Journal of the Korean
Data & Information Science Society
1998, Vol. 9, No. 2, pp. 275 ~ 287

"효과없음(No Effect)" 검정을 위한 평활 검정통계량에 대한 고찰

김 종태 [1]· 고 정환 [2] · 이 우동 [3]

요약

본 연구는 "효과없음"을 검정하기 위한 기존의 적합도 검정통계량들을 조사하고 검정 통계량으로 제시할 수 있는 많은 평활 검정통계량들에 대한 검정력을 비교 분석하였다. 세가지 다른 유형의 대립함수들을 설정하고 대립함수들의 유형에 따라서 검정력 값들에 대한 분석을 하였다. 비교분석 결과 본 논문에서 제시한 검정 통계량들이 기존의 검정통계량들 못지 않게 우수한 검정력을 가지고 있음을 조사하였다.

주제어: 평활 적합도 검정, 비모수 선형모형.

1. 서론

Neyman(1937)에 의해 평활검정(smooth test)이 발표된 이후 Rayner과 Best(1989), Eubank와 Hart(1992, 1993), Ledwina(1994), Lee(1996), Hart(1997)등 많은 연구들이 진행되었다. 본 연구는 선형모형에서의 "효과없음(no effect)"를 검정하기 위한 기존의 많은 검정통계량들에 대한 검정력들을 분석하고 새로운 검정통계량을 제시하고, 제시된 검정통계량들에 대한 검정력들에 대한 비교분석에 목적을 둔다. 설계점 $t_1, \cdots, t_n$에 대하여 제시된 모형은 다음과 같다.

$$y_i = f(t_i) + \epsilon_i, \quad i = 1, \cdots, n \tag{1}$$

여기서 f는 미지의 함수이고, 오차 ϵ_i는 평균 0과 분산 σ^2을 가지는 독립적이고 동일한 분포를 가지는 확률변수들이다. 우리들이 검정하고자 하는 귀무가설은 다음과 같다.

$$H_0 : f = 0 \tag{2}$$

[1]경북 경산시 진량면 대구대학교 통계학과, 712-714, 조교수
[2]경북 안동시 송천동 안동대학교 통계학과, 760-749, 조교수
[3]경북 경산시 점촌동 경산대학교 통계학과, 712-240, 조교수

식 (2)에 있는 귀무가설에 대한 검정은 식 (1)의 모형에서 "효과없음"을 검정하는 것과 동일한 검정이다. "효과없음"에 대한 검정은 비모수 선형모형에서 일반적으로 사용되는 가정이지만 다변량 검정이나 비선형검정등 많은 분야로 적용범위를 확장할 수 있는 가능성을 가지고 있으므로 중요한 의미를 지닌다.

다음절에는 기존의 평활 검정통계량들을 소개하고, 3절에서는 모형선택 기법등을 사용하여 변형하여 만든 검정통계량들과 새로운 검정통계량들을 제시할 것이다. 4절에서는 이 통계량들에 대한 검정력을 모의실험을 가지고 비교분석할 것이다.

2. 기존의 평활 검정 통계량들

Eubank와 Hart(1993)는 식 (1)의 모형에서 귀무가설 $H_0 : f = 0$를 검정하기 위한 기존의 검정통계량들에 대한 평활 검정통계량을 연구하였다.

von Neumann(1941)의 첫번째 차분들의 제곱합에 기초한 검정통계량

$$S_N = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}{\hat{\sigma}^2} \tag{3}$$

이고, 이때 오차분산 추정량은

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{2(n-1)}\sum_{i=1}^{n-1}(y_{i+1} - y_i)^2 \tag{4}$$

으로 σ^2에 대한 일치추정량으로 Rice(1984)에 의하여 제시되었다.

식 (3)의 von Neumann의 추정량을 Eubank와 Hart(1993)는 평활 검정통계량의 형태로 다음과 같이 변형시켰다.

$$E_N = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}\tilde{a}_{jn}^2}{\sigma^2}. \tag{5}$$

여기서 $\tilde{a}_{jn}$은 표본 퓨리에 코사인 급수의 계수로 다음과 같이 정의된다.

$$\tilde{a}_{jn} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{n}}\sum_{i=1}^{n} y_i \cos(j\pi t_i), \quad i = 1, 2, \cdots, n-1. \tag{6}$$

두번째 소개되는 평활 검정 통계량은 Buckley(1991)에 제시된 베이지안 관점으로 부터의 부분 최강력 검정통계량

$$S_B = n^{-2}\sum_{k=1}^{n}\frac{\left(\sum_{i=1}^{k}(y_i - \bar{y})^2\right)}{\sigma^2} \tag{7}$$

이다. Nair(1986)의 결과를 가지고 Eubank와 Hart(1993)는 다음과 같이 Buckley의 검정통계량을 변형시켰다.

$$E_B = \left(\sum_{k=1}^{n-1}\frac{\tilde{a}_{kn}^2}{r_k}\right)/\hat{\sigma}^2. \tag{8}$$

이때, $\tilde{a}_{jn}$은 식 (6)에서 제시되었고,

$$r_k = \left[2n \ \sin(\frac{k\pi}{2n})\right]^2 \tag{9}$$

이다. (Nair(1986)참조.).

세번째의 검정통계량은 직교성(orthogonality)의 성질을 이용하여 평균제곱오차를 최소로 하는 m을 찾음으로서 Eubank와 Hart(1993)는

$$T(m_{AIC}) = \frac{\sum_{i=1}^{m} \hat{a}_{jn}^2}{\sigma^2} \tag{10}$$

통계량을 제시하였다. 이때 m은 $m << n$인 평활모수(smmoth parameter)로서 평균제곱오차를 최소로 한다.

네번째 검정통계량으로 Eubank와 Hart(1993)는 Whabue의 추정량을 변형시킨 다음의 통계량을 제시하였다.

$$S_\lambda = \sum_{j=1}^{n-1} \frac{\tilde{a}_{jn}^2}{(1+\lambda r_j)^2} / \hat{\sigma}^2. \tag{11}$$

이때 r_j는 식 (9)에서 제시하였고, λ는 선형 스플라인 기법에서의 일반 교차 타당성(generali -zed cross validation)을 최소로 하는 값이다. 여기서 평활모수 λ의 역할은 식 (10)에 있는 평활모수 m의 역할과 동일하다.

다섯번째의 검정통계량은 Eubank와 Hart(1992), 그리고 Kim (1994)에 의해 제시된 통계량으로 다음과 같다.

$$M_n = \max_{1 \le m \le n-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^{m} \hat{a}_{jn}^2}{m\sigma^2} \right). \tag{12}$$

여섯번째의 검정통계량은 Eubank와 Hart(1992)에 의해 제시된 평활모수 m, 그 자체가 검정통계량이 되는 순서에 의한 검정통계량이다. 즉

$$EIC(m) = \sum_{j=1}^{m} \tilde{a}_{jn}^2 - C\hat{\sigma}^2 m \tag{13}$$

을 최대로 하는 m의 값에 따라 다음과 같이 검정된다. 이때 유의수준 $\alpha = 0.05$ 일때 $C = 4.18$ 이다. (참조 : Eubank와 Hart (1992)).

$$\text{만약} \quad m = 0 \text{ 이면 } H_0\text{를 채택하고} \tag{14}$$

$$\text{만약} \quad m \ge 1 \text{ 이면 } H_0\text{를 기각한다.} \tag{15}$$

다음절에서는 최근에 제시된 검정통계량들과 또한 가능성 있는 새로운 검정통계량을 소개할 것이다.

3. 제시된 검정통계량

첫번째 검정통계량으로서 Lee, Kim, Moon(1998)이 보인 소멸(tapered) 가중치를 이용한 검정통계량으로서 다음과 같다.

$$Z(m) = \frac{n\sum_{j=1}^{m} b_j^2 \tilde{a}_{jn}^2 - \sigma^2 \sum_{j=1}^{m} b_j^2}{\hat{\sigma}^2 (2\sum_{j=1}^{m} b_j^4)^{1/2}}. \tag{16}$$

이때 $\tilde{a}_{jn}$은 식 (2.3)과 같고, 소멸 가중치

$$b_j = 1 - \frac{j}{m+1}, \quad j = 1, \cdots, m,$$

인 값으로 m이 증가함에 따라 $b_j \to 0$이다. Lee, Kim, Moon(1988)은 식 (16)의 적절한 m을 선택하기 위하여 모형선택기법중 하나인 Akaike(1974)에 의해 제시된 AIC(Akaike Information Criteria)기법과 Schwarz (1978)에 의해 제시된 BIC(Baysian information criteria)기법을 각각 사용하였다. 이 두가지 기법을 사용한 $Z(m)$ 검정통계량을 각각 $Z(m_{AIC})$와 $Z(m_{BIC})$로 정의하자.

다음은 식 (10)에 있는 Eubank와 Hart의 검정통계량에서 n을 선택하는 기법을 BIC 기법으로 변형하여 윤과 김 (1998)는 다음과 같은 검정통계량을 정의하였다.

$$T(m_{BIC}) = \sum_{j=1}^{m_{BIC}} \tilde{a}_{jn}^2 / \hat{\sigma}^2. \tag{17}$$

식 (17)에 있는 BIC 기법을 사용한 통계량은 실제로 Ledwina (1994)의 검정통계량과 같은 의미를 지니는 통계량이다.

또한 윤과 김 (1998)의 연구에서 귀무가설 $f = 0$를 검정하기 위하여 다음의 검정통계량을 제시하였다.

$$TK(m) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} \tilde{a}_{jn}^2 / \hat{\sigma}^2. \tag{18}$$

본 연구에서는 $TK(m)$에서 m을 선택하는 기법으로 BIC와 AIC기법을 각각 사용함으로서 $TK(m_{AIC})$와 $TK(m_{BIC})$ 검정통계량을 제시한다.

아래의 세 가지 검정 통계량들은 Berckley의 검정통계량을 변형하여 적용 가능한 새로운 검정통계량들이다.

$$TB = \sum_{k=1}^{n-1} \left(\sum_{j=1}^{k} \frac{\tilde{a}_{jn}^2}{r_k} \right) / \sigma^2. \tag{19}$$

여기서 r_k는 식 (9)에서 나타나 있다.

$$KS_N = 2\sum_{k=1}^{n-1} \left(\sum_{j=1}^{k} \frac{a_{jn}^2}{j} \right) / \hat{\sigma}^2. \tag{20}$$

$$TS_N = \sum_{k=1}^{n-1} \left(\sum_{j=1}^{k} a_{jn}^2 / (jk\hat{\sigma}^2) \right). \tag{21}$$

다음절에서는 2절과 3절에서 소개한 많은 검정통계량들에 대하여 모의실험을 이용하여 검정력들을 비교분석할 것이다.

4. 검정통계량들의 검정력 비교

2절과 3절에서 소개한 검정통계량들에 대한 검정력들을 비교분석함으로 효과없음을 검정하기 위한 통계량들의 성질을 조사하고 각 검정통계량에 대한 평가를 하는 것이 이절의 목적이다.

먼저 귀무가설 $H_0 : f = 0$에 대한 대립모형을 다음과 같이 3가지로 생각하였다.

$$\begin{aligned}
\text{모형}A \quad &: \quad f_A(x) = b\left(e^{4x} - \frac{e^4-1}{4}\right)\left(\frac{e^8-1}{8} - \frac{(e^4-1)^2}{4}\right)^{-1/2}, \\
&\qquad b = 0.25, 0.5, 0.75, 1.0. \\
\text{모형}B \quad &: \quad f_B(x) = \cos(j\pi x), \quad j = 1,3,5,7 \\
\text{모형}C \quad &: \quad f_C(x) = 2b(20(x-1/2)^3 - 3(x-1/2)), \\
&\qquad b = 0.25, 0.5, 0.75, 1.0
\end{aligned}$$

모형 A의 경우는 분포의 모양이 진동을 포함하지 않는 경우의 분포값의 범위에 따른 대립가설을 가정하였다. 그림 1에서 보듯이 f_A의 분포는 지수함수와 비슷한 모양으로 오른쪽으로 증가하는 경우로 b의 값이 커짐에 따라 분포값의 범위가 넓어진다. 모형 B에 있는 대립가설 함수는 분포의 진동수들의 변화에 따른 검정력을 조사하기 위해 설정하였다. 그림 2에서 나타난것 같이 코사인 함수로서 j의 값이 커짐에 따라 같은 구간안에서 진동이 증가하는 함수이다. 모형 C는 진동수가 2 인 경우에 폭의 변화에 따른 검정력 조사를 위하여 설정하였다. 그림 3의 f_C 함수인 경우 3차 방정식의 모양을 따르고 b의 값이 증가함에 따라 분포값의 범위가 넓어진다. 표본의 크기는 n = 10,20,30,40,50인 5가지 경우에 대하여 오차분산의 값이 σ^2 = 0.005,0.05, 0.1,0.5,1.0인 6가지 경우에 대하여 검정통계량들에 대한 각 검정력을 조사하였다. 그러나 각 경우에 대한 결과들을 조사하기에는 너무 많은 표 들이 만들어야 하는 번거로움을 가짐으로 여기서는 $n = 30$과 $\sigma^2 = 0.5$인 경우의 결과에 대해서만 분석을 할 것이다.

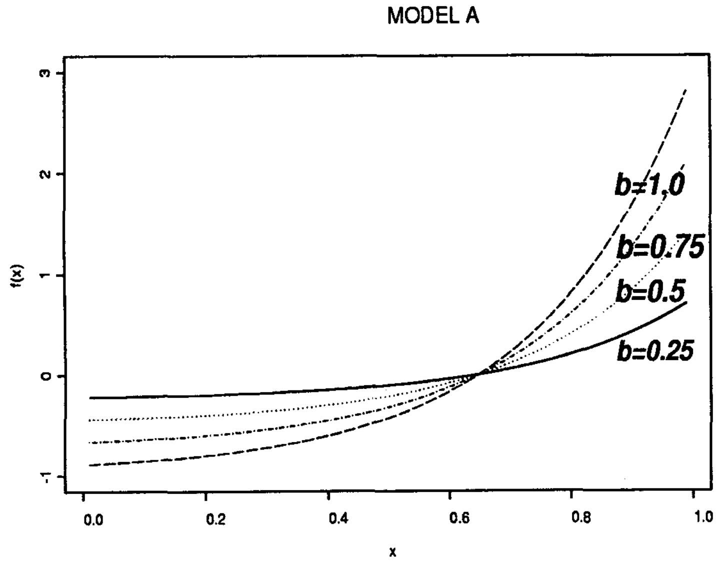

그림 1: 모형 A의 b값의 변화에 대한 함수의 분포

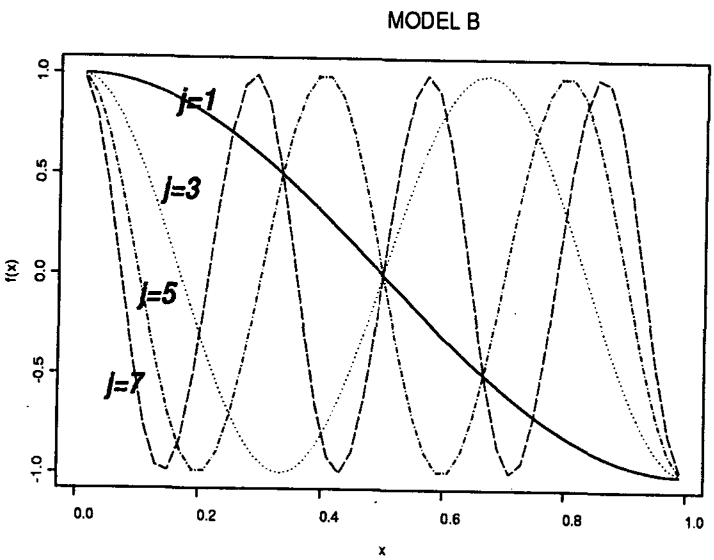

그림 2: 모형 B의 j 값의 변화에 대한 함수의 분포

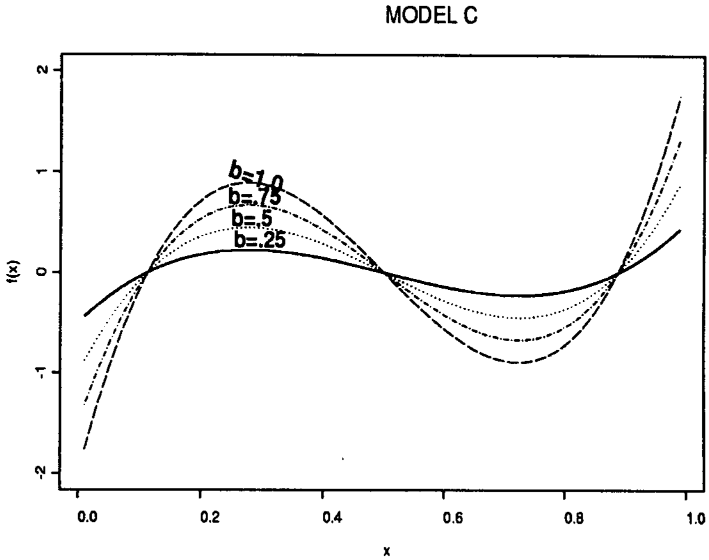

그림 3: 모형 C의 b 값의 변화에 대한 함수의 분포

모의실험의 반복횟수는 1000번을 사용하여 각 검정통계량들의 기각값을 유의수준 $\alpha = 0.05$로 고정하여서 계산하였다.

사용된 검정통계량들을 다시 정리하면 다음과 같다.

1. S_N : 식 (3)에 있는 von Neumann의 검정통계량.
2. E_N : 식 (5)에 있는 Eubank와 Hart에 의해 평활된 S_N 유형의 검정통계량.
3. S_B : 식 (7)에 있는 Buckley의 검정통계량.
4. E_B : 식 (8)에 있는 Eubank와 Hart에 의해 평활된 S_B 유형의 검정통계량.
5. $T(m_{AIC})$: 식 (10)에 있는 Eubank와 Hart에 의해 AIC기법을 이용한 검정통계량.
6. $T(m_{BIC})$: 식 (17)에 있는 Kim에 의해 BIC기법을 이용한 검정통계량.
7. S_λ : 식 (11)에 있는 Eubank와 Hart에 의한 Whaba추정량을 이용한 검정통계량.
8. M_n : 식 (12)에 있는 Eubank와 Hart에 의한 검정통계량.
9. EH : 식 (15)에 있는 Eubank와 Hart에 의한 순서검정통계량.

표 1: 모형 A에서 검정력의 비교

	b			
검정통계량	0.25	0.5	0.75	1.0
S_N	0.16000	0.58700	0.93700	0.99900
E_N	0.16000	0.58700	0.93700	0.99000
S_B	0.34900	0.90000	1.00000	1.00000
E_B	0.40500	0.92500	1.00000	1.00000
$T(m_{AIC})$	0.08800	0.34700	0.83500	0.99400
$T(m_{BIC})$	0.16100	0.68400	0.97300	1.00000
S_λ	0.32300	0.86600	0.99900	1.00000
M_n	0.32500	0.87300	0.99900	1.00000
EH	0.39600	0.92100	1.00000	1.00000
$Z(M_{AIC})$	0.31800	0.88200	0.99900	1.00000
$Z(m_{BIC})$	0.34200	0.89600	1.00000	1.00000
$TK(m_{AIC})$	0.32600	0.82700	0.98400	1.00000
$TK(m_{BIC})$	0.31100	0.87800	0.99700	1.00000
TB	0.40200	0.92300	1.00000	1.00000
KS_N	0.16400	0.61100	0.94600	0.99900
TS_N	0.33900	0.89600	1.00000	1.00000

10. $Z(m_{AIC})$: 식 (16)에 있는 Lee, Kim, Moon 의 검정통계량.

11. $Z(m_{BIC})$: 식 (16)에 있는 Lee, Kim, Moon 의 검정통계량.

12. $TK(m_{AIC})$: 식 (18)에서 제시된 검정통계량.

13. $TK(m_{BIC})$: 식 (18)에서 제시된 검정통계량.

14. TB : 식 (19)에서 제시된 검정통계량.

15. KS_N : 식 (20)에서 제안된 검정통계량 .

16. TS_N : 식 (21)에서 제안된 검정통계량.

먼저 위의 각 검정 통계량들의 유형의 조사에 의하의 다음과 같은 분류로 나눌 수 있다. von Numann의 검정통계량의 유형으로 S_N과 E_N이 같은 형태이고, Berkley의 검정 통계량의 유형으로 S_B와 E_B가 있고 이러한 Berkley의 유형을 변형한 형태로 제안한 것이 TB,

표 2: 모형 B에서 검정력의 비교

검정통계량	j=1	3	5	7
S_N	0.90600	0.90600	0.89100	0.87300
E_N	0.90600	0.89100	0.85500	0.75200
S_B	1.00000	0.38600	0.06500	0.02300
E_B	1.00000	0.47500	0.08500	0.03400
$T(m_{AIC})$	0.77000	0.76500	0.76200	0.80200
$T(m_{BIC})$	0.96800	0.97700	0.97700	0.98000
S_λ	1.00000	0.98100	0.91100	0.83300
M_n	1.00000	0.98700	0.92400	0.81300
EH	1.00000	0.96600	0.82700	0.50500
$Z(M_{AIC})$	1.00000	0.84300	0.39600	0.22500
$Z(m_{BIC})$	1.00000	0.86100	0.35400	0.14600
$TK(m_{AIC})$	0.99200	0.98600	0.94600	0.89200
$TK(m_{BIC})$	0.99900	0.98700	0.92500	0.81700
TB	1.00000	0.43200	0.07500	0.03000
KS_N	0.91600	0.88900	0.83900	0.71200
TS_N	1.00000	0.70900	0.20000	0.04200

KS_N과 TS_N이 있다. Eunak와 Hart의 유형으로 $T(m_{AIC})$와 $T(m_{BIC})$ 는 비슷한 형태를 가지며, 이 형태를 변형하여 만든 것이 식 (18)에 있는 $TK(m_{AIC})$와 $TK(m_{BIC})$ 이다. 또한 M_n과 식 $EIC(m)$에서 선택된 m을 검정통계량으로 사용하는 (15)와 같은 순서 통계량은 유사한 개념의 형태를 지고 있다. 식 (11)의 S_λ와 식 (16)의 $Z(m)$은 위의 통계량들과는 다른 개념을 지닌 통계량들이다.

표 1은 모형 A에서 $n = 30$, $\sigma^2 = 0.5$인 경우 유의수준 $\alpha = 0.05$를 가지고 검정 통계향들에 대한 검정력을 비교하였다. 표 1의 결과에서 검정력 값은 E_B, T_B, E_H, S_B, TS_N, $Z(m_{BIC})$, $Z(m_{BIC})$, M_n, S_λ 등의 순서로 우수한 통계량임을 알 수 있다. 여기서 우리는 Berkley 유형의 검정통계량, Eubank와 Hart의 순서통계량 유형의 검정통계량, $Z(m)$에 의한 검정통계량들이 우수함을 알 수 있다.

그러나 von Neumann 유형의 검정통계량들, S_N, E_N과 $TK(m)$ 유형의 통계량은 검정력 값이 다른 검정력들의 값 보다 적음을 알 수 있다.

표 2는 모형 B에서 $n = 30$, $\sigma^2 = 0.5$인 경우 유의수준 $\alpha = 0.05$를 가지고 검정 통계향들에 대한 검정력을 비교하였다. 표 2의 결과에서 검정력 값은 $T(m_{BIC})$, $TK(m_{BIC})$, M_n,

표 3: 모형 C에서 검정력의 비교

검정통계량	b 0.25	0.5	0.75	1.0
S_N	0.09600	0.31500	0.67000	0.91800
E_N	0.09600	0.31500	0.67000	0.91800
S_B	0.05100	0.09100	0.22300	0.42400
E_B	0.06700	0.12700	0.28500	0.50300
$T(m_{AIC})$	0.07000	0.19700	0.49900	0.82500
$T(m_{BIC})$	0.11200	0.41800	0.79900	0.97200
S_λ	0.06400	0.25200	0.60800	0.90200
M_n	0.06100	0.23600	0.29000	0.89100
EH	0.10400	0.36100	0.73700	0.95900
$Z(M_{AIC})$	0.05800	0.17200	0.39400	0.68500
$Z(m_{BIC})$	0.05000	0.11400	0.29400	0.53700
$TK(m_{AIC})$	0.06500	0.27000	0.65000	0.89700
$TK(m_{BIC})$	0.06000	0.23000	0.58000	0.87500
TB	0.05500	0.06400	0.08300	0.39500
KS_N	0.09100	0.31200	0.67000	0.91900
TS_N	0.05900	0.16500	0.43400	0.73900

$TK(m_{AIC})$, S_λ, S_N, E_N, E_H, $T(m_{BIC})$등의 순서로 우수한 통계량임을 알 수 있다. 여기서 우리는 $T(m)$, $TK(m)$ 유형의 검정통계량들이 우수함을 알 수 있다. 또한 von Neuman 유형의 검정통계량들 또한 우수함을 알 수 있다.

그러나 표 1의 결과들과는 반대로 Berkley 유형의 검정통계량들이 von Neumann 유형의 검정통계량들, S_B, E_n, TB, TS_N 통계량들은 검정력 값이 다른 검정력들의 값 보다 적음을 알 수 있다.

표 3은 모형 C에서 $n = 30$, $\sigma^2 = 0.5$인 경우 유의수준 $\alpha = 0.05$를 가지고 검정 통계향들에 대한 검정력을 비교하였다. 표 3의 결과에서 검정력 값은 $T(m_{BIC})$,E_H, KS_N, S_N, E_N, $TK(m_{AIC})$, S_λ, M_n, $TK(m_{BIC})$, $T(m_{AIC})$등의 순서로 우수한 통계량임을 알 수 있다. 여기서 우리는 $T(m)$, $TK(m)$ 유형의 검정통계량들이 우수함을 알 수 있다. 또한 von Neuman 유형의 검정통계량들 또한 우수함을 알 수 있다.

그러나 Berkley 유형의 S_B, E_n, TB, TS_N 통계량들은 검정력 값이 다른 검정력들의 값 보다 적음을 알 수 있다.

결론적으로 함수의 모양에 따라 검정력 값이 달라짐을 보여진다. 표 1과 같이 함수가 한쪽

방향으로만 증가하는 경우나 종 모양과 같이 한개의 최대값만을 가지는 2차 함수의 유형을 따를 때에는 Berkley 유형의 검정통계량들이 우수함을 보이나, 표 2와 ,표 3에서 보듯이 함수가 코사인이나 사인 곡선들과 같이 진동수가 증가 할 수록 Berkley 유형의 검정통계량들의 검정력은 매우 나쁜 검정력을 가지고 반면에 $T(m)$,$TK(m)$, M_n과 von Neumann 유형의 검정통계량들의 검정력 값이 우수한 현상을 보인다.

참고문헌

1. Akaike, H. (1974). A new look at statistical model identification, *I.E.E.E. Transactions on Automation Control,* 19, 716-723.

2. Buckley, M. J. (1991). Detecting a Smoothing Signal:Optimizing of Cusum Based Procedures, *Biometrika,* 78, 253-262.

3. Eubank, R. L. and Hart, J. D. (1992). Testing Goodness-of Fit in Regression via Order Selection Criteria, *The Annals of Statistics*, 20, 1412-1425.

4. Eubank, R. L. and Hart, J. D. (1993). Commonality of Cusum, von Neumann and Smoothing-Based Goodness-of-Fit Tests, *Biometrika,* 80, 89-98.

5. Hart, J. D. (1997). *Nonparamtric Smoothing and Lack-of-Fit Tests,* Springer-Verlag, New York.

6. Kim, J. H. (1994). Test for change in a mean function when data are dependent. Ph.D. dissertation, Department of statistics, Texas A & M University.

7. Kim, J. T. (1995). Goodness of Fit Test Based on Smoothing Parameter Selection Criteria, *The Korean Communications in Statistics*, 2, 122-136.

8. Lee, G. H. (1996). A statistical wavelet approach to model selection and data driven Neyman smooth tests, Ph.D. dissertation, Department of statistics, Texas A & M University.

9. Ledwina, T. (1994). Data-driven version of Neyman's smooth test of fit, *Journal of American Statistical Association,* 89, 1000-1005.

10. Lee, S. H., Kim, J. T., Moon, G. A. (1998). Testing Goodness-of-Fit for No Effect Models, *The Korean Communications in Statistics,* be in progess.

11. Nair, V. N. (1986). On Testing Against Ordered Alternatives in Analysis of Variance Model, *Biometrika,* 73, 493-499.

12. Neyman, J. (1937). Smooth Test for Goodness-of-Fit, *Skandinavisk Aktuarietidskrift*, 20, 149-199.

13. Rayner, J. C. W. and Best, D. J. (1989). *Smooth Tests of Goodness of Fit*, Oxford University Press, New York.

14. Rice, J. (1984). Bandwidth choice for nonparametric kernel regression, *Annals of Statististics*, 12, 1215-30.

15. Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of model, *The Annals of Statistics*, 6, 461-464.

16. von Neumann, J. (1941). Distribution of the Ratio of the Mean Squared Successive Difference to the Variance, *The Annals of Mathematical Statistics*, 12, 367-395.

17. 윤 용화와 김 종태. (1998). 모형선택에서의 평활적합도 검정, 한국통계학회 논문집, 게제예정

Smooth Tests for No Effect Model

Jong-Tae Kim [4] · Jeong-Hwan Ko [5] · Woo-Dong Lee [6]

Abstract

The goal of this paper is to suggest the goodness-of-fit test statistic for the no effect model. The comparisons of powers on test statistics are conducted with three types alternative modles.

Key Words and Phrases : Goodness-of-fit test, No effect model.

[4]Assistant Professor, Dept. of Statistics, Taegu University, Kyungbuk 712-714
[5]Assistant Professor, Dept. of Statistics, Andong University, Kyungbuk 760-749
[6]Assistant Professor, Dept. of Statistics, Kyungsan University, Kyungbuk 712-240