

基于 AHP 法的智能手机用户消费等级研究

李灵玥,邵玉斌,龙 华,王 渊

(昆明理工大学 信息工程与自动化学院,云南 昆明 650500)

摘 要:为了区分不同的电信用户群体,使推送信息有针对性地满足不同用户的需求,文中提出了推测电信用户消费等级值的观点。对电信用户的业务属性、欠费属性、位置信息和手机信息等因素进行了多维的综合评价。介绍了 AHP 法的主要步骤、判断矩阵的建立和一致性检验。根据用户特性抽取了相关信息,确定影响用户消费等级的因素次序,通过 AHP 法建立了电信用户消费等级评价模型,并利用最大特征根法计算出层次价值指标的权重,得出了最终计算公式。最后通过实例计算,验证了该模型的有效性。

关键词:电信用户;AHP 法;用户消费等级

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)05-0191-04

Smartphone Users' Consumption Level Research Based on AHP Method

LI Ling-yue, SHAO Yu-bin, LONG Hua, WANG Yuan

(Faculty of Information Engineering and Automation, Kunming University of
Science and Technology, Kunming 650500, China)

Abstract: Propose the view of telecom users' consumer grade value to distinguish between different groups of telecom users and make the push information can meet the needs of different users targeted. At the same time by comprehensive evaluation of telecom users' business property, arrears properties, location and phone information and other factors, describe the main steps of AHP method, establishing of judgment matrix and consistency testing of the matrix. Then identify the factors that affect the level of consumption of the order of the user via extracting relevant information of user characteristics, build an assessment model of telecom users' consumer grade by using AHP method, also get the final formula and calculate the weights of level value index by using largest relative eigenvalue method. Finally, the validity of this model is verified via example calculation.

Key words: telecommunication users; AHP method; telecom users' consumer grade

0 引 言

随着移动终端计算能力和储存能力的日渐增强,手机平台上各种高层服务和应用层出不穷,智能手机成为了人们获取信息的主要设备之一。其中,基于位置的网络地图服务近年来得到了广泛的应用。它利用移动终端的定位技术,通过移动通信网络与手机地图应用服务器之间的互联通信,提供给电信用户各种与位置相关的信息服务,包括自我定位、商业场所查找等。但现有的手机地图相关应用中,用户面临庞大的推荐信息很难找到适合自己消费水平的商业信息^[1],为了结合电信用户自身不同的消费等级,有针对性地

满足不同用户的需求,有必要建立一个评估用户消费等级的模型,以区别出不同的用户群体,从而个性化地为各种用户提供各种商业信息推荐。文中使用美国运筹学家 T. L. Satty 教授于 20 世纪 70 年代初期提出的一种对较为复杂或者较为模糊的问题作出决策的简易方法——层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP)^[2],利用智能手机的各种相关功能,将用户的位置、当前移动方式等因素结合进来,更加全面地判断出用户价值以及其消费的大致档次,从而能提高各种应用的针对性。

1 AHP 方法的构造过程

层次分析法是一种能用于解决多种目标的复杂问题的定性与定量相结合的决策分析方法。该方法把复杂的问题分解为各个组成因素,通过两两比较的方式确定层次中诸因素相对重要性总的顺序,能合理地给

收稿日期:2011-09-29;修回日期:2011-12-31

基金项目:云南省科技计划资助项目(2009CA027)

作者简介:李灵玥(1986-),女,四川古蔺人,硕士研究生,研究方向为基于 Android 系统的用户特征分析;邵玉斌,硕士,教授,研究方向为移动通信和个人通信系统。

出每个决策方案的每个标准的权重,其具体实施步骤如图 1 所示。

1.1 建立层次结构模型

将决策的目标、考虑的因素和决策对象按它们之间的相互关系分为最高层、中间层和最低层,绘出层次结构图。最高层是决策的目的、要解决的问题;中间层为考虑的因素、决策的准则;最低层则是决策时的备选方案。对于相邻的 2 层,称高层为目标层,低层为因素层^[3]。

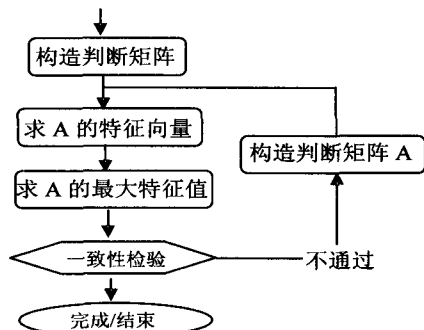


图 1 AHP 实施步骤

1.2 构造两两比较判断矩阵

在准则层中,各个准则在目标衡量中所占的比重并不一定相同。判断矩阵就是方案(或下级目标)针对某一准则(或上级目标)两两比较得到的相对重要性矩阵^[4]。建立了层次结构模型后,就可以分别将影响目标层的各准则进行两两比较。运用打分法来比较准则之间的重要程度,并根据一定的比较标度(见表 1)将判断结果定量化,形成比较判断矩阵。

表 1 判别矩阵标度值及含义

标度值	含义
1	两个因素相比,两者的重要程度相同
3	两个因素相比,前者的重要性稍微大于后者
5	两个因素相比,前者的重要性明显大于后者
7	两个因素相比,前者的重要性强烈大于后者
9	两个因素相比,前者的重要性绝对大于后者
2,4,6,8	上述相邻判断的中间值
若因素 i 与 j 相比为 a_{ij} , 则 j 与 i 相比的标度值为 $1/a_{ij}$	

求得的正反对称判断矩阵写为: $A = (a_{ij})_{n \times n}$

其中, $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n, a_{ij} > 0, a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$, 且有如下定理^[5]:

定理 1: 对于正的 n 阶方阵 A (A 的所有元素为正数), 有如下性质:

(1) A 的最大特征根 λ_{\max} 必为正实数;

(2) A 对应于 λ_{\max} 的特征向量 w 所有分量均为正实数。

定理 2: 设 A 为 n 阶判断矩阵, 有如下性质:

(1) 矩阵 A 的最大特征值 $\lambda_{\max} \geq n$, 且 $Aw = \lambda_{\max} w$;

(2) 当且仅当 $\lambda_{\max} = n$, A 的其余特征根均为零时, A 为一致性判断矩阵。

1.3 一致性指标

在实际的应用中, 判别矩阵的各个准则因素在建立层次模型后都没有具体的值。行业的专家根据经验和一定的比较标度的标准(表 1)来给相关因素评分, 得到判别矩阵的近似矩阵 $\bar{A} = (\bar{a}_{ij})_{n \times n}$ 称为主观判别矩阵。由于客观事物的复杂性以及人的认识具有主观性, 不可能所有的判断都有完全一致性, 会存在主观估计误差。其不一致程度越大, 引起的判断误差越大。误差过大时, 权向量计算结果作为决策依据将出现一些问题。为了避免误差太大而影响结果的准确性, 就需要用数值的大小来衡量主观判别矩阵 \bar{A} 的不一致程度^[6,7]。

(1) 当主观判别矩阵 \bar{A} 为一致矩阵时, 有:

$$\sum_{i=1}^n \bar{\lambda}_i = \sum_{i=1}^n \bar{a}_{ii} = \sum_{i=1}^n 1 = n \quad (\text{一致性判别矩阵有 } \bar{a}_{ii} = 1, i \in \Omega \text{ 成立});$$

此时存在唯一的 $\bar{\lambda}_{\max} = n$ (由判别矩阵一致性可知 $\text{Rank}(\bar{A}) = 1, A$ 有唯一非 0 最大特征根 n)。

(2) 当主观判别矩阵 \bar{A} 不是一致矩阵时, 则有 $\bar{\lambda}_{\max} \geq n$ 成立, 并且:

$$\bar{\lambda}_{\max} + \sum_{i \neq \max} \bar{\lambda}_i = \sum_{i=1}^n \bar{a}_{ii} = n, \text{ 即 } \bar{\lambda}_{\max} - n = - \sum_{i \neq \max} \bar{\lambda}_i,$$

因此, 可利用其平均值来检验主观判别矩阵是否

具有一致性, 即: $C \cdot I = \frac{\bar{\lambda}_{\max} - n}{n - 1} = \frac{- \sum_{i \neq \max} \bar{\lambda}_i}{n - 1}$ 。

关于一致性指标 $C \cdot I$ 值的说明:

(1) 当 $\bar{\lambda}_{\max} = n$ 时, 有 $C \cdot I = 0$, 此时 \bar{A} 为完全一致性;

(2) $C \cdot I$ 值越大, \bar{A} 的不一致性越严重;

(3) $C \cdot I$ 接近于 0 时, \bar{A} 的一致性可以接受, 否则就需要重新构造对比较矩阵, 对 \bar{A} 加以调整。

1.4 随机一致性指标

在解决实际问题中发现, \bar{A} 的维数越高, 越难满足一致性。因此若简单的用 $C \cdot I$ 作为检验一致性的标准, 则在解决很多实际问题时许多矩阵都很难通过一致性检验, 因此需要根据判断矩阵的阶数对一致性指标 $C \cdot I$ 进行修订。这里用平均随机一致性指标 $R \cdot I$ 来修订 $C \cdot I$, 如表 2 所示^[8,9]。

表 2 修正值 $R \cdot I$ 与 \bar{A} 维数对应关系表

\bar{A} 的维数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R \cdot I$	0	0	0.58	0.96	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Satty 教授在 $R \cdot I$ 和 $C \cdot I$ 的基础上定义 $C \cdot R = \frac{C \cdot I}{R \cdot I}$, $C \cdot R$ 被称为随机一致性指标。当 $C \cdot R < 0.1$

时,判断矩阵的不一致程度在容许范围之内,否则决策者需要重新构造判断矩阵。

1.5 因素的相对权重

(1)对于一致性矩阵,非零特征根 n 所对应的特征向量归一化后可作为权向量^[9,10]。

(2)对于不一致(但在允许范围内)的判别矩阵 A , Saaty 建议用对应于最大特征根的特征向量作为权向量 w , 即: $Aw = \lambda w$, $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]$, 称为特征根法。

2 基于 AHP 计算电信用户消费等级值

用户消费等级模型是用于判断电信用户可能的消费档次的一种评价模型,根据影响电信用户消费等级值的各个属性的重要程度为其进行加权。用户消费等级值越高,代表其习惯消费等级越高。可表示为:

$$\text{用户消费等级值 } X = x_1 \times w_1 + \dots + x_n \times w_n$$

式中的 x_i 和 w_i 分别为第 i 个属性值的指标值和权重。

2.1 建立模型

影响用户消费等级判断的主要因素有:月平均缴费总额^[11]、套餐资费、累积欠费时长^[3]、月平均欠费总额、用户当前移动方式、手机型号等,根据各个因素之间的关系建立模型如图 2 所示。其中,最高层为目标层 O ,第二层为准则层 A ,最底层为准则层 A_1 。

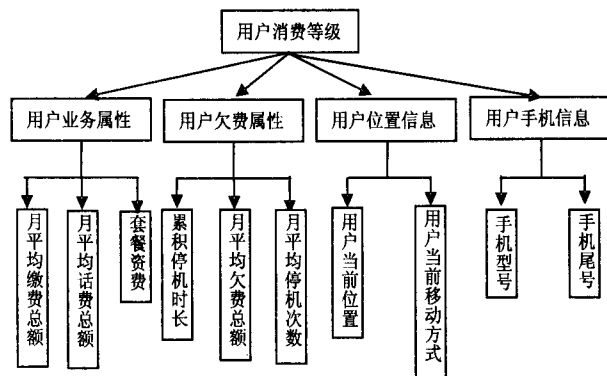


图2 用户消费等级层次分析结构模型

2.2 构造判别矩阵

针对上面给定的层次结构模型,给各准则层的具体因素打分,并将分数形成判别矩阵。

1、准则层 A 的判别矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 3 & 3 \\ 2 & 1 & 4 & 3 \\ 1/3 & 1/4 & 1 & 1/2 \\ 1/3 & 1/3 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

2、准则层 A_1 中关于用户业务属性的判别矩阵:

$$A_{11} = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/3 \\ 5 & 1 & 2 \\ 3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

3、准则层 A_1 中关于用户欠费属性的判别矩阵:

$$A_{12} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 1/2 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

4、准则层 A_1 中关于用户位置信息的判别矩阵:

$$A_{13} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

5、准则层 A_1 中关于用户业务属性的判别矩阵:

$$A_{14} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

运用 1.3 中给出的标准对以上数据进行一致性检验,其结果如下:

属性层: $C \cdot R = 0.0304 < 0.1$, 因而一致性检验通过;

用户业务属性: $C \cdot R = 0.0516 < 0.1$, 因而一致性检验通过;

用户欠费属性: $C \cdot R = 0.0036 < 0.1$, 因而一致性检验通过。

由于用户位置信息和用户手机信息的判断矩阵维数为 2, 因而一致性检验通过。

2.3 计算权重并确定模型

通过 2.2 节可以看出,以上所有判别矩阵均通过一致性检验,说明给出的判断矩阵合理。采用特征根法求得各判断矩阵对应的最大特征值的特征向量,再将其进行归一化处理并进行层次总排序,即可得出各子节点相对用户消费等级的重要性权值。计算结果:

月平均缴费总额 x_1 的权重 $w_1 = 0.0332$;

月平均使用话费 x_2 的权重 $w_2 = 0.1762$;

套餐资费 x_3 的权重 $w_3 = 0.0936$;

累积停机时长 x_4 的权重 $w_4 = 0.2271$;

月平均欠费总额 x_5 的权重 $w_5 = 0.0901$;

月平均停机次数 x_6 的权重 $w_6 = 0.1431$;

用户当前位置 x_7 的权重 $w_7 = 0.0705$;

用户当前移动方式 x_8 的权重 $w_8 = 0.0235$;

手机型号 x_9 的权重 $w_9 = 0.1071$;

手机尾号 x_{10} 的权重 $w_{10} = 0.0357$ 。

由此可得,用户消费等级公式:

$$X = 0.0332x_1 + 0.1762x_2 + 0.0936x_3 - 0.2271x_4 - 0.0901x_5 - 0.1431x_6 + 0.0705x_7 + 0.0235x_8 + 0.1071x_9 + 0.0357x_{10}$$

3 用户消费等级计算实例

在以上属性权重计算的基础上,利用以下公式计

算用户消费等级的值:

用户消费等级=月平均缴费总额×权重+...+套餐资费×权重-累积欠费时长×权重-月平均欠费总额×权重-月平均停机次数×权重+用户当前位置×权重+...+手机尾号×权重

由于公式中各个准则因素的度量单位不一样,应对各因素进无量纲化处理得到标准值。在此基础上根据 2.3 节计算出的权值结果与各因素的标准值进行加权处理,即得到用户最终的消费等级值。

各因素无量纲化的标准值由公式 $x_i = \frac{X_i - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}} \times$

100 确定,公式中的 X_i 代表因素样本值的实际取值,Max 代表因素样本值中最大的值,Min 代表因素样本值中最小的值。 x_i 则为各因素层经过无量纲化后的标准值。这样,计算出来的消费等级值就是一个无量纲的数值。除此之外,模型中包含需利用智能手机中的 GPS、检测手机号码等功能^[12]提取属性的步骤,先建立用户位置与手机信息对应提取的当量数据如表 3。

表 3 用户位置与手机信息的当量对应值

当前位置	中心商业区	普通市区	郊区
移动方式	公交、步行	出租	自驾
手机型号市场价格	<1000	1000 ~ 3000	>3000
手机号市场价格	<50	100 ~ 200	>200
当量取值	0	20	30

举例,现有客户采样记录如表 4。

表 4 客户采样

x_i	用户 A	用户 B	Max	Min
x_1	200 元	100 元	510	10
x_2	150 元	30 元	470	20
x_3	80 元	20 元	80	0
x_4	0	5	200	0
x_5	0	1	100	0
x_6	0	0.1	5	0
x_7	商业区	郊区	30	0
x_8	自驾	公交	30	0
x_9	1000 ~ 3000	<1000	30	0
x_{10}	100 ~ 200	<50	30	0

通过将各 x_i 进行无量纲化后代入建立好的用户消费等级公式计算可得到,用户 A 的得分为: $X_a = 14.4368$; 用户 B 的得分为: $X_b = 1.4308$ 。

接下来就可以根据这 2 个用户的得分情况,对其进行精确的营销,如对用户 A 推荐高级商业场所、推送奢侈品广告,对用户 B 推荐经济型商业场所、推送商品打折信息等。

4 结束语

文中主要给出了基于 AHP 方法构建电信用户消费等级的统计模型、公式及结果计算,结合智能手机的特点和功能,将电信用户的移动方式、位置等元素与其业务属性多维地组合起来,能有效地对用户消费等级进行判定,并保证了本模型的合理性。

参考文献:

- [1] 吴辉娟,袁方. 个性化服务技术研究[J]. 计算机技术与发展,2006,16(2):32-34.
- [2] 吴春英. 基于数据库的数据挖掘技术在电信信息分析系统中的研究与应用[D]. 上海:华东师范大学,2004.
- [3] 王丽萍,李多全. 基于 AHP 方法计算电信用户信用度[J]. 计算机工程与应用,2008,44(32):232-236.
- [4] 曹黎侠,冯孝周. 新的改进 AHP 算法研究及应用[J]. 计算机技术与发展,2010,20(12):115-117.
- [5] 许树柏. 使用决策方法-层次分析法原理[M]. 天津:天津大学出版社,1988.
- [6] 王莲芬,许树柏. 层次分析法引论[M]. 北京:中国人民大学出版社,1990.
- [7] Xu Z S, Wei C P. A consistency improving method in the analytic hierarchy process[J]. European Journal of Operational Research, 1999, 116(2):443-449.
- [8] Sasty T L. How to make a decision, the analytic hierarchy process[J]. European Journal of Operational Research, 1990, 48(1):9-26.
- [9] Sasty T L. The Analytic Hierarchy Process[M]. New York: McGraw-Hill, 1980.
- [10] 安立奎,韩丽艳. 层次分析法中判断矩阵一致性校验的 C 算法实现[J]. 电脑知识与技术,2007(12):1654-1655.
- [11] 陈大峰,万洛楷. 移动 BOSS 系统中客户信用度综合评定的研究[J]. 南京审计学院学报,2006,3(4):99-103.
- [12] 盖索林. Google Android 开发入门指南[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.

(上接第 190 页)

- [8] Kzai K, Pan Z. Locally Optimal and Robust Backstepping Design[J]. IEEE Transactions on Automation Control, 2000, 45(2):260-270.
- [9] 肖业伦. 飞行器运动方程[M]. 北京:航空工业出版社, 1987.
- [10] 占正勇,刘林. 多操纵面先进布局飞机控制分配技术研究[J]. 飞行力学,2006(3):13-17.

- [11] Kim K, Kim Y. Backstepping Control of Rigid Spacecraft Slew Maneuver[R]. AIAA-2001-4210, 2001.
- [12] Petersen J, Bodson M. Fast Control Allocation Using Spherical Coordinates[R]. AIAA99-4215, 1999.