

확산모형과 성장곡선모형을 이용한 중장기 수요예측에 관한 연구

강현철¹⁾ 최중후²⁾

요약

중장기 수요예측을 위해 자주 사용되는 방법으로 확산모형과 성장곡선모형을 들 수 있다. 본 논문에서는 이들 방법론의 성격 및 실제 적용에 있어 모수추정에 따른 문제점 등을 살펴보고, 모수추정을 효율적으로 수행하기 위한 전략을 제시한다. 또한 실제 자료에 각 방법론들을 적용하여 예측결과를 비교한다.

주요용어: 확산모형, 성장곡선모형, Bass 모형.

1. 서론

제품의 수명주기 이론은 매출, 유통, 구매, 관리 등 마케팅 분야뿐만 아니라 생산, 재무, 국제무역 등 경영학과 계량경제학의 여러 분야에 널리 사용되어 왔다. 특히 확산모형(diffusion model)과 성장곡선모형(growth curve model)은 제품의 수명주기가 도입, 성장, 성숙, 쇠퇴의 단계를 거치며 일정한 형태를 따른다는 가정 하에 초기 또는 성숙 단계에 있는 내구성 제품의 수요예측에 주로 사용되어온 방법론들이다. 이러한 확산모형과 성장곡선모형은 단순히 수요를 예측하는 것 이외에 제품의 수명이 어느 정도 지속될 수 있을 것인지, 신제품이 성숙 단계에 도달하기까지 어느 정도의 시간이 걸릴 것인지, 잠재적 수요자에게 궁극적으로 얼마만큼의 제품을 판매할 수 있을 것인지 등에 대해서 예측하고자 하는 목적을 가지고 있다.

최근에는 기술혁신, 소비자 욕구의 다양화, 시장에서의 경쟁심화 등으로 인해 제품의 수명주기가 점점 단축되는 추세에 있으며, 따라서 제품수명의 여러 가지 측면에 대해 보다 정교한 예측과 판단이 요구되고 있다. 본 논문에서는 확산모형과 성장곡선모형을 중심으로 중장기 수요예측을 위한 여러 방법론들의 성격 및 적용상의 문제점 등을 살펴보고, 모수추정을 효율적으로 수행하기 위한 실제적 전략을 제시하고자 한다. 또한 실제 자료에 각 방법론들을 적용하여 예측결과를 비교할 것이다.

1) (336-795) 충청남도 아산시 배방면 세출리 산 29-1, 호서대학교 자연과학부 수학교육, 전임강사.

E-mail: hychkang@office.hoseo.ac.kr

2) (339-700) 충청남도 연기군 조치원읍, 고려대학교 자연과학대학 정보통계학과, 부교수.

E-mail: jchoi@tiger.korea.ac.kr

2. 확산모형(Diffusion Model)

확산모형은 제품의 수명주기를 주로 혁신구매자(innovator)와 모방구매자(imitator)의 요인에 의해 해석하려고 하는 것으로, 각 모형에 정의된 행동적 과정에 따라 확산의 형태가 다르게 정의된다. 여기서는 혁신구매자의 요인만 고려한 Fourn & Woodlock(1960) 모형, 모방구매자의 요인만 고려한 Mansfield(1961) 모형, 두 가지 요인을 동시에 고려한 Bass(1969) 모형을 통해 고전적 확산모형 이론의 개념을 소개한다.

Fourn & Woodlock(1960)은 시점 t 직전까지의 누적판매량 Y_t 가 지수곡선(exponential curve) 형태인 $Y_t = m[1 - \exp(-pt)]$ 를 따른다는 가정 하에, 시점 t 에서의 판매량 S_t 에 대해 다음과 같은 모형을 설정하였다.

$$S_t = p(m - Y_{t-1}), \quad (2.1)$$

여기서 m 은 제품에 대한 잠재적 구매자의 수를 의미하고 p 는 혁신계수로써 시점 $t = 1$ 에서 구매가 이루어질 확률을 의미한다($0 \leq p \leq 1$). 한편, Mansfield(1961)는 누적판매량 Y_t 가 로지스틱곡선(logistic curve) 형태인 $Y_t = m/[1 + \exp(a - qt)]$ 를 따른다는 가정 하에, 판매량 S_t 에 대해 다음과 같은 모형을 설정하였다.

$$S_t = \frac{q}{m} Y_{t-1}(m - Y_{t-1}), \quad (2.2)$$

여기서 q 는 모방계수로써 구매자가 증가함에 따라 미구매자에게 반영되는 구매압력을 의미한다($0 \leq q \leq 1$). 대부분의 확산모형은 직접적인 마케팅 노력을 강조하는 지수곡선 형태, 사회적 모방 또는 개인적 영향을 강조하는 로지스틱곡선 형태, 이 두 가지를 결합한 형태 등으로 분류할 수 있다. 지수곡선 형태의 모형들은 상대적으로 개인의 영향이 작으며 마케팅 지출이 많은 제품에 적합하고, 로지스틱곡선 형태의 모형은 구매에 있어서 개인적 영향이 크며 계층적 학습효과가 큰 제품에 적합하다고 할 수 있다.

Bass(1969)는 혁신효과와 모방효과를 모두 고려하여 결과적으로 다음과 같은 모형을 설정하였다.

$$S_t = p(m - Y_{t-1}) + \frac{q}{m} Y_{t-1}(m - Y_{t-1}), \quad (2.3)$$

이 식에서 볼 수 있듯이 Bass 모형은 지수곡선과 로지스틱곡선의 결합형태임을 알 수 있다. 즉, 만약 Bass 모형에서 p 가 0에 가까우면 로지스틱곡선 형태가 되며, q 가 0에 가까우면 지수곡선 형태가 된다.

이러한 고전적 확산모형은 그 후 많은 연구자들에 의해 다양한 방향으로 변형되어 왔는데, 대부분의 이들 모형은 확산효과와 모방효과 이외에 광고, 관측, 가격 등의 다른 마케팅 효과를 고려하고자 하는 것이다. 예를 들면, 가격의 효과를 고려한 Robinson & Lakhani(1975) 모형, 잠재구매자의 수가 기업의 마케팅 노력과 인구의 증가 또는 경제적 여건 등의 외생적 원인에 의해서 변화한다고 가정한 Mahajan & Peterson(1978) 모형, 가격의 효과에 의해 확산계수와 모방계수가 변화한다고 가정한 Bass(1980) 모형, 광고효과를 고려한 Dodson & Muller(1978) 모형과 Horsky & Simon(1983) 모형, 가격과 광고효과를 동시에 고려한 Kalish(1985) 모형 등을 들 수 있다. 한편, Norton & Bass(1987)는 반도체와 같이 고도의 기

표 3.1: 주로 사용되는 성장곡선모형의 형태

성장곡선모형	비선형모형	선형변환
로지스틱 모형	$Y_t = \frac{m \exp(\alpha + \beta t)}{1 + \exp(\alpha + \beta t)}$	$\ln \left[\frac{Y_t}{m - Y_t} \right] = \alpha + \beta t$
곰페르츠 모형	$Y_t = m \exp[-\exp(\alpha + \beta t)]$	$\ln \left[-\ln \left(\frac{Y_t}{m} \right) \right] = \alpha + \beta t$
프로빗 모형	$Y_t = m \Phi(\alpha + \beta t)$	$\Phi^{-1} \left(\frac{Y_t}{m} \right) = \alpha + \beta t$
와이블 모형	$Y_t = \frac{m \exp[\exp(\alpha + \beta t) - 1]}{\exp[\exp(\alpha + \beta t)]}$	$\ln \left[\ln \left(\frac{Y_t}{m - Y_t} \right) \right] = \alpha + \beta t$

술력을 요구하는 제품은 성능이 보다 우수한 제품이 기존 제품을 계속 대체해 나간다는 점에 주목하고, 대체가 주기적으로 일어나는 제품의 수명주기를 예측할 수 있는 확산모형을 제시하였다.

3. 성장곡선모형(Growth Curve Model)

성장곡선모형은 경영학 및 계량경제학 분야뿐만 아니라 생물학, 화학, 생태학 등 매우 다양한 분야에서 사용되고 있다. 확산모형과 마찬가지로 대부분의 성장곡선모형에서도 잠재고객의 수에 대한 극한값 m 을 모수로 포함하고 있으며, 표 3.1은 주로 사용되는 몇 가지 성장곡선모형의 형태를 제시하고 있다. 이외에도 Harvey 모형, NSRL(nonsymmetric responding logistic) 모형, 수정지수(modified exponential) 모형 등 여러 가지 형태의 성장곡선모형들이 개발되어 있으며, Young(1993)은 이들 모형을 몇 가지 측면에서 비교한 바 있다.

성장곡선모형에 대해서도 광고 등의 마케팅 효과를 고려한 모형이 사용되기도 하는데, 예를 들어 표 3.1의 모형들에서

$$t = f(A_t, P_t, \dots) \tag{3.1}$$

와 같이 변형하는 방법이 흔히 사용된다(여기서 A_t, P_t, \dots 는 시점 t 에서의 광고비와 가격 등을 나타낸다).

4. 모수의 추정

확산모형 또는 성장곡선모형을 현실에 적용하는 경우 가장 문제가 되는 것은 모수들에 대해 타당성 있는 추정치를 구하는 것이다. Bass 모형의 경우 식 (2.3)을 다음과 같이 바꾸

어 쓸 수 있으므로

$$S_t = a + bY_{t-1} + cY_{t-1}^2 \quad (4.1)$$

이 식을 이용하여 OLS(Ordinary Least Square) 방법에 의해 모수를 추정할 수 있다(여기서 $a = pm$, $b = q - p$, $c = -q/m$ 이다). 그러나 사실 Bass 모형을 포함하여 2절에서 서술한 확산모형들은 원래 시점 t 가 연속적임을 가정한 비선형모형으로부터 출발한 것으로, 이를 현실에 쉽게 적용하기 위해 이산형 유사식으로 변환하여 (2.1)~(2.3)과 같은 식을 제안한 것이다. 따라서 연속형 모형을 이산형 모형으로 변환하여 모수를 추정함으로써 모수추정에 편이가 발생하게 되고(일반적으로 이산형 유사식에 의해 추정하는 경우 S_t 를 과소추정하는 것으로 알려져 있다) 안정적인 추정치를 얻기 위해서는 최대판매가 일어난 시점이 자료에 포함될 것을 보통 요구하고 있다(Mahajan et. al. 1990).

이와 같은 단점을 보완하기 위해 Schmittlein & Mahajan(1982)은 MLE(Maximum Likelihood Estimation) 방법을 제안하였으며(이 MLE 방법은 선형적 Bass 모형 (4.1)에 기초하고 있다), Srinivasan & Marson(1986)은 원래의 비선형적 Bass 모형

$$Y_t = m \left(\frac{1 - \exp[-(p+q)t]}{1 + (q/p)\exp[-(p+q)t]} \right) \quad (4.2)$$

으로부터 직접 모수를 추정하는 NLS(Nonlinear Least Square) 방법을 제안한 바 있다. NLS 방법은 MLE 방법에 비해 보다 정확한 추정치를 제공하는 것으로 알려져 있으나 실제로 해를 구함에 있어서 최적값으로 수렴하지 못하거나 초기값에 민감하다는 단점을 가지고 있으며, Xie et. al.(1997)은 이러한 단점을 보완하기 위해 AFK(Augmented Kalman Filter) 방법에 의한 모수추정을 제시하기도 하였다. 그러나 AFK 방법은 모수추정에 있어 칼만 필터링을 포함하는 등 복잡한 과정을 거쳐야 하는데, 아직까지는 일반 소프트웨어에서 이를 직접 적용하기 어렵다는 것이 단점이라고 할 수 있을 것이다(NLS와 AFK 방법이 모두 최적값으로 수렴하는 경우 이 두 방법의 해는 거의 동일하게 된다).

한편, 표 3.1에 나열된 성장곡선모형들도 비선형 형태의 모형이므로 모수를 비선형 최소제곱방법에 의해 직접 추정하는 경우 NLS 방법에서와 마찬가지로 비수렴성의 문제 등이 자주 발생한다. 비선형모형을 적합시킴에 있어서 발생하는 비수렴성의 문제는 대부분 잘못된 초기값에 기인하므로, 실제 적용에 있어서 초기값을 얼마나 잘 선정하느냐가 중요한 관건이 된다. SAS 또는 SPSS와 같은 대부분의 자료분석 소프트웨어들은 일반적으로 균일 분포로부터 0과 1 사이의 난수를 발생하여 각 모수의 초기값으로 사용하는데, 따라서 다른 모수들에 비해 잠재구매자의 수 m 이 초기값에 가장 민감한 영향을 받는다. Bass(1969)는 자신의 모형에서 추정된 모수들은 예측에 사용되기 전에 충분한 검토를 거쳐야 한다고 경고하였는데, 잠재구매자의 수 m 에 대해서 특히 강조한 바 있다. 즉, 확산모형이나 성장곡선모형을 실제 적용함에 있어서 모수 m 에 대해 적절한 초기값을 선정하는 것은 비수렴성의 문제를 해결하기 위한 중요한 사항 중 하나이다. 최종후, 양우성(1998)은 자료가 10년 이하이면 마지막 시점의 5배, 10~20년의 자료에 대해서는 마지막 시점의 3배, 20년 이상의 자료에는 마지막 시점의 2배에 해당하는 값을 모수 m 의 초기값으로 사용할 것을 제안하고, 실제 적용에 있어 이와 같은 전략이 효과적으로 사용될 수 있음을 살펴본 바 있다.

성장곡선모형의 비선형적합에 따른 이러한 비수렴성 또는 국부최적값(local optimum)으로의 수렴 문제를 해결하기 위해 추천되는 방법 중의 하나는 다른 정보를 이용하여 모수 m 을 미리 설정해 놓는 것이다. 즉, 시장에 대한 사전조사나 공식통계 등을 이용하여 잠재 구매자의 수를 먼저 예측한 후 이를 이용하여 나머지 모수들을 추정하는 것이다. 만약 잠재 구매자의 수 m 을 미리 예측할 수 있다면 표 3.1에서와 같이 대부분의 성장곡선모형은 선형식으로 변환할 수가 있으므로, 선형적합에 의해 나머지 모수를 추정할 수가 있게 된다.

본 논문에서는 확산모형이나 성장곡선모형을 실제 문제에 적용함에 있어 모수추정을 위해 다음과 같은 전략을 제안한다.

단계 1. Bass-OLS 방법의 추정치로부터 모수 m, p, q 에 대한 초기 추정치 $m_0 = (-b - \sqrt{b^2 - 4ac})/(2c)$, $p_0 = a/m_0$, $q_0 = -cm_0$ 를 얻는다. 이 때 m_0 의 추정값으로 실제 자료에서의 y_t 의 최대값보다 작은 값을 얻는 경우가 있을 수 있는데, 이 경우 y_t 의 최대값보다 약간 큰 임의의 값을 m_0 의 초기 추정치로 취한다.

단계 2. 단계 1에서 얻은 m_0 를 이용하여 표 3.1의 선형변환식을 적합시키고 성장곡선모형의 모수 a, b 에 대한 초기 추정치 a_0, b_0 를 얻는다.

단계 3. 단계 1과 단계 2에서 얻은 초기 추정치 m_0, p_0, q_0, a_0, b_0 를 이용하여 비선형 최소제곱법에 의해 Bass-NLS 및 성장곡선모형의 최종 추정치를 얻는다.

5. 사례분석

이 절에서는 두 개의 실제 자료에 앞 절의 모수추정 전략을 적용하고 그 결과를 비교하였다. 여기서 사용된 모형은 Bass-OLS, Bass-NLS, 로지스틱, 프로빗 모형 등이다.

5.1. 이동통신 가입자수

첫 번째 사례분석을 위해 사용된 자료는 SK 텔레콤의 이동통신 가입자수(자료출처: 정보통신연감 2000, 전자신문사)이며, 실제 자료 중 비교목적을 위해 분석에는 1997년까지의 자료만을 이용하였다.

먼저 Bass-OLS 방법에 의해 추정치 $m_O = 79833$, $p_O = 0.001$, $q_O = 0.918$ 를 얻었고, 이들을 초기값으로 하여 Bass-NLS의 추정치 $m_N = 129354$, $p_N = 0.001$, $q_N = 0.651$ 을 얻었다. 한편 두 성장곡선모형에 대해서는 $m_0 = 79833$ 을 초기 추정치로 하고 표 3.1의 선형변환식을 적합시켜 로지스틱 모형의 초기값 $a_{L0} = -8.954$, $b_{L0} = 0.636$ 과 프로빗 모형의 초기값 $a_{p0} = -3.995$, $b_{p0} = 0.265$ 를 얻었으며, m_0 와 이들 초기값을 이용하여 로지스틱 모형의 추정치 $m_L = 128934$, $a_L = -9.728$, $b_L = 0.662$ 와 프로빗 모형의 추정치 $m_p = 678087$, $a_p = -4.777$, $b_p = 0.234$ 를 얻었다.

본 연구에서는 이와 같은 추정치들을 얻기 위해 SAS 소프트웨어의 REG와 MODEL 프로시저(procedure)를 이용하였으며, 앞 절에서 제안한 모수추정 전략을 수행함에 있어 비선형 최고제곱추정에 따른 비수렴 문제는 발생하지 않았다(100번의 반복 내에서 모두 수렴

표 5.1: 이동통신 가입자수 분석 (단위: 백)

년도	가입자수	Bass-OLS	Bass-NLS	Logistic	Probit
1984	27	.	7	14	1
1985	47	22	20	28	5
1986	71	60	46	54	15
1987	103	106	97	104	41
1988	204	167	193	199	106
1989	397	360	377	383	255
1990	800	729	729	733	582
1991	1662	1497	1398	1401	1261
1992	2719	3125	2662	2663	2599
1993	4718	5099	5018	5017	5092
1994	9600	8761	9301	9298	9489
1995	16410	17320	16741	16740	16833
1996	28900	28344	28704	28707	28445
1997	45700	45794	45741	45741	45828
1998	59660	63610	66234	66206	70463
1999	101100	71511	86418	86326	103518
2000		78346	102741	102563	145507
2001		79684	113963	113705	196005
2002		79820	120845	120525	253502
2003		79832	124774	124413	315483
2004		79833	126925	126539	378737
2005		79833	128076	127676	439855
<i>m</i>		79833	129354	128936	678087

하였으며, 난수를 발생하여 초기값으로 사용하는 경우에는 100번의 반복 내에서 모두 수렴 조건을 만족하지 않았다). 최종 추정치들에 의한 각 방법의 예측치는 표 5.1에 제시되어 있다. 이 결과를 살펴보면 먼저 Bass-OLS의 경우 잠재구매자의 수(m)가 79833으로 다른 방법들에 비해 과소추정되고 있다는 것을 알 수 있는데, 앞 절에서 언급한 바와 같이 Bass-OLS를 사용함에 있어 잠재구매자의 수와 예측치에 대한 과소추정은 일반적인 현상이다. 따라서 Bass-OLS 방법은 추정치 자체에 의미를 두기보다는 본 논문에서 제안한 바와 같이 다른 비선형모형들의 초기 추정치로 사용하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

Bass-NLS 방법에서는 특히 혁신계수 p 에 대해 0.001로 거의 0에 가깝게 추정되어 있는데, 앞 절에서 언급한 바와 같이 이와 같은 경우 Bass-NLS는 로지스틱곡선 형태를 가지게 된다. 따라서 표 5.1에서도 Bass-NLS와 로지스틱 모형의 결과가 거의 유사함을 볼 수 있다. 일반적으로 혁신계수 p 가 0에 가깝게 추정되면 Bass-NLS는 로지스틱 모형과 유사한 예측치를 제공하고, 모방계수 q 가 0에 가깝게 추정되면 프로빗(또는 고펜트츠) 모형과 유사하게 되며, p 와 q 가 모두 어느 정도 큰 값으로 추정되면 이들 성장곡선모형의 중간적인 형태를 가지게 된다.

프로빗 모형은 일반적으로 초기에는 서서히 증가하다가 제품의 성숙기에서 급격히 증

표 5.2: 인터넷 사용자수 분석 (단위: 천)

년월	사용자수	Bass-OLS	Bass-NLS	Logistic	Probit
199501	138		1	16	1
199512	366	1020	44	59	19
199612	731	1443	225	243	163
199712	1634	2105	952	975	944
199812	3103	3671	3622	3641	3806
199912	10860	5995	10916	10912	10875
200001	11340	13668	11756	11751	11696
200002	12970	13889	12618	12614	12551
200003	13930	14418	13497	13494	13440
200004	14560	14570	14388	14387	14361
200005	15340	14606	15284	15287	15312
200006	15750	14579	16179	16186	16293
200007	16030	14606	17067	17080	17300
200008	16400	14607	17941	17961	18332
200009	17060	14607	18796	18825	19387
200010	17720	14607	19628	19666	20461
200011	18380	14607	20431	20479	21553
200012	19040	14607	21201	21261	22659
<i>m</i>		14607	30289	30626	53435

가하는 형태를 가지고 있는데, 본 예에서도 이러한 현상을 보여주고 있으며 잠재구매자의 수가 678087로 매우 크게 추정되어 있다. 이동통신 시장이 이미 포화상태에 접어들고 있다는 것과 우리나라의 인구수가 약 5000만명임을 고려할 때, 프로빗 모형에 의한 잠재구매자의 수 및 예측치는 본 사례분석의 경우 과다추정되어 있다고 할 수 있다.

5.2. 인터넷 사용자수

두 번째 사례분석을 위해 사용된 자료는 인터넷 사용자수(자료출처: 한국인터넷정보센터)이며, 실제 자료 중 비교목적을 위해 분석에는 2000년 6월까지의 자료만을 이용하였고 2000년 7월부터 2000년 12월까지의 자료는 각 방법의 예측력을 비교하기 위해 사용하였다.

먼저 Bass-OLS 방법에 기초한 선형 최소제곱법에 의해 추정치 $m_0 = 14607$, $p_0 = 0.051$, $q_0 = 0.937$ 를 얻었고(이 때 얻은 $m_0 = 14607$ 는 2000년 6월의 실제값인 15750보다도 작으므로 다음 과정에서는 $m_0 = 16000$ 을 잠재구매자의 수 m 의 초기값으로 취하였다), 이들을 초기값으로 하여 앞에서와 동일한 과정을 적용하고 각 모형에 대한 비선형 최소제곱추정치들을 얻었다(세 모형에 대한 수치적 반복회수는 각각 87, 12, 36이었으며, 이 예에서도 난수를 발생하여 초기값으로 사용하는 경우 100번의 반복 내에서 모두 수렴조건을 만족하지 않았다). 이러한 비선형 최소제곱추정치들은 모두 근사적으로 불편성을 가지며, 추정치 및 근사 표준오차(approximate standart error)들은 표 5.3에 제시되어 있다(SAS Institute, 2000). 표 5.2와 5.3에서 볼 수 있듯이 이 사례분석에서도 프로빗 모형이 다른 모형에 비해 과대추

표 5.3: 추정치, 근사 표준오차, 적합도

모형	모수	추정치	표준오차	t-값	2000년 1~6월	2000년 7~12월
Bass-NLS	m	30289	7536.90	4.02	RMSE= 341	RMSE= 1778
	p	0.11828	0.01670	7.07	MAPE=2.29	MAPE= 9.89
	q	0.00005	0.00003	1.90		
Logistic	m	30626	7583.40	4.04	RMSE= 343	RMSE= 1815
	a	-7.64840	0.62560	-12.23	MAPE=2.30	MAPE=10.08
	b	0.11761	0.01600	7.34		
Probit	m	53435	41231.0	1.30	RMSE= 382	RMSE= 2628
	a	-4.01696	0.40150	-10.00	MAPE=2.48	MAPE=14.18
	b	0.05313	0.01560	3.42		

정하는 경향을 보이고 있다.

한편 표 5.3에는 분석에 사용된 기간중 일부인 2000년 1월~6월과 분석에 사용되지 않은 기간인 2000년 7월~12월 두 기간으로 나누어 적합도를 제시하였다. 여기에 사용된 두 적합도 통계량은 RMSE(Root Mean Square Error)와 MAPE(Mean Absolute Percentage Error)이다. 즉,

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}, \quad (5.1)$$

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t} \%. \quad (5.2)$$

표 5.3의 적합도 통계량들은 세 모형 모두에 대해서 좋은 적합을 보이고 있다. 즉, 분석 기간 내인 2000년 1월~6월에 대해서는 MAPE가 세 모형 모두 2.5% 이내로써 만족스러운 결과를 보여주고 있으며, 분석기간 밖인 2000년 7월~12월에 대해서도 MAPE가 10% 내외로써 비교적 만족할 만한 결과를 나타내고 있다. 또한 두 구간에서의 RMS(Root Mean of Squares) = $\sqrt{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2 / n}$ 가 각각 2973, 6122임을 고려할 때 RMSE도 충분히 작은 수치를 나타내고 있다. 참고로 Bass-OLS의 경우에는 RMSE가 각각 1184, 3023이었으며 MAPE는 7.23%, 15.93%이었다.

6. 결론

실제로 수요예측을 수행함에 있어 대부분의 연구에서는 다양한 예측 방법론들에 의한 결과를 비교하고 제품의 특성 및 시장환경에 비추어 최종적인 판단을 하게 된다. 그러나 특히 중장기 수요예측을 위해 자주 사용되는 확산모형 및 성장곡선모형들은 비선형 형태를 가지고 있고 따라서 이러한 모형들에 의해 실제로 모수를 추정하는데 많은 어려움을 겪는

것이 사실이다. 특히 추정 과정에서의 수치적 비수렴 문제는 매우 빈번하게 일어나는 것으로 연구자들을 가장 곤란하게 하는 것 중 하나라고 할 수 있다.

본 논문에서는 확산모형 및 성장곡선모형의 여러 방법론들의 성격과 실제 적용에 있어 모수추정에 따른 문제점을 살펴보고, 모수추정을 위한 실제적 전략을 제시하였다. 또한 두 실제 자료에 각 방법론들을 적용하여 예측결과를 비교하였다. 일반적으로 사용되고 있는 난수발생에 의한 비선형 추정은 두 사례분석에서 모두 최적값으로 수렴하지 못하여 추정치를 얻지 못하였으나, 본 논문에서 제시한 추정 전략을 사용하는 경우 모수 추정에 큰 문제점이 없었고 따라서 이러한 전략이 실제 문제에 있어서 효율적으로 사용될 수 있다는 것을 확인하였다.

참고문헌

- [1] 최중후, 양우성 (1998). 성장곡선모형에 의한 수요예측시스템의 개발, <응용통계>, 제13권, 69-84.
- [2] Bass, F.M. (1969). A New Product Growth Model for Consumer Durable, *Management Science*, **15**, 215-227.
- [3] Bass, F.M. (1980). The Relationship Between Diffusion Rates, Experience Curves, and Demand Elasticities for Consumer Durable Technological Innovations, *Journal of Business*, **53**, 51-67.
- [4] Dodson, J.A. and Muller, E. (1978). Models of New Product Diffusion Through Advertising and Word-of-Mouth, *Management Science*, **24**, 1568-1578.
- [5] Fort, L.W. and Woodlock, J.W. (1960). Early Prediction of Market Success for Grocery Products, *Journal of Marketing*, **25**, 31-38.
- [6] Horsky, D. and Simon, L.S. (1983). Advertising and the Application of Bass-Type New Product Growth Models to Durable Sales Forecasting, *Journal of Business Research*, **16**, 31-47.
- [7] Kalish, S. (1985). A New Product Adoption Model With Pricing, Advertising and Uncertainty, *Management Science*, **31**, 1569-1585.
- [8] Mahajan, V., Muller, E. and Bass, F.M. (1990). New Product Diffusion Models in Marketing: A review and Directions for Research, *Journal of Marketing*, **54**, 1-26.
- [9] Mahajan, V. and Peterson, R.A. (1978). Innovation Diffusion in a Dynamic Potential Adopter Population, *Management Science*, **24**, 1589-1597.
- [10] Mansfield, E. (1961). Technical Change and the Rate of Limitation, *Econometrica*, **29**, 741-766.

- [11] Nortan, J.A. and Bass, F.M. (1987). A Diffusion Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High Technology Products, *Management Science*, **33**, 1069-1086.
- [12] Robinson, B. and Lakhani, C. (1975). Dynamic Price Models for New Product Planning, *Management Science*, **21**, 1113-1122.
- [13] SAS Institute. (2000). *SAS SAS OnlineDoc, Version 8*, SAS Institute Inc., NC: Cary.
- [14] Schmittlein, D.C. and Mahajan, V. (1982). Maximum Likelihood Estimation for an Innovation Diffusion Model of New Product Acceptance, *Marketing Science*, **1**, 57-58.
- [15] Srinivasan, W.E. and Mason, C.H. (1986). Nonlinear Least Squares Estimation of New Product Diffusion Models, *Marketing Science*, **5**, 169-78.
- [16] Xie, J., Song, M., Sirbu, M. and Wang, Q. (1997). Kalman Filter Estimation of New Product Diffusion Models, *Journal of Marketing Research*, **44**, 378-393.
- [17] Young, P. (1993). Technological Growth Curve: A Competition of Forecasting Models, *Technological Forecasting and Social Change*, **44**, 375-389.

[2000년 10월 접수, 2001년 6월 채택]

A Study on the Demand Forecasting using Diffusion Models and Growth Curve Models

Hyuncheol Kang¹⁾ Jong Hoo Choi²⁾

ABSTRACT

For the middle or long term demand forecasting, diffusion models and growth curve models are frequently used. In this paper, we insight the characteristic of these models and the practical problem of estimation. And we suggest an estimation strategy for estimation in practice. In addition, the results of diffusion models and growth curve models are compaired using real data.

Keywords: Diffusion model; Growth curve model; Bass Model.

1) Senior Lecturer, Department of Mathematics, Hoseo University.

E-mail: hychkang@office.hoseo.ac.kr

2) Associate Professor, Department of Informational Statistics, Korea University.

E-mail: jchoi@tiger.korea.ac.kr