

改进的T-SPRT在电子商务产品质量检验中的应用

龙荣进¹, 胡思贵², 叶茂越¹

¹贵州大学数学与统计学院, 贵州 贵阳

²贵州医科大学生物与工程学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年1月30日; 录用日期: 2024年2月19日; 发布日期: 2024年5月16日

摘要

为保证消费者合法权益以及商家和企业的长久利益, 本文对质量指标服从正态分布的电子商务产品在均值参数已知时, 对标准差 σ 参数的截尾序贯检验方案进行了研究。给出了 σ 参数关于截尾序贯概率比检验(T-SPRT)的截尾序贯检验方案 T 的定义, 方案犯两类错误的概率、平均试验样本量以及综合平均实验样本量等评价指标的计算表达式。并从截距项对T-SPRT方案 T 进行改进, 给出了改进方案 T' 的搜索步骤, 并利用仿真实验验证方案 T' 和评价指标的精确性。仿真结果表明, 其仿真实验评价指标值与统计计算得到的评价指标值基本保持一致, 表明本文建立的统计指标计算表达式和 T' 方案是正确的。与T-SPRT方案 T 相比, 改进方案 T' 能更好的控制犯两类错误的概率, 保证了实验双方的利益。同时, 在样本量截尾值相等时, T' 方案拥有更少的综合平均实验样本量, 其下降的比率在10%左右, 使得实验成本得到了大幅度减少。

关键词

序贯检验, 截尾序贯概率比检验, 截尾序贯检验

Application of Improved T-SPRT in E-Commerce Product Quality Inspection

Rongjin Long¹, Sigui Hu², Maoyue Ye¹

¹School of Mathematics and Statistics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

²School of Biology and Engineering, Guizhou Medical University, Guiyang Guizhou

Received: Jan. 30th, 2024; accepted: Feb. 19th, 2024; published: May 16th, 2024

Abstract

In order to ensure the legitimate rights and interests of consumers and the long-term interests of merchants and enterprises, this paper studies the truncation sequential test scheme of the standard deviation σ parameter of e-commerce products whose quality indicators obey normal distribution when the mean parameter is known. The definition of the σ -parameter about the truncated sequential test plan of the truncated sequential probability ratio test (T-SPRT), the probability of the plan making two types of errors, the average test sample size, and the comprehensive average test sample size and other evaluation indicators are given. And the T-SPRT scheme T is improved from the intercept term, and the search steps for the improved scheme T^t are given. Simulation experiments are used to verify the accuracy of the scheme T^t and the evaluation index. The simulation results show that the evaluation index value of the simulation experiment is basically consistent with the evaluation index value obtained by statistical calculation, indicating that the statistical index calculation expression and T^t scheme established in this article are correct. Compared with T-SPRT scheme T , the scheme T^t can better control the probability of making two types of errors, ensuring the interests of both parties in the experiment. At the same time, when the sample size cut-off values are equal, the plan has a smaller comprehensive average experimental sample size, and the reduction rate is about 10%, which greatly reduces the experimental cost.

Keywords

Sequential Test, Truncated Sequential Probability Ratio Test, Truncated Sequential Test

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

电子商务让消费者通过网络实现了足不出户可网上购物和网上支付。与传统线下购物相比，电子商务节省了客户与企业、消费者和商家的时间和空间，大大提高了交易效率[1]。现如今，随着网络渠道(如淘宝、京东、抖音电商、天猫、拼多多以及多多买菜等)层出不穷，中国电商交易规模呈线性增长，其中，2016年到2022年中国电商交易规模统计见图1。然而，在电子商务迅猛发展的同时也存在一系列的问题，如电子商务产品质量参差不齐[2]、假货率高[3]、直播退货率高[4]、质量满足不了客户和消费者要求以及产品信息虚假等问题，其实质为产品质量不过关。电子商务产品作为电子商务的核心内容，在如此“卷”的局面中，满足消费者需求才是核心竞争力[5]。为保证消费者合法权益不受侵害以及从商家和企业长久利益来看，在产品售卖前和产品验收时对其进行质量检验实验是十分必要的。因此，如何设计一个优良的抽样检验方案成为降低实验成本的关键。

在实际生活中，很多产品的质量指标服从或近似服从正态分布，非常普遍，如机械零部件的尺寸，药品的有效性指标以及设备的误差等。对于该类产品标准差 σ 参数的抽样检验，常用的检验方法有传统固定实验样本量的抽样检验(SN 检验)和截尾序贯概率比检验(T-SPRT) [6] [7] [8] [9]。序贯检验采用“试试看，看试试”的实验策略，由于在实验过程中就能做出统计决策，因此，与 SN 检验相比，序贯检验方案能大幅度地缩减产品抽样检验的平均试验样本量或平均试验时间[10] [11] [12] [13]。

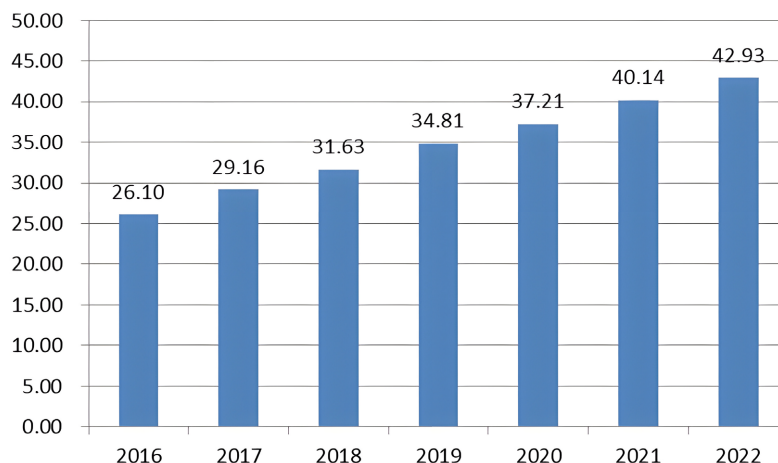


Figure 1. Statistics on the scale of e-commerce transactions in China (100 million yuan)
图 1. 中国电商交易规模统计(亿元)

众所周知，在第二次世界大战后期，为提高军工产品的抽样效率和降低抽样成本，Wald 提出了一种一般性的序贯检验方法，即序贯概率比检验(SPRT) [14]。SPRT 检验示意图如图 2 所示，其检验方案由两条平行的直线构成。由于 SPRT 继续实验区为开放式区域，使其缺乏最大实验样本量的上限值[10]。这对试验预算试验成本和控制都带了困难。因此，在实际应用中采用的序贯检验方案一般都是截尾的，例如 T-SPRT、2-SPRT、SMT 等等。T-SPRT 因其构造简单，使用范围广，例如国际标准 IEC61124、俄罗斯国准 GOSR27.402、我国国家标准 GBT2828、国际标准 IEC1123 等均采用 T-SPRT，T-SPRT 检验示意图如图 3 所示。需要说明的是，T-SPRT 仍有不足，该检验方案存在检验水平利用不充分或超用的现象。同时，当给定检验水平相同时，方案犯两类错误的概率相差值较大，平均实验样本量达不到最优。

为此，本文对质量指标服从正态分布的产品在均值参数已知时，对标准差 σ 参数的抽样截尾序贯检验进行了研究，给出了改进 T-SPRT 方案的方法步骤，使得在误差允许范围内对应的截尾序贯检验方案拥有更少的综合平均实验样本量，从而达到提高产品抽样效率，减少抽样检验试验成本的效果。

本文余下内容安排如下：第 2 节介绍正态分布下标准差 σ 参数的 SN 检验、SPRT 检验以及 T-SPRT 检验；第 3 节给出正态分布下标准差 σ 参数的 T-SPRT 方案的定义，以及建立方案的评价指标体系，在 T-SPRT 的基础上，对 T-SPRT 进行改进，给出改进方案的搜索步骤，并进行仿真实验验证其方案的可靠性；第 4 节将改进的 T-SPRT 方案与 T-SPRT 方案进行对比分析；第 5 节为总结部分。

2. 基本检验方法

设 X 为产品的质量指标，服从均值为 μ ，标准差为 σ 的正态分布，即 $X \sim N(\mu, \sigma)$ 。其中 μ 已知， σ 未知，对于该类产品标准差 σ 参数的计量型抽样检验，常讨论的假设检验为：

$$H_0 : \sigma = \sigma_0 \text{ vs } H_1 : \sigma = \sigma_1 = \lambda \sigma_0 (\lambda > 1). \quad (1)$$

如(1)式的计量型检验问题，常采用的检验方法有固定样本量的检验法(SN 检验)和截尾序贯概率比检验(T-SPRT)这两种。下面对这两种检验方法进行介绍。

2.1. SN 检验

若有检验样本 X_1, X_2, \dots, X_k ，记检验统计量 $S_k = \sum_{i=1}^k (x_i - \mu)^2$ ，则 $S_k \sim G_a\left(\frac{k}{2}, \frac{1}{2\sigma^2}\right)$ ，密度函数如(3)式所示：

$$f(s_k) = \begin{cases} \frac{1}{(2\sigma^2)^{k/2} \Gamma(k/2)} e^{-\frac{s_k}{2\sigma^2} s_k^{\frac{k}{2}-1}}, & s_k > 0, \\ 0, & \text{其他.} \end{cases} \quad (2)$$

设拒绝原假设的临界点为 U_{k_0} ，则拒绝域为 $\{S_{k_0} \geq U_{k_0}\}$ ，给定检验水平 (α_0, β_0) ，可建立方程组：

$$\begin{cases} \alpha_0 = \int_{U_{k_0}}^{+\infty} f(s_{k_0}; \sigma_0) ds_{k_0} \\ \beta_0 = \int_0^{U_{k_0}} f(s_{k_0}; \sigma_1) ds_{k_0} \end{cases} \quad (3)$$

取定检验水平 (α_0, β_0) 后，求解(3)式即可得到 (k_0, U_{k_0}) 。此时，必须对 k_0 个样本进行检验，才能做出实验决策，故该方法称为固定样本量的检验，即 SN 检验。

2.2. SPRT 检验

设 $f(x_i; \sigma)$ 为序贯检验第 i 次实验时样本 X_i 的密度函数， LR_k 为似然比，计算公式如下：

$$LR_k = \frac{\prod_{i=1}^k f(x_i; \sigma_1)}{\prod_{i=1}^k f(x_i; \sigma_0)} = \lambda^{-k} \text{Exp} \left\{ S_k \left(\frac{1}{2\sigma_0^2} - \frac{1}{2\sigma_1^2} \right) \right\} \quad (4)$$

取满足条件 $0 < A < 1 < B$ 的常数 A 和 B ，对不等式 $A < LR_k < B$ 进行对数变换，即可得到序贯概率比检验(SPRT)方案接受线 l 和拒绝线 u 的表达式，其表达如下：

$$\begin{cases} l = ak + b_1 \\ u = ak + b_2 \end{cases} \quad (5)$$

其中，

$$A = \frac{\beta_0}{1 - \alpha_0}, B = \frac{1 - \beta_0}{\alpha_0}, a = \frac{2 \ln \lambda}{1/\sigma_0^2 - 1/\sigma_1^2}, b_2 = \frac{2 \ln B}{1/\sigma_0^2 - 1/\sigma_1^2}, b_1 = \frac{2 \ln A}{1/\sigma_0^2 - 1/\sigma_1^2} \quad (6)$$

此时检验方法的判断规则为：进行到第 k 次实验，若 $S_k \leq ak + b_1$ ，则接受原假设，实验结束；若 $ak + b_1 < S_k < ak + b_2$ ，则继续实验；若 $S_k \geq ak + b_2$ ，则拒绝原假设，实验结束。该方法称为序贯概率比检验(SPRT)，其检验示意图见图 2。

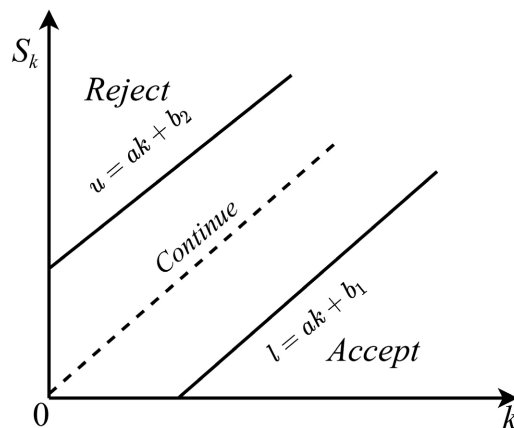


Figure 2. Schematic diagram of SPRT inspection plan
图 2. SPRT 检验方案示意图

2.3. T-SPRT

T-SPRT 是在 SPRT 的基础上进行了强制截尾。当给定样本量截尾值 r_0 和成功判别值 $u_{r_0}^*$ 后，作直线 $k = r_0$ 与接受线 l 和拒绝线 u 相交，作直线 $S_k = u_{r_0}^*$ 与拒绝线 u 和直线 $k = r_0$ 相交。此时，SPRT 继续实验区域得到了限制，得到的检验方案即为 T-SPRT 检验方案，其检验示意图见图 3。

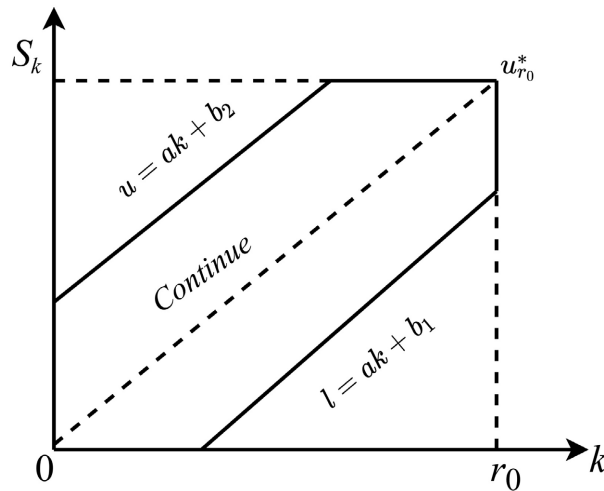


Figure 3. Schematic diagram of T-SPRT inspection plan
图 3. T-SPRT 检验方案示意图

当给定 r_0 后， $u_{r_0}^*$ 的取值可取为[15]：

$$u_{r_0}^* = \frac{l_{r_0} + u_{r_0}}{2} \tag{7}$$

T-SPRT 检验方法的序贯检验准则为，当 $k = 1, 2, \dots, r_0 - 1$ 时：若 $S_k \leq ak + b_1$ ，则接受原假设，实验结束；若 $S_k \geq \min\{ak + b_2, u_{r_0}^*\}$ ，则拒绝原假设，实验结束。若 $ak + b_1 < S_k < \min\{ak + b_2, u_{r_0}^*\}$ ，则继续实验；当 $k = r_0$ 时：若 $S_{r_0} < u_{r_0}^*$ ，接受原假设，实验结束；若 $S_{r_0} \geq u_{r_0}^*$ ，拒绝原假设，实验结束。

3. 改进的 T-SPRT

3.1. 方案评价指标

为了更好地评价 T-SPRT 算法，根据 T-SPRT 检验示意图和检验准则，定义关于 T-SPRT 的截尾序贯检验方案如下：

定义 1 设 l_1, l_2, \dots, l_{r_0} 和 u_1, u_2, \dots, u_{r_0} 为(5)式计算出的两列单调不减的实数列。当 $l_i < 0$ ，令 $l_i = 0$ 。设存在非零常数 $u_{r_0}^*$ 满足 $l_{r_0} < u_{r_0}^* < u_{r_0}$ 。若 $u_i > u_{r_0}^*$ 时，令 $u_i = u_{r_0}^*$ ，若 $u_i \leq u_{r_0}^*$ ，令 $u_i = u_i$ ，则称

$$T(r_0) = \begin{pmatrix} u_1 & u_2 & \dots & u_{r_0}^* & u_{r_0}^* \\ 0 & 0 & \dots & l_{r_0-1} & u_{r_0}^* \end{pmatrix} \tag{8}$$

为样本量截尾值为 r_0 ，实验成功判别值为 $u_{r_0}^*$ 时，关于 T-SPRT 的截尾序贯检验方案，简记为 T 。

记 $\mathcal{A}_k = \{S_k \leq l_k, l_i \leq S_i \leq u_i, i = 1, 2, \dots, k - 1\}$ 为第 k 次实验时，接受原假设的情况。同理可得 $\mathcal{R}_k = \{S_k \geq u_k, l_i \leq S_i \leq u_i, i = 1, 2, \dots, k - 1\}$ 为第 k 次实验时，拒绝原假设的情况。此时，方案 T 犯两类错误的实际概率计算公式如下：

$$\begin{aligned} \alpha'(T) &= \sum_{k=1}^{r_0} P\{\mathcal{R}_k | T, \sigma_0\} = \sum_{k=1}^{r_0} \int_{u_k}^{+\infty} \prod_k f(s_k; \sigma_0) ds_k \\ \beta'(T) &= \sum_{k=1}^{r_0} P\{\mathcal{A}_k | T, \sigma_1\} = \sum_{k=1}^{r_0} \int_0^{l_k} \prod_k f(s_k; \sigma_1) ds_k \end{aligned} \tag{9}$$

其中, $\prod_k f(s_k; \sigma_0)$ 表示截尾序贯检验方案上的概率转移密度函数, 其计算公式如下:

$$\begin{cases} \prod_1(s_1; \sigma) = f(s_1; \sigma) \\ \prod_k(s_k; \sigma) = \int_{l_{k-1}}^{u_{k-1}} \prod_{k-1}(s_{k-1}; \sigma) f(s_k - s_{k-1}; \sigma) ds_{k-1} \end{cases} \tag{10}$$

设 $M = \min\{k | S_k \leq l_k \text{ or } S_k \geq u_k, k = 1, \dots, r_0\}$ 。此时, 方案 T 在 σ_0 和 σ_1 成立时的平均实验样本量(平均实验次数) $E_{\sigma_0}(M | T)$ 与 $E_{\sigma_1}(M | T)$ 的计算公式如下所示:

$$\begin{aligned} E_{\sigma_0}(M | T) &= \sum_{k=1}^{r_0} k (P\{\mathcal{A}_k | T, \sigma_0\} + P\{\mathcal{R}_k | T, \sigma_0\}) = \sum_{k=1}^{r_0} k \left(\int_0^{l_k} \prod_k(s_k; \sigma_0) ds_k + \int_{u_k}^{+\infty} \prod_k(s_k; \sigma_0) ds_k \right) \\ E_{\sigma_1}(M | T) &= \sum_{k=1}^{r_0} k (P\{\mathcal{A}_k | T, \sigma_1\} + P\{\mathcal{R}_k | T, \sigma_1\}) = \sum_{k=1}^{r_0} k \left(\int_0^{l_k} \prod_k(s_k; \sigma_1) ds_k + \int_{u_k}^{+\infty} \prod_k(s_k; \sigma_1) ds_k \right) \end{aligned} \tag{11}$$

对 $E_{\sigma_0}(M | T)$ 和 $E_{\sigma_1}(M | T)$ 给予相同的权重得到平均实验样本量的综合指标 $E(\bar{M} | T)$, 计算公式为:

$$E(\bar{M} | T) = \frac{E_{\sigma_0}(M | T) + E_{\sigma_1}(M | T)}{2} \tag{12}$$

3.2. 改进 T-SPRT 的步骤

由图 3 和公式(9)可知, 在不改变斜率 a 和成功判别值 u_0^* 的情况下, 当截距项 b_2 减小(增大)时, 拒绝线 u 往下(上)移, 此时拒绝域增大(减小), 犯第 I 类错误的概率会增大(减少); 当截距项 b_1 减小(增大)时, 接受线 l 往下(上)移, 此时接受域减小(增大), 犯第 II 类错误的概率会减少(增大)。据这一规律, 本文考虑对截距项 b_1 和 b_2 分别进行上调和下调处理, 具体步骤如下:

第 1 步: 给定检验水平 (α_0, β_0) , 根据(3)式和(6)式确定初始值 k_0 、 a 、 b_1 、 b_2 ;

第 2 步: 令 $r_0 = k_0$;

第 3 步: 令 $\delta_1 = 1$ 为截距项 b_1 初始的变化率;

第 4 步: 令 $b_1^* = \delta_1 b_1$, 此时接受线 l 的表达式为 $l^* = a + b_1^* k$, 根据该表达式计算出 $k = 1, 2, \dots, r_0$ 时对应的接受边界点;

第 5 步: 令 $\delta_2 = 1$ 为截距项 b_2 初始的变化率;

第 6 步: 令 $b_2^* = \delta_2 b_2$, 此时拒绝线的表达式为 $u^* = a + b_2^* k$, 根据该表达式计算出 $k = 1, 2, \dots, r_0$ 时对应的拒绝边界点;

第 7 步: 按式(13)式计算成功判别值 u_0^* ;

$$u_0^* = \frac{l_{r_0}^* + u_{r_0}^*}{2} \tag{13}$$

第 8 步: 根据定义 1 计算截尾序贯概率比检验方案 T ;

第 9 步: 根据(9)式计算方案 T 犯第 I 类错误的概率和第 II 类错误的概率;

第 10 步: 若 $\alpha'(T) \leq \alpha_0, \beta'(T) \leq \beta_0$ (当给定的检验水平 $\alpha_0 = \beta_0$ 时, 为保证生产方和使用方双方承担的风险相同, 应再增加条件 $|\alpha'(T) - \beta'(T)| < 0.005$) 时, 计算方案 T 所需的综合平均实验样本量, 并储存

于集合 C ，之后令 $\delta_2 = \delta_2 - 0.005$ ，重复第 6 步到第 10 步，直到 $\delta_2 = 0$ 。若 $\alpha'(T) > \alpha_0$ 或 $\beta'(T) > \beta_0$ ，则令 $\delta_2 = \delta_2 - 0.005$ ，重复第 6 步到第 10 步，直到 $\delta_2 = 0$ ；

第 11 步：若 $\delta_2 = 0$ ，则令 $\delta_1 = \delta_1 - 0.005$ ，重复第 4 步到第 11 步，直到 $\delta_1 = 0$ ；

第 12 步：若 $\delta_1 = 0$ ，计算集合 C 的长度 L ，若 $L = 0$ ，则令 $k_0 = k_0 + 1$ ，重复第 2 步到第 12 步，若 $L > 0$ ，则跳到第 13 步；

第 13 步：找到满足 $\alpha'(T) \leq \alpha_0, \beta'(T) \leq \beta_0$ 条件下综合平均实验样本量最小的方案，记为 T' 。

3.3. 应用及仿真实证

例 1. 自动机床的加工精度，设计误差指标的均方差 $\sigma_0 = 1$ 、 $\lambda = 2.1$ 、 $\mu = 99.978$ ，取 $\beta_0 = 0.200$ ， $\alpha_0 = 0.233$ 。给出下式检验问题的检验方案。

$$H_0 : \sigma_0 = 1 \text{ vs } H_1 : \sigma_1 = 2.1 \tag{14}$$

解：由(3)式计算 SN 检验所需的实验样本量 $k_0 = 3$ ，临界值 $U_{k_0} = 4.64$ 。再根据(6)式有 $A = 0.2913$ ， $B = 3.8350$ ，斜率 $a = 1.9190$ ，截距项 $b_1 = -3.1906$ ， $b_2 = 3.4767$ 。当 $r_0 = k_0 = 3$ 时，根据改进的 T-SPRT 计算可得 $r_0 = 3$ ， $b_1^* = -3.1109$ ， $b_2^* = 1.1125$ ，对应的 $T'(3)$ 方案如下：

$$T'(3) = \begin{pmatrix} 3.03 & 4.76 & 4.76 \\ 0.00 & 0.73 & 4.76 \end{pmatrix} \tag{15}$$

此时， $T'(3)$ 方犯两类错误的实际概率以及综合平均实验样本量(综合平均实验次数)依次为 $\alpha'(T'(3)) = 0.199689$ ， $\beta'(T'(3)) = 0.232469$ ， $E(\bar{M} | T'(3)) = 2.188346$ 。

令 $r_0 = 3$ ，根据 SPRT 检验理论，计算可得 SPRT 检验方案 $T(3)$ 为：

$$T(3) = \begin{pmatrix} 5.40 & 5.90 & 5.90 \\ 0.00 & 0.65 & 5.90 \end{pmatrix} \tag{16}$$

例 2. 自动机床的加工精度，设计误差指标的均方差 $\sigma_0 = 1$ 、 $\lambda = 1.6536$ 、 $\mu = 0$ ，取 $\beta_0 = 0.1$ ， $\alpha_0 = 0.1$ 。给出下式检验问题的检验方案。

$$H_0 : \sigma_0 = 1 \text{ vs } H_1 : \sigma_1 = 1.6536 \tag{17}$$

根据(3)式解出的 $(k_0, U_{k_0}) = (14, 21.152)$ 。当 $\alpha_0 = \beta_0 = 0.1$ ，取 $r_0 = 14$ 时，由(6)式有 $a = 1.5859$ ， $b_1 = -6.9282$ ， $b_2 = 6.9282$ 。公式(7)得此时的成功判别值 $u_{14}^* = 22.20$ 。根据改进的 T-SPRT 检验法求解出的 $r_0 = 18$ ， $b_1^* = -6.8835$ ， $b_2^* = 4.8151$ ，此时对应的成判别值 $u_{18}^* = 25.71$ ，方案 $T'(18)$ 如表 1 所示。

Table 1. Scheme $T'(18)$

表 1. $T'(18)$ 方案

L_i	6.4	7.99	9.57	11.16	12.74	14.33	15.92	17.5	19.09
U_i	0	0	0	0	1.04	2.62	4.21	5.79	7.38
L_i	20.67	22.26	23.85	25.43	27.02	27.51	27.51	27.51	27.51
U_i	8.97	10.55	12.14	13.72	15.31	16.89	18.48	20.07	27.51

表 2 展示的 $T'(18)$ 、 $T'(3)$ 方案的评价指标值及其仿真实验结果，其中 SD 表示 50 组仿真实验值的标准差。由该表可知，改进的 T-SPRT 方案 $T'(18)$ 、 $T'(3)$ 在犯两类错误的概率和综合平均实验样本量的统计计算值和仿真实验值基本一致，表明本文建立的评价指标计算表达式和改进的 T-SPRT 方案是正确

的。此外， $T'(18)$ 、 $T'(3)$ 方案犯两类错误的概率小于给定检验水平，保护了商家和消费者权益。

Table 2. The evaluation index values and simulation results of T'

表 2. T' 方案的评价指标值及其仿真结果

方案	计算方法	$\alpha'(T^s)(SD)$	$\beta'(T^s)(SD)$	$E(\bar{M} T^s)(SD)$
$T'(3)$	统计计算	0.1997	0.2325	2.1883
	仿真计算	0.1993 (0.0015)	0.2324 (0.0014)	2.1900 (0.0017)
$T'(18)$	统计计算	0.0995	0.0995	8.3240
	仿真计算	0.0994 (0.0009)	0.0994 (0.0009)	8.3285 (0.0085)

4. 对比分析

为了更全面直观的比较 $T(3)$ 与 $T'(3)$ 方案以及 $T(6)$ 和 $T'(6)$ 方案，绘制了这两组方案综合平均实验样本量 $E(\bar{M})$ 随着待检验参数值 σ 变化的曲线图，其结果如图 4 所示。

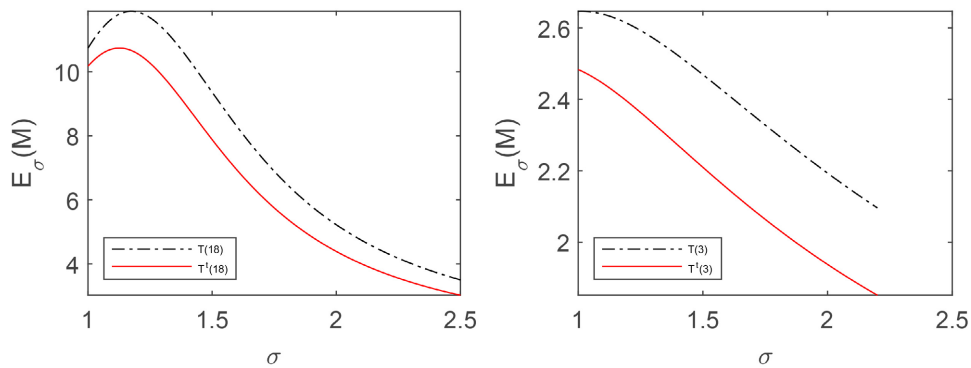


Figure 4. Comparison between T and T' on $E(\bar{M})$

图 4. T 、 T' 方案关于 $E(\bar{M})$ 的比较

由图 4 可知，当待检验参数值 σ 的真实取值在原假设和备择假设的之间时，与方案 $T(3)$ 和 $T(18)$ 相比，方案 $T'(3)$ 和 $T'(18)$ 所需的综合平均实验样本量(综合平均实验次数)更少，节省的成本更多。

Table 3. Comparison between T' and T

表 3. T 、 T' 方案的比较

σ_0 vs σ_1	(α_0, β_0)	方案	α'	β'	$E(\bar{M})$
1 vs 1.5	(0.10, 0.10)	$T(29)$	0.0655	0.1099	13.5188
		$T'(29)$	0.0991	0.0999	12.1574
	(0.10, 0.15)	$T(22)$	0.0704	0.1658	11.2144
		$T'(22)$	0.0996	0.1497	10.2919
	(0.15, 0.15)	$T(18)$	0.1018	0.1727	9.7747
		$T'(18)$	0.1494	0.1497	8.7399
	(0.15, 0.10)	$T(24)$	0.0963	0.1156	11.9473
		$T'(24)$	0.1499	0.0998	10.4872

续表

1 vs 1.6536	(0.10, 0.10)	$T(18)$	0.0618	0.1139	9.2479
		$T'(18)$	0.0995	0.0995	8.3240
	(0.10, 0.15)	$T(14)$	0.0660	0.1689	7.7154
		$T'(14)$	0.1000	0.1493	7.0270
	(0.15, 0.15)	$T(12)$	0.0922	0.1738	6.8710
		$T'(12)$	0.1493	0.1496	5.9652
	(0.15, 0.10)	$T(15)$	0.0903	0.1208	8.2323
		$T'(15)$	0.1493	0.0997	7.2517

表 3 展示的是在不同检验问题和检验水平下, 当样本量(实验次数)截尾值 r_0 相等时, 求解出的 $T(r_0)$ 和 $T'(r_0)$ 方案。根据该表可知, 与 $T(r_0)$ 方案相比, $T'(r_0)$ 方案能更好的控制犯两类错误的概率, 同时所需的综合平均实验样本量也较少, 其下降的幅度在 10%左右。

5. 总结

为保证消费者合法权益不受侵害以及从商家和企业长久利益来看, 本文对质量指标服从正态分布的电子商务产品在均值参数已知时, 对标准差参数的截尾序贯检验方案进行了研究。给出了关于标准差 σ 参数 T-SPRT 的截尾序贯检验方案的定义、方案犯两类错误的概率以及综合平均实验样本量等统计指标的计算表达式。并给出了改进的 T-SPRT 方案截距项的搜索步骤, 并对得到满足要求的截尾序贯检验方案 T' 进行仿真实验。研究表明, 其仿真实验评价指标值与统计计算得到的评价指标值基本保持一致, 表明本文建立的评价指标计算表达式和改进的 T-SPRT 方案是正确的。同时, 与原有的 T-SPRT 方案相比, 改进的方案 T' 不仅满足了犯两类错误的概率小于给定检验水平的要求, 在样本量截尾值相等时, 其拥有的综合平均实验样本量(综合平均实验次数)也得到了下降, 下降的幅度在 10%左右。

参考文献

- [1] 陈宇希, 朱豪. 电子商务产品质量研究文献可视化分析[J]. 品牌与标准化, 2024(1): 102-104.
- [2] 信用中国. 协同治理理念下电子商务信用失范现象及对策[EB/OL]. <https://credit.yinchuan.gov.cn/zxzhhlwly/20210805/1395.html>, 2024-01-21.
- [3] 吴靖文. 浅谈我国电商平台产品的质量问题和对策[EB/OL]. <https://www.docin.com/p-2875358258.html>, 2024-01-21.
- [4] 信用中国. 重磅: 2021 年电子商务领域“双十一”信用环境评价和提示来了[EB/OL]. <http://credit.mhk.gov.cn/web/news/non/detail/dbf0edde-a36c-409d-ba88-7e8d62098db9>, 2024-01-21.
- [5] 咎妍. “产品不是核心竞争力, 满足用户需求才是”——访山西金蝉电子商务有限公司总经理韩智勇[J]. 中国招标, 2023(11): 69-72.
- [6] 闫章更, 濮晓龙. 现代军事抽样检验方法及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [7] 高明坤. 试验设备误差的统计假设检验法[J]. 数学的实践与认识, 1987(4): 55-62.
- [8] 王燕飞. 正态分布产品的 Bayes 可靠性抽样检验方案[J]. 吉林化工学院学报, 2020, 37(5): 88-92. <https://doi.org/10.16039/j.cnki.cn22-1249.2020.05.020>
- [9] 吕建华, 吴启光. 正态分布下产品可靠性抽样检验方案——方差未知综合双侧情形[J]. 系统工程理论与实践, 2002(9): 63-69+96.
- [10] 方茂达, 胡思贵, 李秋德, 陈慧娟. 指数分布下贝叶斯截尾序贯检验研究[J]. 运筹与模糊学, 2023, 13(1): 157-167.

-
- [11] 陈慧娟, 胡思贵, 方茂达. 关于序贯检验相关研究的文献综述[J]. 运筹与模糊学, 2022, 12(4): 1251-1264.
<https://doi.org/10.12677/ORF.2022.124132>
- [12] 胡思贵. 计数型截尾序贯检验的样本空间排序法[J]. 应用概率统计, 2013, 29(4): 200-213.
- [13] 杨欣昱. 威布分布下高质量产品的序贯验收方法与成本优化[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2021.
<https://doi.org/10.27005/d.cnki.gdzku.2021.000846>
- [14] Wald, A. (1947) Sequential Analysis. Wiley, New York.
- [15] 金振中. 二项分布的 Bayes 截尾序贯检验方法及其应用[J]. 战术导弹技术, 1996(1): 21-27.
<https://doi.org/10.16358/j.issn.1009-1300.1996.01.005>