

科创型企业价值评估模型的构建与应用研究

——基于灰色预测、剩余收益和实物期权模型的综合框架^①

付洪涛 武英涛^②

摘要：随着大数据、人工智能等数字经济产业的发展布局，资本市场对互联网医疗和云计算等科创型企业的关注将会越来越多，但基于其研发投入高、高风险、收益不稳定等发展特点，传统的估值方法已不再适用。本文基于科创型企业的行业特征，构建了灰色预测、剩余收益和实物期权结合的综合价值评估模型，并以互联网医疗企业阿里健康为例进行了模型评估应用和比较分析。从估计结果来看，剩余收益模型估值结果与企业价值较为接近，但存在低估的可能。进一步考虑加入实物期权后，最终估值结果的精准性有了显著的提升，在一定程度上改善了剩余收益模型可能存在的企业价值低估的问题。为科创型企业的价值评估方法的选择提供了一定的参考。

关键词：剩余收益模型；实物期权模型；灰色预测模型；科创型企业；价值评估

1 引言

科创型企业主要指以科技创新为主的企业，其核心竞争力在于“科学技术与创新发展”（徐玉德，2020）^[1]，如近年来兴起的互联网医疗、云计算、人工智能等新兴科技企业。疫情期间，互联网医疗和云计算等新兴科技公司发光发热，为抗击疫情发挥了重要的作用。同时，随着我国经济结构发展转型，科创型企业在社会经济发展中的重要性凸显，逐渐成为了科技

^① 本文受到国家社会科学基金重点项目“创新驱动战略视角下高校科技成果转化的体制与机制改革研究”（A1A180010）的资助，特此感谢。

^② 作者简介：付洪涛（1997年出生），男，上海师范大学商学院硕士研究生；研究方向：科技企业创新、数字经济、绿色金融；邮编：200234；上海市徐汇区桂林路100号上海师范大学，1157250381@qq.com，19821833690。

武英涛（1981年出生），男，上海师范大学商学院副教授；研究方向：能源与环境经济、城市经济、科技金融；邮编：200234；上海市徐汇区桂林路100号商学院D座207室；yunying0156@163.com；13764280809；

成果转化的重要载体。2019年6月,随着科创版的正式开板,众多的科创型企业也迎来了更多的上市机会,同时也带来了新的估值要求。科创型企业大多属于初创型企业,具有研发投入高、收益不稳定甚至是大额亏损等特点。企业的科学技术含量和创新程度越高其短期经营的风险也越大(张超,2019)^[2]。因此,出于科创型企业的行业特征和营运特性考虑,现阶段常用的自由现金流(DCF)、经济增加值(EVA)、市盈率(PE)和市净率(PB)等传统估值方法可能并不适用。科创型企业作为未来创新发展的重要推动力量,资本与投资主体对其关注度将会越来越高。随着科创板运行机制的不断完善以及全球市场趋势的选择,将会有越来越多的科创型企业上市。伴随着上市企业的增多,理论与实务界对科创型公司的估值要求也会越来越高,正确评估科创型公司的价值有利于企业所有者更好地认识企业内资价值,有利于投资者衡量公司业绩,为投资理财提供一定的依据。因此,本文对于如何正确有效评估科创型企业价值的研究具有一定的理论与实际意义。

2 文献综述

现阶段,国内外学者对企业价值评估的方法研究内容较为丰富。由于国外资本市场较为成熟完善,相应的企业价值评估研究也较早。当前大部分企业价值评估理论大都以 Irving F(1906)提出的资本价值理论为基础,研究认为资本的本质价值就是资本在经营过程中产生的未来现金流的折现值^[3]。然而,现实中公司的未来现金流预测和风险折现率的不同等问题给资本价值理论的适用性带来挑战。Sharpe(1964)等研究提出的 CAPM (资本资产定价)模型指出了企业预期收益与二级市场中投资风险的内在联系,进一步推动了资产组合理论的发展,为投资者决策过程提供了重要的工具^[4]。但是,CAPM 模型在实际运用过程中存在一定的局限性,并不能很好的对多期资产定价。自由现金流模型由 Jensen(1986)等研究提出,该模型指出公司价值的提升在于其自由现金流量的水平,较好的自由现金流量可以有效的减小公司相应的经营风险^[5]。自由现金流模型及其相应的改进模型也成为了当下企业价值评估研究过程中常用的模型。而剩余收益模型(RIV)经过 Ohlson(1995)进一步统筹发展以后引起了理论与实务届的广泛关注,剩余收益模型通过算式将企业的内在价值与企业传统的财务分析结合了起来^[6]。现阶段,国外学者对于剩余收益模型的运用研究给予了较高的关注度,John R.M.Hand 和 Joshua G.Coyne(2017)研究指出股票分析人员使用基于 ROE 的剩余收益方法可以对经济基本面做出更复杂的预测以及股权估值,特别是与自由现金流模型结合使用时^[7]。Erb, Edina Cziglerne (2020)通过对剩余收益模型和 DCF 模型的对比研究指出相对 DCF 模型,剩余收益模型不仅考虑企业的未来收益,还包括已知账面价值和投机价值^[8]。

国内资本市场的发展相对国外起步较晚,相对应的价值评估方法研究较为落后,大多借鉴国外的先进理论与经验进行研究改进。

目前,国内关于自由现金流折现、经济增加值在企业的价值评估中运用研究较为丰富。杨成炎和张洁(2016)通过现金流量折现法与实物期权估价法的比较分析,发现现金流折现

法适用于业务相对单一、增长平稳、现金流稳定的公司价值评估^[9]。而科创型企业前期投入大、风险高、轻资产、收益不稳定，因此现金流折现模型对科创型企业的价值评估具有一定的局限性。王晋国（2019）通过对网易公司的价值评估验证了EVA方法在企业价值评估中的可行性和有效性^[10]。但EVA适用于真正实现经济收益的企业，网易公司属于大型成熟的互联网公司具有可观的利润来源，与处于初创期的科创型企业有着一定的区别。

关于剩余收益模型的研究。潘志煜和韩松岩等（2007）通过对比不同的价值评估模型研究指出剩余收益模型对于初创型或成长型企业的内在机理具有更好的解释和预测能力^[11]。刘娜（2016）以青岛海尔公司的价值评估为例对比剩余收益模型和自由现金流模型指出剩余收益模型评估结果更加精准有效^[12]。

关于实物期权方法的研究。郑征和朱武祥（2017）通过复合的实物期权模型对初创型企业进行验证，指出考虑实物期权对初创企业价值评估有重要作用^[13]。此外，陈琪仁和王天韵（2020）等通过基于PFM的实物期权模型和传统的相对估值模型对比，指出前者更适合于成长型企业的估值^[14]。虽然，实物期权模型对高新技术企业价值评估有较好的适应性，但是不同企业间拥有的实物期权差异较大，受到数据可得性的限制，实物期权计算难度较大。剩余收益模型相对实物期权的限制性约束较少，数据可得性高，相对适用性较强。然而，廖俭（2017）通过建立多元回归模型验证了实物期权与剩余收益之间有显著的相关性，指出加入实物期权可以对剩余收益模型起到一定的改善效果^[17]。因此，基于剩余收益模型估值结果进一步考虑加入实物期权的估值模型具有一定的实际研究意义。

关于灰色预测模型的运用。科创型企业作为新兴科技创新型企业大多处于初创期，能够提供的历史信息数据较少，为企业价值评估带来了一定的阻碍。屈晓娟和张华（2019）基于灰色预测模型的运用有效解决了创业板上市企业价值评估过程中信息不足的问题^[18]。此外，李志超和刘升（2019）通过灰色预测、ARIMA和一元多项式回归的对比研究指出，灰色预测和ARIMA模型的预测精度要优于后者，灰色预测模型更适合做小样本预测^[19]。因此，本文尝试运用灰色预测模型解决科创型企业在价值评估过程中的数据预测与处理问题。

总的来看，传统的价值评估模型并不适用于科创型企业的价值评估，科创型企业估值面临着新的要求。同时，随着国内外对于剩余收益模型和实物期权模型的研究重视程度不断加深，发现剩余收益模型相对以往的价值评估模型具有更好的适用性和准确性。而国内对于剩余收益模型的研究多集中于模型的理论改进等内容，不仅在剩余收益模型与实物期权等不同模型之间的结合运用方面研究相对较少，在科创型企业价值评估过程中运用剩余收益模型的实证研究也较少。此外，灰色预测模型的出现为依靠少量历史信息对企业做出精准的价值评估提供了可能。有鉴于此，本文基于灰色预测、剩余收益和实物期权三种模型对于科创型企业的价值评估研究具有一定的实践创新意义。

3 基本原理与模型

3.1 模型构建框架

科创型企业在估值过程中面临财务信息数据不足、资产结构调整、自由现金流不稳定以及价值波动幅度大等问题(张陆洋、钱瑞梅, 2019)^[20]。在价值估值过程中财务信息数据是评估的基础, 如何在数据不足的情况下有效的评估企业价值成为了首要问题。本文选择灰色预测模型来预测和处理财务信息数据, 并基于传统的、新信息和新陈代谢三种不同的灰色预测模型结果, 选择最优预测模型作为变量的最终预测模型, 从而进一步保证了预测的精准性。此外, 科创型企业作为正在成长中的企业, 资本结构往往会在前期不断的调整, 现金流的稳定性也较低, 所以自由现金流、经济增加值等传统估值方法的适用性受到了挑战。同时, 科创型企业作为新兴企业, 在市场上可比的同类型企业较少, 可供参考的估值经验不多。因此, 传统的估值方法都不能有效的、充分的评估科创型企业的内在价值。有鉴于此, 本文基于前文分析总结, 考虑选择剩余收益模型对科创型企业进行初步的价值评估。同时, 考虑到剩余收益模型主要依靠财务数据对企业内在价值进行预测评估, 较少考虑其他因素, 对企业价值存在低估的可能。本文进一步的引入实物期权模型, 考虑加入实物期权对剩余收益模型进行改善, 提高价值评估最终结果的准确性。

综上所述, 本文利用灰色预测、剩余收益和实物期权三种模型的结合来尝试对科创型企业进行估值, 并验证综合模型的有效性和可适性为未来科创企业的价值评估方法选择提供参考。本文构建的模型框架如下图 1 所示:

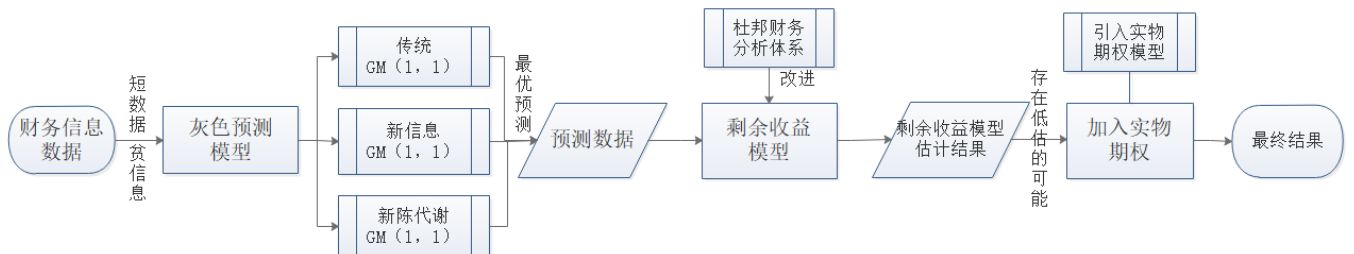


图 1 模型构建框架图

3.2 灰色预测模型

3.2.1 GM(1,1)模型的基本原理与构建

灰色预测模型是邓聚龙(1982)教授研究提出的灰色系统理论的重要衍生, 可以仅依靠少量信息获得较为精确的预测结果, 有效解决了“短数据、贫信息”的有关问题^[21]。灰色预测 GM(1,1)模型是使用原始的离散非负数据列, 通过一次累加生成消弱随机性的更有规律的一个新的离散数列, 然后通过建立微分方程模型得到离散点处的解, 再经过累减生成的原始数据的近似估计值, 从而预测原始数据的后续发展。

设 $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ 是最初的非负数据列, 对其进行一次累加得到新的数据列 $x^{(1)}$:

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$$

$$x^{(1)}(m) = \sum_{i=1}^m x^{(0)}(i), \quad m = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

令 $z^{(1)}$ 为序列 $x^{(1)}$ 的紧邻均值生成序列, 即 $z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n))$, 其中:

$$z^{(1)}(m) = \delta x^{(1)}(m) + (1 - \delta)x^{(1)}(m - 1), \quad m = 2, 3, \dots, n \text{ 且 } \delta = 0.5 \quad (2)$$

灰色预测 GM(1,1)模型的基本形式可以表示为:

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \text{ 或 } x^{(0)}(k) = -az^{(1)}(k) + b \quad (3)$$

其中 b 表示灰作用量, $-a$ 表示发展系数, 模型的基本形式也被称为灰色微分方程。进一步的引入矩阵形式:

$$u = (a, b)^T, Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

从而可以将 GM(1,1)模型表示为: $Y = Bu$, 利用最小二乘法可以求得参数 a, b 的估值为:

$$\hat{u} = \begin{pmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{pmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (5)$$

即:

$$x^{(0)}(k) = -\hat{a}z^{(1)}(k) + \hat{b} \implies x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1) = -\hat{a}z^{(1)}(k) + \hat{b}$$

$$x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1) = \int_{k-1}^k \frac{dx^{(1)}(t)}{t} dt, \quad (6)$$

$$z^{(1)}(k) = \frac{x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)}{2} \approx \int_{k-1}^k x^{(1)}(t) dt$$

综合上式进一步可以得到: $\frac{dx^{(1)}(t)}{t} = -\hat{a}x^{(1)}(t) + \hat{b}$, 其被称为 GM(1,1)模型的白化方程。基于 GM(1,1)的白化方程, 令初始值 $\hat{x}^{(1)}(t)|_{t=1} = x^{(0)}(1)$ 则可以求出其对应解为:

$$\hat{x}^{(1)}(t) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right] e^{-\hat{a}(t-1)} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \quad (7)$$

所以可得 $\hat{x}^{(1)}(m+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right] e^{-\hat{a}m} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}, m = 1, 2, \dots, n-1$ 。

由于 $x^{(1)}(m) = \sum_{i=1}^m x^{(0)}(i)$, $m = 1, 2, \dots, n$, 所以我们可以得到:

$$\hat{x}^{(0)}(m+1) = \hat{x}^{(1)}(m+1) - \hat{x}^{(1)}(m) = (1 - e^{\hat{a}}) \left[x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right] e^{-\hat{a}m}, m = 1, 2, \dots, n-1$$

3.2.2 新信息、新陈代谢 GM(1,1)模型

设原始非负序列为:

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$$

(1) 用 $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ 建立的 GM(1,1)模型称为全数据 GM(1,1);

(2) 当 $k_0 > 1$ 时, 用 $x^{(0)} = (x^{(0)}(k_0), x^{(0)}(k_0 + 1), \dots, x^{(0)}(n))$ 建立的 GM(1,1)模型称为部分数据 GM(1,1);

(3) 设 $x^{(0)}(n+1)$ 为最新信息, 将 $x^{(0)}(n+1)$ 置入 $x^{(0)}$, 称用 $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n), x^{(0)}(n+1))$ 建立的模型为新信息 GM(1,1);

(4) 置入最新信息 $x^{(0)}(n+1)$, 去掉最老信息 $x^{(0)}(1)$, 称用 $x^{(0)} = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n), x^{(0)}(n+1))$ 为新陈代谢 GM(1,1)。

基于模型预测准确性的考虑, 本文在实际运用过程中分别运用传统的、新信息的和新陈代谢的 GM(1,1)模型对原始数据进行预测。然后, 通过对比三个模型在测试数据上的误差平方和, 选定误差平方和最小的灰色模型作为最终预测模型。

3.3 剩余收益模型的基本原理与改进

3.3.1 剩余收益模型的基本原理介绍

剩余收益模型是由美国学者 Ohlson 在 1995 年系统性提出的, 搭建了企业会计变量与剩余收益之间的联系, 同时他认为决定一个公司价值的真正变量就是剩余收益。剩余收益主要指企业净利润与股东必要报酬之间的差额, 公司只有在获得的净利润大于股东必要报酬时获得的剩余收益才为正。剩余收益模型指出企业的内在价值是由所有者权益的账面资产净值和未来经营期间的剩余收益的折现值之和两部分构成的。即如公式(8)^[14]所示:

企业内在价值=所有者权益账面资产净值+未来期间的剩余收益现值之和

$$V_n = BV_0 + \sum_{t=1}^n \frac{RI_t}{(1+r)^t} = BV_0 + \sum_{t=1}^n \frac{(ROE_t - r)BV_{t-1}}{(1+r)^t} \quad (8)$$

其中, V_n 代表剩余收益模型评估的企业内在价值, n 为预测年限, BV_0 代表评估基准日的账面资产净值, RI_t 代表第 t 期的剩余收益, ROE_t 代表净资产收益率, BV_{t-1} 代表第 $t-1$ 期的账面净资产, r 代表股东的必要报酬率。

3.3.2 基于杜邦财务分析的剩余收益模型(RIV)

传统的剩余收益模型在运用的过程中主要面临两大问题: 第一, 如何有效的获取和预测企业的剩余收益; 第二, 在满足假设的持续运营条件下, 面临着无限期预测的难题。本文参

考祁亚和王桢(2020)^[16]的研究内容,考虑引入杜邦财务分析体系将剩余收益分解为对应的财务指标,并结合灰色预测模型对互联网医疗企业的短数据进行有效预测,使获得的数据更加精准有效。依据杜邦财务分析体系,可将企业的剩余收益分解为如公式(9)^[15]所示:

$$ROE_t = MOS_t \times ATO_t \times EM_t, \quad MOS_t = NI_t / S_t$$

$$RI_t = \frac{S_t}{ATO_t \times EM_t} \times (MOS_t \times ATO_t \times EM_t - r) \quad (9)$$

其中, S_t 表示营业收入, ATO_t 代表资产周转次数, EM_t 代表权益乘数, MOS_t 代表销售净利率。

同时,对于无限期的预测问题,已有的研究内容主要考虑运用市盈率(P/E)或市净率(P/B)对模型加以改善。因为互联网医疗企业大多属于新兴初创型企业,具有较高的投资风险,所以本文考虑引用市净率(P/B) = 每股市价(P) ÷ 每股净资产(B)对模型加以改进。最终可得企业内在价值公式(10)如下所示:

$$V_n = BV_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t \times (MOS_t \times ATO_t \times EM_t - r)}{ATO_t \times EM_t \times (1+r)^t} + \frac{(P_n/B_n - 1)S_n}{(1+r)^n \times ATO_n \times EM_n} \quad (10)$$

3.4 实物期权模型对 RIV 模型的改善

基于前文的实物期权和剩余收益模型的特征与适用性分析,以及出于对剩余收益模型可能存在低估企业价值的考虑。本文参考廖俭(2015)^[17]的研究内容,考虑引入实物期权来进一步改善剩余收益模型。实物期权形式多样主要包括放弃期权、选择期权、持有期权等,同时不同企业掌握的实物期权情况各不相同使得计算难度相对较大。有鉴于此,本文出于数据可得性的考虑,选择所有企业都拥有的持有期权价值加入到企业的内在价值计算当中。

针对所有者拥有的持有期权,可以当作为一种欧式看涨期权。用布莱克-舒尔斯(B-S)定价模型可以表示为:

$$C(V_t, t) = V_t N(d_1) - X e^{-r_f t} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{1}{\sigma \sqrt{t}} \left[\ln \frac{V_t}{X} + (r_f + \sigma^2/2)t \right] \quad (11)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t}$$

其中, $C(V_t, t)$ 代表实物期权的价值, V_t 表示剩余收益模型评估的企业内在价值, X 代表实物期权的执行价格(本文用评估基准日的股票市价来衡量), $N(\bullet)$ 代表累积正态概率分布函数, σ 表示资产标的物价值波动率(本文用股票价值波动率来衡量), t 代表剩余期限, r_f 表示无风险利率。

最终,企业内在价值由剩余收益模型评估的企业价值和实物期权价值两部分组成。即:

$$V = V_n + C(V_t, t) \quad (12)$$

4 案例分析——以阿里健康为例

4.1 案例选择原因与数据说明

互联网医疗是近年来新兴的科技创新行业，成为了众多投资者关注的朝阳行业。阿里健康作为互联网医疗行业中的龙头企业是上市最早的互联网医疗企业，于 2014 年 10 月在港股上市，主要业务有医药电商、互联网医疗、智慧医疗等。本文选择阿里健康作为案例分析企业具有一定的代表性和实际意义。同时，从数据可得性的角度来看，阿里健康上市时间较早，财务会计信息相对完备，可以满足剩余收益模型对会计数据的依赖。

通过前文分析可知，本文主要需要对营业收入(S)、销售净利率(MOS)、资产周转次数(ATO)和权益乘数(EM) 四个参数指标进行预测。本文根据阿里健康财务报表统计规则，选取了 2015 年到 2019 年的财务会计数据作为原始数据，预测期为 2020 年到 2024 年。数据来源包括阿里健康年度财务报表、wind 数据、前瞻数据库以及东方财富、同花顺等股票分析软件。同时，本文选定阿里健康 2019 年财务报表统计截止日期 2020 年 3 月 31 日作为评估基准日。

4.2 灰色预测结果分析

表 1 阿里健康 2015-2019 年权益乘数统计情况表

	2015	2016	2017	2018	2019	均值
权益乘数	1.17	1.50	1.23	2.19	1.51	1.52

由表 1 可知，除了 2018 年外阿里健康权益乘数变动较为稳定，主要在 1.5 上下浮动。这是因为 2018 年阿里健康以 18.28 亿元的价格收购了天猫医疗等业务，资本结构发生了较大的变动。所以，本文以原始数据的平均值 1.52 作为权益乘数的预测值。对营业收入、销售净利率和资产周转次数采用灰色预测模型进行预测。

在灰色系统建立的过程中，需要通过数据预处理使得杂乱的序列更具有规律性，从而提升数据计算的真实性和准确性，而这主要通过光滑比指标来衡量。对于互联网医疗公司来说大多以高科技创新型型企业为主，公司具有较高的成长性和盈利增长空间、可持续增长能力较强，其营业收入主要呈现出与单调递增相类似的增长趋势。有鉴于此，本文主要参考王正新和何凌阳(2018)^[22]的研究方法，引入缓冲算子对原始数据进行预处理。本文以阿里健康的营业收入为例进行说明，分别加入一阶、二阶的弱化和强化缓冲算子后的有关结果如表 2 所示。

表 2 营业收入序列光滑比

	2016	2017	2018	2019
原始序列	8.390	4.590	1.710	1.190
一阶弱化缓冲序列	1.246	0.720	0.538	0.457
一阶强化缓冲序列	5.930	4.008	1.699	1.175
二阶弱化缓冲序列	1.106	0.586	0.415	0.332
二阶强化缓冲序列	4.286	3.415	1.656	1.154

从表 2 可以看出,原始序列所有的光滑比均不满足灰色序列要求的光滑度小于 0.5 的条件。同样,加入一阶强化和二阶强化缓冲算子后的序列也不满足上述条件。与原始序列和强化缓冲序列对比,弱化缓冲序列基本满足了灰色序列光滑度的要求,其中加入二阶弱化算子的缓冲序列改善效果最为明显。运用二阶弱化缓冲算子对销售净利率和资产周转次数进行预处理可得光滑比对比情况如表 3 所示。

表 3 销售净利率和资产周转次序列光滑比

	2016	2017	2018	2019
销售净利率:				
原始序列	2.145	1.126	0.533	0.350
一阶弱化缓冲序列	1.250	0.573	0.365	0.268
二阶弱化缓冲序列	1.046	0.515	0.341	0.254
资产周转次数:				
原始序列	7.750	2.914	0.818	0.558
一阶弱化缓冲序列	1.237	0.678	0.431	0.334
二阶弱化缓冲序列	1.075	0.552	0.369	0.284

通过表 3 可知,阿里健康的销售净利率和资产周转次数原始序列的光滑比通过加入一阶、二阶弱化缓冲算子后得到了有效的改善且二阶弱化缓冲算子的改善效果最为明显。因此,运用二阶弱化缓冲算子对模型参数的原始序列进行处理后得到的序列将更加光滑,预测精度更高。经过计算后,运用到灰色预测模型中对模型参数进行预测,预测运算过程主要通过 Matlab 2016b 软件实现。

同时,分别运用传统的、新信息的和新陈代谢的 GM(1,1)模型分别对上述三种参数进行预测,得到每个模型的误差平方和结果如表 4 所示。由表 4 可知,营业收入的预测中三种模型误差平方和最小的为传统型的 G(1,1)模型,销售净利率的预测中三种模型误差平方和最小的为新陈代谢 GM(1,1)模型,资产周转次数的预测中三种模型误差平方和最小的为新陈代谢 GM(1,1)模型。对每种参数选择误差平方和最小的模型进行最终预测。

表 4 传统、新信息和新陈代谢的 GM(1,1)模型误差平方和

	传统GM(1,1)	新信息GM(1,1)	新陈代谢GM(1,1)	模型选定
营业收入	4.19×10^{16}	4.891×10^{16}	5.155×10^{16}	传统
销售净利率	29.45	29.43	29.41	新陈代谢
资产周转次数	4.33×10^{-3}	4.24×10^{-3}	4.21×10^{-3}	新陈代谢

基于上述选定的模型对三种参数分别进行预测,可以得到三种参数的最终拟合预测情况如下表 5 所示。从表 5 可知,针对每个参数的模型拟合的相对残差都远小于 10%,说明构建的灰色预测模型对原始数据的拟合效果较为显著。从级比偏差来看,每个参数的模型拟合级比偏差同样远小于 10%,超出了模型的评价要求,模型效果较好。

表 5 三参数预测结果相对残差和级比偏差情况统计表

	2016	2017	2018	2019	均值
营业收入					
相对残差	0.005767	0.001099	0.003129	0.004599	0.0036486
级比偏差	0.01684	0.00704	0.002162	0.007572	0.0084045

销售净利率					
相对残差	0.002103	0.002715	0.00086067	0.00143	0.0017635
级比偏差	0.04065	0.004807	0.001913	0.002238	0.012403

(续表)

资产周转次数					
相对残差	0.005624	0.009219	0.002001	0.0009293	0.0044432
级比偏差	0.02375	0.01475	0.01133	0.00106	0.012723

同时，图 1、图 2 原始数据拟合预测图更加直观的展现了模型对原始数据的拟合效果，从而保证了预测数据的准确性和可信性。

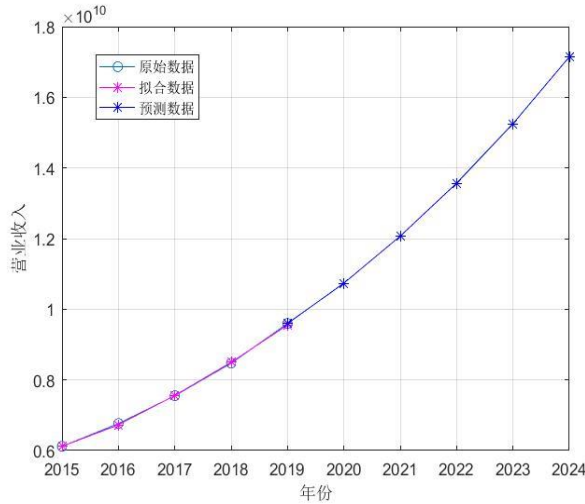


图 2 营业收入原始数据拟合预测图

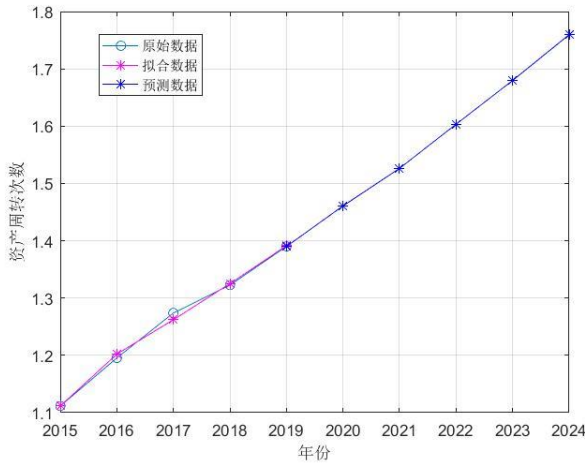


图 3 资产周转次数原始数据拟合预测图

4.3 剩余收益模型结果分析

基于上述分析，说明构建的灰色预测模型可以有效的拟合原始数据，预测结果较为精准。因此，进一步的运用灰色预测模型得到预测结果如下表 6 所示。

表 6 三参数预测结果统计情况

2020年	2021年	2022年	2023年	2024年
-------	-------	-------	-------	-------

营业收入(亿元)	107.38	120.70	135.68	152.52	171.44
销售净利率(%)	1.54	2.02	3.08	4.17	4.95
资产周转次数(次)	1.46	1.53	1.60	1.68	1.76

同时,从前文分析可得权益乘数为 1.52。随着公司的由初创期或成长期进入成熟期资产管理能力将逐渐趋于稳定,资产周转次数将围绕一定水平波动。从预测结果来看,资产周转次数虽然呈现一定的上升趋势,但上升幅度较小。因此,本文考虑选取预测均值 1.61 作为最终资产周转次数。

通过剩余收益模型的公式推导可知,还需进一步确认股东的必要报酬率、折现率和市净率三个参数值。对于必要报酬率(r)或权益资本成本,可由 CAPM 模型确定,即 $r = r_f + \beta(r_m - r_f)$ 。由于无风险利率(r_f)一般以国债的票面利率为参考制定,因此本文基于波动幅度和稳定性考量选用 2019 年五年期我国国债票面利率来衡量,取其算数平均值,即 4.27%。市场风险溢价($r_m - r_f$)本文选取国际上较为通用的一种,即 6%。本文从 wind 直接获得 $\beta = 0.80$ 。最终,通过计算可得必要报酬率 $r = 9.5\%$ 。

最后,通过东方财富网和同花顺等股票分析软件以及阿里健康 2019 年度财务报表可以获得阿里健康评估基准日的每股市价为 10.9966 元,每股净资产为 0.44,代入市净率公式可求得,市净率为 24.99。

表 7 预测期剩余收益的预测值统计情况 (单位:元)

年份	2020	2021	2022	2023	2024	合计
RI预测值	-252132163	-226339806.3	-110185633.6	43055085.01	181128412.7	-364474105.2
现值	-230257683.1	-188769880.8	-83923312.2	29948010.34	115057778.7	-357945087.1

根据剩余收益模型的计算公式,将上述数值分别代入可得预测期的剩余收益预测值如表 7 所示。根据前文公式可求得预测期第五年末折现的阿里健康公司现值为: 1.070399×10^{11} 元。此外,根据阿里健康 2019 年度财务报表,所有者权益 $BV_0 = 5202515000$ 元。最终,运用剩余收益模型评估阿里健康企业价值为: 1.11884×10^{11} 元。

由东方财富网等股票软件显示,评估基准日 2020 年 3 月 31 日,阿里健康总共发行普通股 12072.82 百万股。按照剩余收益模型估计企业价值除以总股数可得阿里健康股票价值为每股 9.2675 元。而 2020 年 3 月 31 日,阿里健康每股市价为 10.9966 元。

4.4 考虑实物期权的估值结果分析

通过上述分析计算可以得知引用杜邦分析体系改善的剩余收益模型可以较好地评估阿里健康企业的内在价值,但同样显示剩余收益模型对企业的价值评估存在低估的可能。因此,本文考虑在剩余收益模型中加入实物期权来进一步改善模型,并基于案例实际验证是否具有改善效果。

实物期权模型的计算公式如公式(11)，其中 V_t 以剩余收益模型评估的企业股票市价表示即 $V_t = 9.2675$ 元， X 以评估基准日的每股市价表示即 $X = 10.9966$ 元，股票市价的波动率 σ 为 $(P_t - P_{t-1})/P_{t-1}$ 的标准差，通过东方财富网等股票软件查询过去5年阿里健康每股市价计算可得 $\sigma = 58.63\%$ 。

将所查询计算得到的数据，全部代入公式计算可得： $d_1 = 1.1303$ ， $d_2 = 0.3090$ ，通过查询累积正态分布函数表可得 $N(d_1) = 0.870863$ ， $N(d_2) = 0.62132$ 。进一步计算可得 $C(V, t) = 2.5518$ 元，则最终估计的阿里健康股票价格为每股11.8193元。

4.5 结果与比较

首先，对于新兴的科创型企业历史信息数据较少的问题。本文通过引入灰色预测模型进行有效预测，并在此基础上对比传统的、新信息的和新陈代谢的灰色预测模型的预测精度和效果，选择预测最为精准的灰色模型进行最终的预测。从保证了预测的可行性和有效性。其次，基于灰色预测模型的预测结果，引入经过杜邦财务分析体系改进的剩余收益模型对案例企业阿里健康进行估值计算。根据改进后的剩余收益模型的估值结果可得基准日2020年3月31日的阿里健康的股票价值为每股9.2675元，而实际股票价值为每股市价10.9966元，估计值与真实值相差每股1.7291元。总得来看，本文采用剩余收益模型对互联网医疗企业价值评估具有一定的可行性，评估价值与真实价值较为接近。但也可以看到改进的剩余收益模型对企业价值仍然存在一定低估的可能。因此，本文在改进的剩余收益模型基础上考虑加入实物期权进一步改善模型。最后，加入实物期权后的模型对基准日阿里健康企业的估值结果为每股11.8193元。相对单一的剩余收益模型，考虑实物期权后企业的估值结果与实际值更为接近，估计值与实际值相差仅为每股0.8227元。同时，加入实物期权后在一定程度上改善了剩余收益模型在企业价值评估过程中可能存在的对企业价值低估的问题。

5 结论与启示

本文选择在灰色预测模型的基础上通过剩余收益模型和实物期权的结合对阿里健康企业的内在价值进行评估。灰色预测模型的运用解决了与互联网医疗等类似的科创型企业缺少历史数据、信息较为匮乏的问题，满足了剩余收益模型对会计数据的依赖，在一定程度上保证了预测结果的准确性。从案例估值结果来看，剩余收益模型估计结果与企业真实价值相对接近，但存在着对企业价值低估的可能。进一步考虑引入实物期权后，最终估值结果的精准性较单一的剩余收益模型评估有了显著的提升，估计价值更加接近评估基准日的真实值。考虑实物期权后的价值评估模型在一定程度上改善了剩余收益模型可能存在的对企业价值低估的问题。对后续其他互联网医疗企业或类似的科创型企业的价值评估具有一定的参考价值 and 实际意义。

同时,在具体运用的过程中,也需要注意以下问题。首先,剩余收益模型对会计数据的依赖性较强,在会计数据计算的过程中会计科目的选择带有一定的主观性。其次,实物期权种类较多,不同公司拥有的实物期权特征可能有较大的差异。由于期权选择的不同,模型的解释能力可能受到影响。最后,在实际运用过程中,剩余收益和实物期权模型计算过程较为繁琐。在数据可得性等约束限制下,如何更加有效地运用剩余收益和实物期权模型结合起来评估企业价值也是本文后续进一步思考的方向和研究重点。

参考文献

- [1] 徐玉德.促进科创型企业研发创新亟需加大政策支持力度[J].财务与会计,2020(19):84-85.
- [2] 张超.科技创新与企业发展——来自美国的微观证据及其对于科创板的启示[J].会计与经济研究,2019,33(06):96-108.
- [3] Irving F.The Nature of Capital and Income [M].The Macmillan Company,1906:267-268.
- [4] Sharpe W F. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk[J], The Journal of Finance,1964,19(3):425-442.
- [5] Jensen M C. Agency Cost of Free Cash Flow[J].Corporate Finance And Economics Reviews, 1986,72(2):323-339.
- [6] OHLSON J A. Earnings,book values, and dividends in equity valuation [J].Contemporary Accounting Research, 1995,11(3):661-687.
- [7] John R.M.Hand,Joshua G.Coyne,Jeremiah R.Green,X.Frank Zhang.The Use of Residual Income Valuation Methods by U.S. Sell-Side Equity Analysts[J].Journal Of Financial Reporting,2017:1-29.
- [8] Erb, Edina Cziglerne. The Re-emergence of the Residual Income Model in the Valuation of Firms and Investment Projects [J]. Public Finance Quarterly,2020(3):430-442.
- [9] 杨成炎,张洁.现金流折现法与实物期权估价法之比较及运用——以隆平高科公司价值评估为例[J].财会月刊,2016(19):26-31.
- [10] 王晋国.EVA 在企业价值评估中的应用——以网易公司为例[J].山西财经大学学报,2019,41(S2):49-51.
- [11] 潘志煜,韩松岩,田金信.剩余收益模型与传统 DCF 模型比较研究[J].商业研究,2007(12):59-61.
- [12] 刘娜,黄辉.自由现金流模型与剩余收益模型比较——以青岛海尔公司价值评估为例[J].财会通讯,2016(16):26-28.
- [13] 郑征,朱武祥.运用复合实物期权方法研究初创企业的估值[J].投资研究,2017,36(04):118-135.

- [14] 陈琪仁,王天韵,欧阳汝佳.成长型企业估值模型研究——以新三板为例[J].中央财经大学学报,2020(09):55-69.
- [15] 谭三艳.剩余收益估价模型及其应用改进[J].财会月刊,2009(27):9-11.
- [16] 祁亚,王桢.基于剩余收益模型的企业价值评估研究——以伊利股份为例[J].商业会计,2020(15):45-49.
- [17] 廖俭.实物期权改善剩余收益估值模型解释力研究[J].会计之友,2017(15):83-87.
- [18] 屈晓娟,张华.创业板上市公司价值评估模型构建研究——基于灰色预测模型与实物期权的结合[J].财会通讯,2019(05):98-103.
- [19] 李志超,刘升.基于 ARIMA 模型、灰色模型和回归模型的预测比较[J].统计与决策,2019,35(23):38-41.
- [20] 张陆洋,钱瑞梅.关于科创企业估值难点的思考[J].安徽师范大学学报(人文社会科学版),2019,47(04):104-110.
- [21] 邓聚龙.灰系统基本方法[M].武汉:华中科技大学出版社,1987.
- [22] 王正新,何凌阳.全信息变权缓冲算子的拓展、优化及其应用[J].控制与决策,2019,34(10):2213-22.

Research on the Construction and Application of the Value Evaluation Model of Scientific and Technological Enterprises ——Comprehensive framework based on grey forecasting, residual income and real option models

Abstract: With the development of digital economy industries such as big data and artificial intelligence, the capital market will pay more and more attention to scientific and technological enterprises such as Internet healthcare and cloud computing. However, due to their high R&D investment, high risks, and low returns Stability and other development characteristics, traditional valuation methods are no longer applicable. Based on the characteristics of the science and innovation industry, this paper constructs a comprehensive value evaluation model that combines gray forecasting, residual income and real options, and uses the Internet medical company Ali Health as an example to conduct model evaluation and comparative analysis. From the estimation results, the valuation result of the residual income model is relatively close to the enterprise value, but there is a possibility of underestimation. After further considering the addition of real options, the accuracy of the final valuation results has been significantly improved, and to a certain extent the problem of underestimation of corporate value that may exist in the residual income model has been improved. It provides a certain reference for the selection of value evaluation methods for science and technology enterprises.

Keywords: residual income model; real option model; grey forecasting model; science and innovation enterprise; value evaluation