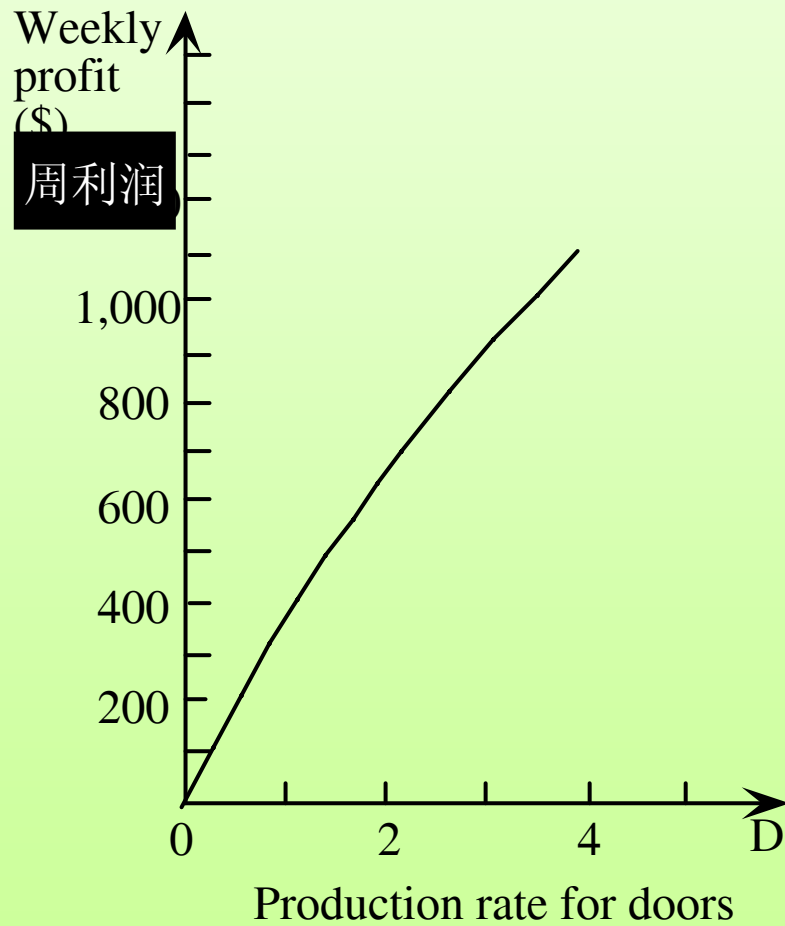
因此，新的最大化目标函数为

$$P = \$375D - 25D^2 + \$700W - (\$66^2/3)W^2$$

问题：考虑到非线性营销成本，伟恩德应该生产多少门和窗？

西南交通大学经济管理学院

门和窗的利润曲线



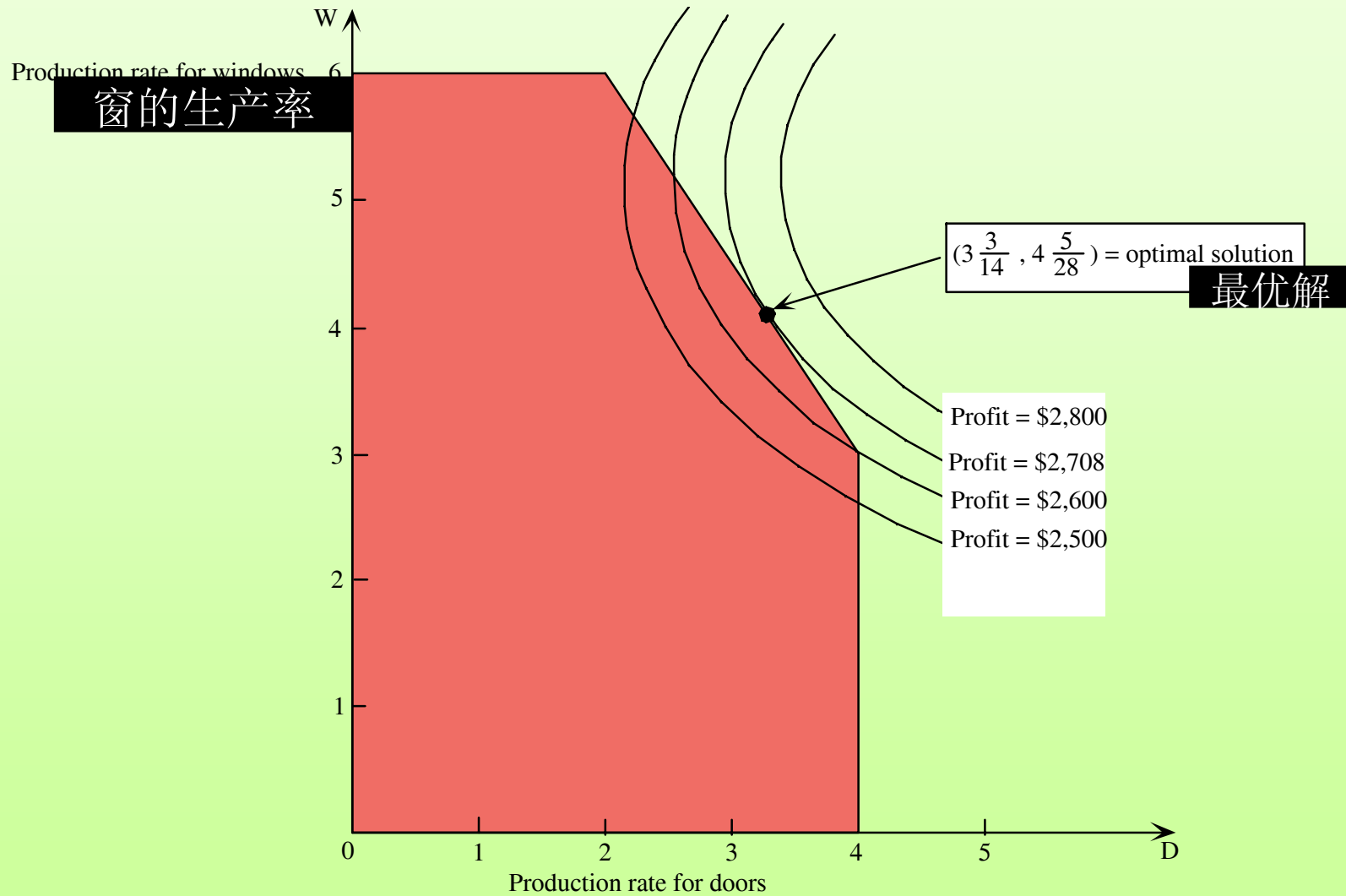
门的生产率

窗的生产率

电子表格模型

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Wyndor Problem With Nonlinear Marketing Costs							
2								
3			Doors	Windows				
4		Unit Profit (Gross)	\$375	\$700				
5					Hours		Hours	
6			Hours Used Per Unit Produced		Used		Available	
7		Plant 1	1	0	3.214	<=	4	
8		Plant 2	0	2	8.357	<=	12	
9		Plant 3	3	2	18	<=	18	
10								
11			Doors	Windows				
12		Units Produced	3.214	4.179	Gross Profit from Sales		\$4,130	
13								
14		Marketing Cost	\$258	\$1,164	Total Marketing Cost		\$1,422	
15								
16							Total Profit	\$2,708

非线性规划模型的图示



投资组合的选择

- ◆ 管理大量证券投资组合的投资经理，现在都习惯于用部分基于非线性规划的计算机模型来指导他们的工作。
- ◆ 投资者不仅关心预期回报，还关注着投资带来的相应风险。
- ◆ 这种方法的一种描述方式是将成本收益平衡问题非线性化

最小化 风险

约束条件 预期回报 \geq 最低可接受水平

- 考虑的投资组合仅包括三种证券

问题：怎样的投资组合才能在预期收益超过18%的情况下使风险最小？

股票的相关数据

股票	预期回报	风险(标准差)	投资组合	每个股票交叉风险(协方差)
1	21%	25%	1 和 2	0.040
2	30	45	1 和 3	-0.005
3	8	5	2 和 3	-0.010

数学建模

最小化 风险 = $(0.25S_1)^2 + (0.45S_2)^2 + (0.05S_3)^2 + 2(0.04)S_1S_2 + 2(-0.005)S_1S_3 + 2(-0.01)S_2S_3$

约束条件

$$(21\%)S_1 + (30\%)S_2 + (8\%)S_3 \geq 18\%$$

$$S_1 + S_2 + S_3 = 100\%$$

且

$$S_1 \geq 0, S_2 \geq 0, S_3 \geq 0.$$

电子表格模型

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Portfolio Selection Problem (Nonlinear Programming)								
2									
3			Stock 1	Stock 2	Stock 3				
4		Expected Return	21%	30%	8%				
5									
6		Risk (Stand. Dev.)	25%	45%	5%				
7									
8		Joint Risk (Covar.)	Stock 1	Stock 2	Stock 3				
9		Stock 1	0.040		-0.005				
10		Stock 2			-0.010				
11		Stock 3							
12									
13			Stock 1	Stock 2	Stock 3	Total			
14		Portfolio	40.2%	21.7%	38.1%	100%	=	100%	
15									
16					Minimum				
17					Expected				
18			Portfolio		Return				
19		Expected Return	18.0%	>=	18.0%				
20									
21		Risk (Variance)	0.0238						
22									
23		Risk (Stand. Dev.)	15.4%						

用Solver Table

检验预期收益与风险之间的平衡

	B	C	D	E	F	G
25					Risk	Expected
26	Min Return	Stock 1	Stock 2	Stock 3	(St. Dev.)	Return
27		40.2%	21.7%	38.1%	15.4%	18.0%
28	8%	7.1%	3.7%	89.1%	3.9%	9.7%
29	10%	8.1%	4.3%	87.6%	3.9%	10.0%
30	12%	16.2%	8.6%	75.2%	5.6%	12.0%
31	14%	24.2%	13.0%	62.8%	8.6%	14.0%
32	16%	32.2%	17.3%	50.5%	12.0%	16.0%
33	18%	40.2%	21.7%	38.1%	15.4%	18.0%
34	20%	48.2%	26.1%	25.7%	18.9%	20.0%
35	22%	56.2%	30.4%	13.4%	22.5%	22.0%
36	24%	64.2%	34.8%	1.0%	26.1%	24.0%
37	26%	44.4%	55.6%	0.0%	30.8%	26.0%
38	28%	22.2%	77.8%	0.0%	37.3%	28.0%
39	30%	0.0%	100.0%	0.0%	45.0%	30.0%

10.3 需要加班时伟恩德玻璃公司问题

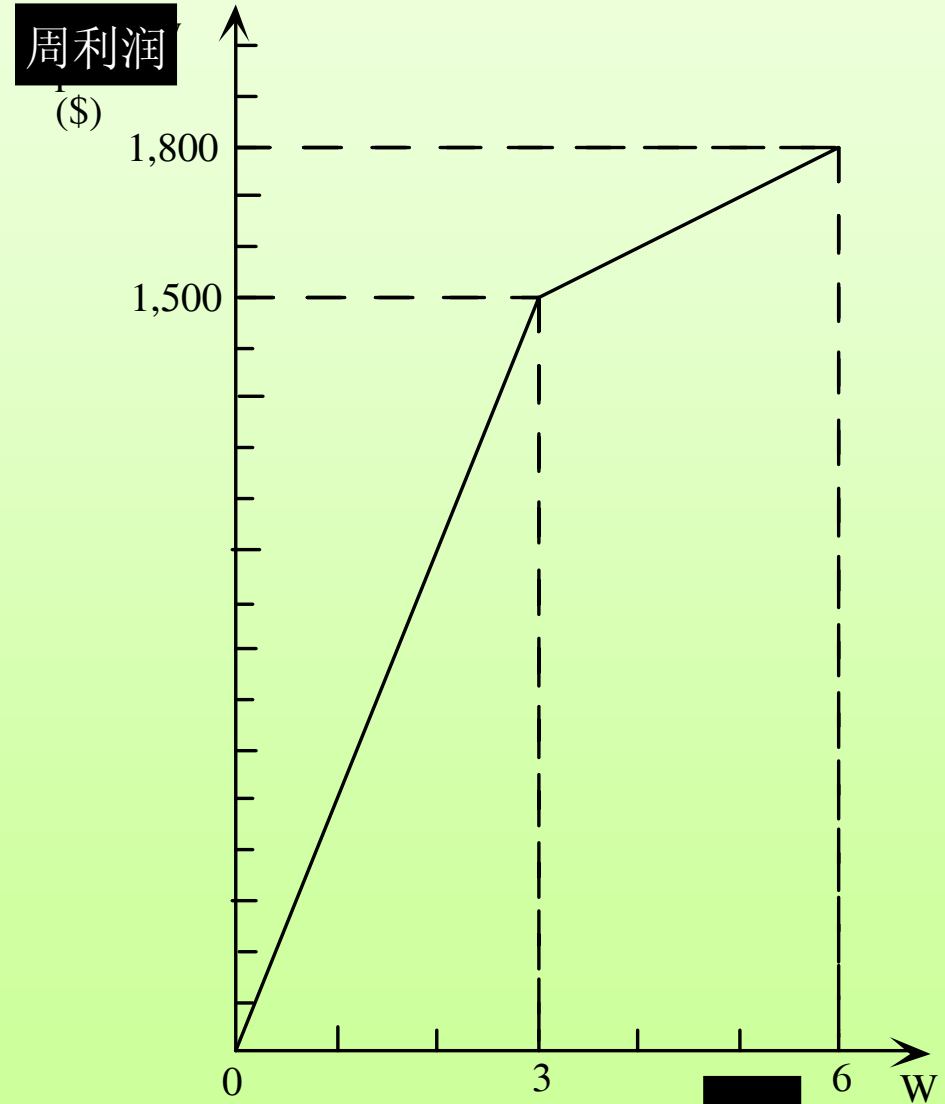
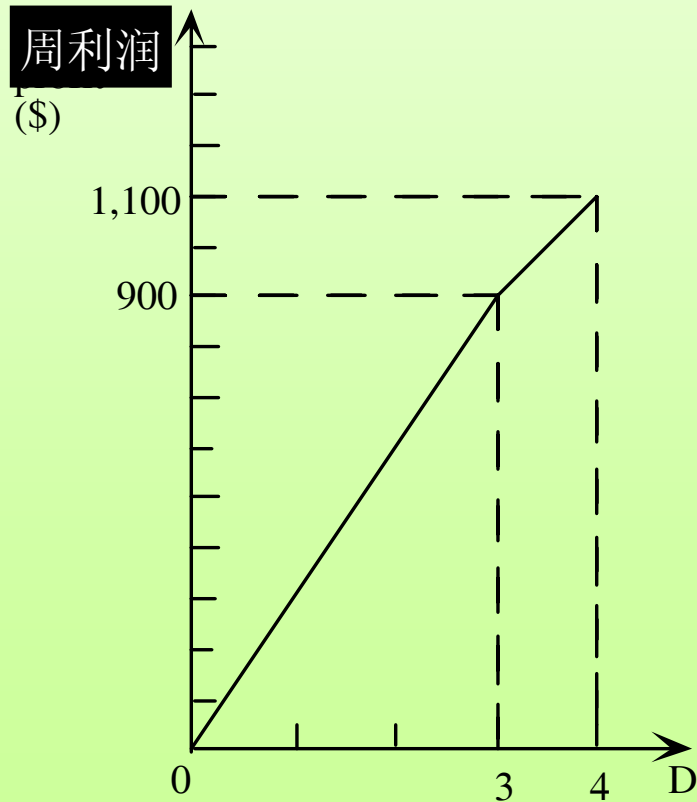
- ◆ 公司接到了一个新的订单，要求在接下来的四个月内工厂1和工厂2生产手工艺品
- ◆ 为了完成这一订单就必须从原产品的生产中调出一部分的工人
- ◆ 为了能够最大限度利用每个工厂的机器和设备的生产能力，剩下的工人就必须加班工作
- ◆ 模型原来的约束条件，使用小时数 \leq 可用小时数，然而，加班工作会导致成本的增加，所以目标函数需要修改
- ◆ 另外，加班的额外成本会降低单位产品利润
- ◆ 问题：考虑到加班的额外成本，伟恩德玻璃公司应该生产多少门和窗？

需要加班的伟恩德问题的数据

产品	<u>每周最大产量</u>			<u>产品的单位利润</u>	
	正常工 作时间	加班时 间	总计	正常工 作时间	加班 时间
门	3	1	4	\$300	\$200
窗	3	3	6	500	100

$$(3D + 2W \leq 18)$$

门和窗的利润曲线



门的生产率 上海交通大学经济管理学院 窗的生产率

可分离规划技术

- ◆ 对于违背比例性假设的任一活动，将其利润线划分为多段，使得每一段为直线线段
- ◆ 为活动利润曲线上的每一直线段引入新的可分决策变量，以代替原来用单一决策变量代表的活动水平
- ◆ 因为每一直线段的新决策变量仍然遵循比例性假设，因此可以为这些变量建立线性规划模型

- ◆ 对于伟恩德问题，这些新的决策变量为

D_R = 正常工作每周生产的门的数量

D_O = 加班工作每周生产的门的数量

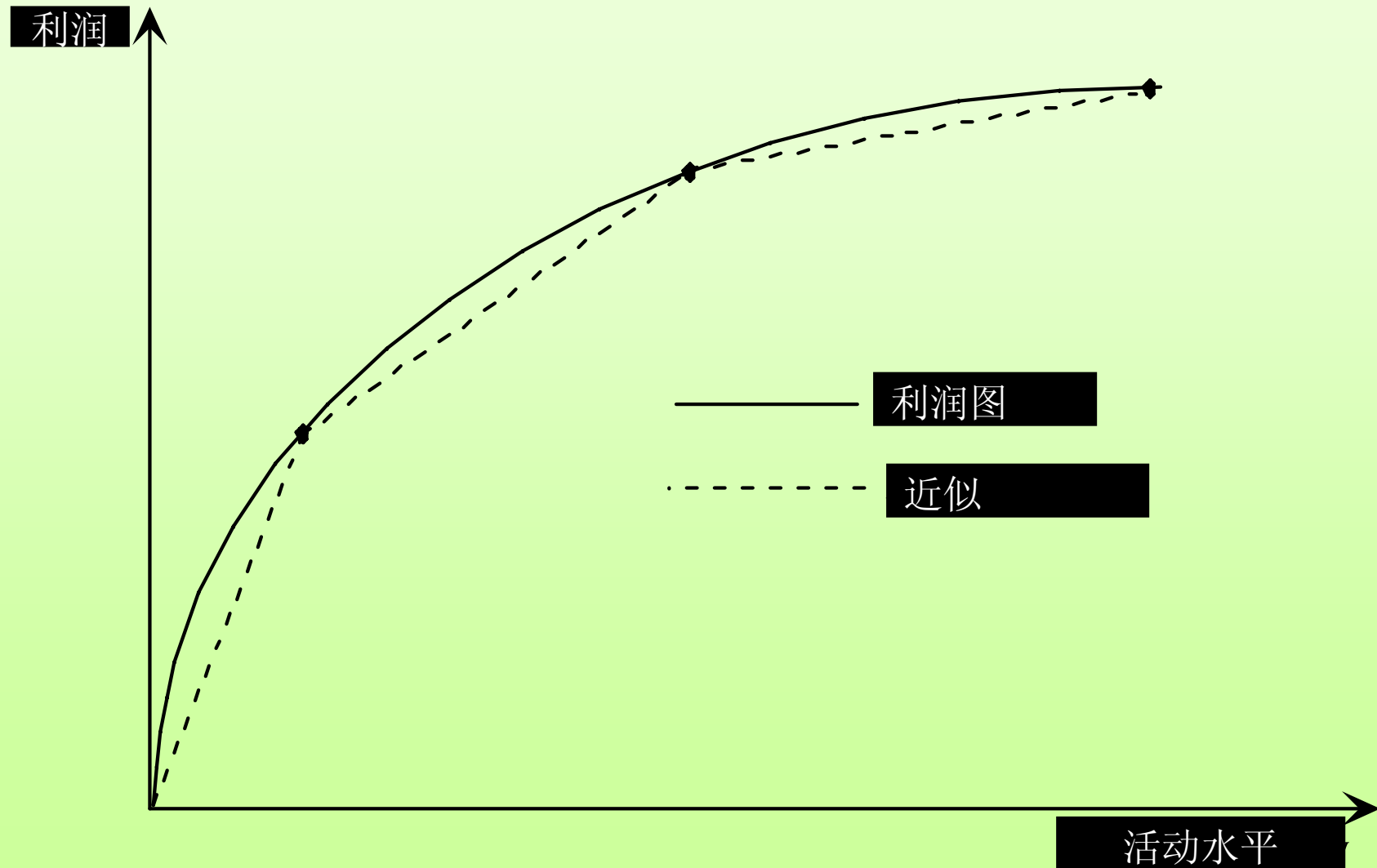
W_R = 正常工作每周生产的窗的数量

W_O = 加班工作每周生产的窗的数量

可分离规划问题的电子表格模型

	A	B	C	D	E	F	G
1	Wyndor Problem with Overtime (Separable Programming)						
2							
3		Unit Profit	Doors	Windows			
4		Regular	\$300	\$500			
5		Overtime	\$200	\$100			
6					Hours		Hours
7			Hours Used Per Unit Produced		Used		Available
8		Plant 1	1	0	4	<=	4
9		Plant 2	0	2	6	<=	12
10		Plant 3	3	2	18	<=	18
11							
12			Units Produced			Maximum	
13			Doors	Windows		Doors	Windows
14		Regular	3	3	<=	3	3
15		Overtime	1	0	<=	1	3
16		Total Produced	4	3			
17							
18			Total Profit	\$2,600			

对光滑利润曲线应用可分离规划



可分离规划的优势

- ◆ Excel Solver利用建立了利润曲线公式的非线性规划模型可以解决边际收益递减问题，这种方法的好处是不需要使用近似曲线
- ◆ 然而，可分离规划方法也有其特定的优势：
 - 1.可分离规划将问题转化为线性规划问题，可以加快求解速度，对大型问题来说是很有帮助的
 - 2.线性规划描述可以使用Solver的敏感性报告
 - 3.可分离规划只需要估计某些活动在某些点上的利润，因此，它无需使用曲线拟合方法估计利润曲线的公式。

存在加班成本和非线性营销成本的伟恩德问题

- ◆ 前面的电子表格模型不包含非线性营销成本
- ◆ 需要用产品生产率曲线来估计每周的营销成本，以维持门和窗的生产率

$$\text{门的营销成本} = \$25D^2$$

$$\text{窗的营销成本} = (\$66^2/3)W^2$$

问题：考虑到加班成本和非线性营销成本，伟恩德玻璃公司应该生产多少门和窗？

存在加班成本和非线性营销成本的伟恩德问题的数据

每周最大产量

单位毛利润

产品	正常工 作时间	加班 时间	总计	正常工 作时间	加班 时间	营销 成本
门	3	1	4	\$375	\$275	$\\$25D^2$
窗	3	3	6	700	300	$66\frac{2}{3}W^2$

生产门的周利润

<i>D</i>	毛利润	营销成本	利润	增加的 利润
0	\$0	\$0	\$0	—
1	375	25	350	350
2	750	100	650	300
3	1,125	225	900	250
4	1,400	400	1,000	100

生产窗的周利润

<i>W</i>	毛利润	营销成本	利润	增加的 利润
0	\$0	\$0	\$0	—
1	700	66²/₃	633¹/₃	633¹/₃
2	1,400	266²/₃	1,133¹/₃	500
3	2,100	600	1,500	366²/₃
4	2,400	1,066²/₃	1,333¹/₃	-166²/₃
5	2,700	1,666²/₃	1,033¹/₃	-300
6	3,000	2,400	600	-433¹/₃

可分离规划问题的电子表格模型

	A	B	C	D	E	F	G
1	Wyndor with Overtime and Marketing Costs (Separable)						
2							
3		Unit Profit	Doors	Windows			
4		Regular (0-1)	\$350.00	\$633.33			
5		Regular (1-2)	\$300.00	\$500.00			
6		Regular (2-3)	\$250.00	\$367.67			
7		Overtime	\$100.00	-\$300.00			
8							
9					Hours		Hours
10			Hours Used Per Unit Produced		Used		Available
11		Plant 1	1	0	4	<=	4
12		Plant 2	0	2	6	<=	12
13		Plant 3	3	2	18	<=	18
14							
15			Units Produced				Maximum
16			Doors	Windows		Doors	Windows
17		Regular (0-1)	1	1	<=	1	1
18		Regular (1-2)	1	1	<=	1	1
19		Regular (2-3)	1	1	<=	1	1
20		Overtime	1	0	<=	1	3
21		Total Produced	4	3			
22							
23			Total Profit	\$2,501			

非线性规划问题的电子表格模型

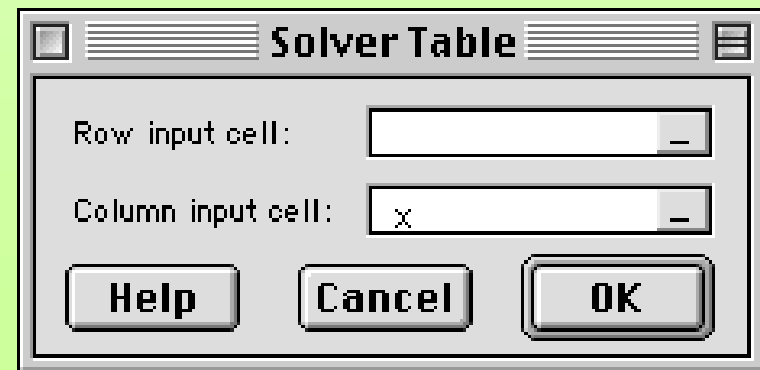
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Wyndor With Overtime and Marketing Costs (Nonlinear Programming)							
2								
3		Unit Profit (Gross)	Doors	Windows				
4		Regular	\$375	\$700				
5		Overtime	\$275	\$300				
6								
7					Hours		Hours	
8			Hours Used Per Unit Produced		Used		Available	
9		Plant 1	1	0	4	<=	4	
10		Plant 2	0	2	6	<=	12	
11		Plant 3	3	2	18	<=	18	
12								
13							Maximum	
14		Units Produced	Doors	Windows			Doors	Windows
15		Regular	3	3	<=	3	3	
16		Overtime	1	0	<=	1	3	
17		Total Produced	4	3				
18							Gross Profit from Sales	\$3,500
19		Marketing Cost	\$400	\$600			Total Marketing Cost	\$1,000
20							Total Profit	\$2,500

10.4 复杂非线性规划问题

- ◆ 即使是含有非线性目标函数的模型，只要其具有某些特征（如，线性约束条件，边际收益递减的目标函数最大化），Solver就可以很容易的找到最优解
- ◆ 在一些情况下，可分离规划可以用来模拟(或近似)一个非线性问题，以此来利用线性规划迅速找到最优解
- ◆ 然而，如果问题存在边际收益递增，或者约束条件是非线性函数，或者利润曲线是几段不连续的曲线，通常就是非常难以求解
 - 这些问题可能存在很多局部最优解
 - Solver被困于众多的局部最优解，而找不到全局最优解
- ◆ 求解这类问题的一种方法是多次运行Solver，每次将不同的初始解输入电子表格中的可变单元格
 - 当只有1至2个变量时， Solver可以更加系统地做这项工作

用Solver Table 尝试不同的初始点

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	Using Solver Table to Try Different Starting Points									
2										
3					Maximum		Starting			
4		x =	0.371	<=	5		Point	Solution		
5							x	x *	Profit	
6		Profit = $0.5x^5 - 6x^4 + 24.5x^3 - 39x^2 + 20x$							0.371	\$3.19
7		=	\$3.19				0	0.371	\$3.19	
8							1	0.371	\$3.19	
9							2	3.126	\$6.13	
10							3	3.126	\$6.13	
11							4	3.126	\$6.13	
12							5	5.000	\$0.00	



10.5 Evolutionary Solver软件和遗传算法

- ◆ Evolutionary Solver用一种与标准Solver完全不同的方法来求模型的最优解
- ◆ Evolutionary Solver的基本原理是根据遗传学、进化论和适者生存原理建立的，因此，这种类型的方法有时称为遗传算法(genetic algorithm)
- ◆ 标准Solver从单独一个解开始,朝着优化解的方向移动;而Evolutionary Solver则从随机产生大量候选解开始
- ◆ 在生成了群体之后,Evolutionary Solver接着对群体创造了新的一代.存在的候选解群体结对创造下一代的子孙,这些子孙后代结合了每个父母的一些因子

Evolutionary Solver软件和遗传算法

- ◆ 在任何代的解的群体中,有些解是好的(或合适的),有些是坏的(或不合适的).通过计算群体中候选解的目标函数来决定解的合适度.接着,借鉴进化论和适者生存的原理,群体中“合适”的成员被允许频繁的繁殖,而“不合适”的成员不允许繁殖.
- ◆ 另一个关键的特征是突变.如同生物学中的基因突变一样, Evolutionary Solver有时会对群体中的成员做出随机的改变,这可以帮助算法在局部最优值附近受到困扰时摆脱困扰.
- ◆ Evolutionary Solver不断创造新一代的解,直到连续几代都没有改进

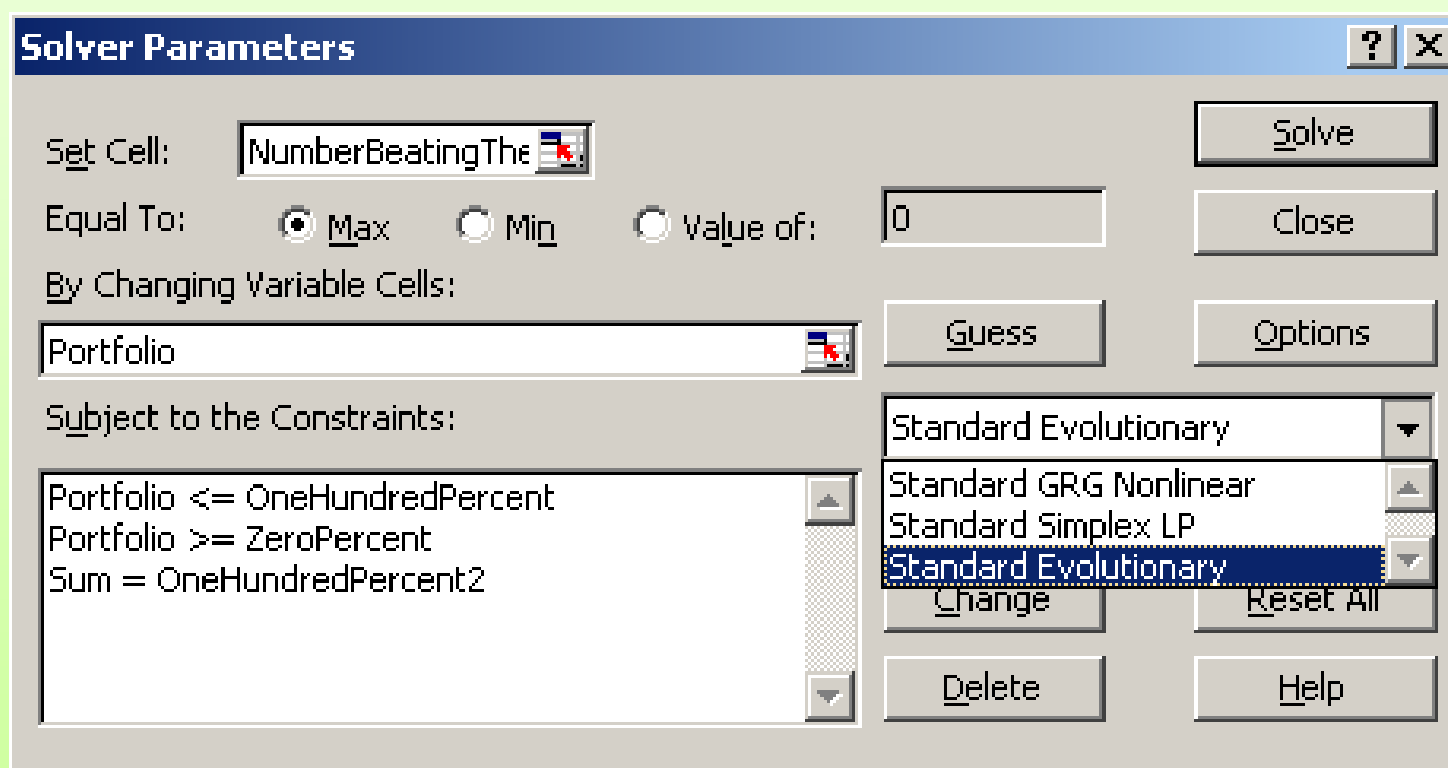
选择高于市场收益的有价证券投资组合

- ◆ 投资组合经理的一个普遍的目标就是高于市场收益
- ◆ 如果我们假设过去的业绩一定程度上是未来的指示器，那么选择在过去六年中高于市场收益的投资组合很可能就产生了在未来高于市场收益的投资组合
- ◆ 考虑纽约证券交易所(NYSE)的五个大型股票的变化
 - America Online (AOL)
 - Boeing (BA)
 - Ford (F)
 - Procter & Gamble (PG)
 - McDonald's (MCD)
- ◆ 问题：怎样的投资组合才能使这五支股票在未来的收益高于市场收益呢？

电子表格模型

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Beating the Market (Evolutionary Solver)										
2										Beat	Market
3		Quarter	Year	AOL	BA	F	PG	MCD	Return	Market?	(NYSE)
4		Q4	2001	-3.02%	16.35%	-8.54%	8.77%	-1.64%	2.38%	No	8.45%
5		Q3	2001	-37.55%	-39.56%	-28.49%	14.71%	0.30%	-18.12%	No	-12.53%
6		Q2	2001	32.00%	0.07%	-11.80%	2.54%	1.92%	4.95%	Yes	4.38%
7		Q1	2001	15.37%	-15.34%	21.28%	-19.80%	-21.91%	-4.08%	Yes	-9.32%
8		Q4	2000	-35.14%	2.55%	-7.00%	17.07%	13.37%	-1.83%	No	-0.93%
9		Q3	2000	1.46%	54.71%	3.66%	18.06%	-8.35%	13.91%	Yes	3.31%
10		Q2	2000	-21.37%	10.98%	-6.39%	0.00%	-11.87%	-5.73%	No	-0.91%
11		Q1	2000	-11.36%	-8.44%	-13.83%	-48.20%	-7.29%	-17.82%	No	-0.40%
12		Q4	1999	45.82%	-2.48%	6.10%	16.87%	-6.79%	11.90%	Yes	9.70%
13		Q3	1999	-5.40%	-2.83%	-10.96%	6.38%	5.17%	-1.53%	Yes	-8.54%
14		Q2	1999	-25.17%	29.83%	-0.44%	-10.02%	-9.24%	-3.01%	No	7.38%
15		Q1	1999	89.52%	4.21%	-3.41%	7.26%	17.98%	23.11%	Yes	1.31%
16		Q4	1998	177.96%	-4.92%	24.87%	28.38%	28.69%	51.00%	Yes	18.11%
17		Q3	1998	6.18%	-23.00%	-20.34%	-21.89%	-13.50%	-14.51%	No	-12.83%
18		Q2	1998	53.89%	-14.51%	-8.94%	7.93%	15.00%	10.67%	Yes	1.04%
19		Q1	1998	50.96%	6.51%	33.46%	5.72%	25.65%	24.46%	Yes	12.05%
20		Q4	1997	19.96%	-10.10%	7.62%	15.57%	0.26%	6.66%	Yes	2.81%
21		Q3	1997	35.61%	2.59%	18.75%	-2.21%	-1.42%	10.66%	Yes	7.42%
22		Q2	1997	30.90%	7.60%	21.12%	23.09%	2.25%	16.99%	Yes	16.14%
23		Q1	1997	27.82%	-7.39%	-2.71%	6.62%	4.13%	5.69%	Yes	1.59%
24		Q4	1996	-6.34%	12.70%	3.20%	10.39%	-4.22%	3.15%	No	6.80%
25		Q3	1996	-18.86%	8.46%	-3.47%	7.59%	1.34%	-0.99%	No	2.26%
26		Q2	1996	-21.87%	0.58%	-5.82%	6.93%	-2.60%	-4.56%	No	3.54%
27		Q1	1996	49.33%	10.53%	19.05%	2.11%	6.37%	17.48%	Yes	5.28%
28											
29				0%	0%	0%	0%	0%			
30				<=	<=	<=	<=	<=	Sum		
31			Portfolio	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	100%	=	100%
32				<=	<=	<=	<=	<=			
33				100%	100%	100%	100%	100%			
34											
35										Number of Quarters Beating the Market	
36										14	

Premium Solver对话框



Solver Options对话框

Solver Options [?] [X]

Max Time: seconds

Iterations:

Precision:

Convergence:

Population Size:

Mutation Rate:

Require Bounds on Variables

Show Iteration Results

Use Automatic Scaling

Assume Non-Negative

Bypass Solver Reports

Limit Options对话框

Limit Options ? X

Max Subproblems: 5000 OK

Max Feasible Sols: 5000 Cancel

Tolerance: 0.05

Max Time w/o Improvement: 30

Solve Without Integer Constraints Help

Evolutionary Solver的电子表格求解

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Beating the Market (Evolutionary Solver)										
2										Beat	Market
3		Quarter	Year	AOL	BA	F	PG	MCD	Return	Market?	(NYSE)
4		Q4	2001	-3.02%	16.35%	-8.54%	8.77%	-1.64%	10.20%	Yes	8.45%
5		Q3	2001	-37.55%	-39.56%	-28.49%	14.71%	0.30%	-24.12%	No	-12.53%
6		Q2	2001	32.00%	0.07%	-11.80%	2.54%	1.92%	7.02%	Yes	4.38%
7		Q1	2001	15.37%	-15.34%	21.28%	-19.80%	-21.91%	-10.53%	No	-9.32%
8		Q4	2000	-35.14%	2.55%	-7.00%	17.07%	13.37%	-0.86%	Yes	-0.93%
9		Q3	2000	1.46%	54.71%	3.66%	18.06%	-8.35%	33.43%	Yes	3.31%
10		Q2	2000	-21.37%	10.98%	-6.39%	0.00%	-11.87%	1.31%	Yes	-0.91%
11		Q1	2000	-11.36%	-8.44%	-13.83%	-48.20%	-7.29%	-19.56%	No	-0.40%
12		Q4	1999	45.82%	-2.48%	6.10%	16.87%	-6.79%	12.11%	Yes	9.70%
13		Q3	1999	-5.40%	-2.83%	-10.96%	6.38%	5.17%	-0.78%	Yes	-8.54%
14		Q2	1999	-25.17%	29.83%	-0.44%	-10.02%	-9.24%	7.76%	Yes	7.38%
15		Q1	1999	89.52%	4.21%	-3.41%	7.26%	17.98%	22.03%	Yes	1.31%
16		Q4	1998	177.96%	-4.92%	24.87%	28.38%	28.69%	40.51%	Yes	18.11%
17		Q3	1998	6.18%	-23.00%	-20.34%	-21.89%	-13.50%	-16.81%	No	-12.83%
18		Q2	1998	53.89%	-14.51%	-8.94%	7.93%	15.00%	5.39%	Yes	1.04%
19		Q1	1998	50.96%	6.51%	33.46%	5.72%	25.65%	15.40%	Yes	12.05%
20		Q4	1997	19.96%	-10.10%	7.62%	15.57%	0.26%	2.82%	Yes	2.81%
21		Q3	1997	35.61%	2.59%	18.75%	-2.21%	-1.42%	7.78%	Yes	7.42%
22		Q2	1997	30.90%	7.60%	21.12%	23.09%	2.25%	16.24%	Yes	16.14%
23		Q1	1997	27.82%	-7.39%	-2.71%	6.62%	4.13%	3.45%	Yes	1.59%
24		Q4	1996	-6.34%	12.70%	3.20%	10.39%	-4.22%	8.06%	Yes	6.80%
25		Q3	1996	-18.86%	8.46%	-3.47%	7.59%	1.34%	2.72%	Yes	2.26%
26		Q2	1996	-21.87%	0.58%	-5.82%	6.93%	-2.60%	-2.22%	No	3.54%
27		Q1	1996	49.33%	10.53%	19.05%	2.11%	6.37%	15.88%	Yes	5.28%
28											
29				0%	0%	0%	0%	0%			
30				<=	<=	<=	<=	<=	Sum		
31			Portfolio	19.7%	52.0%	0.2%	26.6%	1.6%	100%	=	100%
32				<=	<=	<=	<=	<=			
33				100%	100%	100%	100%	100%			
34									Number of Quarters		
35									Beating the Market		
36											19

Evolutionary Solver的优点和缺点

- ◆ 对于求解复杂的非线性规划问题，Evolutionary Solver比起标准Solver有两个主要的优点：
 - 目标函数的复杂性不会影响Evolutionary Solver。只要函数可以根据给定的候选解计算(为了确定适合水平)，那么函数是否有折点或者不连续或者有许多局部最优解都不要紧。
 - 通过计算与当前最佳解未必在相同的领域内的所有候选解集体，Evolutionary Solver不会受困在一个局部的最优解。
- ◆ 然而，Evolutionary Solver不是万能的
 - 它比标准Solver需要使用更长的时间才能找到最优解
 - Evolutionary Solver对于有许多约束条件的模型的效果不是很好
 - Evolutionary Solver是一个随机过程。在同一个模型上再次运行Evolutionary Solver通常会生成一个不同的最终解
 - 找到的最佳解不是最优的(虽然它可能是非常接近最优值的)