

基于 Python 的经济订货批量图解法研究

关成斌

(广东东软学院信息管理与工程学院, 广东 佛山 528225)

摘要: 经济订货批量是现代企业组织生产以及采购管理中的重要考虑因素, 对于降低采购和库存成本、减少人工、节约投入、提高效率等方面具有重要意义。传统的经济订货批量一般采用解析法得到计算公式, 存在不直观、对于复杂情况公式推导困难、得到信息量不充分等问题。本文利用 Python 及其 numpy、matplotlib 等模块, 编程实现了经济订货批量的图解法, 并对结果进行了直观的可视化。通过案例分别采用上述两种方法对比分析可见, 本文提出的方法可以直观地显示各项费用曲线、经济订货批量及其单位最小总费用等, 对于其他复杂的情况也可以经较简单的修改后进行处理。

关键词: 经济订货批量; 图解法; Python; numpy

在组织生产时需要采购原料, 对于采购的原料除了原料的价格成本外, 一般还涉及两项支出: 一是单次订货成本, 是指因订货而支付的费用, 往往是按照批次进行收费的; 而库存成本是指原料到达工厂后, 进行原料存储所需支付的费用, 为单位库存成本(单位数量的原料一天的库存成本)与库存量的乘积。

从上述的描述可见, 这两项支出实际上呈现出相反的走势, 即单次订货批量多, 则均摊到每件原料上的单次订货成本就低, 而同时会造成库存的数量和天数也多, 因此单位原料的库存成本自然就提高了。如何平衡这个问题, 雷蒙德·费尔菲尔德等学者们提出了经济订货批量的概念。所谓的经济订货批量(Economic Order Quantity, EOQ), 是指通过平衡单次订货成本和库存成本, 以实现总成本最低的最佳订货量。

针对订货批量的研究比较多, 常见的是采用解析法, 通过数学推导的方式得到经济订货批量的计算公式, 然后带入相应参数进行计算。本文在对解析法进行分析的基础上, 针对解析法存在的问题, 利用 Python 编程语言提出了一种基于图解法经济订货批量确定方法。

一、基于解析法经济订货批量分析

为了和本文提出的方法进行对比分析, 这里就经济订货批量解析法进行简单介绍。

假设:

Q 为单次订货批量(套);

S 为单次订货成本;

C 为一套原料的一天库存成本;

D 为一天消耗量(套)。

则单次订货批量为 Q 情况下的单位原料订货成本为:

$$OC(Q) = \frac{S}{Q} \quad (1)$$

原料的消耗天数为 Q/D ;

在原料的消耗周期内, 每天的平均库存量为 $Q/2$;

因此, 在原料消耗周期内的总库存为: $Q^2/(2D)$ (天·套)

总的库存成本为: $Q^2/(2D)$

平均一套原料的库存成本为:

$$SC(Q) = \frac{Q^2 C}{2DQ} = \frac{QC}{2D} \quad (2)$$

因此, 在单次订购批量为 Q 套原料时, 则平均每套原料所需支付的单次订货成本和库存成本之和为:

$$TC(Q) = OC(Q) + SC(Q) = \frac{S}{Q} + \frac{QC}{2D} \quad (3)$$

我们要确定经济订货批量, 即使得 $TC(Q)$ 最小的 Q 值, 可以采用导数法进行计算, 即将式(3)对 Q 求导数, 然后令其为 0, 进而可以确定令 $TC(Q)$ 取最小值的 Q_m :

$$\frac{d[TC(Q)]}{dQ} = \frac{d\left(\frac{S}{Q} + \frac{QC}{2D}\right)}{dQ} = -\frac{S}{Q^2} + \frac{C}{2D} \quad (4)$$

当其为 0 时, 则对应最小订货批量 Q_m :

$$-\frac{S}{Q^2} + \frac{C}{2D} = 0 \quad (5)$$

计算可得经济订货批量 Q_m 为:

$$Q_m = \sqrt{\frac{2DS}{C}} \quad (6)$$

以上是利用解析法进行经济订货批量的分析和推导过程和方法, 但这种方法也存在一定的不足: (1) 以上是做了较多的假设, 偏理想化, 对于一些复杂的情况, 比如单次订货成本不统一, 单位库存成本随库存量变化等情况下, 进行数学解析时可能存在困难; (2) 以上公式只是给出了经济订货批量, 对于单位原料的平均成本并没有给出, 还需要另外计算; (3) 只给出了解析式, 不够直观。

为了解决上述问题, 本文提出一种基于 Python 编程实现的经济订货批量图解法。

二、基于 Python 的经济订货批量图解法

基本的思路是从式(3)入手, 通过编程计算不同 Q 值情况下的 $TC(Q)$ 值, 并绘制出 $Q-TC(Q)$ 曲线, 找出曲线上最小的点, 则该点对应的 Q 值则为经济订货批量, 曲线的最小值则为单位原料最小总成本。为更简单便捷的实现, 程序引用 numpy 库, 该库是 Python 的一种开源的数值计算扩展, 可用来存储和处理大型矩阵, 支持大量的维度数组与矩阵运算, 也针对数组运算提供大量的数学函数库。

程序流程图如图 1 所示。从流程图可见程序主要可以分成三部分, 第一部分为参数设置部分, 主要用于输入关键参数, 包括固定订货成本、一天消耗量、一天库存成本, 以及计算参数最小计算库存、最大计算库存、计算库存间隔; 第二部分为成本计算部分, 主要是利用输入的参数以及前文所述的式(1)~式(3)进行单位订货成本、单位库存成本以及总成本的计算; 第三部分为可视化部分, 采用图形的方式直观显示各成本曲线以及最小订货批量与各成本之间的关系。

三、案例分析

为了验证图解法和解析法两种方法确定的经济订货批量是否一致, 分别采用两种方法对如下案例进行分析: 固定订货成本是 40000 元、原料一天消耗量为 700 套、一套原料一天的库存成本为 0.6 元。

(一) 图解法

运行程序，按照提示输入相关参数后，程序会执行运算并绘制图形，显示经济订货批量和最小单位成本。

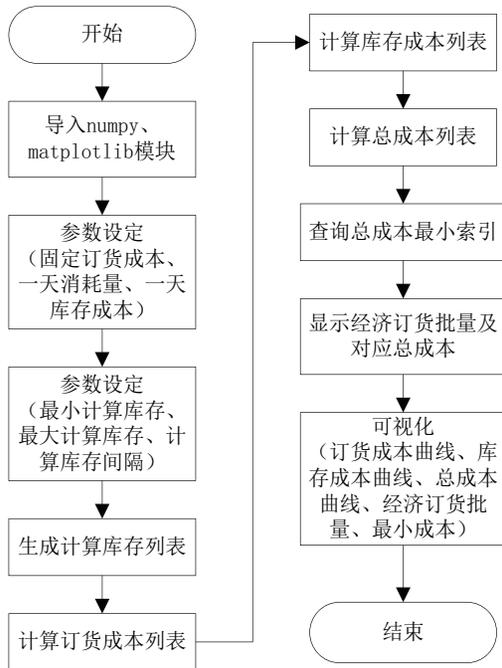


图 1 基于 Python 的经济订货批量图解法程序流程图

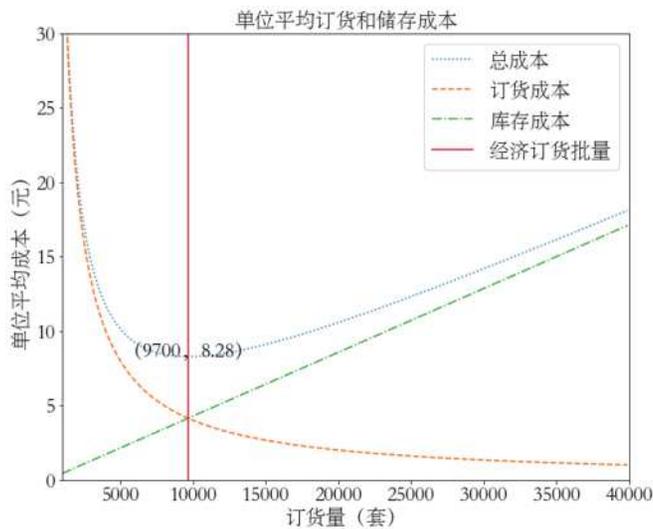


图 2 程序可视化图形

程序可视化图形如图 2 所示，由图形可见，在同一张图上展示了订货成本、库存成本、总成本随订货量变化的曲线，并展示了单位总成本最低对应的订货批量即经济订货批量，而且将经济订货批量对应的单位总成本进行了展示。

根据图形显示可知，在此案例条件下，经济订货批量为 9700 套，对应的单位总成本为 8.28 元/套。

(二) 解析法

为了验证这种方法和解析法是否一致，可以采用解析法计算经济订货批量，将 $D=700$, $S=40000$, $C=0.6$, 带入式 (6)：

$$Qm = \sqrt{\frac{2 \times 700 \times 40000}{0.6}} = 9660.9$$

计算结果为 9660.9，取整为 9661，可见与程序输出结果 9700 有一定的偏差，主要原因是图解法程序运行时设置的计算库存间隔较大 (100)，分辨率不足，因此没能找到最优的解。

(三) 二次图解法

为了解决分辨率不足的问题，可以采用提高分辨率的方法，但是会造成计算量的直线增加。为了不明显增加计算量，同时还能够准确的确定经济订货批量，推荐采用二次图解法进行确定，即第一次采用低分辨率找到经济订货批量的大概位置，第二次计算时缩小计算范围，并以较高分辨率进行运算。如本案例在进行第二次运算时，可以将最小计算库存设置为 9600，最大计算库存设置为 9800，计算库存间隔设为 1，此时可以得出经济订货批量为 9661，和解析法的计算结果一致。

四、结论

本文对经济订货批量的确定方法进行了研究，分析了采用解析法进行经济订货批量分析时存在的问题，提出并实现了基于 Python 及其 numpy、matplotlib 等模块的经济订货批量图解法，经过具体案例的对比分析，得出以下结论：

- (1) 对特定案例而言，图解法和解析法可以得到相同的结果；
- (2) 图解法通过可视化的手段可以比解析法更直观的展示更多信息；
- (3) 图解法实现简单、原理清晰，通过简单的改进可应用于更复杂的情况；
- (4) 本文的研究为采用现代信息技术和手段解决传统问题提供了一种思路。

参考文献：

[1] 曾婷婷. 企业采购管理的重要性与强化措施分析 [J]. 现代商业, 2022 (15): 132-134.

[2] 康凯, 赵宇杰, 张敬. 延期付款对供应链经济订货批量及碳排放的影响 [J]. 工业工程与管理, 2019, 24 (02): 147-156+205.

[3] 赵天杨. 信息共享下的经济订货批量模型优化研究 [J]. 市场周刊, 2019 (03): 27-28.

[4] 黄永福. 采购当中的数学问题——数量折扣条件下采购成本优化分析 [J]. 数学通报, 2022, 61 (04): 58-63.

[5] 赵雨. 基于企业情景的库存订货决策分析 [J]. 经贸实践, 2018 (01): 179.

[6] 苏华. 探析存货经济订货批量“修正的基本模型” [J]. 商业会计, 2017 (01): 89-90.

[7] 李佳民. 汽车售后配件采购业务分析 [J]. 中国商论, 2019 (20): 5-6.

[8] 牛洁. 信息技术应用于企业物资采购管理中的探讨 [J]. 中国物流与采购, 2022 (11): 106-107.

[9] 黎爽. 基于 Python 科学计算包的金融应用实现 [D]. 南昌: 江西财经大学, 2017.

[10] 阙金煌. 基于 Anaconda 环境下的 Python 数据分析及可视化 [J]. 信息技术与信息化, 2021 (04): 215-218.

基金项目: 本文系 2021 年度广东省普通高校重点领域专项(新一代信息技术)“基于大数据的公共交通决策支持技术研究”(项目编号: 2021ZDZX3020) 的阶段性研究成果。

作者简介: 关成斌 (1979-), 男, 安徽淮北人, 副教授, 硕士, 研究方向: 大数据管理及应用、供应链管理。