

Research on the Evaluation Decision of Smart Care of Elderly Based on AHP-KPI

Wenrui Li¹, Yi Liu¹, Sen Chen²

¹School of Humanities, Donghua University, Shanghai

²School of Mechanical Engineering, Donghua University, Shanghai

Email: Leah.Li@aii-alliance.info, dhuly2005@163.com, johnson.chen@aii-alliance.info

Received: Feb. 23rd, 2018; accepted: Mar. 9th, 2018; published: Mar. 16th, 2018

Abstract

Based on a large number of domestic and international research on the theory and practice of smart care of elderly, this paper establishes a hierarchical structure model of smart care of elderly. Based on the "Pareto law: the vital few and the trivial many" principle of KPI, we further analyze the hierarchical structure model, and conclude the key factors (KPIs) in the evaluation of the smart care of elderly. Based on this job, we constructed an Evaluation Decision Matrix of the KPIs of smart care of elderly. After the experts evaluate KPIs of smart care of elderly, the AHP model is used to calculate and analyze the influence weight of the KPIs on the evaluation of the smart care of elderly. Finally, based on the KPIs of smart care of elderly weight ranking, we summed up the KPIs of smart care of elderly evaluation decision points.

Keywords

Smart Care of Elderly, Evaluation Decision, The Analytic Hierarchy Process (AHP), Key Performance Indicator (KPI)

基于AHP-KPI的智慧养老评价决策研究

李文瑞¹, 刘奕¹, 陈森²

¹东华大学人文学院, 上海

²东华大学机械学院, 上海

Email: Leah.Li@aii-alliance.info, dhuly2005@163.com, johnson.chen@aii-alliance.info

收稿日期: 2018年2月23日; 录用日期: 2018年3月9日; 发布日期: 2018年3月16日

摘要

在对大量国内外智慧养老相关理论及实践的研究基础上,建立了智慧养老的层次递阶结构模型,并基于KPI的“帕累托二八定律”原理,对智慧养老层次递阶结构模型的进一步深入分析,总结出智慧养老评价决策的关键因素(KPI)。在此基础上构造了智慧养老关键因素评价决策矩阵表,由行业专家对智慧养老的关键因素进行量化评价判断后,利用AHP模型计算与分析出各关键因素对智慧养老评价决策的影响权重。最后基于智慧各关键因素权重排序,总结出智慧养老评价决策的要点。

关键词

智慧养老, 评价决策, 层次分析法(AHP), 关键指标法(KPI)

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

智慧养老即借助于现代科学技术,将养老行业的各类主体、服务、资源等逐渐互联化、物联化、智能化、智慧化,进而基于这一基于技术的现代化过程,促进养老事业的优化转型升级,以为老人提供更加优质、高效、便捷的养老服务和老年生活方式体验[1]。日益严峻的老龄化形势之下,传统的养老模式日渐难以满足我国庞大的养老需求,以物联网、云计算、大数据等现代信息技术为支撑的智慧养老模式的出现,则在很大程度上弥补了传统养老供给的不足[1]。以上海、南京、天津、北京等地为代表的全国各地,正迅猛地涌入发展智慧养老事业的浪潮之中,然而,究竟如何着手落实智慧养老建设事业,如何对之进行科学合理布局及规划,如何客观合理的评价并引导其发展?是当下智慧养老领域亟待研究和解决的问题。层次分析法(The analytic hierarchy process)简称 AHP,是美国运筹学家 T.L.Saaty 提出的一种将定性和定量相结合的系统化、层次化的决策分析方法[2]。关键绩效指标法(Key Performance Indicator)简称 KPI,是由意大利经济学家帕累托提出的一种绩效考核方法,此方法即基于“二八定律”原理将影响组织目标实现的 20%的关键行为,作为关键指标,用以衡量及考核组织目标及绩效。将 AHP 和 KPI 两种方法应用到智慧养老的评价决策研究中,并以定量定性相结合的方式展开研究,有利于明晰智慧养老事业发展的关键要素,有利于推动智慧养老评估方案的优化,利于推动我国智慧养老的科学化发展。

2. 智慧养老层次递阶结构模型

本文首先利用 SATI 文献题录信息统计分析工具,对 CNKI、维普数据库里国内外近 5 年国内外的智慧养老相关文献的关键词进行了检索统计分析研究,并基于对各文献中关于智慧养老的概念界定及特征描述的总结,对智慧养老的目标及指标进行了归纳总结,并构建智慧养老递阶层级结构模型表如表 1 所示。

2.1. 智慧养老的两个基本目标

从养老供给主体和需求客体两个维度来分,智慧养老这一总目标可以分为“智慧养老服务”和“智慧养老治理”两个基本子目标。“智慧养老服务”即利用现代科学技术的工具优势,推动养老服务的“智

Table 1. Model table of wisdom retirement level hierarchical structure**表 1.** 智慧养老层次递阶结构模型表

总目标层	子目标层	一级指标层	二级指标层	语意参考来源	
智慧养老	智慧养老服务	智能服务	自助服务	文[6], [10]	
			介助服务		
		精益服务	介护服务		
			多样化		文献[4], [8]
			多层次		
	个性化	文献[2]			
	智慧养老治理	智慧决策	快速响应	文献[7], [9]	
			准确判断		
			风险预判		
		智慧监管	实时掌控		文献[3], [7]
全程跟踪					
多元参与	资源共享	文[5], [10]			
渠道通畅	规模化运作				

慧化”、“智能化”，通过科技养老、虚拟养老等新型养老模式提高我国养老服务供给的数量及质量，以弥补我国传统养老模式供给的不足。“智慧养老治理”及借助技术工具，帮助政府实现养老事务治理的便捷化、高效化、科学化、柔性化，以缓解政府养老负担的同时，为养老行业的其他主体(组织)创造新的发展契机。

2.2. 智慧养老服务的层级指标

“智慧养老服务”的基本衡量指标，即“智能服务”和“精益服务”。“智能服务”即借助于智能终端，让能自理的老人、半自理的老人、不能自理的老人在无法获得足够的人工服务的情况下，借助具有时间和空间柔性的互联网、物联网终端分别实现自助服务(老人通过自助自理满足养老需求)、介助服务(老人通过借助于可穿戴设备、为老服务呼叫热线服务平台等终端满足养老需求)、介护服务(老人通过家庭医生、老人健康管理平台、老人护理医院等线上线上服务资源满足养老需求)。“精益服务”即根据老人需求的特殊性，满足老人不同层次、不同形式的需求，为老人提供个性化的养老服务，并推动这一个性化的养老服务形式的规模化实现[8]。

2.3. “智慧养老治理”的层级指标

“智慧养老治理”，这一“智慧”的关键在于借助现代技术工具，实现养老事宜的“智慧决策”和“智慧监管”。所谓“智慧决策”，即能够对养老相关事务作出准确而又迅速的判断和响应，同时也能在一定程度上对未来的风险作出预测并及时规避。如：能够在最短的时间内相应老人的服务需求，同时也能基于一定的大数据积累，作出准确的养老战略决策。而这一“治理”的关键，则在于推动“多元参与”，举众人之力共同承担起养老的责任，集众人之智谋，为养老事业出谋划策，实现我国养老资源成果及事业的“共治、共享、共建”。

3. 智慧养老评价关键因素(KPI)归纳

智慧养老评价关键因素(KPI)的归纳，是基于专家意见的指导对智慧养老层次递阶结构模型中二级指

标层指标的进一步分析归纳,经归纳得出智慧养老评价决策(A)的7个关键因素如图1所示,具体归纳总结过程如下。

1) 柔性服务,即一定程度上打破时间、空间、人工等因素的限制,借助物联网、互联网、可穿戴设备、为老服务资源协同平台等智慧养老技术,整合养老资源,协同养老服务主体,为老人提供诸如线上呼叫求助、线下集传统居家养老、社区养老及机构养老的优势于一体,满足不同自理程度老人的不同层次的养老需求。不论是自助服务、介助服务、介护服务还是多样化、多层次、个性化的精益服务,都可以归纳为柔性服务。因此将柔性服务视为智慧养老评价的一个关键因素。

2) 风险预判,即基于经验和相关数据的分析和趋势分析,对养老服务及管理方面的风险作出预判,以便提前做好风险规避的准备。如基于对老人电子健康数据的分析,可以提前预知老人的健康状况,进而做出预防治疗。又如,通过老人可穿戴设备上终端的数据分析,可以分析老人日常的出行习惯,进而可以对走失的老人采取及时的搜救。因此,风险预判可以归纳为智慧养老评价的一个关键因素。

3) 快速准确,即在借助物联网、互联网、大数据等现代技术为老人提供诸如远程监控等服务之时,既能够对作出准确判断的同时,还能快速响应养老服务、治理需求。只有同时具备快速和准确两个要素,才能达成智慧养老的理想效果,因此将准确判断和快速响应归纳为快速准确这一智慧养老评价关键因素。

4) 柔性监管,即借助技术工具,实现远程操控及最近距离资源调动,以降低养老管理成本及资源损耗。实时掌控和全程跟踪作为智慧养老监管的重要指标,是互为一个整体的智慧养老服务环节,因此将这两个指标归纳为柔性监管这一智慧养老评价关键因素。

5) 资源共享,即借助技术优势及制度规制等手段,打破养老行业主体之间的信息不对称,在充分保障涉老服务及管理主体知情权的情况下,推动各主体之间的涉老资源整合与协同,以实现智慧养老的“智慧治理”。资源共享和渠道畅通作为多元参与的二级指标,其实也是联系密切的两个指标,只有资源信息沟通交往的渠道畅通,才能够实现资源共享。因此将资源共享和渠道畅通这两个指标归纳为资源共享这一智慧养老评价关键因素。

6) 大数据,即基于大量涉老数据的累积,利用大数据分析计算模型,对这些数据的价值进行再开发利用,进而实现数据驱动养老。不论是风险预测、柔性监管还是资源共享,都是基于智慧养老的技术基础实现数据驱动养老服务的实现,因此,大数据也归纳为智慧养老评价的关键因素。

7) 规模化,即推动养老虚拟化(互联化、物联化),推动线上养老渠道的拓展,促进养老服务供给侧结构的改革,如养老模式标准化、产业化,进而缓解我国当下严重的养老供给与需求失衡的问题。规模化多元参与的二级指标,是实现智慧养老治理的初衷,也即让更多的服务主体参与进来,推动智慧养老服务规模化发展,进而满足我国庞大大养老需求。因此将规模化视为智慧养老评价的关键因素。

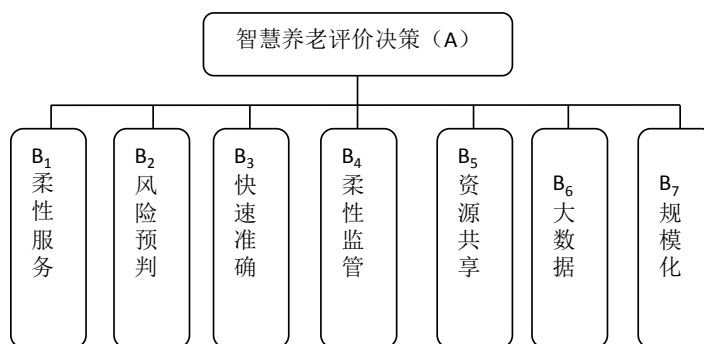


Figure 1. Structure chart of wisdom pension evaluation level

图1. 智慧养老评价层次结构图

4. 智慧养老评价关键因素 AHP 模型计算与分析

经上文分析总结出 7 个智慧养老评价决策的关键因素后,为了能够通过量化的方式研究智慧养老评价决策因素的权重,根据 Saaty 学者提出的因素两两比较方法,建立智慧养老关键因素评价决策评分矩阵表如表 2 所示,以便于比较这 7 个因素 $B = \{B_1, \dots, B_n\}$ 对 A (智慧养老评价)的影响大小。比较过程即每次取两个因素 B_i 和 B_j ,以 a_{ij} 表示 B_i 和 B_j 对 A 的影响大小之比,全部比较结果用矩阵 $Z = (a_{ij})_{n \times n}$ 表示,称 Z 为 A-B 之间的成对比较判断矩阵(简称判断矩阵)。若 B_i 与 B_j 对 A 的影响之比为 a_{ij} ,则 B_j 与 B_i 对 A 的影响之比应为 $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$ (定义: $a_{ij} > 0, i, j = 1, 2, \dots, n$)。

关于 a_{ij} 的值的确定,由行业专家根据 Saaty 等学者提出的因素比较判断 1~9 评分标度(如表 3 所示)做 $\frac{n(n-1)}{2}$ 次(n 指矩阵 Z 的阶)量化对比判断,具体的专家评分判断结果如表 4 所示。

为了确保专家的评分判断结果能够真实地反映出因素 $B = \{B_1, \dots, B_n\}$ 在对 A 的影响中所占的比重,需对专家的做出的评分判断矩阵做一致性检验,以便决定能否接受之。

具体的一次性检验步骤,即采用 AHP 数学模型对专家评分判断矩阵进行 C 计算,具体算式如下:

1) CI 计算, CI (consistency index)即一致性指标, $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$ 式中, λ_{\max} 指判断矩阵的最大特征根; n 指成对比较的因素个数。

2) 根据 Saaty 给出的因素 $n = 1, \dots, 9$ 的 RI 值,查找相应的平均随机一致性指标 RI。
 $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ 具体对应的 RI 值分别为 0, 0, 0.58, 0.90, 1.12, 1.24, 1.32, 1.41, 1.45。

3) CR 计算, CR (consistency ratio)即一致性比例, $CR = \frac{CI}{RI}$,当 $CR < 0.10$ 时,判断矩阵的一致性可接受,否则应对判断矩阵作适当修正。

根据以上一致性检验步骤,对专家关于智慧养老关键因素评分判断进行出归一化处理,得出智慧养老关键因素归一化处理矩阵结果如表 5 所示。

经检验, $CI = 0.07252054$, $CR = 0.054939803$, < 0.10 , $\lambda_{\max} = 11.3512324$ 。因此,以上智慧养老关键因素专家评分判断矩阵结果通过了一致性检验,可以接受。基于此,通过计算编程,进一步计算出各因素 B 对于智慧养老评价决策 A 的影响权重如表 6 所示。

Table 2. Key factors of wisdom endowment evaluation judgment matrix
表 2. 智慧养老关键因素评价判断矩阵表

A-B	(B ₁)	(B ₂)	(B ₃)	(B ₄)	(B ₅)	(B ₆)	(B ₇)
(B ₁)	1						
(B ₂)		1					
(B ₃)			1				
(B ₄)				1			
(B ₅)					1		
(B ₆)						1	
(B ₇)							1

Table 3. Scoring scale and meaning table**表 3.** 评分标度及含义表

标度	含 义
1	表示两个因素相比, 具有同等重要性
3	表示两个因素相比, 前者比后者重要
5	表示两个因素相比, 前者比后者明显重要
7	表示两个因素相比, 前者比后者强烈重要
9	表示两个因素相比, 前者比后者极端重要
2,4,6,8	表示上述相邻判断的中间值

Table 4. The key factors of wisdom retirement expert score judgment matrix (Z)**表 4.** 智慧养老关键因素专家评分判断矩阵(Z)

A-B	(B ₁)	(B ₂)	(B ₃)	(B ₄)	(B ₅)	(B ₆)	(B ₇)
(B ₁)	1	1/2	2	1	1/3	1/2	1
(B ₂)	2	1	1	2	1/3	1/3	1
(B ₃)	1/2	1	1	1/2	1/3	1/3	2
(B ₄)	1	1/2	2	1	1/2	1/3	1/2
(B ₅)	3	3	3	2	1	1	2
(B ₆)	2	3	3	3	1	1	2
(B ₇)	1	1	1/2	2	1/2	1/2	1

Table 5. The key factors of wisdom aging normalized matrix**表 5.** 智慧养老关键因素归一化处理矩阵表

0.095	0.05	0.16	0.087	0.083	0.125	0.105
0.190	0.1	0.08	0.173	0.083	0.083	0.105
0.047	0.1	0.08	0.043	0.083	0.083	0.211
0.095	0.05	0.16	0.087	0.125	0.083	0.052
0.286	0.3	0.24	0.173	0.25	0.25	0.211
0.190	0.3	0.24	0.260	0.25	0.25	0.211
0.095	0.1	0.04	0.173	0.125	0.125	0.105

Table 6. Wisdom pension evaluation decision-making key factor weight table**表 6.** 智慧养老评价决策关键因素权重表

智慧养老关键因素评价决策(A)权重	
柔性服务(B ₁)	0.05
柔性监管(B ₄)	0.07
风险预判(B ₂)	0.08
资源共享(B ₅)	0.16
大数据(B ₆)	0.17
快速准确(B ₃)	0.17
规模化(B ₇)	0.30

5. 结论

通过建立智慧养老层次递阶结构模型,进一步基于 KPI 的“帕累托二八定律”原理总结出智慧养老评价决策的关键因素,再利用 AHP 方法对智慧养老的关键因素进行量化判断并通过一致性检验后,得出结果如下:

1) 智慧养老评价决策的 7 个关键因素中,“规模化”所占权重(0.30)最大的,因此在对智慧养老进行评价决策时,应重点考虑智慧养老建设的规模化问题。只有将智慧养老的规模化发展问题放在首要位置考虑,才能满足我国当下规模化庞大的养老需求。

2) “大数据”和“快速准确”对于智慧养老评价决策的影响权重相同(皆为 0.17),且其对于智慧养老评价决策影响大小的排序紧跟“规模化”之后。大数据既是智慧养老发展的产物,也是智慧养老发展的驱动因素。基于数据价值的开发,以数据驱动养老既是智慧养老的优势所在,也是我国严峻的养老形式下,养老服务供给侧改革创新理想切入点。

3) “资源共享”对智慧养老评价决策的影响权重为(0.16)。可见,现下的养老压力下,以推动养老资源的共享化也是影响智慧养老发展的重要因素,基于智慧养老的技术手段,促进养老资源的信息化、共享化、协同化是衡量智慧养老的重要指标。

4) “风险预判”(0.08)、“柔性服务”(0.05)、“柔性监管”(0.07)对于智慧养老评价决策的影响程度稍微弱于前三者,但这并不是说这些因素就不重要。毋庸置疑,事务的发展皆具有阶段性,现阶段我国养老事业的痛点在于供给远远小于需求[10]。因此当下最为关键的问题在于通过智慧养老这一新兴养老模式,促进养老服务及治理的规模化实现,以应对我国当下的养老困境。至于“风险预判”、“柔性服务”、“柔性监管”这些基于基本养老需求基础之上的因素,在现阶段同样需要推进,当我国养老进入基本养老需求得到满足的下一阶段时,这三个因素对于智慧养老评价决策的影响权重也定将有所改变。

基金项目

东华大学 2017 年度人文社会科学预研究项目:上海市智能化养老服务模式创新研究阶段性成果之一,项目编号:110-10-0108047。

参考文献

- [1] 佐美云. 智慧养老的内涵、模式与机遇[J]. 中国公共安全: 学术版, 2014(10): 48-50.
- [2] 曾志诚, 穆海权, 鞠洋, 等. 基于关键绩效指标法和层次分析法的组织建设评比体系研究[J]. 北京金融评论, 2013(2): 67-71.
- [3] Gordon, M. (1993) Community Care for the Elderly: Is It Really Better? [J]. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal*, **148**, 393-396.
- [4] Suryadevara, N.K., Mukhopadhyay, S.C., Wang, R., et al. (2013) Forecasting the Behavior of an Elderly Using Wireless Sensors Data in a Smart Home. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **26**, 2641-2652. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2013.08.004>
- [5] 常敏, 孙刚锋. 整体性治理视角下智慧居家养老服务体系构建研究——以杭州创新实践为样本[J]. 中共福建省委党校学报, 2017(3): 85-91.
- [6] Kang, K.J., Ka, B. and Kim, S.J. (2012) A Service Scenario Generation Scheme Based on Association Rule Mining for Elderly Surveillance System in a Smart Home Environment. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **25**, 1355-1364. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2012.02.003>
- [7] Saunders, J., Syrdal, D.S., Koay, K.L., et al. (2016) “Teach Me-Show Me”-End-User Personalization of a Smart Home and Companion Robot. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, **46**, 27-40. <https://doi.org/10.1109/THMS.2015.2445105>
- [8] Vadillo, L., Martín-Ruiz, M.L., Pau, I., et al. (2017) A Smart Telecare System at Digital Home: Perceived Usefulness, Satisfaction, and Expectations for Healthcare Professionals. *Journal of Sensors*, **4**, 1-12.

<https://doi.org/10.1155/2017/8972350>

- [9] Joshi, G.P., Acharya, S., Kim, C.S., *et al.* (2014) Smart Solutions in Elderly Care Facilities with RFID System and Its Integration with Wireless Sensor Networks. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, **3**, 1-11.

<https://doi.org/10.1155/2014/713946>

- [10] 王向南. 基于供给侧改革的养老服务业体系重构: 一种治理的视角[J]. 税务与经济, 2016(4): 28-32.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2169-2556, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ass@hanspub.org