

第五届“认证杯”数学中国

数学建模网络挑战赛 承 诺 书

我们仔细阅读了第五届“认证杯”数学中国数学建模网络挑战赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们允许数学中国网站(www.madio.net)公布论文，以供网友之间学习交流，数学中国网站以非商业目的的论文交流不需要提前取得我们的同意。

我们的参赛队号为：1116

参赛队员（签名）：

队员 1：林洪涛

队员 2：余江波

队员 3：顾世柳

参赛队教练员（签名）： 无

参赛队伍组别：本科组

参赛队号 # 1116

第五届“认证杯”数学中国

数学建模网络挑战赛 编 号 专 用 页

参赛队伍的参赛队号：（请各个参赛队提前填写好）： #1116

竞赛统一编号（由竞赛组委会送至评委团前编号）：

竞赛评阅编号（由竞赛评委团评阅前进行编号）：

2012 年第五届“认证杯”数学中国 数学建模网络挑战赛

题 目 社交网络模式下的企业宣传用人方案

关 键 词 覆盖人数预测、微分方程模型、线性规划、参数拟合

摘 要

社交网络的快速普及应用给商家提供了新的商业运营模式。本文建立数学模型预测企业利用社交网络进行产品推广的效果，帮助企业建立了合理的用人方案。

首先通过分析社交网络的发展机理，建立了基础的预测广告宣传覆盖人数增长的微分方程模型，求解微分方程得到覆盖人数与雇佣推广者数、社交网络用户总数的显函数式。代入参数得到覆盖40%人群至少需要雇佣3名专业推广者。在考虑可以雇佣兼职宣传者的情形下，以成本最低为目标，建立整数线性规划模型，求解得到花费10.5万元雇佣2名专业推广者加1名兼职宣传者的方案，在完成任务的情况下成本最低。考虑到雇佣费用按天计，改进规划模型得到成本更低的方案——只雇佣兼职宣传者79天。

由于实际社交网络中的链接分布状况复杂，利用附件信息进行数据挖掘，发现社交网络的分布，改进模型。从附件中的所有链接中随机抽取不同数目的链接，将获得不同的覆盖率和覆盖效率。单参数拟合覆盖效率对于覆盖率的关系曲线，函数式代入原微分方程模型中，可得到改进的覆盖人数表达式。求解新的预测模型下的线性规划模型，得到雇佣2个专业推广者分别100天和93天，成本为96500元的最优方案。

通过对模型的结果分析得出利用社交网络进行产品推广成本低效果好的结论，并向企业提出雇佣推广者要尽早的建议。

参赛队号 1116

所选题目 C

参赛密码 _____
(由组委会填写)

Abstract

Nowadays, Social intercourse network are rapidly popularizing, what provides a new commercial mode for the business enterprises. This paper established a mathematical model to predict the effect of products spreading, and helped a business enterprise to build up a reasonable project of using person.

First, by analyzing the development mechanism of social intercourse network, we built up a foundational differential equation model to predict the coverage number. By directly solved the differential equation, we can obtain an obvious function of the coverage number to employed special popularization number and social intercourse network users' number. By substituting parameters to the function, 3 professional peddlers at least are needed to be employed to cover 40% crowds of the potential users. Considering the situation that part-time peddlers are available, with the target of lowest business enterprise cost, we established an integral linear programming model. Solve the model by Lingo, the least cost solution is to employ two professional peddlers and one part-time peddler which cost 105 thousand yuan. In consideration of employees payment is related to days, we established an improved programming model which shows that the employing time of part-time peddler can be reduced to 79 days.

Because the actual social intercourse network chain is complicated in a social intercourse network, By data mining in the appendix information, we discovered some distribution law of social intercourse network. And then we improved model further. By sampling the chain of different number from the appendix connection randomly, we will acquire different cover rate and cover efficiency. The single parameter draws up and matches the cover efficiency's relation toward cover rate curve, substituting the expression to the original differential equation model, we can get an improvement of the relationship equation. Solve improved predicting model by Lingo, employing 2 peddlers respectively for 100 days and 93 days is the best solution with the least cost of 96500 yuan.

With analysis of the model result, we draw the conclusion that promoting sales through social intercourse network is lower costing and more effective. We also suggest the business enterprises to employ peddlers earlier.

一、问题重述

奥运会“Top 赞助商”模式经过28年的发展之后，现在已经是商业社会里最重要的公司的展示舞台。观众关注比赛的同时也注意到Top 赞助商们的品牌和产品，而Top 赞助商们，则可以获得在电视奥运频道里排除行业里其他竞争对手广告的特权。

每届奥运会，Top 赞助商的赞助费用都以10%至20%的速度在增长。2008年，北京奥运会全球合作伙伴最低赞助为6000万美元，2012年伦敦奥运会就变成8000万美元。但是越来越多的企业不甘心错过奥运会这个吸引大众眼球的宣传机会，他们在寻找新的新闻传播渠道。

随着更多的平板、智能手机等移动设备联网，一切都在数字化，数字化不仅仅打碎了时间，它让传播渠道、受众的注意力、品牌营销方式甚至一切都碎片化了，观众不再只关注电视，他们利用社交网络可以获得更加丰富的比赛信息和网友的评论。这也为更多的企业提供了在奥运期间宣传自己的机会。

一家企业想利用社交网络在奥运会期间进行企业宣传，假设现在距离奥运会开幕还有100天，一个社交网络的专业推广者平均每天可以新增500个粉丝，这些粉丝会把推广者发布的和奥运会相关的所有信息都分享给自己的粉丝们，普通网络用户平均每天可以新增20个粉丝。

问题一：请建立数学模型，预测奥运会开始后，一条含有企业广告的奥运会新闻可观看的人数。

问题二：假设企业产品的潜在用户大约有2亿人，他们都在使用社交网络，企业希望广告宣传覆盖其中40%的人群，至少需要雇佣几名专业社交网络推广者才能实现？假设专业推广者每天的工资是500元。还可以从网络上雇佣兼职宣传者，每天仅需要付50元的工资，但是他们平均每天新增的粉丝数仅为35人，考虑到成本，请给企业制定一份合理的用人方案。

二、问题分析

社交网络的分布结构错综复杂，很难用简单的数学模型表征。但是总体上，雇佣推广者进行推广的过程中，广告宣传能覆盖的人群增长模型，可以借鉴人口增长模型和传染病传播模型的思想，以微分方程形式建立。

可以先从建立能描述覆盖的人群增长规律的最基本模型着手，得出总体规律，给出一般性预测，并利用其制定雇佣推广者的方案，归纳制定用人方案的模型化方法。然后寻找基本模型与实际情况相差较大的部分，提出改进方向和改进方案，建立改进模型并利用数据评估改进效果。在改进后的模型下，利用已有的制定用人方案模型制定相应用人方案

最基本模型建立时可认为每个用户等可能被覆盖，不存在特定的群组，每个人成为其他任何人的粉丝的概率相等。这样可以在不使用附件数据的情况下，对总体规律进行分析，建立模型。

用人方案的制定一般要建立规划模型求解，模型建立时要尽量寻求约束条件的线性化，降低求解难度。

附件数据能够反映社交网络的链接分布状况，可通过数据挖掘得到有用的信息，比如可以分析不同用户被覆盖的可能性。然后提出能反映分析结果的改进方案，建立改进模型。

三、名词解释与模型假设

- 1、推广者：专业推广者和兼职宣传者统称；
- 2、分享者：推广者的粉丝，他们会分享推广者发布的信息；
- 3、听众：分享者的粉丝，他们不会分享获得的信息。
- 4、普通用户在刚成为分享者时粉丝数为零；
- 5、当前该企业没有分享者和听众，即当 $t=0$ 时， $f(0)=h(0)=0$ 。
- 6、附件中的数据表征整个社交网络中的链接分布

四、符号说明

s	专业推广者人数
s'	兼职宣传者人数
f	分享者人数
h	听众人数
h^*	总的分享者被关注人次
E	关注者覆盖效率，听众有效增加系数
t	天数
a_1	社交网络专业推广者一天的工资
a_2	社交网络兼职宣传者一天的工资
N	为网络总用户数，该题中为 2×10^8
λ_1	社交网络专业推广者每天新增的粉丝（分享者）数，题中为500
λ_2	社交网络专业推广者粉丝每天新增的粉丝（听众）数，题中为20
λ_3	社交网络兼职宣传者粉丝每天新增的粉丝（分享者）数，题中为35
z	雇佣推广者总成本
$h_{1,t}^*, h_{3,t}^*$	每名专业推广者和兼职宣传者工作 t 天分别能产生的关注人次
s_t, s'_t	雇佣 t 天的专业推广者和兼职宣传者人数

五、模型的建立与求解

5.1 覆盖人数增长的微分方程模型

先假设每个用户等可能被覆盖，不存在特定的群组，每个人成为其他任何人的粉丝的概率相等，建立基本模型。

每个专业推广者每天新增的分享者数为 λ_1 ， s 个专业推广者产生的分享者日增加量为

$$\frac{df}{dt} = \lambda_1 s \quad (1)$$

由于推广者人数较少，可不考虑新增粉丝已是其他推广者的粉丝的情况。由题目条件可认为 λ_1 是常数，（1）式两边对 t 积分得到 t 时刻分享者数 f 。

$$f = \lambda_1 s t \quad (2)$$

每个分享者每天新增听众数为 λ_2 ， f 个分享者产生的听众的日增加量为

$$\frac{dh}{dt} = f\lambda_2 E \quad (3)$$

E 是有效增加系数，即增加的听众中以前不是其他分享者的听众的比例，若简单的认为其值等于未覆盖的比例，取 $\left(1 - \frac{h}{N}\right)$ ， N 为网络总用户数

$$\frac{dh}{dt} = f\lambda_2 \left(1 - \frac{h}{N}\right) \quad (4)$$

将 (2) 式代入 (4) 式，利用初始条件 $h(0) = 0$ 解微分方程得：

$$h = N \left[1 - \exp\left(-\frac{\lambda_1 \lambda_2 s t^2}{2N}\right) \right] \quad (5)$$

将 $\lambda_1 = 500$ ， $\lambda_2 = 20$ ， $t = 100$ 代入 (5) 式得到

$$h = N \left[1 - \exp\left(-\frac{10^8 s}{2N}\right) \right] \quad (6)$$

即在用户数为 N 的社交网络中雇佣 s 个专业推广者的情况下，奥运会开始后一条广告可以被 $h = N \left[1 - \exp\left(-\frac{10^8 s}{2N}\right) \right]$ 个人看到。

5.2 制定用人方案

5.2.1 确定专业推广者人数

在只雇佣专业推广者情况下，只需要把 $N = 2 \times 10^8$ 、 $\frac{h}{N} = 40\%$ 代入 (6) 式，即可得到 $s = 2.03$ 。为了达到目标，至少需要3个专业推广者。

5.2.2 可以雇佣兼职宣传者时的模型

每个兼职宣传者每天增加 λ_3 个分享者，雇佣 s' 个兼职宣传者每天带来 $\lambda_3 s'$ 个分享者的增加量，只需要把 (1) 式改为

$$\frac{df}{dt} = \lambda_1 s + \lambda_3 s' \quad (7)$$

即可推导出覆盖人数式

$$h = N \left[1 - \exp\left(-\frac{\lambda_2 (\lambda_1 s + \lambda_3 s') t^2}{2N}\right) \right] \quad (8)$$

每个专业推广者和兼职宣传者的成本是分别是50000元和5000元，希望以最低成本达到奥运会开幕时覆盖40%人群的目标。制定用人方案的问题可表述为规划模型

$$\text{Min}_{s, s'} z = 50000s + 5000s' \quad (9)$$

$$\text{s.t.} \quad \frac{h}{N} > 40\% \quad (10)$$

$$s, s' \text{ 均为整数} \quad (11)$$

因为 (8) 式可化为

$$\lambda_1 s + \lambda_3 s' = -\ln\left(1 - \frac{h}{N}\right) \frac{2N}{\lambda_2 t^2} \quad (12)$$

则 (10) 式可转化为线性约束

$$\lambda_1 s + \lambda_3 s' > -\ln\left(1 - \frac{h}{N}\right) \frac{2N}{\lambda_2 t^2} \quad (13)$$

代入数据直接利用lingo求解 (9) (11) (13) 式所表述的模型, 得到 $s = 2, s' = 1$ 时, z 取最小值10.5万。即花费10.5万元雇佣2名专业推广者加1名兼职宣传者的方案, 在完成任务的情况下成本最低。

5.3 考虑可以不都雇佣 100 天的情况

对微分方程模型分析发现, 如果 (3) 式中不乘系数 E , 有

$$h^* = \frac{1}{2}(\lambda_1 s + \lambda_3 s') \lambda_2 t^2 \quad (14)$$

结果将与社交网络用户总数无关, 只取决于雇佣人数和天数。 h^* 的实际意义是所有分享者的被关注总人次。将 (14) 式代入 (8) 式得到

$$h = N \left[1 - \exp\left(-\frac{h^*}{N}\right) \right] \quad (15)$$

即

$$h^* = -N \ln\left(1 - \frac{h}{N}\right) \quad (16)$$

等号左边是雇佣人员方案的函数, 是每个推广者产生的分享者的被关注总人次的和, 与社交网络总用户量大小无关, 等号右边则由企业设定的宣传覆盖目标决定。当企业定下宣传覆盖目标时, 只需要使 $h^* = \sum_i h_i^*$ 大于由 $-N \ln(1 - \frac{h}{N})$ 确定的数值即可。

由 (14) 式可以计算得到雇佣每个专业推广者和兼职宣传者 t 天, 产生的分享者被关注总人次, 分别记为 $h_{1,t}^*$ 和 $h_{3,t}^*$ 。这样规划模型就变成有200个整数变量的线性规划模型

$$\text{Min } z = \sum_{t=1}^{100} 500ts_t + \sum_{t=1}^{100} 50ts'_t \quad (17)$$

$$\text{s.t. } \sum_{t=1}^{100} s_t h_{1,t}^* + \sum_{t=1}^{100} s'_t h_{3,t}^* > -N \ln\left(1 - \frac{h}{N}\right) \quad (18)$$

$$s_t, s'_t \text{ 均为整数} \quad (19)$$

利用lingo求解, 得到最优解为, 雇佣专业推广者2人各100天, 雇佣兼职宣传者1人79天, 总成本为103950元。

六、模型的改进

6.1 附件数据分析

实际社交网络中，链接分布是复杂的，这就导致了不同用户被广告宣传覆盖的概率不同。每个用户的活跃程度不同，社交圈类型不同，都是影响其是否能够被广告宣传覆盖的因素。总的来讲，广告宣传覆盖某个用户的概率与用户关注对象个数成正比。

题目附件中给出了2505个用户的所有关注他人的链接数据，可用数据共835324个（有些行只有一个用户名，舍弃处理）。分析处理得到以下结论：

（1）用户关注人数分布并不均匀，分布总体成两头大中间小。大约一半的用户所关注的人数大于450，接近或达到关注人数上限500，有20%的用户所关注的人数不到100。用户关注人数分布如图 1所示。

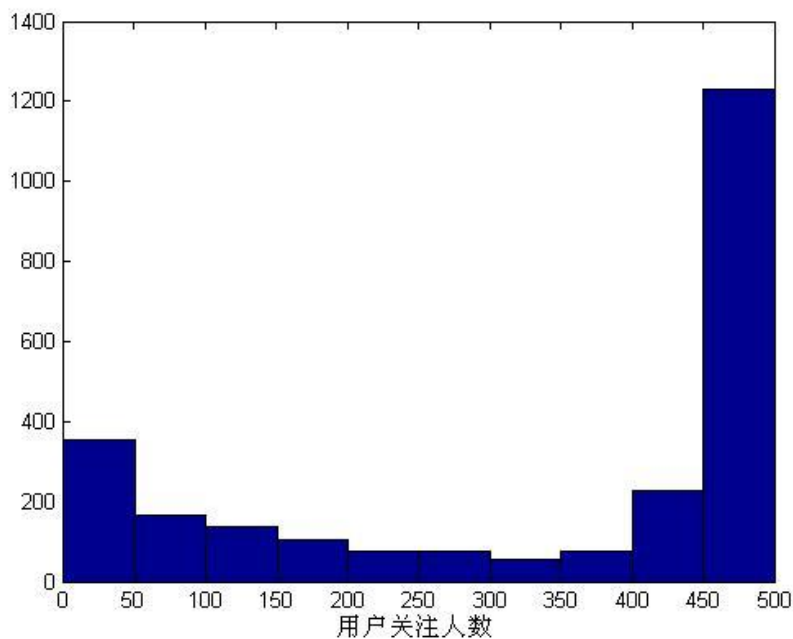


图 1 附件中用户关注人数分布

（2）进一步挖掘数据信息，在所有835324条链接数据中随机抽取100、200、……10000条信息，每项随机抽取十次取均值，统计得到的部分数据如表 1所示。（全部数据见附录二）

表 1 抽取数据统计信息

抽取链接数 n	100	200	300	400	500	.....	3100	3200
n/总用户数 ¹	0.040	0.080	0.120	0.160	0.200	.....	1.238	1.277
覆盖用户数 ²	97.3	190.9	276.6	362.5	442.9	.....	1558.8	1591.2
覆盖效率 E ³	0.973	0.955	0.922	0.906	0.886	.....	0.503	0.497
覆盖率 ⁴	0.039	0.076	0.110	0.145	0.177	.....	0.622	0.635
抽取链接数 n	3300	3400	.....	9600	9700	9800	9900	10000
n/总用户数	1.317	1.357	.....	3.832	3.872	3.912	3.952	3.992
覆盖用户数	1606.2	1632.7	.....	2088.2	2086.9	2093.7	2093.5	2107.5
覆盖效率 E	0.487	0.480	.....	0.218	0.215	0.214	0.211	0.211
覆盖率	0.641	0.652	.....	0.834	0.833	0.836	0.836	0.841

- 注：¹总用户数即为附件中关注者总数2505；
²覆盖用户数即为抽取的链接对应的关注者数；
³覆盖效率 E 由覆盖用户数除以抽取链接数得到；
⁴覆盖率由覆盖用户数除以总用户数得到。

6.2 拟合覆盖率与覆盖效率的关系式

认为附件数据反映了整个网络用户关注人数的分布状况，可以推断整个网络中的覆盖效率 E 与覆盖率 $\frac{h}{N}$ 的对应关系与附件数据相同。对于附件数据，不同覆盖率下的覆盖效率如图 2所示。

为了以简单的函数表达式表示覆盖率与覆盖效率的对应关系 $E = g\left(\frac{h}{N}\right)$ ，需要对数据进行拟合。由于当覆盖率为0，即没有听众时，新增的链接必然是对应新的关注者用户，故此时覆盖效率为1，即 $g(0)=1$ ；当覆盖效率为趋近于零时，所有的用户都将被覆盖到，即 $g(1)=0$ ，故若选择二阶多项式拟合，拟合式应为单参数式

$$g(x) = (ax-1)(x-1) \quad (20)$$

利用Matlab的曲线拟合工具箱拟合得到 $a = -0.4962$ ，拟合度参数 $SSE=0.014$ ， $R\text{-square}=0.9968$ 。拟合曲线如图 2所示。

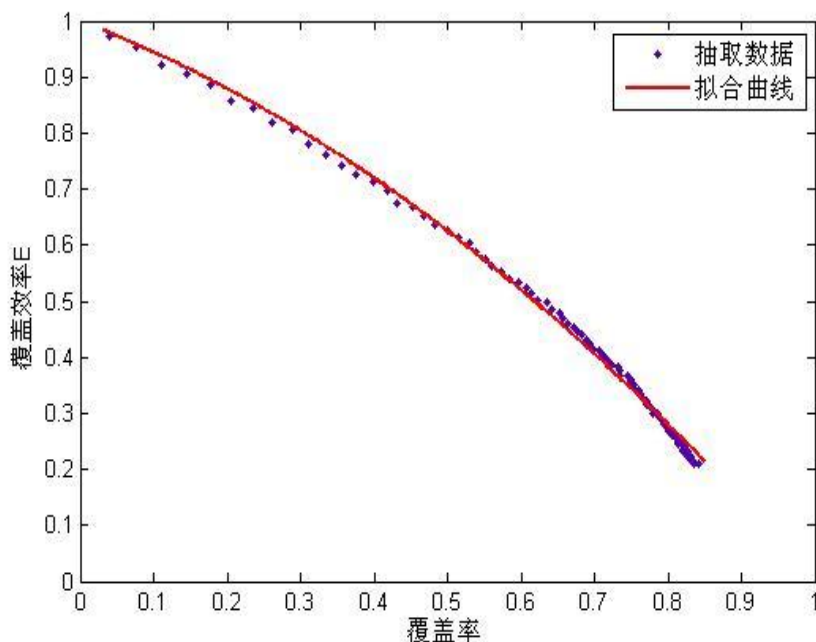


图 2 覆盖效率与覆盖率的关系

单参数拟合得到的函数基本能够反映覆盖率与覆盖效率的对应关系，故考虑用

$$E = f\left(\frac{h}{N}\right) = \left(-0.4962 \frac{h}{N} - 1\right) \left(\frac{h}{N} - 1\right) \text{ 代入 (3) 式来改进模型。}$$

6.3 模型改进后的结果

改进后问题一的覆盖人数表达式为

$$h = N \left[1 - \frac{1 + \frac{1}{0.4962}}{1 + \frac{1}{0.4962} \exp\left(\frac{1.4962\lambda_2\lambda_1st^2}{2N}\right)} \right] \quad (21)$$

图 3展示了模型改进前后结果的差异。可以看出，改进后的模型中，推广者工作效果更好。

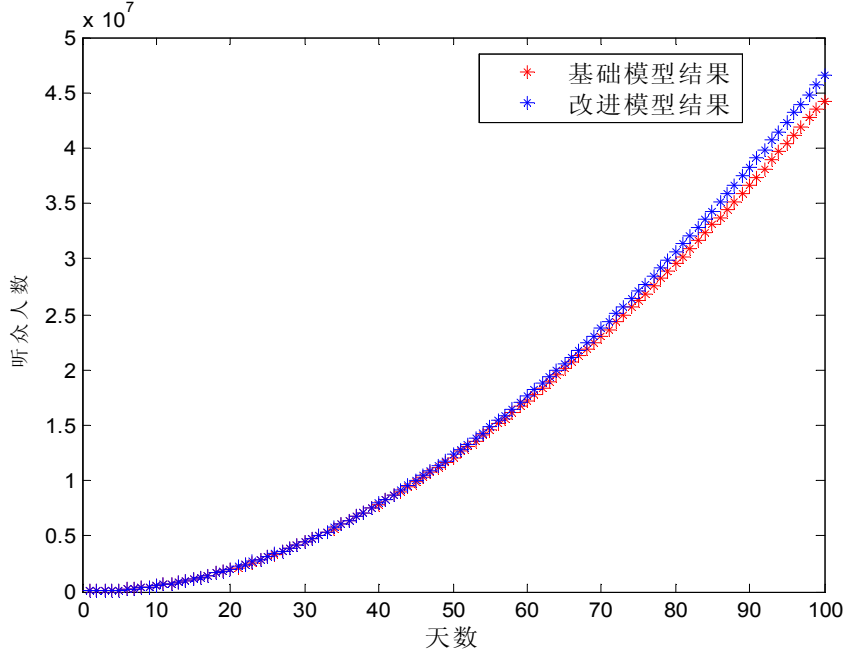


图 3 只雇佣一名专业推广者听众数随时间的变化

只能雇佣专业推广者时，将数据代入 (21) 式解得 $s = 1.8497$ ，即需要雇佣2名专业推广者。

考虑可以雇佣兼职宣传者时

$$h = N \left[1 - \frac{1 + \frac{1}{0.4962}}{1 + \frac{1}{0.4962} \exp\left(\frac{1.4962\lambda_2(\lambda_1s + \lambda_3s')t^2}{2N}\right)} \right] \quad (22)$$

将 (14) 式代入 (22) 式得

$$h = N \left[1 - \frac{1 + \frac{1}{0.4962}}{1 + \frac{1}{0.4962} \exp\left(\frac{1.4962h^*}{N}\right)} \right] \quad (23)$$

将 $N = 2 \times 10^8$ ， $\frac{h}{N} > 40\%$ 代入，可得到总的分享者被关注人次

$$h^* > \frac{N}{1.4962} \ln \left[0.4962 \left(\frac{1 + \frac{1}{0.4962}}{1 - \frac{h}{N}} - 1 \right) \right] = 9.248 \times 10^7 \quad (24)$$

代入（17-19）表述的规划模型，利用Lingo求解得到雇佣2个专业推广者分别100天和93天，成本为96500元的最优方案。

七、结果的分析

7.1 利用社交网络推广成本低效果好

由模型的结果可以看出，雇佣推广者利用社交网络宣传只需要10万元左右就能够覆盖40%的潜在用户，成本远远低于成为Top赞助商的成本。而且，使用社交网络的用户正迅速增加，而看电视的人越来越少，所以利用社交网络宣传无疑是非常好的选择。

7.2 要正确制定雇佣推广者的方案

产品推广的效果并不与雇佣推广者的人数成正比，与人口增长的Logistic模型相似地，覆盖效率会随覆盖率的增加而减小，所以雇佣过多的推广者会导致得不偿失。图 4 反映了雇佣10个专业推广者时的听众人数变化。显然听众会过早的趋于饱和，后面所支出的成本显得很浪费。所以要根据时机合理选择雇佣的人数，以达到更好的效果。

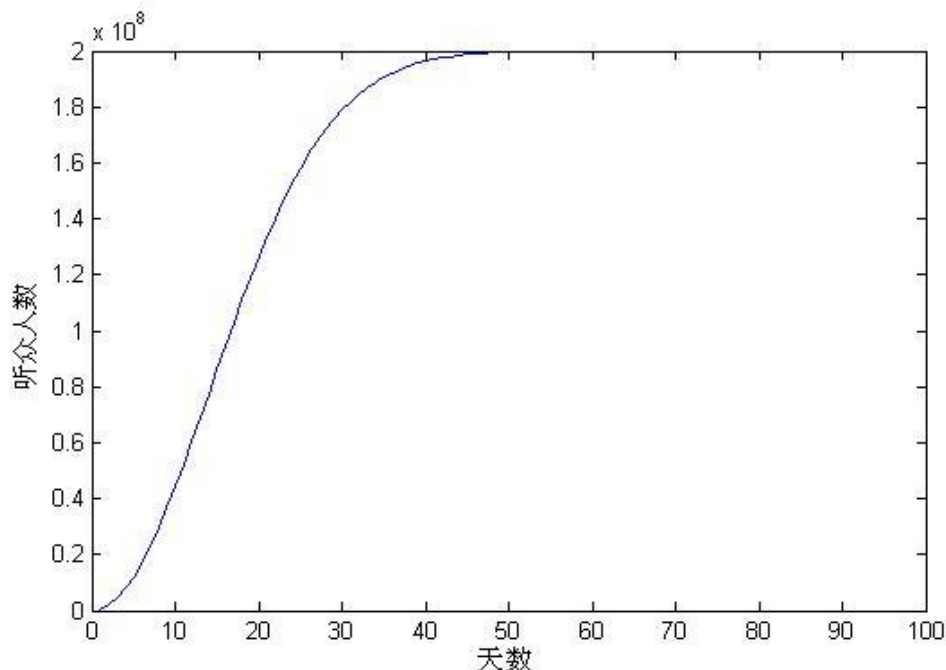


图 4 雇佣10名专业推广者时听众随时间的变化

由（14）式我们可以发现，推广者产生的分享者被关注总人次 h^* 与雇佣天数的平方成正比，而与推广者人数的成一阶正比，所以在同样的成本下，尽早少量的雇佣推广者要比晚些时候雇佣大量推广者的效果要好。另外，从规划的结果看，专业推广者的“性价比”要更高一些。条件允许时还是要尽量选择专业推广者。

八、参考文献

- [1]姜启元, 谢金星, 叶俊, 数学模型 (第三版), 北京: 高等教育出版社, 2003。
- [2]卓金武, MATLAB 在数学建模中的应用, 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011. 4。
- [3]张德丰, MATLAB 数值分析与应用, 北京: 国防工业出版社, 2009。
- [4]薛定宇, 陈阳泉, 高等应用数学问题的 MATLAB 求解 (第二版), 北京: 清华大学出版社, 2008. 10。
- [5]王树义, 王鑫, 基于微博客 Twitter 的企业竞争情报搜集, 情报学报, 第 29 卷第 3 期: 545-552, 2010. 6。

附录一 程序源代码

1、 Matlab读取附件数据，并把关注者编号

```
[follower,followed]=textread('socialgraph1.data','%s %s');
%S存储编号对应的用户名
S=cell(1,2505);
G=zeros(1,2505);
follower1=zeros(1,835424);
followed1=zeros(1,835424);
S(1)=follower(1);
j=1;
G(1)=1;
%关注者编号写入follower1
for i=1:835424
    if strcmp(S(j),follower(i));
    else j=j+1;
        G(j)=i;
        S(j)=follower(i);
    end
    follower1(i)=j;
end
G(2506)=835425;
%GG为每个用户关注人数
GG=G(2:end)-G(1:2505);
```

2、 Matlab随机抽取链接程序

```
v=zeros(1,100);
for i=1:100
    %矩阵D存储每个用户是否被覆盖到的标志
    D=zeros(1,2505);
    %1-835424随机排列
    zz=randperm(835424);
    %取前i*100个随机排列数
    zz=zz(1:i*100);
    %取随机排列数对应的关注者
    v1=follower1(zz);
    %被覆盖的相应标志改为1
    for j=1:100*i
        D(v1(j))=1;
    end
    %被覆盖总数
    v(i)=sum(D);
end
```

3、 lingo按天雇佣专业推广者和兼职宣传者的优化程序

sets:

!a1为雇佣专业推广者i天的人数，a2为雇佣兼职宣传者i天的人数，h1为雇佣专业推广者i天所产生的关注人次，h2为雇佣兼职宣传者i天所产生的关注人次，s1为雇佣专业推广者i天需要的花费，s2为雇佣兼职宣传者i天需要的花费；

mat/1..100/:a1,a2,h1,h2,s1,s2;

```

endsets
data:
h1=5000  20000  45000  80000  125000 180000 245000 320000 405000
500000 605000 720000 845000 980000 1125000 1280000 1445000
1620000 1805000 2000000 2205000 2420000 2645000 2880000
3125000 3380000 3645000 3920000 4205000 4500000 4805000
5120000 5445000 5780000 6125000 6480000 6845000 7220000
7605000 8000000 8405000 8820000 9245000 9680000 10125000
10580000 11045000 11520000 12005000 12500000 13005000 13520000
14045000 14580000 15125000 15680000 16245000 16820000 17405000
18000000 18605000 19220000 19845000 20480000 21125000 21780000
22445000 23120000 23805000 24500000 25205000 25920000 26645000
27380000 28125000 28880000 29645000 30420000 31205000 32000000
32805000 33620000 34445000 35280000 36125000 36980000 37845000
38720000 39605000 40500000 41405000 42320000 43245000 44180000
45125000 46080000 47045000 48020000 49005000 50000000;
h2=350  1400  3150  5600  8750  12600  17150  22400  28350  35000
42350  50400  59150  68600  78750  89600  101150  113400  126350  140000
154350 169400 185150 201600 218750 236600 255150 274400 294350 315000
336350 358400 381150 404600 428750 453600 479150 505400 532350 560000
588350 617400 647150 677600 708750 740600 773150 806400 840350 875000
910350 946400 983150 1020600 1058750 1097600 1137150 1177400
1218350 1260000 1302350 1345400 1389150 1433600 1478750
1524600 1571150 1618400 1666350 1715000 1764350 1814400
1865150 1916600 1968750 2021600 2075150 2129400 2184350
2240000 2296350 2353400 2411150 2469600 2528750 2588600
2649150 2710400 2772350 2835000 2898350 2962400 3027150
3092600 3158750 3225600 3293150 3361400 3430350 3500000;
s1=500  1000  1500  2000  2500  3000  3500  4000  4500  5000
5500  6000  6500  7000  7500  8000  8500  9000  9500  10000
10500 11000 11500 12000 12500 13000 13500 14000 14500 15000
15500 16000 16500 17000 17500 18000 18500 19000 19500 20000
20500 21000 21500 22000 22500 23000 23500 24000 24500 25000
25500 26000 26500 27000 27500 28000 28500 29000 29500 30000
30500 31000 31500 32000 32500 33000 33500 34000 34500 35000
35500 36000 36500 37000 37500 38000 38500 39000 39500 40000
40500 41000 41500 42000 42500 43000 43500 44000 44500 45000
45500 46000 46500 47000 47500 48000 48500 49000 49500 50000;
s2=50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 850 900 950
1000 1050 1100 1150 1200 1250 1300 1350 1400 1450
1500 1550 1600 1650 1700 1750 1800 1850 1900 1950
2000 2050 2100 2150 2200 2250 2300 2350 2400 2450
2500 2550 2600 2650 2700 2750 2800 2850 2900 2950
3000 3050 3100 3150 3200 3250 3300 3350 3400 3450

```

```

3500    3550    3600    3650    3700    3750    3800    3850    3900    3950
4000    4050    4100    4150    4200    4250    4300    4350    4400    4450
4500    4550    4600    4650    4700    4750    4800    4850    4900    4950
5000;
Enddata
min=@sum(mat(i):a1(i)*s1(i)+a2(i)*s2(i));!要求总花费最低;
@sum(mat(i):a1(i)*h1(i)+a2(i)*h2(i))>=102165125;!关注总人次最低要求;
@for(mat(i):@gin(a1(i)));!保证专业推广者雇用人数为整数;
@for(mat(i):@gin(a2(i)));!保证兼职宣传者雇用人数为整数;

```

附录二 抽取数据统计信息表

抽取链接数 n	100	200	300	400	500	600	700	800
n/用户数	0.040	0.080	0.120	0.160	0.200	0.240	0.279	0.319
覆盖用户数	97.3	190.9	276.6	362.5	442.9	514.5	592.3	655.7
效率 E	0.973	0.955	0.922	0.906	0.886	0.858	0.846	0.820
覆盖率	0.038842	0.076	0.110	0.145	0.177	0.205	0.236	0.262
抽取链接数 n	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
n/用户数	0.359	0.399	0.439	0.479	0.519	0.559	0.599	0.639
覆盖用户数	726.2	779.4	835.8	889.3	942.3	1000.6	1045.8	1081.4
效率 E	0.807	0.779	0.760	0.741	0.725	0.715	0.697	0.676
覆盖率	0.290	0.311	0.334	0.355	0.376	0.399	0.417	0.432
抽取链接数 n	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
n/用户数	0.679	0.719	0.758	0.798	0.838	0.878	0.918	0.958
覆盖用户数	1135.8	1174	1211.3	1251.1	1289.4	1327.2	1350	1379.7
效率 E	0.668	0.652	0.638	0.626	0.614	0.603	0.587	0.575
覆盖率	0.453	0.469	0.484	0.499	0.515	0.530	0.539	0.551
抽取链接数 n	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200
n/用户数	0.998	1.038	1.078	1.118	1.158	1.198	1.238	1.277
覆盖用户数	1405.7	1436.4	1461.6	1496.3	1524.3	1540	1558.8	1591.2
效率 E	0.562	0.552	0.541	0.534	0.526	0.513	0.503	0.497
覆盖率	0.561	0.573	0.583	0.597	0.609	0.615	0.622	0.635
抽取链接数 n	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000
n/用户数	1.317	1.357	1.397	1.437	1.477	1.517	1.557	1.597
覆盖用户数	1606.2	1632.7	1643.6	1659.4	1682.4	1694.3	1712.8	1729.2
效率 E	0.487	0.480	0.470	0.461	0.455	0.446	0.439	0.432
覆盖率	0.641	0.652	0.656	0.662	0.672	0.676	0.684	0.690
抽取链接数 n	4100	4200	4300	4400	4500	4600	4700	4800
n/用户数	1.637	1.677	1.717	1.756	1.796	1.836	1.876	1.916
覆盖用户数	1739.4	1749.5	1770.5	1780.5	1793.7	1803.3	1813.5	1831.9
效率 E	0.424	0.417	0.412	0.405	0.399	0.392	0.386	0.382
覆盖率	0.694	0.698	0.707	0.711	0.716	0.720	0.724	0.731
抽取链接数 n	4900	5000	5100	5200	5300	5400	5500	5600
n/用户数	1.956	1.996	2.036	2.076	2.116	2.156	2.196	2.236
覆盖用户数	1839	1842.3	1865.4	1876.4	1873.6	1888.2	1890.8	1903.9
效率 E	0.375	0.368	0.366	0.361	0.354	0.350	0.344	0.340
覆盖率	0.734	0.735	0.745	0.749	0.748	0.754	0.755	0.760
抽取链接数 n	5700	5800	5900	6000	6100	6200	6300	6400
n/用户数	2.275	2.315	2.355	2.395	2.435	2.475	2.515	2.555
覆盖用户数	1909.1	1913.8	1921.3	1931.2	1931.4	1944.2	1948.1	1950.8

参赛队号 # 1116

效率 E	0.335	0.330	0.326	0.322	0.317	0.314	0.309	0.305
覆盖率	0.762	0.764	0.767	0.771	0.771	0.776	0.778	0.779
抽取链接数 n	6500	6600	6700	6800	6900	7000	7100	7200
n/用户数	2.595	2.635	2.675	2.715	2.754	2.794	2.834	2.874
覆盖用户数	1955	1967.4	1973.7	1977.9	1984.1	1990.6	1990	1998.6
效率 E	0.301	0.298	0.295	0.291	0.288	0.284	0.280	0.278
覆盖率	0.780	0.785	0.788	0.790	0.792	0.795	0.794	0.798
抽取链接数 n	7300	7400	7500	7600	7700	7800	7900	8000
n/用户数	2.914	2.954	2.994	3.034	3.074	3.114	3.154	3.194
覆盖用户数	2009.3	2005.6	2009.3	2015.9	2017.6	2029.7	2033.6	2033.8
效率 E	0.275	0.271	0.268	0.265	0.262	0.260	0.257	0.254
覆盖率	0.802	0.801	0.802	0.805	0.805	0.810	0.812	0.812
抽取链接数 n	8100	8200	8300	8400	8500	8600	8700	8800
n/用户数	3.234	3.273	3.313	3.353	3.393	3.433	3.473	3.513
覆盖用户数	2044.4	2041.1	2039.7	2051	2053.9	2061.1	2056.8	2057.1
效率 E	0.252	0.249	0.246	0.244	0.242	0.240	0.236	0.234
覆盖率	0.816	0.815	0.814	0.819	0.820	0.823	0.821	0.821
抽取链接数 n	8900	9000	9100	9200	9300	9400	9500	9600
n/用户数	3.553	3.593	3.633	3.673	3.713	3.752	3.792	3.832
覆盖用户数	2072.9	2065.1	2067.6	2077.9	2081.7	2075.9	2080.2	2088.2
效率 E	0.233	0.229	0.227	0.226	0.224	0.221	0.219	0.218
覆盖率	0.828	0.824	0.825	0.830	0.831	0.829	0.830	0.834
抽取链接数 n	9700	9800	9900	10000				
n/用户数	3.872	3.912	3.952	3.992				
覆盖用户数	2086.9	2093.7	2093.5	2107.5				
效率 E	0.215	0.214	0.211	0.211				
覆盖率	0.833	0.836	0.836	0.841				