

제약적 NLS 방법을 이용한 출시 초기 신제품의 중장기 수요 예측 방안*

홍정식** · 구훈영***†

Constrained NLS Method for Long-term Forecasting with Short-term Demand Data of a New Product

Jungsik Hong* · Hoonyoung Koo**

■ Abstract ■

A long-term forecasting method for a new product in early stage of diffusion is proposed. The method includes a constrained non-linear least square estimation with the logistic diffusion model. The constraints would be critical market informations such as market potential, peak point, and take-off. Findings on 20 cases having almost full life cycle are that (i) combining any market information improves the forecasting accuracy, (ii) market potential is the most stable information, and (iii) peak point and take-off information have negative effect in case of overestimation.

Keyword : New Product Forecasting, Diffusion, Logistic Model, Market Potential, Peak Point, Take-off

1. 서 론

신제품의 중장기 수요예측에는 확산 모형이 널리

활용된다[11, 12, 15]. 대표적인 확산 모형으로는 로지스틱 모형, Bass 모형, 그리고 Gompertz 모형 등이 있다[9]. 이들 모형 중 확산 현상에 대한 활용

논문접수일 : 2012년 08월 24일 논문게재확정일 : 2013년 02월 18일

논문수정일(1차 : 2012년 12월 31일, 2차 : 2013년 01월 24일)

* 이 연구는 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었음.

** 서울과학기술대학교 IT정책전문대학원 산업정보시스템전공

*** 충남대학교 경상대학 경영학부

† 교신저자, koohy@cnu.ac.kr

의 역사가 가장 오래되고, 그리고 다방면에 걸쳐 널리 활용되는 모형 중 하나는 로지스틱 모형이다 [5]. 그런데 로지스틱 모형을 포함하여 이들 확산 모형을 수요예측에 활용할 때의 근본적인 문제는 모형의 추정에 있어 데이터가 충분히 확보되어 있느냐 이다[13]. 당기 수요가 최대에 이르는 시기 (peak point, 최대 당기수요기)를 약간 지난 시기까지의 데이터가 확보되어야, 확산 모형의 모수가 안정적으로 추정된다는 것이다[16]. 그런데, 이 시기는 이미 수요예측의 중요성이 상대적으로 떨어지는 시기이다. 즉, 수요예측은 제품의 출시이전이나, 제품의 수요가 본격적으로 확대되는 시기에 경영적인 측면에서 더 중요한 것이다[6].

제품 출시 이전의 경우는 데이터가 없어서 정량적인 모수추정이 불가능하다. 또한 제품이 출시되어 수요가 본격적으로 확대되는 시기(도약기)에는 이 시기까지 확보된 데이터가 적어서 대표적인 모수추정방법인 NLS(Non-linear Least Square)방법의 모수추정의 안정성이 떨어진다[13]. 특히 Bass 모형에 대해서는 실제의 데이터 분석과 시뮬레이션을 통해 모수 추정에 사용되는 데이터가 늘어날수록 모수 추정에 있어 편의(bias)가 존재함이 입증되었

다[16]. 무엇보다 확산수요 데이터가 없거나 부족한 경우의 모수추정 방법론에 대한 연구는 그 중요성에 비추어서 매우 부족하다는 점이 지적되고 있다[13].

데이터가 없는 경우의 모수 추정방법으로는 대표적으로 두 가지가 있다. 하나는 비교유추법이고 다른 하나는 설문조사(전문가 또는 소비자)에 의한 대수방정식해법이다[13]. 데이터가 부족한 경우, 위의 두 가지 방법을 이용하여 모수에 대한 사전분포를 설정한 다음, 추가되는 데이터를 활용하여 모수 추정치를 갱신하는 베이지안 추정방법이 대표적인 모수추정방법이다[7]. 신제품 수요 데이터가 없거나 매우 부족한 경우에서 전문가 설문결과를 반영하는 연구는 확산모형이 신제품 수요예측에 이용된 이래로 지속적으로 사용되어 왔으며 근래에 더욱 다양한 연구가 되고 있다[4, 6, 8, 14]. 이는 유사자료에 의한 수요예측에 신뢰를 확보하지 못하는 혁신적인 신제품의 경우 전문가 설문에 대한 의존도는 높아질 수 밖에 없다[3]. 데이터가 없거나 적은 경우를 포함하여 수명주기 전반에 걸친 확산이론을 적용한 수요예측법에 대해 <표 1>에 정리하였다. 본 논문에서는 도약기까지의 데이터가 있는 경우,

<표 1> 수명주기에 따른 수요예측 방안

수명 주기 상 위치			
	출시 전	최대 당기수요기 이전	최대 당기수요기 이후
수요 예측 대안	<ul style="list-style-type: none"> 비교유추법 설문 	<ul style="list-style-type: none"> 확산 모형 추정 베이지안, 칼만필터 설문 및 비교유추법 	<ul style="list-style-type: none"> 확산 모형 추정 베이지안, 칼만필터
한계 및 문제점	<ul style="list-style-type: none"> 비교유추법: 제품 및 시장 특성이 급변하는 현대 사회에서 유사자료를 찾기 힘들 설문: 설문 설계 및 피설문자에 따라 결과가 달라짐 	<ul style="list-style-type: none"> 확산 모형 추정: 수요 데이터에 의한 추정이나 출시 초기 데이터만을 활용하는 경우 성능이 떨어짐 베이지안, 칼만필터: 사전 분포에 대한 전문가 견해에 따라 결과가 달라짐 설문 및 비교유추법: 출시 전 상황과 유사함 	<ul style="list-style-type: none"> 확산 모형 추정: 추정 성능은 우수하나 수요 예측의 중요성이 이미 퇴색한 시기임 베이지안, 칼만필터: 단기적 예측에 맞추어진 목적 상 활용성 떨어짐

모수들에 대한 사전분포를 설정하지 않고 모수추정의 안정성과 신뢰성을 높일 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 기본적인 모수추정 방법으로는 NLS가 활용된다. 이 NLS 방법에 제약을 두는 ‘제약식이 있는 NLS’가 본 논문의 모수추정 방법이며, 어떤 변수에 제약을 둘 때 모수 추정의 정확도와 안정성이 가장 높아지는지를 살펴보고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 연구 배경으로 본 논문의 확산 모형인 로지스틱 모형이 소개되고 모수추정방법들이 간략하게 다루어진다. 제 3장에서는 데이터가 불충분할 경우에 대한 기존 연구의 문제점을 고찰하고, 본 논문이 제시하는 제약식이 있는 NLS 방법이 소개된다. 제 4장에서는 실제의 확산 데이터를 대상으로 설문조사에서 주로 얻어지는 세 가지 유형의 정보 즉, 잠재 수요, 최대 당기수요기 그리고 도약기 중 어느 것이 도약기 이후의 수요예측의 정확도를 가장 높일 수 있는가의 민감도 분석이 실시된다. 마지막으로 제 5장에서는 결론과 본 논문의 한계 및 추후 연구 방향이 기술된다.

2. 연구배경

2.1 로지스틱 모형

로지스틱 모형은 전형적인 “S”자 형 성장곡선으로 확산모형에서 가장 널리 활용되는 모형으로, 신제품이나 신규서비스의 누적 수요 추이를 분석하고 예측하는 모형이다. 로지스틱 모형의 식은 다음과 같다.

$$N(t) = m \left(\frac{1}{1 + e^{-(a+bt)}} \right) \quad (1)$$

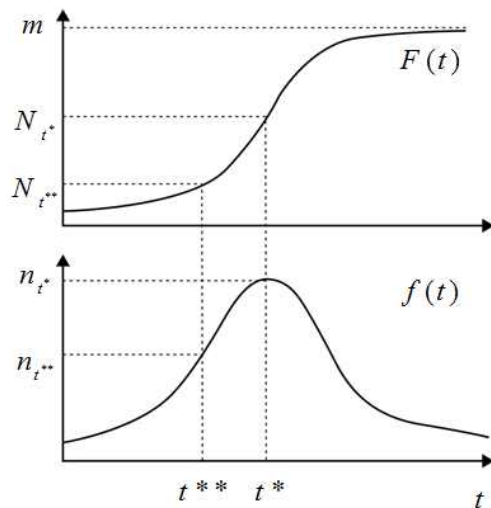
$$n(t) = \frac{dN(t)}{dt} = \frac{-mbe^{-(a+bt)}}{(1 + e^{-(a+bt)})^2} \quad (2)$$

위 식에서 m 은 잠재 수요, $N(t)$ 는 t 시점까지의 누적 수요, $n(t)$ 는 t 시점에서의 당기 수요이고, a, b 는 확산의 형태를 결정하는 확산 계수이다.

[그림 1]은 로지스틱 모형의 확산 곡선을 보여준다. 누적 수요의 그래프는 잠재 수요를 점근선으로 두고 증가하는 “S”자 형태의 곡선이다. t^* 는 최대 당기수요기로 누적 수요에서의 변곡점(Point of Inflection)이며, 제품 또는 서비스의 “성숙기”라 할 수 있다. t^{**} 는 당기수요의 변곡점으로 일반적으로 “이륙기” 또는 “도약기(Takeoff)”라고 부르며, 본격적으로 시장에 침투하는 시점으로 해석된다. $f(t)$ 를 일계 미분하여 0으로 두고 t^* 를 구하고, $f(t)$ 를 이계 미분하여 0으로 두고 t^{**} 를 구하면 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$t^* = -\frac{a}{b} \quad (3)$$

$$t^{**} = \frac{\ln 2 - a}{b} \quad (4)$$



[그림 1] 로지스틱 확산 모형

2.2 모수 추정방법

로지스틱 모형은 다양한 추정방법을 가지고 있으며, 선형인 다중회귀방정식의 모수를 추정하는데 쓰이는 계수추정방법(Ordinary Least Squares, OLS), 주어진 데이터의 확률함수로 최우도함수를 세우고, 이를 이용하여 모수를 추정하는 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation, MLE), 추

정된 데이터와 실제 데이터의 오차제곱합(Mean Squared Error)을 최소로 하는 다차원 비선형 모수 추정법(Non-linear Least Squares, NLS) 등이 있다. 이는 모두 데이터가 충분한 경우 로지스틱 모형을 포함한 성장곡선 확산 모형에서 주로 쓰이는 모수 추정방법이다. 본 논문은 이 중 가장 예측 정확도가 높은 NLS 방법을 사용하여 로지스틱 모형의 모수를 추정하는데 사용하였다. NLS 방법을 설명하기 위해 다음의 수식을 고려하자.

$$\min_{a,b,m_i} \sum_{i=0}^T [\hat{N}_i - N_i]^2 \quad (5)$$

여기서 N_i 는 실제 수요이며 $\hat{N}_i = \hat{m}/(1+e^{-(\hat{a}+\hat{b}i)})$. NLS 모수 추정방법이란 식 (5)를 목적함수로 두고 목적함수를 최소로 하기 위해 3차원 모수 탐색을 수행하는 방식으로 이루어지게 된다[14].

데이터가 불충분하거나 없는 경우의 대표적인 모수 추정방법은 비교유추법, 대수방정식 추정방법, 그리고 베이지안 추정방법이다. 비교유추법은 수요를 예측하고자 하는 신제품과 유사한 제품의 모수들을 토대로 주어진 제품의 확산 모수값을 추정하는 방법이다. 이 분야에서는 제품들의 확산형태의 유사성을 비교하기 위해 제품의 잠재 수요와 수명 주기를 고려하여 확산 곡선을 정규화한 후에 이들의 유사성을 비교하는 연구가 가장 최근에 수행된 연구이다[10]. 대수방정식 추정방법은 마케팅 전문가로부터 잠재 수요와 최대 당기수요기와 이때의 누적 수요와 당기 수요, 그리고 도약기와 이때의 누적 수요와 당기 수요 등에 대한 설문 조사를 실시한 후에 이들의 답변을 토대로 확산 모수를 추정하는 방법이다. 이때, 특정시점과 이때의 수요와 확산 모수와의 관계를 표현한 대수방정식이 활용된다. 이 방면 연구로는 Lawrence[6], Mahajan[8], Kim[4]이 있다. 베이지안 추정방법은 설문조사의 답변을 토대로 확산모수의 사전분포를 설정한 후에 신제품의 초기 수요를 샘플 데이터로 사용하여 베이지안 방법에 따라 확산 모수의 사후분포를 유도하여 신제품의 확산 모수를 추정하는 방법이다[7].

최근에는 신제품의 초기 수요로 확산 모수의 사전 분포를 설정한 후에, 선행 출시된 유사 제품의 수요를 샘플 데이터로 활용하여 확산 모수의 사후 분포를 유도하는 방법이 제시되었다[1].

3. 연구모형

3.1 초기 데이터에만 의존한 수요 추정시의 문제점

확산 모형의 모수추정에 있어 데이터의 개수에 따른 추정의 안정성과 신뢰성에 관한 대표적인 연구는 Van den Bulte[16]와 Meade[9]이다. 전자의 연구는 Bass 확산모형을 대상으로 실제의 데이터 분석과 시뮬레이션을 토대로 추정에 사용되는 데이터의 개수가 증가함에 따라 모수 추정치에 있어 편의가 발생한다는 것을 보여준 연구이다. 이 연구에 따르면 잠재수요의 추정치는 모수 추정에 사용된 데이터 중 최종년도의 데이터의 값에 의존하는 경향을 보이며, 모수 추정에 사용되는 데이터의 개수가 늘어날수록 잠재수요는 증가하고 Bass 확산모형의 다른 두 모수 즉, 혁신계수 p 와 모방계수 q 는 감소하는 경향을 보인다. 후자의 연구에서는 시뮬레이션을 통해 데이터를 생성시키고, 생성된 데이터의 개수를 조절해가며 확산 모형의 안정성과 신뢰성 그리고 수요예측치의 정확성 등을 테스트한 연구결과를 보여준다. 이 연구결과에서는 확산 모형에서 모수 추정에 사용되는 데이터의 개수가 줄어들수록 모수 추정의 안정성과 신뢰성이 떨어진다는 점을 보여준다. 이 연구에서는 실제의 데이터 분석은 이루어지지 않았다. 그런데 본 절에서는 Van den Bulte[16]에서 다루는 확산모형인 Bass 모형이 아니고 로지스틱 모형이므로 로지스틱 모형에서도 데이터 부족에 따른 문제점이 나타나지는지 간략하게 고찰하고자 한다. 본 논문은 확산 패턴의 규명보다는 미래 수요예측에 초점이 맞추어져 있으므로 실제의 데이터들에 있어서, 도약기까지의 데이터를 사용하여 로지스틱 모형의 모수를 추정한 후에 이를 토대로 최대 당기수요기까지의 수요를

<표 2> 추정 성능 비교 : 전체 데이터 사용 vs. 도약기까지 사용

(확산 데이터 출처 : Bass.org)

제품	전체 데이터 사용	도약기까지 데이터 사용	MSE 증가(배)
Aftermarket PC Monitors	0.0209	0.0767	3.6620
Analog Color TV with Stereo	0.0643	32.6308	507.3012
Analog Projection TV	0.0016	0.2174	136.1944
Blank Audio Cassette	< 0.0001	0.0865	3058.2142
Camcoder	0.0113	9.2162	813.0080
Compact Audio Systems	0.1401	18.0526	128.8610
Corded Telephones	0.1708	550.5923	3222.7638
Cordless Telephones	0.4383	141.5306	322.9247
Fax Machine	0.0031	2.4514	802.6827
Monochrome TV	0.2183	145.8020	667.9670
PC Printers	0.0299	139.8725	4672.8392
Personal Computers	0.0203	2.8957	142.6384
Personal Wordprocessors	0.0017	3.3684	1956.4179
Portable CD Equipment	0.0274	135.1275	4926.6282
Portable Headset Audio	0.4199	501.8261	1195.0896
Portable Tape	0.0654	101.9735	1560.2764
Rack Audio Systems	0.0009	0.7927	924.7645
Telephone Answering Devices	0.3326	163.7467	492.3473
VCR decks	0.7472	154.8607	207.2440
Videocassette Players	< 0.0001	0.0336	2212.0725

예측한 후, 예측치와 실측치간의 오차를 살펴보고자 한다. 또한, 이들 오차의 오차제곱합을 구한 후에 이를 데이터 전체를 사용하는 경우의 오차제곱합과 비교하여 어느 정도의 적합도 하락이 있는지를 보고자 한다. <표 2>는 전체 데이터를 사용한 로지스틱 모형과 도약기까지의 데이터를 사용한 로지스틱 모형의 도약기 이후 평균제곱오차(MSE, Mean Squared Error)를 비교한 것이다. 많게는 PC Printers와 같이 약 4000배가 넘는 MSE 증가를 보였으며, 적게는 Aftermarket PC Monitors와 같이 약 3.67배의 증가를 보였다. 20종의 테스트 제품군이 모두 MSE의 증가를 보였으며, 도약기까지의 데이터를 사용한 로지스틱 모형의 MSE가 전체데이터를 사용한 로지스틱 모형의 MSE보다 평균 약 1397배의 증가를 보였다. 이와 같은 결과는 로지스틱 모형의 수요예측에 있어 신제품 출시 후

시기가 어느 정도 경과되어 최대 당기수요기까지의 데이터를 확보한 상태에서 예측을 시도해야 좋은 예측 결과를 얻을 수 있음을 의미한다.

3.2 설문조사에만 의존한 수요 추정의 문제점

신제품 확산에 있어 수요 데이터가 적거나 없을 경우, 전문가에 의한 설문조사에 의해 확산 모형의 모수를 추정하게 된다. 가령 Bass 모형의 경우 잠재수요와 혁신계수 그리고 모방계수를 전문가에 대한 설문조사로 추정하는 것이다. 그런데 혁신계수 그리고 모방계수의 경우는 전문가들이 추정하기에 어려움이 있다[8]. 즉, 마케팅 전문가들은 신제품의 수를 다루고 있으므로 그들은 시장의 잠재수요나, 포화시기, 당기 수요의 최대치 및 그 시기에 대해서는 통찰력이 있으나, 혁신계수나 모방계수에 대해서는

제대로 추론할 수가 없는 것이다. 따라서 논문에 따라서 다양한 설문 항목을 개발하여 전문가의 응답치를 얻고 이를 토대로 확산 모형의 모수를 추정하게 된다[3, 6, 8]. 로지스틱 모형의 경우, Bass 모형처럼 모수에 해석적 의미를 부여하기가 어렵기 때문에 전문가에 의해 직접 모수의 추정치를 바로 구하기는 Bass 모형의 경우보다 더 힘들다고 할 수 있다. 따라서 로지스틱 모형의 경우에도 전문가에 대한 설문 조사에 의해 모수를 추정하고자 할 경우, 시장의 최대 당기수요기(t^*), 도약기(t^{**}) 등을 설문항목으로 설정하게 된다. 그런데, Bass 모형이나 로지스틱 모형 모두 전문가에 의한 설문조사에는 근본적인 한계가 존재한다. 그것은 전문가의 견해가 나름의 지식과 경험에 근거한 것이라 하더라도 실제의 데이터와 같은 객관성을 확보할 수는 없다는 것이다. 전문가마다 견해가 다르고 또한 한 전문가에게서도 확산 현상의 이해의 부족으로 말미암아 응답의 일관성이 부족한 경우가 상당수 존재한다[3].

한편, 전문가가 아닌 일반인을 통한 제품의 구입 의사에 관한 설문을 실시하여 제품 출시 이전에 한 개인의 제품 구입 확률을 얻었을 경우에도, 이것이 실제 구입으로 이어질 가능성은 낮아지는 현상을 반영하여 임의로 제품 구입 확률의 절반을 사용하는 논문이 있다[2]. 결국 이러한 연구들을 고려하면, 전문가에 의한 설문조사에 의해 모수를 추정하고자 할 경우 주관성의 한계가 존재하고, 따라서 이러한 수치들은 최소한도의 범위 내에서 활용되어야만 한다.

3.3 데이터 추정과 설문조사 방식의 결합

제 3.1절과 제 3.2절에서 기술한 두 방법의 한계를 극복하고 예측의 정확도를 제고하기 위해 전문가의 견과 데이터 추정을 결합하는 새로운 수요예측 방법이 요구된다. 출시 초기의 데이터 부족에 의한 추정 성능의 저하는 일부 모수에 대한 정확한 정보를 추가한다면 매우 정확한 추정이 가능할 것이라는 추론에서 시작되었다. 이를 위해 전문가 설문 가능한 항목을 고려하였고, 수요예측 모형으로 사용하는 로지스

틱 모형의 모수로 변환 가능한 항목을 선정하였다. 실제로 전문가 설문에 의해 특정 모수를 고정하고 추정 및 예측을 수행하는 방법을 제시하고 있지만 이는 상당한 시간을 요하는 것이므로, 과거 데이터를 활용하여 방법론의 유의한 개선 수준을 확인하고자 하였다. 제안하는 방법은 획득가능하고 신뢰할 만한 전문가 의견을 모수로 변환하여, 해당 모수를 고정한 상태로 나머지 모수를 추정하는 방법을 사용한다. 특히, 잠재수요는 데이터 추정 시에는 가장 큰 문제이고, 전문가 의견에서는 가장 신뢰할 만한 정보임으로 본 논문의 방법이 가장 효과적일 것으로 예상할 수 있다.

3.4 연구모형

본 연구에서는 도약기 시점에서의 향후 수요예측을 위한 방법을 제시하고자 한다. 제 3.1절에서 논한 바와 같이 이 시기까지의 데이터를 토대로 로지스틱 모형의 모수를 추정한 후 이를 바탕으로 향후 수요예측을 실시할 경우 예측오차가 매우 커지게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 모수 추정 시 제약식을 설정하고자 한다. 이러한 제약식에 활용되는 정보는 비교유추법이나 전문가 설문조사에 의해 얻어질 수 있다. 본 논문에서는 혁신적 신제품이 대상이므로 비교유추법보다 전문가에 대한 설문조사를 활용하고자 한다. 물론 제 3.2절에서 논한 바와 같이 전문가에 의한 설문조사는 주관성의 한계를 갖고 있다. 이를 최소화하기 위해 제약식은 하나만 설정할 것이다. 이 경우 로지스틱 모형의 모수 추정식은 다음과 같다.

$$\min_{a,b,m_i=0}^T \sum [\hat{N}_i - N_i]^2 \quad (6)$$

$$s.t. g_1 \leq g(m, a, b) \leq g_u.$$

식 (6)에서 제약식은 전문가 설문 등에 의해 추가되는 정보를 의미한다. 이러한 정보는 주로 잠재수요나 특정 시점 등이 될 것이다. 해당 제약식은 등식으로 구성할 수도 있고, 부등식으로 설정할 수도 있다. 등식의 경우는 특정 정보를 고정하는 것

으로 예를 들면 잠재 수요를 설문 조사결과를 이용하여 특정값으로 고정하는 경우이다. 부등식으로 설정하는 경우는 개별 전문가의 대답의 편의를 줄이기 위해서 여러 전문가들의 대답으로부터 평균과 표준 편차를 구해서 신뢰구간을 설정하는 경우를 고려한 것이다. 식 (6)의 제약식 표현은 부등식과 등식의 경우를 모두 포괄하기 위해 부등식으로 표현하였다. 앞서 기술한 바와 같이 제약식을 위해 활용될 수 있는 것은 전문가에 대한 설문 항목이다 [6, 8]. 이들 중에서 해석적으로 다루기 쉬운 세 가지 항목은 잠재 수요(m), 최대 당기수요기(t^*), 도약기(t^{**})이다. 이제 다음 세 가지 항목을 제약식으로 각각 설정할 경우, 제약식은 다음과 같다.

- $g_1(m, a, b) = m$
- $g_2(m, a, b) = -a/b$
- $g_3(m, a, b) = \frac{\ln 2 - a}{b}$

위의 아래 두 식은 식 (3)과 식 (4)로부터 구한다. 이와 같은 제약식 하에서 모수 추정을 한 후에 도약기 이후의 예측 정확도를 특정하고 제약식을 설정하지 않았을 때의 예측 정확도를 비교하여 정확도 향상이 어느 정도인지를 실제 데이터를 대상으로 살펴보도록 한다.

4. 데이터 분석

데이터 분석을 위하여 CES(Consumer Electronics Association)의 연간 자료를 활용하였으며, 그 중 미국의 가전 및 IT 내구재 중심의 데이터 20종으로 구성하였다(<표 3> 참조).

4.1 추가 정보에 따른 예측 정확도 개선 효과

<표 3>은 전체 데이터를 사용하여 로지스틱 모형

<표 3> 20개 확산데이터에 대한 추정 결과

제품	데이터 기본정보		전체 데이터 사용					도약기까지 데이터 사용		
	데이터수 (단위:년)	누적수요 (단위:백만)	m (단위:백만)	a	b	t*	t**	m (단위:백만)	a	b
Aftermarket PC Monitors	31	11.9	25.2	4.71	-0.15	32	27	30.7	4.82	-0.14
Analog Color TV with Stereo	24	20.2	22.8	3.68	-0.24	15	13	11.3	3.91	-0.38
Analog Projection TV	23	1.2	1.3	3.98	-0.29	14	11	0.6	2.90	-0.31
Blank Audio Cassette	26	0.7	0.7	2.61	-0.28	9	7	0.3	2.73	-0.59
camcoder	26	10.2	12.7	3.48	-0.18	19	15	5.2	3.33	-0.31
Compact Audio Systems	31	14.4	16.9	3.7	-0.19	20	16	9.1	2.76	-0.18
Corded Telephones	29	57.5	61.2	2.95	-0.2	15	11	23.0	2.76	-0.40
Cordless Telephones	31	57.4	65.8	4.95	-0.23	22	19	42.4	4.51	-0.24
Fax Machine	24	4.5	4.5	3.41	-0.29	12	9	2.2	3.51	-0.46
Monochrome TV	62	24.4	24.8	2.83	-0.12	23	17	9.1	3.81	-0.37
PC Printers	31	30.8	43.1	5.27	-0.2	26	23	17.8	8.56	-0.16
Personal Computers	31	35.1	73	4.83	-0.15	32	27	54.2	4.66	-0.16
Personal Wordprocessors	29	4.7	4.7	3.02	-0.3	10	8	2.4	3.31	-0.54
Portable CD Equipment	24	33	33.9	4.71	-0.35	13	12	17.2	4.88	-0.48
Portable Headset Audio	26	61.8	67.6	2.58	-0.19	14	10	27.5	2.46	-0.41
Portable Tape	28	25.2	25.4	3.18	-0.31	10	8	12.5	3.49	-0.56
Rack Audio Systems	25	2	2	3.49	-0.36	10	8	1.0	5.57	-0.93
Telephone Answering Devices	29	46.4	56.3	3.54	-0.17	20	16	24.8	3.63	-0.29
VCR decks	35	28	30.6	5.04	-0.23	22	19	11.5	6.74	-0.46
Videocassette Players	20	0.5	0.5	3.25	-0.39	8	7	0.3	3.72	-0.67

을 적용한 모수 추정결과와 도약기까지 데이터만을 사용하여 로지스틱 모형을 적용한 모수 추정결과를 각각 나타낸 것이다. Van den Bulte[16]는 데이터가 충분하지 않은 경우, 잠재수요가 과소 추정되는 경향이 있어 추정 결과에 악영향을 미친다고 하였다. 이는 본 연구의 결과에서도 확인 할 수 있는데, 대부분의 데이터에서 도약기까지의 데이터를 사용하여 로지스틱 모형에 적용하여 추정한 잠재수요의 값이 실측치의 최종 누적수요를 훨씬 밑돌고 있다 (20개의 제품중에 17개). 이는 데이터가 비교적 출시 초기인 도약기까지 있을 경우 데이터의 개수가 충분할 때 보다 예측력이 현격하게 떨어짐을 의미한다.

이와 같은 문제점을 보완하기 위해 제3.3절에서 전문가 설문 등으로 비교적 예측하기 쉬운 특정 제품이나 서비스의 잠재수요, 최대 당기수요기, 도약기를 각각 구하여 대입하고, 나머지 부분을 로지스틱 추정방법을 통하여 구하는 방법을 제안하였다.

전문가 설문을 대신하기위해 데이터 전체를 사용함으로써 잠재수요, 확산계수(a, b), 최대 당기수요기, 도약기를 <표 3>과 같이 구하고 이를 전문가들이 예측한 모수로 가정하였다. 이에 따라 식 (6)에서와 같이 제약식의 형태로 등식을 설정하고 분석을 진행하였다. 데이터 전체를 사용하여 구한 m, t^*, t^{**} 를 각각 고정한 상태에서, 도약기까지의 데이터만을 사용하여, 확산 모수를 추정한 후에 도약기 이후부터 최대 당기수요기까지를 예측하였다.

m, t^*, t^{**} 를 각각 고정하고 도약기까지 데이터만을 사용하여 예측한 결과가 위와 같은 제약식을 사용하지 않았을 때의 추정 보다 어느 정도의 예측치 향상 가져왔는지 알아보기 위해 평균오차 절대치(Mean Absolute Deviation, $MAD = \sum_{i=t^{**}+1}^T |X_i - \hat{X}_i| / (T - t^{**})$)를 각각 구하였다 (<표 4> 참조). m 을 고정하고 로지스틱 모형을 적용하였을 때, 평균 61.97%, t^*

<표 4> 추가 정보를 통한 예측 정확도 개선

제품	추정 데이터의 도약기 이후 MAD 비교						
	로지스틱	m고정	t*고정	t**고정	m고정 감소율	t*고정 감소율	t**고정 감소율
Aftermarket PC Monitors	0.1620	0.1059	0.1186	0.1089	34.59%	26.79%	32.75%
Analog Color TV with Stereo	0.8055	0.2686	0.2806	0.3466	66.66%	65.16%	56.96%
Analog Projection TV	0.0513	0.0286	0.0305	0.0307	44.24%	40.48%	40.20%
Blank Audio Cassette	0.0204	0.0085	0.0088	0.0089	58.24%	56.93%	56.39%
camcoder	0.4562	0.0776	0.0832	0.0766	82.99%	81.77%	83.20%
Compact Audio Systems	0.3813	0.2112	0.2218	0.2158	44.62%	41.84%	43.41%
Corded Telephones	1.8781	0.4319	0.5247	0.3958	77.01%	72.06%	78.92%
Cordless Telephones	1.4059	0.5369	0.5694	0.5420	61.81%	59.50%	61.45%
Fax Machine	0.1562	0.0533	0.0767	0.0525	65.87%	50.88%	66.38%
Monochrome TV	0.3326	0.1890	0.2564	0.2038	43.19%	22.92%	38.73%
PC Printers	2.9310	0.1274	0.1229	0.1363	95.65%	95.81%	95.35%
Personal Computers	0.5859	0.1317	0.0944	0.1467	77.52%	83.88%	74.96%
Personal Wordprocessors	0.1099	0.0479	0.0549	0.0530	56.43%	50.07%	51.73%
Portable CD Equipment	1.3042	0.1285	0.2599	0.3253	90.15%	80.07%	75.06%
Portable Headset Audio	2.1026	0.6804	1.0194	0.6261	67.64%	51.52%	70.22%
Portable Tape	0.6345	0.2796	0.2915	0.2761	55.94%	54.06%	56.48%
Rack Audio Systems	0.0665	0.0408	0.0635	0.0497	38.58%	4.38%	25.22%
Telephone Answering Devices	1.6566	0.4938	0.5101	0.4814	70.19%	69.21%	70.94%
VCR decks	1.0086	0.4338	0.4823	0.4692	56.99%	52.18%	53.48%
Videocassette Players	0.0190	0.0093	0.0083	0.0105	51.16%	56.33%	44.74%
평균값	0.8034	0.2142	0.2539	0.2278	61.97%	55.79%	58.83%
중앙값	0.5211	0.1301	0.1724	0.1753	60.03%	55.20%	56.72%

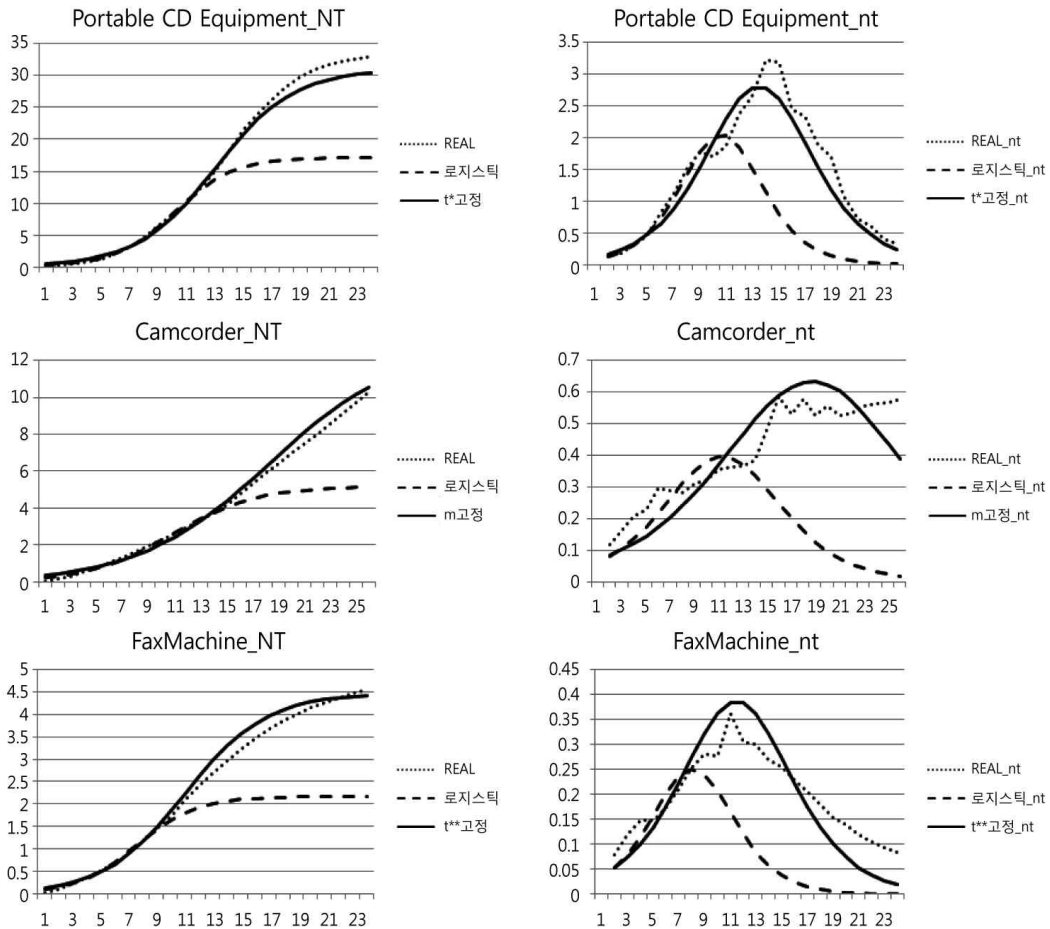
를 고정하고 로지스틱 모형을 적용하였을 때, 평균 55.79%, t^{**} 를 고정하고 로지스틱 모형을 적용하였을 때, 평균 58.83%의 도약시기점 이후 추정데이터의 MAD 감소율을 보였다.

분산분석 결과 유의확률 0.001로 유의한 성능차이를 나타내었다. Tukey와 Duncan을 사용한 사후검정 결과, 세 가지 정보 중 어느 하나라도 사용하는 것이 그렇지 않은 경우 보다 평균이 유의하게 상이함을 알 수 있었다(<표 5> 참조). 즉, 불충분한 개수의 데이터를 가진 상태에서 m , t^* , t^{**} 중 하나의 모수라도 정확하게 예측할 수 있다면, 그렇지 아닐 때 보다 정확한 예측을 할 수 있다는 것을 의미한다. 그러나 세 가지 정보 중 특정 정보에 의한 MAD 개선 수준이 통계적으로 우위에 있지는 않은 것으로 나타났다.

<표 5> 추가정보를 이용한 추정 성능의 다중 비교 결과

검정	추정법	N	유의수준 = 0.05에 대한 부집단	
			1	2
Tukey HSD	2	20	.2142	
	4	20	.2278	
	3	20	.2539	
	1	20		.8034
	유의확률		.993	1.000
Duncan	2	20	.2142	
	4	20	.2278	
	3	20	.2539	
	1	20		.8034
	유의확률		.797	1.000

주) (SPSS 19 사용, 추정법 1 : 로지스틱 모형으로 추정, 추정법 2 : m 고정 후 추정, 추정법 3 : t^* 고정 후 추정, 추정법 4 : t^{**} 고정 후 추정).



[그림 2] 추정 결과 비교(실제 데이터 vs. 데이터만 사용 vs. 추가 정보 사용)

[그림 2]를 보면, 각 경우별로 MAD 감소율이 가장 좋은 3개의 품목을 선정하여 이를 도시한 것이다. 점선으로 나타난 실제 데이터와 비교를 해 보면, 도약기까지의 일부 데이터와 m, t^*, t^{**} 를 각각 고정하고 추정한 예측치(실선)가 도약기까지의 일부 데이터만으로 추정한 예측치(파선)보다 그 예측력이 우수하게 나타남을 쉽게 확인할 수 있다.

4.2 추가정보의 오차를 고려한 예측 정확도의 민감도 분석

어느 한 분야의 전문가라 하더라도, 연구모형에서 제시한 잠재수요(m), 최대 당기수요기(t^*), 도약기(t^{**}) 등을 정확히 예측하기에는 어려움이 따른다. 이러한 사실을 염두 해 두고, m, t^*, t^{**} 별로 각각 약간의 오차를 두어 연구 모형에 적용시켜 그

<표 6> 잠재수요에 대한 민감도 분석 결과(%는 MAD 감소율)

제품	도약기 이후 MAD 비교							
	로지스틱	m고정	m×90%	m×80%	m×50%	m×110%	m×120%	m×150%
Aftermarket PC Monitors	0.162	0.1059	0.0837	0.0821	0.3599	0.1345	0.1589	0.2219
		34.60%	48.30%	49.30%	-122.13%	16.90%	1.90%	-36.96%
Analog Color TV with Stereo	0.8055	0.2686	0.2758	0.3521	0.7919	0.3166	0.3799	0.7602
		66.70%	65.80%	56.30%	1.68%	60.70%	52.80%	5.63%
Analog Projection TV	0.0513	0.0286	0.0299	0.0318	0.0464	0.0291	0.0302	0.0378
		44.20%	41.70%	37.90%	9.63%	43.20%	41.10%	26.41%
Blank Audio Cassette	0.0204	0.0085	0.009	0.0104	0.0184	0.0089	0.0097	0.0181
		58.20%	55.70%	49.00%	9.57%	56.50%	52.30%	11.45%
camcoder	0.4562	0.0776	0.0835	0.1326	0.3739	0.0891	0.12	0.2530
		83.00%	81.70%	70.90%	18.03%	80.50%	73.70%	44.53%
Compact Audio Systems	0.3813	0.2112	0.2149	0.2329	0.4110	0.2247	0.248	0.3332
		44.60%	43.70%	38.90%	-7.79%	41.10%	35.00%	12.62%
Corded Telephones	1.8781	0.4319	0.5604	0.7248	1.5151	0.4131	0.6386	1.4839
		77.00%	70.20%	61.40%	19.33%	78.00%	66.00%	20.99%
Cordless Telephones	1.4059	0.5369	0.6088	0.7822	2.0212	0.5388	0.7016	1.4603
		61.80%	56.70%	44.40%	-43.77%	61.70%	50.10%	-3.87%
Fax Machine	0.1562	0.0533	0.0551	0.0709	0.1498	0.0606	0.0755	0.1402
		65.90%	64.70%	54.60%	4.09%	61.20%	51.60%	10.24%
Monochrome TV	0.3326	0.189	0.1896	0.1894	0.2769	0.1983	0.2112	0.2796
		43.20%	43.00%	43.10%	16.74%	40.40%	36.50%	15.93%
PC Printers	2.931	0.1274	0.1757	0.3888	1.2077	0.225	0.3537	0.7064
		95.70%	94.00%	86.70%	58.79%	92.30%	87.90%	75.90%
Personal Computers	0.5859	0.1317	0.2799	0.4612	1.3526	0.0297	0.0956	0.3286
		77.50%	52.20%	21.30%	-130.86%	94.90%	83.70%	43.92%
Personal Wordprocessors	0.1099	0.0479	0.0515	0.0603	0.1112	0.049	0.0555	0.1095
		56.40%	53.10%	45.10%	-1.18%	55.40%	49.50%	0.36%
Portable CD Equipment	1.3042	0.1285	0.3013	0.5405	1.3189	0.2331	0.4836	1.2130
		90.20%	76.90%	58.60%	-1.13%	82.10%	62.90%	7.00%
Portable Headset Audio	2.1026	0.6804	0.769	0.9122	1.7723	0.634	0.8244	1.8075
		67.60%	63.40%	56.60%	15.71%	69.80%	60.80%	14.04%
Portable Tape	0.6345	0.2796	0.3008	0.3533	0.6221	0.2768	0.3163	0.6241
		55.90%	52.60%	44.30%	1.95%	56.40%	50.10%	1.64%
Rack Audio Systems	0.0665	0.0408	0.0404	0.0427	0.0623	0.0424	0.0465	0.0640
		38.60%	39.10%	35.80%	6.33%	36.20%	30.00%	3.73%
Telephone Answering Devices	1.6566	0.4938	0.5551	0.6589	1.4463	0.5035	0.7061	1.3985
		70.20%	66.50%	60.20%	12.69%	69.60%	57.40%	15.58%
VCR decks	1.0086	0.4338	0.4384	0.4797	0.8206	0.4623	0.5158	0.8773
		57.00%	56.50%	52.40%	18.64%	54.20%	48.90%	13.02%
Videocassette Players	0.019	0.0093	0.0109	0.0129	0.0208	0.0086	0.0095	0.0206
		51.20%	42.90%	32.10%	-9.23%	54.70%	50.00%	-8.42%
평균값	0.8034	0.2142	0.2517	0.326	0.7350	0.2239	0.299	0.6069
		62.00%	58.40%	49.90%	-6.14%	60.30%	52.10%	13.69%
중앙값	0.5211	0.1301	0.2023	0.2925	0.5166	0.2115	0.2296	0.3309
		60.00%	56.10%	49.20%	5.21%	58.60%	50.90%	12.04%

MAD에 대한 민감도 분석을 실시하였다. <표 6>은 잠재수요를 50%에서 150% 수준에서 다양하게 증감해가며, 연구모형에 적용한 결과와 이에 따른 MAD 감소율을 서로 비교한 결과를 나타낸 것이다.

잠재수요의 오차에 대한 실험에서는 MAD 감소율이 최저 -130.9%에서 최대 94.9%의 분포를 나타냈다. Personal Computers의 경우, 110%의 m 을 적용하였을 때를 일반 로지스틱 모형에 적용하

였을 때와 비교하면, MAD는 0.5859에서 0.0297로, 약 94.9% 감소한 수치(최대)가 나타났다. 반면, 50%의 m 을 적용하였을 때, MAD는 -130.9% 감소한 수치(최저)가 나타났다.

계속해서 <표 7>은 최대 당기수요기에 대하여 1년씩 증감해가며 오차의 민감도 분석을 실시한 결과를, 이와 마찬가지로 <표 8>은 도약기에 대한 오차의 민감도 분석 결과를 나타내었다. 민감도분석에

<표 7> 최대 당기수요기에 대한 민감도 분석결과(%는 MAD 감소율)

제품	도약기 이후 MAD 비교					
	로지스틱	t^* 고정	t^*-1	t^*-2	t^*+1	t^*+2
Aftermarket PC Monitors	0.162	0.1186	0.0896	0.0793	0.1459	0.1715
		26.80%	44.70%	51.10%	9.90%	-5.90%
Analog Color TV with Stereo	0.8055	0.2806	0.2758	0.3859	0.4058	0.6833
		65.20%	65.80%	52.10%	49.60%	15.20%
Analog Projection TV	0.0513	0.0305	0.0331	0.0366	0.0287	0.0303
		40.50%	35.50%	28.60%	44.00%	41.00%
Blank Audio Cassette	0.0204	0.0088	0.0088	0.0115	0.0136	0.0256
		56.90%	56.90%	43.60%	33.10%	-25.60%
camcoder	0.4562	0.0832	0.0746	0.1006	0.1279	0.2028
		81.80%	83.60%	77.90%	72.00%	55.50%
Compact Audio Systems	0.3813	0.2218	0.2418	0.2694	0.2134	0.2151
		41.80%	36.60%	29.40%	44.00%	43.60%
Corded Telephones	1.8781	0.5247	0.4011	0.5755	1.0109	1.5686
		72.10%	78.60%	69.40%	46.20%	16.50%
Cordless Telephones	1.4059	0.5694	0.6693	1.0169	0.5405	0.8245
		59.50%	52.40%	27.70%	61.60%	41.40%
Fax Machine	0.1562	0.0767	0.052	0.0717	0.1418	0.2439
		50.90%	66.70%	54.10%	9.20%	-56.20%
Monochrome TV	0.3326	0.2564	0.2209	0.2005	0.3237	0.4251
		22.90%	33.60%	39.70%	2.70%	-27.80%
PC Printers	2.931	0.1229	0.3012	0.5247	0.2029	0.3816
		95.80%	89.70%	82.10%	93.10%	87.00%
Personal Computers	0.5859	0.0944	0.2227	0.3605	0.0274	0.1358
		83.90%	62.00%	38.50%	95.30%	76.80%
Personal Wordprocessors	0.1099	0.0549	0.0473	0.0621	0.1094	0.1936
		50.10%	57.00%	43.50%	0.50%	-76.20%
Portable CD Equipment	1.3042	0.2599	0.6815	1.0451	0.3028	0.9582
		80.10%	47.70%	19.90%	76.80%	26.50%
Portable Headset Audio	2.1026	1.0194	0.6161	0.6826	1.6221	2.2845
		51.50%	70.70%	67.50%	22.90%	-8.70%
Portable Tape	0.6345	0.2915	0.289	0.3834	0.5728	1.0696
		54.10%	54.40%	39.60%	9.70%	-68.60%
Rack Audio Systems	0.0665	0.0635	0.0423	0.0405	0.1245	0.2182
		4.40%	36.40%	39.00%	-87.30%	-228.40%
Telephone Answering Devices	1.6566	0.5101	0.4843	0.5626	0.8473	1.2326
		69.20%	70.80%	66.00%	48.90%	25.60%
VCR decks	1.0086	0.4823	0.4266	0.4477	0.6574	0.9809
		52.20%	57.70%	55.60%	34.80%	2.70%
Videocassette Players	0.019	0.0083	0.0125	0.0172	0.0171	0.036
		56.30%	34.50%	9.20%	9.90%	-89.60%
평균값	0.8034	0.2539	0.2595	0.3437	0.3718	0.5941
		55.80%	56.80%	46.70%	33.80%	-7.80%
중앙값	0.5211	0.1724	0.2323	0.315	0.2082	0.3128
		55.20%	57.00%	43.60%	39.40%	9.00%

사용되는 데이터를 1년 단위로 연구모형에 적용하여 추정하였기 때문에, 최대 당기수요기와 도약기는 실험에 용이하도록, 그리고 해석적으로 쉽게 접근될 수 있도록 비율이 아닌 절대치로 오차를 부여하여 실험하였다. 확산 데이터만으로 추정한 결과와 잠재 수요 정보를 추가한 경우의 비교를 위해 t검정을 수행하였다. t검정 결과, 잠재수요의 20% 편차(80%에서 120%)는 MAD가 통계적으로 유의하게 개선되었음을 알 수 있었다. 잠재수요의 50%와 150% 수준에서는 기존 추정과 유의한 차이를 확인할 수 없었다. 잠재수요의 20% 편차 그룹에 대한 분산분석 결과 유의확률이 0.51로 잠재수요의 경우 20% 정도의 오차는 예측력에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 잠재수요를 추가정보로 활용하는 확산모형 추정에 있어 잠재수요를 20% 편차 수준에서 추정할 수 있다면 상당히 유용한 방법임을 의미한다. 따라서, 전문가 추정의 신뢰도에 따라 본 논문에서 제안하는 방법이 효과적일 수 있음을 알 수 있다. 일반적으로 잠재수요 추정치는 유사한 제품 등에 의해 유추가 가능하므로 50% 편차를 벗어나는 경우가 일반적이라고 말하기는 어렵다. 따라서, 유사품이 없는 완전히 새로운 신제품이나 전문가 추정의 신뢰도가 상당히 떨어지는 경우를 제외하고 본 논문의 방법을 사용하는 것이 예측 결과를 개선하는 데 도움이 된다고 할 수 있다. 과거에는 주로 에어컨, TV, 건조세탁기 등 가전제품을 중심으로 전문가 설문을 활용하였으나[6, 8], 근래에는 DMB, IMT, IPTV와 같은 통신서비스나 의료장비 등에 활용되어 기존 가전제품과 같은 좋은 추정 결과를 보여주고 있다[3, 4, 14].

최대 당기수요기의 오차에 대한 실험에서는 MAD 감소율이 최저 -228.4%에서 최대 95.3%의 분포를 나타냈다(<표 7> 참조). Personal Computers의 경우, t^*+1 을 적용하였을 때를 일반 로지스틱 모형에 적용하였을 때와 비교하면, MAD는 0.5859에서 0.0274로, 약 95.3% 감소한 수치(최대)가 나타났다. 반면, Rack Audio Systems의 경우, t^*+2 을 적용하였을 때, MAD는 0.0665에서 0.2182로, 오히려

MAD가 두 배 이상 증가(-228.4%)하는 것으로 나타났다. 분산분석 결과 유의확률 0.044로 유의수준 0.05에서 성능차이가 있는 것으로 나타났다. 사후검정 결과에서도 t^*+2 의 경우가 성능이 떨어지는 것으로 나타났다. 결과적으로, t^*+2 의 경우가 가장 성능이 떨어짐을 알 수 있으며 통계적으로도 유의한 차이를 보임을 의미한다.

마지막으로, 도약기의 오차에 대한 실험에서는 MAD 감소율이 최저 -180.8%(두 배 가까운 MAD의 증가)에서 최대 94.7%의 분포를 나타냈다. Personal Computers의 경우, $t^{**}+1$ 을 적용하였을 때를 일반 로지스틱 모형에 적용하였을 때와 비교하면, MAD는 0.5859에서 0.0312로, 약 94.7% 감소한 수치(최대)가 나타났다. 반면, Videocassette Players의 경우, $t^{**}+2$ 을 적용하였을 때, MAD는 0.0190에서 0.0533로, 이 또한 MAD가 증가한 약 -180.8% 수치(최저)가 나타났다. 분산분석 결과, 유의확률 0.012로 유의미한 성능차이를 확인하였다. 사후검정 결과, $t^{**}+2$ 의 경우가 다른 경우에 비해 성능이 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 도약기 정보를 활용하는 경우는 과대추정을 조심해야 함을 알 수 있다.

오차의 민감도 분석 결과를 종합적으로 정리해보면 잠재수요에 대한 오차의 형태는 총 4가지로 그 실험결과, MAD 감소율이라는 측면에서는 m 을 110% 적용하여 추정한 결과가 가장 좋았다. 이 때의 MAD 감소율 평균은 60.3%, 중앙값은 58.6%로 나타났다. 그러나, 분산분석의 결과는 모든 경우 성능의 차이가 없다는 것으로 나타났다. 최대 당기수요기에 대한 오차의 형태 또한 총 4가지로 그 실험결과, t^*-1 을 적용하여 추정한 결과가 가장 좋았다. 이 때의 MAD 감소율 평균은 56.8%, 중앙값은 57.0%로 나타났다. 반면, 결과가 가장 좋지 않았던 실험은 t^*+2 를 적용하였을 때였고, 이 때의 MAD 감소율 평균은 -7.8%, 중앙값은 9.0%로 나타났다. 마지막으로 도약기에 대한 오차의 형태는 총 4가지로 그 실험결과, t^* 의 실험과 마찬가지로 $t^{**}-1$ 을 적용하여 추정한 결과가 가장 좋았다. 이 때의 MAD 감소율 평균은 57.0%, 중앙값은 54.2%로 나

타났다. 반면, 결과가 가장 좋지 않았던 실험은 $t^{**}+2$ 를 적용하였을 때였고, 이 때의 MAD 감소율 평균은 -8.9%, 중앙값은 7.7%로 나타났다. 사후검정 결과, 최대 당기수요기와 도약기의 경우 과대추정하면 성능이 떨어질 수 있음을 알 수 있었다.

잠재수요에 대한 모든 실험에서는 MAD 감소가 나타났으며, 이것은 설문으로 얻은 잠재수요의 데이터에 약간에 오차가 발생하더라도 일반 로지스틱

모형을 적용하였을 때 보다 좋은 예측력을 유지할 수 있다는 것을 의미한다. 그러나, 잠재수요에 대한 모든 실험에서 약 30% 수준의 MAD 감소율로 모두 비교적 좋은 성능을 나타냈지만, 최대 당기수요기와 도약기의 경우에는 m 보다 더 민감하게 반응한 것으로 나타났다. 물론, 잠재수요는 비율로 오차를 부여하였고, 최대 당기수요기와 도약기의 경우에는 절대치로 오차를 부여한, 실험 방법상의 차이로

<표 8> 도약기에 대한 민감도 분석결과(%는 MAD 감소율)

제품	도약기 이후 MAD 비교					
	로지스틱	t^{**} 고정	$t^{**}-1$	$t^{**}-2$	$t^{**}+1$	$t^{**}+2$
Aftermarket PC Monitors	0.162	0.1089	0.0848	0.0766	0.1395	0.1678
		32.80%	47.60%	52.70%	13.90%	-3.60%
Analog Color TV with Stereo	0.8055	0.3466	0.2679	0.3384	0.6182	0.9567
		57.00%	66.70%	58.00%	23.20%	-18.80%
Analog Projection TV	0.0513	0.0307	0.0337	0.0385	0.0286	0.0304
		40.20%	34.30%	24.90%	44.20%	40.80%
Blank Audio Cassette	0.0204	0.0089	0.0092	0.0127	0.0149	0.0284
		56.40%	55.00%	37.70%	27.00%	-39.40%
camcoder	0.4562	0.0766	0.0822	0.1398	0.1109	0.1855
		83.20%	82.00%	69.30%	75.70%	59.30%
Compact Audio Systems	0.3813	0.2158	0.232	0.2621	0.2116	0.2262
		43.40%	39.20%	31.30%	44.50%	40.70%
Corded Telephones	1.8781	0.3958	0.5937	0.8209	0.6069	1.1664
		78.90%	68.40%	56.30%	67.70%	37.90%
Cordless Telephones	1.4059	0.542	0.6446	0.9941	0.6035	1.0368
		61.40%	54.20%	29.30%	57.10%	26.30%
Fax Machine	0.1562	0.0525	0.0769	0.1195	0.082	0.1589
		66.40%	50.80%	23.50%	47.50%	-1.80%
Monochrome TV	0.3326	0.2038	0.1889	0.1878	0.2273	0.2713
		38.70%	43.20%	43.60%	31.70%	18.40%
PC Printers	2.931	0.1363	0.2181	0.4693	0.2972	0.5129
		95.40%	92.60%	84.00%	89.90%	82.50%
Personal Computers	0.5859	0.1467	0.2948	0.4568	0.0312	0.1124
		75.00%	49.70%	22.00%	94.70%	80.80%
Personal Wordprocessors	0.1099	0.053	0.0503	0.0707	0.1113	0.2042
		51.70%	54.20%	35.70%	-1.30%	-85.80%
Portable CD Equipment	1.3042	0.3253	0.3014	0.7832	1.0584	1.941
		75.10%	76.90%	39.90%	18.80%	-48.80%
Portable Headset Audio	2.1026	0.6261	0.6998	0.8848	1.1461	1.8274
		70.20%	66.70%	57.90%	45.50%	13.10%
Portable Tape	0.6345	0.2761	0.3246	0.4444	0.5442	1.0773
		56.50%	48.80%	30.00%	14.20%	-69.80%
Rack Audio Systems	0.0665	0.0497	0.0403	0.0505	0.0898	0.1753
		25.20%	39.40%	23.90%	-35.10%	-163.90%
Telephone Answering Devices	1.6566	0.4814	0.538	0.6583	0.7056	1.1207
		70.90%	67.50%	60.30%	57.40%	32.30%
VCR decks	1.0086	0.4692	0.4233	0.4801	0.6418	0.9861
		53.50%	58.00%	52.40%	36.40%	2.20%
Videocassette Players	0.019	0.0105	0.0106	0.0165	0.0284	0.0533
		44.70%	44.20%	13.10%	-49.50%	-180.80%
평균값	0.8034	0.2278	0.2558	0.3653	0.3649	0.612
		58.80%	57.00%	42.30%	35.20%	-8.90%
중앙값	0.5211	0.1753	0.2251	0.3003	0.2195	0.2488
		56.80%	54.20%	38.80%	40.30%	7.70%

온전히 비교될 수 없지만, 분석에 사용된 데이터 20종의 최대 당기수요기와 도약기의 평균이 각각 17.3(년), 14.15(년)인 걸 감안하면, 어느 정도 비교가 가능할 것으로 본다.

결론적으로, 출시 초기 데이터를 이용한 수요예측 시, 설문을 이용한 추가 정보를 활용하는 경우, 가능하면 잠재수요 정보를 이용하는 것이 유리할 것으로 보인다. 이 경우, 설문결과와 분포를 살펴 편차의 수준이 어느 정도인지 살피는 것이 필요하다. 본 연구의 결과를 참조한다면 오차의 한계가 평균의 20%를 넘지 않는다면 활용을 고려해야 한다. 도약기나 최대 당기수요기의 경우, 편차가 크거나 과대추정 가능성이 크다면 데이터만으로 추정하는 것이 더 정확한 결과를 가질 수 있으므로 추가 정보로서의 활용에 주의해야 한다.

5. 결론 및 추후 연구방향

본 논문에서는 신제품의 수요 예측을 출시 초기에 수행하는 문제를 다루었다. 출시 초기에 해당하는 도약기까지의 확산 데이터로 향후의 수요예측을 실시할 경우 모수 추정의 신뢰성 저하로 인해 예측 오차가 매우 커지는 현상을 고려하여, 전문가 설문조사 또는 유사자료 등에 의한 추가정보를 활용하여 확산 모수를 추정하는 제약적 모수추정 방법을 제시하였고, 이를 미국 가전제품의 확산데이터를 대상으로 검증하였다. 그 결과 제약식을 사용하지 않은 일반 로지스틱 확산 모형에 비해 예측 오차를 상당히 개선할 수 있음을 보였으며 이상의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 추가 정보를 정확히 알 수 있다고 가정할 때,
 - 잠재수요, 최대 당기수요기, 도약기 중 어느 하나의 추가정보만이라도 활용된다면, 기존의 방법에 비해 통계적으로 유의한 차이를 갖는 예측 정확도 개선이 있음
 - 잠재수요, 도약기, 최대 당기수요기의 순서로 예측 정확도 개선의 평균적 수준이 높았으나,

통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 분석됨

- (2) 추가 정보에 대한 오차가 존재할 때,
 - 잠재수요의 경우 50%의 오차, 최대 당기수요기나 도약기의 경우 2년의 시점 편차를 적용한 민감도 분석 결과,
 - 잠재수요는 오차에 따른 예측력 개선에 있어 20%까지는 성능 차이가 없으나, 50% 수준은 통계적으로 유의한 수준의 차이를 보임. 따라서 기존에 유사한 제품이 없는 경우나 전문가 신뢰도가 높지 않은 경우 등 잠재수요 추정의 신뢰도가 낮은 경우는 적용에 신중을 기해야 함
 - 최대 당기수요기나 도약기의 경우는 잠재수요에 비해 상대적으로 민감한 성능을 보였으며, 특히 과대 추정되는 경우는 데이터만을 이용하는 기존 방법에 비해 성능이 떨어질 수도 있어 사용에 신중을 기해야 함

본 연구에서는 신제품 확산 전 과정의 데이터가 주어진 과거 확산 데이터를 토대로 분석이 진행되었다. 따라서 실제로 설문 결과와 결합된 추정 결과를 분석한 것이 아니라는 분석의 한계가 있다. 이는 현재 확산 현상이 진행되고 있는 제품이나 서비스(예를 들어, IT기기의 판매량이나 가입자 수 그리고 신규 방송, 통신서비스의 가입자 수 등)에 대한 확산 데이터를 토대로 향후 잠재 수요나 당기 수요 최대 시점 혹은 도약 시점에 대한 전문가 설문조사 데이터를 결합하여 향후 수요를 예측하고 그 결과를 분석하는 방대한 실증연구가 추후 연구로 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Aytac, B. and S.D. Wu, "Modelling high-tech product life cycles with short-term demand information : a case study," *Journal of the Operational Research Society*, Vol.62(2010), pp.425-432.

- [2] Bass, F.M., K. Gordon, T.L. Ferguson, and M.L. Githens, "DIRECT TV : Forecasting Diffusion of a New Technology Prior to Product Launch," *Marketing Engineering*, Vol.31, No. 3(2001), pp.82-93.
- [3] Kim, T.G., J.S. Hong, and H. Koo, "Forecasting Diffusion of Innovative Technology at Pre-Launch," Accepted to *Industrial Management and Data System*.
- [4] Kim, T.G., J.S. Hong, and J. Ahn, "New Product Forecasting based on the Logistic Diffusion Model incorporating Focused Group Interview," *Telecommunications review*, Vol.18, No.5(2008), pp.843-859.
- [5] Kingsland, S., "The Refractory Model : The Logistic Curve And The History of Population Ecology," *The Quarterly Review of Biology*, Vol.57, No.1(1982), pp.29-52.
- [6] Lawrence, K.D., Lawton, W.H., "Applications of Diffusion Models : Some empirical results," Lexington Books, (2007), Lexington, MA.
- [7] Lenk, P.J. and A.G. Rao, "New Models from Old : Forecasting Product Adoption by Hierarchical Bayes Procedures," *Marketing Science*, Vol.9, No.1(1990), pp.42-53.
- [8] Mahajan, V., "A simple algebraic estimation procedure for innovation diffusion models of new product acceptance," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.30, No.4(1986), pp.331-345.
- [9] Meade, N. and T. Islam, "Forecasting with growth curves : An empirical comparison," *International Journal of Forecasting*, Vol.11, No.2(1995), pp.199-215.
- [10] Özkaya, E., Demand management in global supply chains, Georgia Institute of Technology, 2008.
- [11] Park, Y.S. and S.K. Byun, "A Prelaunch Forecasting Model for New Products with an Application to the Satellite DMB Market in Korea," *Korean Management Science Review*, Vol.23, No.3(2006), pp.41-61.
- [12] Peres, R., E. Muller, and V. Mahajan, "Innovation diffusion and new product growth models : A critical review and research directions," *International Journal of Research in Marketing*, Vol.27(2010), pp.91-106.
- [13] Putsis, W. and V. Srinivasan, Estimation Techniques For Macro Diffusion Models, Springer, 2000, ISBN 0-7923-7751-6.
- [14] Srinivasan, V. and C.H. Mason, "Nonlinear Least Squares Estimation of New Product Diffusion Models," *Marketing Science*, Vol.5, No.2(1986), pp.169-178.
- [15] Tellis, G.J., "A Critical Review of Marketing Research on Diffusion of New Products, in Naresh K. Malhotra (ed.) Review of Marketing Research (Review of Marketing Research, Vol.3)," *Emerald Group Publishing Limited*, (2007), pp.39-80.
- [16] Van den Bulte, C., Lilien, G.L., Bias and Systematic Change in the Parameter Estimates of Macro-Level Diffusion Models, *Marketing Science*, Vol.16, No.4(1997), pp. 338-353.