

확산 모형에 의한 고가 의료기기의 수요 확산의 특성분석 및 중장기 수요예측에 관한 연구

홍정식, 김태구*, 임달오**

서울산업대학교 산업정보시스템공학과, 서울대학교 산업공학과*, 한국보건산업진흥원**

<Abstract>

A Study on a Long-term Demand Forecasting and Characterization of Diffusion Process for Medical Equipments based on Diffusion Model

Hong, Jung-Sik, Kim, Tae-Gu*, Lim, Dar-Oh**

*Department of Industrial & Information Systems Engineering, Seoul National
University of Technology,*

*Department of Industrial Engineering, Seoul National University,**

*Korea Health Industry Development Institute***

In this study, we explore the long-term demand forecasting of high-price medical equipments based on logistic and Bass diffusion model. We analyze the specific pattern of each equipment's diffusion curve by interpreting the parameter estimates of Bass diffusion model. Our findings are as follows. First, ultrasonic imaging system, CT are in the stage of maturity and so, the future demands of them are not too large. Second, medical image processing unit is between growth stage and maturity stage and so, the demand is expected to increase considerably for two or three years. Third, MRI is in the stage of take-off and Mammography X-ray system is in the stage of maturity but, estimates of the potential number of adopters based on logistic model is considerably different to that based on Bass

* 접수: 2008년 10월 21일, 심사완료: 2008년 12월 6일

† 교신저자: 임달오, 서울특별시 동작구 노량진동 57-1 한국보건산업진흥원
(02-2194-7398, 019-432-4320, E-mail : moon5@khidi.or.kr)

diffusion model. It means that additional data for these two equipments should be collected and analyzed to obtain the reliable estimates of their demands. Fourth, medical image processing unit have the largest q value. It means that the word-of-mouth effect is important in the diffusion of this equipment. Fifth, for MRI and Ultrasonic system, q/p values have the relatively large value. It means that collective power has an important role in adopting these two equipments.

I. 서 론

본 논문은 고가 의료기기의 수요 패턴의 분석 및 향후 수요산정을 다룬다. 고가 의료기기는 내구재에 속하는 상품이다. 즉, 한 번 구입하면 10년 이상을 사용하는 제품에 속한다. 내구재의 수요 패턴의 분석 및 중·장기적인 수요 예측에는 주로 확산 모형이 사용된다 [12,25]. 확산 모형은 크게 두 가지로 나뉜다. 하나는 Bass의 확산 모형을 토대로 한 모형들이다 [7,12,23,29]. 이들 모형은 Bass의 모형에 토대를 두기 때문에 모형의 파라미터를 바탕으로 다양한 수요확산 패턴의 설명이 가능하다는 장점을 지니고 있다 [17]. 이러한 장점으로 인해 Bass 확산 모형은 모형의 출시이후 최근까지도 여러 방향으로 연구가 확장되고 있다. 즉, 모형 출시 이후 주로 가격이나 마케팅비용 등을 반영한 연구가 주로 수행되었으나 [13,23], 2000년 이후에는 상품 수용과정의 단계를 다단계로 고려한 논문이 제시되었고 [32] 수용자의 이질성을 고려하되 여론 주도층과 모방층의 두 그룹으로 나누어 수요가 확산되는 과정을 고찰한 논문이 있으며 [16], 모방의 채널을 다변화한 논문도 제시되었다 [4]. 그러나 Bass 관련 모형은 유연성이 부족하여 파라미터 추정에 사용되는 데이터가 부족할 경우 추정의 안정성과 신뢰성이 떨어진다는 단점을 지니고 있다 [14,18,22,25]. 두 번째 모형은 로지스틱 성장모형에 기반을 둔 모형들이다 [1,19,21]. 이들 모형은 파라미터에서 직접적인 확산패턴의 설명력을 구하기는 힘들지만 데이터가 부족한 상황에서도 파라미터를 안정적으로 추정하는 장점을 지니고 있다. 따라서 본 논문은 고가 의료기기의 수요패턴의 분석 및 증장기 수요예측에 위의 두 가지 모형 모두를 사용하고자 한다. 고가 의료기기의 수요확산에 대하여 외국의 경우 다양한 분석이 이루어지고 있으나 [21,26,29] 국내의 경우는 거의 분석이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. Bass 확산모형을 이용하여 국내 다양한 내구재들의 수요확산을 다룬 논문 [7]에서 의료기기 두 가지가 예제로 다루어졌으나, 고가 의료기기는 거의 포함되지 못하였고 분석도 매우 단편적인 수준이다. 본 논문에서는 5가지의 대표적인

고가 의료기기를 선정하여 Bass 확산 모형과 로지스틱 성장모형을 토대로 수요 패턴을 분석하고 중장기 수요 예측치를 제시한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2절에서는 의료기기의 분류 및 특성이 제시되고 3절에서는 Bass 확산모형과 로지스틱 성장모형의 특성 및 파라미터 추정방법이 소개되며 4절에서는 국내 고가 의료기기의 도입 실태 및 수요 패턴의 분석 그리고 향후 수요전망이 제시되고 마지막으로 5절에서 결론을 제시한다.

II. 의료기기의 분류 및 특성

1. 고가의료기기 분류 및 특성

일반적으로 고가의료장비는 의학적인 필요에 의해 사용되고 있는 기구나 장치들 중에서 가격이 비교적 높은 장비를 의미하며 [6,8], 국민소득과 국민의료비는 고가의료장비 확산에 중요한 요인으로 작용한다. 의료기기법 제2조 1항에 의하면 의료기기란 “사람 또는 동물들에게 단독 또는 조합하여 사용되는 기구/기계/장치/재료 또는 이와 유사한 제품”을 말한다. 고가의료장비의 가격범위를 어느 정도까지로 할 것인가는 상당히 자의적인데, 우리나라의 경우에 1996년 12월 “고가 특수의료 장비설치승인대상 품목지정고시” 기준에서 50만불 이상의 장비 또는 자기공명 전산화 단층 촬영장치(Magnetic Resonance diagnostic device, 이하 MRI)만을 칭한다고 하였다. 보건복지부는 MRI, 전산화 단층촬영장치(Computed tomography X-ray system, 이하 CT), 유방형 촬영장치(Mammographic X-ray system)를 특수의료장비로 정하고 있다. 외국의 경우 우리나라처럼 구체적으로 정하지 않고 있으나, OECD Health data(2005)에서는 CT, MRI, 유방형 촬영장치, 체외충격파쇄석기, 방사선 치료장비 등 보건의료 관련 30개국의 첨단의료장비 통계치를 제시하고 있다. 이외에 기존 연구에서 [2,3,5,9,11] 분석되었던 고가의료장비의 범위를 정리하면 <표 1>과 같다.

따라서 본 연구에서는 OECD Health Data에 등록된 첨단의료장비, 보건복지가족부의 특수의료장비 그리고 선행연구에서 제시된 고가의료장비 등 주요 의료장비 중에서 자료의 이용 가능성의 한계 및 중요도 등을 고려하여 초음파영상진단기, 영상저장 및 전송시스템, CT, MRI, 유방형 촬영장치 등 5종으로 한정하였으며, 선정된 고가의료기기의 품목 및 분류 코드는 다음 <표 2>와 같다.

〈표 1〉 선행연구에서 제시된 고가의료장비의 범위

분류	정우진 (2000)	송건용 (2001)	이상연 (2003)	김성조(2004)	
				전문가과정	병원경영분석
자기공명전산화단층촬영장치 (MRI)	○	○	○	○	○
전산화단층촬영장치 (CT)	○	○	○	○	○
신장결석(체외충격파)쇄석기 (ESWL)	○		○	○	○
선형가속치료장치 (LINAC)	○		○	○	○
혈관조형촬영장치 (Angio)	○	○	○	○	○
감마카메라 (Gamma-Camera)	○	○	○	○	○
뇌종양치료기 (Gamma-Knife)	○		○		○
디지털 방사선 촬영장치 (CR,DR)	○		○		
양전자방출전산화단층촬영장치 (PET)	○		○		
엑시머레이저 (Excimer Laser)	○			○	
자궁암치료기 (Gamma-Med)	○			○	
초음파영상진단기			○	○	○
근전도검사기 (EMG)					
심전도기록기 (Holter monitoring)					
후장전치료장치 (After Loading system)			○		
자동생화학분석기 (Automatic chemistry analyzer)				○	○

〈표 2〉 의료기기 품목 및 분류코드

품목코드	품목명	정의 및 범위
A26380	초음파 영상 진단기 (Ultrasonic imaging system)	환부에 초음파 에너지를 전송, 반사 신호를 수신하여 생리학적 또는 인공구조를 눈으로 볼 수 있도록 하는 기구
A26430	영상저장 및 전송시스템 (Medical image processing unit)	의료용 영상을 저장, 확대, 축소, 조회 등을 하는 장치
A11010	CT (Computed tomography X-ray system)	서로 다른 각도에서 얻어진 동일 평면상의 자료를 재조합하여 단층면의 영상을 얻는 기구
A12010	MRI (Magnetic resonance diagnostic device)	핵자기 공명 현상을 이용하여 인체를 단층 촬영하는 기구
A11060	유방형촬영장치 (Mammographic X-ray system)	여성의 가슴을 진단하는데 사용하는 기구

Ⅲ. 확산 모형 및 추정 방법

확산 모형은 제품이나 서비스 등의 시간에 따른 수요 추이를 시계열 모형으로 표현하는 수리적 모형이다. 대표적인 확산 모형으로는 Bass 모형, 로지스틱 모형 등이 있다.

1. 로지스틱 모형

가. 로지스틱 모형의 성질

로지스틱 모형은 대표적인 확산 모형으로, 일반적인 상품의 누적 수요 추이를 분석하는데 널리 쓰이는 모형이다. 로지스틱 모형의 식은 다음과 같다.

$$N_t = \frac{M}{1 + e^{-(a+bt)}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$n_t = \frac{dN_t}{dt} = \frac{-Mbe^{-(a+bt)}}{1 + e^{-(a+bt)}}^2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

위 식에서 N_t 는 t 시점의 누적구입자수, n_t 는 판매율(sales rate) 혹은 당기수요, 그리고 M 은 잠재 수요를 의미한다. a 와 b 는 확산 형태를 결정하는 확산 계수이다.

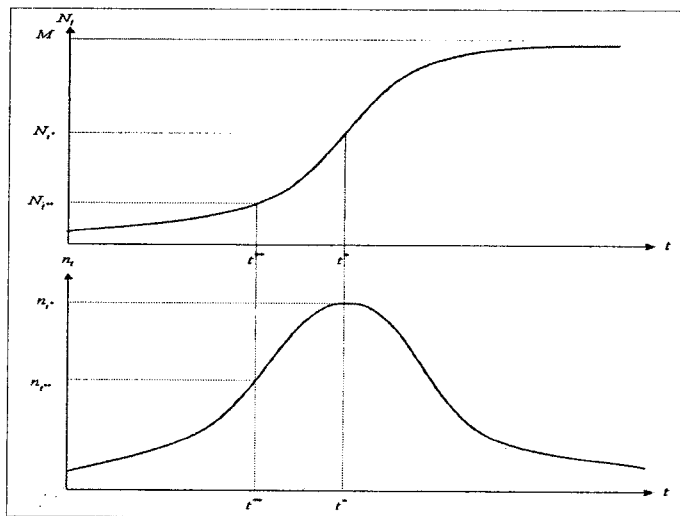


그림 1. 로지스틱 모형의 수요 곡선

위 <그림 1>은 로지스틱 모형의 수요 곡선 형태를 보여주고 있다. 그래프에서 볼 수 있듯이 누적 수요의 그래프는 잠재수요 M 을 점근선으로 증가하는 S 형태의 곡선이 나타나게 된다. 그래프에서 t^* 는 당기 수요의 최대점으로 성숙기라고 부르기도 한다. 당기 수요의 최대점은 누적 수요 곡선에서는 변곡점에 해당된다. 또한 t^{**} 는 당기 수요의 변곡점으로, 보통 이륙기라 부르며 해당 서비스가 본격적으로 시장에 침투하는 시점의 의미로 해석되기도 한다. 이륙기와 성숙기는 n_t 의 일계미분방정식과 이계미분방정식을 0으로 두고 t 값을 구하면 유도되며, 그 값은 다음과 같다.

$$t^* = -\frac{a}{b}, \quad t^{**} = \frac{\ln 2 - a}{b} \dots\dots\dots(3)$$

나. 로지스틱 모형의 추정

로지스틱 모형은 식(1)을 다음과 같은 형태로 변형하여 추정한다(이흥제, 김용규, 유재국, 2004).

$$\ln \left[\frac{M - N_t}{N_t} \right] = a + bt + \varepsilon_t \dots\dots\dots(4)$$

식(4)의 우변은 직선의 방정식 형태이므로 주어진 누적 수요 (누적 구입자) 데이터 N_t 와 임의의 M 값을 이용하면 회귀분석식의 계수추정방법인 OLS (Ordinary Least Square) 를 이용하여 확산 계수 a 와 b 를 얻을 수 있다. 그러나 이 방법은 임의의 M 을 지정해 주어야 하므로 본 연구에서는 넓은 범위에서 M 을 탐색하며 OLS 추정을 하고, 그 중 추정 오류(Sum of Squared Errors)가 가장 작은 M 을 이용하는 방법을 채택한다.

2. Bass 확산모형

가. Bass 모형의 특성

Bass 모형은 Bass, Frank M.(1969)에 의해 제안된 모형으로서, 구입자가 상품구입에 이르는 원인을 두 가지로 나누어 분석한 확산 모형이다. 그에 따라 분류된 두 가지 집단 중 첫 번째는 혁신자(Innovator)로서 외부 요인 없이 스스로가 해당 제품 혹은 서비스를 구입

하기로 결정한 경우이다. 나머지 한 집단은 모방자(Imitator)로서 기존의 구입자들의 구입을 관찰하고 그에 영향을 받아 구입하게 된 경우이다. Bass(1969)는 혁신자의 경우 미구입자 수에 비례하여 구입하는 구입자 수가 결정되고, 모방자의 경우 이미 가입한 누적구입자 수와 아직 구입하지 않은 미구입자 수의 곱에 비례하여 새로이 구입하는 구입자 수가 결정된다고 하였다. 이를 식으로 풀어 쓰면 다음과 같다.

$$n_t = \frac{dN_t}{dt} = p[M - N_t] + \frac{q}{M}N_t[M - N_t] \dots\dots\dots(5)$$

식(5)에서 N_t 는 누적 구입자 수, n_t 는 당기 수요, p 는 혁신자 집단의 구입 확률을 의미하는 혁신계수, q 는 모방자 집단의 구입 확률을 의미하는 모방 계수이다. 혁신 계수 p 는 구입자가 혁신자로서 외부 요인의 영향을 받지 않고 스스로의 상품에 대한 판단을 바탕으로 구입한 경우에 대한 확률이며, 모방 계수 q 는 다른 구입자가 모방자의 성격을 띠고 다른 구입자의 구입 상황에 영향을 받고 구입하는 확률이다. 구입자의 구입시간에 대한 분포함수를 $f(t)$, 누적분포함수를 $F(t)$ 라 하자. $F(t)$ 는 구입자가 t 시점 이전에 상품을 구입할 확률이므로, 시점 t 에서 누적 구입자수 N_t 를 잠재수요 M 으로 나눈 값과 일치한다. 즉, $F(t) = N_t/M$ 이다.

마찬가지로 $f(t) = n_t/M$ 이 성립한다. 식(5)의 양식을 M 으로 나누고 $F(t)$ 와 $f(t)$ 를 써서 정리하면 다음과 같다.

$$f(t) = p[1 - F(t)] + \frac{q}{M}N_t[1 - F(t)] \dots\dots\dots(6)$$

식(6)의 양변을 $[1 - F(t)]$ 로 나누면,

$$\frac{f(t)}{1 - F(t)} = p + \frac{q}{M}N_t \dots\dots\dots(7)$$

식(7)을 해석하면, 시점 t 에서 아직 상품을 구입하지 않은 구입자가 상품을 구입할 가능성이 모방계수 q 와 기구입자의 비율의 곱 그리고 혁신계수와의 합으로 이루어진다는 것이다. 이는 모든 구입자에 대하여 동일하므로 애초 Bass가 주장한 바와 달리 Bass 모형에서 구성원의 이질성(heterogeneity)은 고려되지 않는다(Bulte, C. V. D. ,2002; Tanny,S.M. and Derzko, 1998).

식(7)을 미분방정식 해법에 따라 풀게 되면,

$$F(t) = \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)t}} \dots\dots\dots (8)$$

식(8)에 잠재수요 M 을 곱하면 누적 구입자수 N_t 가 유도된다.

$$N_t = M \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p}e^{-(p+q)t}} \dots\dots\dots (9)$$

Bass 모형 역시 누적 구입자 그래프의 형태는 로지스틱과 같은 모양인 S 자 곡선이며, 확산계수에 따라 기울기가 다소 변하게 된다.

Bass 모형에서도 이륙기와 성숙기를 로지스틱 모형에서와 같은 방법으로 구하면 다음과 같다.

$$t^* = \frac{1}{p+q} \ln \frac{q}{p} \dots\dots\dots (10)$$

$$t^{**} = \frac{1}{p+q} \ln \frac{q}{(2 + \sqrt{3})p} \dots\dots\dots (11)$$

나. Bass 모형의 추정

Bass 모형은 다양한 추정 방법을 가지고 있으며(Schmittlein, D., Vijay M., 1982; Srinivasan V., Charlotte M., 1986), 본 연구에서는 크게 2 가지의 추정 방법을 사용하였다. 가장 간단한 추정 방법은 회귀분석을 이용한 것이다. 우선 당기 수요 함수를 회귀 분석의 추정방법을 이용하기 위해 다음과 같이 이산화한다.

$$n_t = pM + (q-p)N_{t-1} - \frac{q}{M}N_{t-1}^2 + \varepsilon_t = \alpha_1 + \alpha_2N_{t-1} + \alpha_3N_{t-1}^2 + \varepsilon_t \dots\dots (12)$$

이산화된 식(12)에서 n_t 는 $[t-1, t]$ 기간 동안의 당기구입자수이다.

이 식을 토대로 회귀분석의 OLS 추정법을 이용하여 추정치인 $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \hat{\alpha}_3$ 를 얻은 후

이를 토대로 Bass 모형의 계수를 얻게 된다.

$$\hat{M} = \frac{(-\hat{\alpha}_2 - \sqrt{\hat{\alpha}_2^2 - 4\hat{\alpha}_1\hat{\alpha}_3})}{2\hat{\alpha}_3} \dots\dots\dots (13)$$

$$\hat{p} = \frac{\hat{\alpha}_1}{\hat{M}} \dots\dots\dots (14)$$

$$\hat{q} = -\hat{M}\hat{\alpha}_3 \dots\dots\dots (15)$$

그러나 이 방법은, 원 함수의 연속적인 성질을 완전히 반영하지 못하고 이산화하여 회귀 분석한 결과를 이용하고 있기 때문에 모형의 적합도가 다소 떨어지는 경우가 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 본 연구에서는 주어진 데이터를 이용한 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation, MLE; Schmittlein, D., Vijay M., 1982)을 병행하여 사용한다.

최우추정법에 사용된 수학 프로그램은 Matlab 2007이며, 초기값은 이산화된 회귀분석의 결과치를 초기치로 사용한다. 결론적으로, 본 논문에서 데이터를 토대로 중·장기 수요 예측치를 얻는 방법은 세가지로 다음과 같다.

- (1) 로지스틱 모형에 기반하여 수요예측치를 얻는 방법. 이하 약어로 로지스틱이라 표기한다.
- (2) Bass 모형에 기반하되, 이산화된 당기수요의 회귀분석식을 이용하며, OLS 방법으로 모두 추정후 수요예측치를 얻는 방법. 약어로 Bass(OLS)로 표기함.
- (3) Bass 모형에 기반하되, 최우추정법으로 모두 추정후 수요 예측치를 얻는 방법. 약어로 Bass(MLE)로 표기함.

IV. 분석 결과

1. 데이터

국내 의료기기 시장에 관한 수요예측 분석을 위하여 다음 <표 3>과 같이 5가지의 의료기기 데이터를 사용하였다.

2001년~2006년의 데이터는 국민건강보험공단, 건강보험심사평가원 전산처리 내부자료(2008년)를 이용하였으며, 2000년 이전 자료는 OECD Health Data 2006 데이터를 참고

하였다. 도입 시점은 식품의약품안전청 인허가 데이터베이스를 기준으로 하였다.

〈표 3〉 의료기기 수요 데이터

연도	초음파 영상 진단기	영상저장 및 전송시스템	CT	MRI	유방형 촬영장치
도입	1984	2001	1985	1985	1998
1990			129	36	
1991			161	37	
1992			176	38	
1993			173	42	
1994			174	46	
1995	5577		519	76	
1996			675	115	
1997			893	159	
1998			991	203	
1999			1128	239	
2000	11841		1155	254	623
2001	12949	75	1283	350	641
2002	13810	139	1431	400	925
2003	14453	206	1458	478	1186
2004	15042	337	1492	497	1305
2005	15577	420	1551	584	1388
2006	16571	533	1664	660	1672

2. 분석 결과

가. 초음파 영상 진단기

Bass(OLS)방법은 적합에 실패하였으며, 로지스틱 모형과 Bass(MLE) 방법은 비슷한 수준의 잠재수요 추정치를 보여주었다. 잠재수요 추정치는 약 18000대 정도이다. <표 4>에서 Bass(MLE) 모형과 로지스틱 모형의 확산계수 값이 나와 있다.

<표 5>를 보면, 추정된 모형의 예측치와 실제 존재하는 데이터는 거의 일치함을 보여주고 있다. 각 확산 모형과 실제 데이터와의 적합도를 비교하기 위하여 적합 에러의 제곱합을 자연로그 취한 값이 <표 5>에 나타나 있다. 약간의 차이로 Bass 모형의 적합도가 높음을 알 수 있다.

<표 4> 초음파 영상진단기 확산모형 추정결과

	로지스틱	Bass(MLE)	Bass(OLS)
M	17824.95	17747.93	적합실패
p or a	3.9493	0.0062	
q or b	-0.2872	0.2748	

<표 5> 초음파 영상 진단기 수요 예측치

연도	데이터	Bass (MLE)	로지스틱	연도	데이터	Bass (MLE)	로지스틱
1985		126.6	446.3	2001	12949	12828.9	12795.3
1986		291.5	589.8	2002	13810	13769.9	13765.0
1987		505.3	777.5	2003	14453	14574.0	14595.0
1988		780.4	1021.4	2004	15042	15244.3	15286.6
1989		1131.6	1335.8	2005	15577	15791.6	15850.1
1990		1575.0	1737.0	2006	16571	16230.8	16301.0
1991		2127.1	2242.3	2007		16578.5	16656.5
1992		2802.8	2868.3	2008		16850.9	16933.7
1993		3612.7	3628.5	2009		17062.3	17147.7
1994		4559.3	4529.0	2010		17225.5	17312.0
1995	5577	5633.7	5565.5	2011		17350.7	17437.2
1996		6813.6	6719.3	2012		17446.4	17532.5
1997		8063.0	7957.0	2013		17519.3	17604.6
1998		9336.0	9233.2	2014		17574.8	17659.1
1999		10583.3	10496.4	2015		17616.9	17700.2
2000	11841	11759.4	11697.1	2016		17648.8	17731.2
ln(SSE)						22.050	22.144

예측치를 다음과 같이 <그림 2>로 나타내었다.

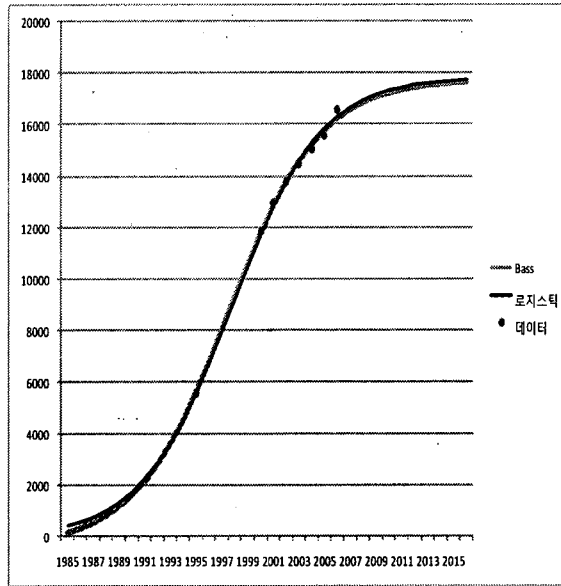


그림 2. 초음파 영상 진단기 수요 예측치

<그림 2>에서 볼 수 있듯이, 실제 데이터와 거의 일치하는 수요 곡선을 나타내고 있다. 그래프 형태에서 나타나듯이, 앞으로 3~5년 후면 시장은 포화상태에 이르러 성장이 둔화될 것으로 생각된다.

식(2), 식(9), 식(10)에 의거하여, 각 모형에서의 이륙기와 성숙기를 구하면 <표 6>과 같다.

<표 6> 초음파 영상 진단기의 이륙기와 성숙기

	로지스틱	Bass (MLE)
성숙기	1997년 9월	1997년 6월
이륙기	1995년 4월	1993년 1월

Bass(MLE) 방법의 경우 1993년도 초에 이륙기를 맞고 1997년 6월 정도에 성숙기를 이루었다고 추정하였으며, 로지스틱 모형의 경우, 1995년 4월 정도에 이륙기를 거쳐 1997년 9월 정도에 성숙기를 맞이했다고 보고 있다.

나. 영상저장 및 전송 시스템

Bass(MLE) 모형에 기반한 모수 추정은 실패하였으며, 로지스틱 모형과 Bass(OLS) 모형은 비슷한 수준의 잠재수요 추정치를 보여주었다. 잠재 수요 추정치는 약 700대 정도이다. 또한 <표 7>에서 Bass 모형의 확산계수를 살펴보면, 모방계수인 q값이 일반적인 내구재의 모방계수 값인 0.3을 넘어서 매우 큰 것을 알 수 있다. 따라서 영상 저장 및 전송 시스템의 경우에는 다른 구입자의 구입이 서비스의 확산에 매우 큰 영향을 주었다는 것을 의미한다.

<표 8>과 같이 추정된 모형의 예측치와 실제의 데이터는 거의 일치함을 보여주고 있다. 각 확산 모형과 실제 데이터의 적합도를 비교하는 여러 제곱합의 자연로그 값 비교에서도 거의 차이를 보이지 않고 있다. 예측치를 다음과 같이 <그림 3>으로 나타내었다.

<표 7> 영상저장 및 전송시스템 확산모형 추정결과

	로지스틱	Bass(MLE)	Bass(OLS)
M	704.0	적합실패	695.9
p or a	2.1016		0.0436
q or b	-0.6428		0.5389

<표 8> 영상저장 및 전송 시스템 진단기 수요 예측치

연도	데이터	로지스틱	Bass (OLS)	연도	데이터	로지스틱	Bass (OLS)
2001	75	76.7	75.0	2008		645.3	653.0
2002	139	132.8	138.2	2009		671.9	676.5
2003	206	215.8	222.2	2010		686.7	687.5
2004	337	321.6	324.4	2011		694.8	692.3
2005	420	433.1	433.9	2012		699.1	694.4
2006	533	529.8	533.4	2013		701.4	695.2
2007		600.2	607.6	ln(SSE)		12.1	12.1514

<그림 3>에서 볼 수 있듯이, 실제 데이터와 거의 일치하는 수요 곡선의 형태이다. 그래프를 보면 앞으로 약 3년 후면 시장은 포화상태에 이르러 성장이 둔화될 것으로 예상된다.

각 모형에서의 이륙기와 성숙기를 구하면 <표 9>와 같다.

Bass 모형에 따르면 이륙기는 2003년 1월 경에 시작되어 2005년 4월 정도부터 성숙기로 접어들었다고 볼 수 있다. 반면, 로지스틱 모형에 따르면 2003년 초에 이륙기를 맞이하고 2004년 3월에 성숙기로 접어들게 된다.

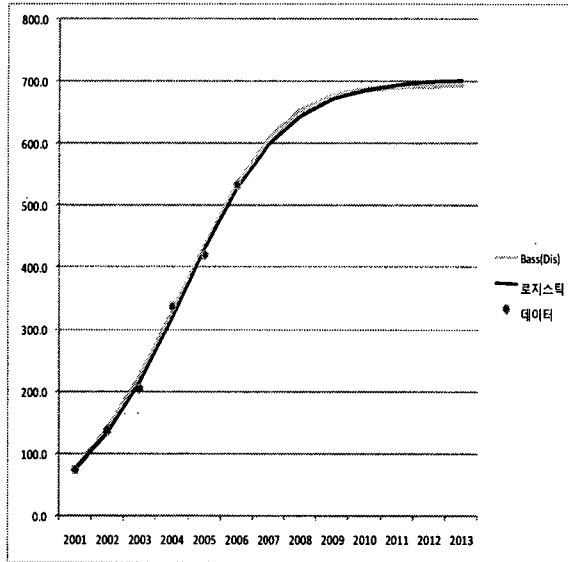


그림 3. 영상저장 및 전송 시스템 수요 예측치

〈표 9〉 영상저장 및 전송 시스템 이륙기와 성숙기

	로지스틱	Bass (OLS)
성숙기	2004년 3월	2005년 4월
이륙기	2003년 2월	2003년 1월

다. CT

CT의 경우, 3가지 모형에 대해 모두 추정이 성공하였다. 3 경우 모두 잠재수요 추정치는 1700에서 1800사이에 존재하고 있다. <표 10>에서 살펴보면, Bass모형에 기반한 두 가지 추정방법 중에서 Bass(OLS) 모형의 잠재수요 값이 더 크게 나타났으며 혁신 계수 p 와 모방 계수 q 의 값이 모두 더 낮게 나타났다. 그러나 두 방법 모두 모방 계수의 값이 혁신 계수에 비해 아주 크게 나타나는 않아, 다른 의료기기에 비하여 모방 효과가 상대적으로 작은 것으로 보인다.

<표 11>과 같이 추정된 모형의 예측치와 실제의 데이터는 거의 일치함을 보여주고 있다. 각 확산 모형과 실제 데이터의 적합도를 비교하는 에러 제곱합의 자연로그 값 비교에서는 Bass(OLS) 모형만이 약간 큰 에러값을 보일 뿐, 로지스틱 모형과 Bass(MLE) 모형은 거의 차이를 보이지 않고 있다.

예측치를 다음과 같이 <그림 4>로 나타내었다.

〈표 10〉 CT 확산모형 추정결과

	로지스틱	Bass(MLE)	Bass(OLS)
M	1793.5	1758.6	1716.4
p or a	2.8163	0.0177	0.0127
q or b	-0.2449	0.2190	0.2454

〈표 11〉 CT 수요 예측치

연도	data	로지스틱	Bass (MLE)	Bass (OLS)	연도	data	로지스틱	Bass (MLE)	Bass (OLS)
1985		101.2	0	48.6	2001	1294	1346.3	1342.5	1396.7
1986		127.3	34.5	81.3	2002	1456	1423.4	1414.3	1464.6
1987		159.5	76.2	121.1	2003	1512	1490.2	1476.1	1520.5
1988		198.9	126.3	169.0	2004	1514	1547.0	1528.4	1565.6
1989		246.5	185.7	226.0	2005	1551	1594.6	1572.1	1601.2
1990		303.3	254.9	293.1	2006	1664	1634.0	1608.3	1629.0
1991		370.1	334.4	370.8	2007		1666.2	1638.0	1650.5
1992		447.2	423.8	459.2	2008		1692.3	1662.1	1666.9
1993	540	534.4	522.1	557.7	2009		1713.3	1681.6	1679.3
1994	611	630.5	627.6	664.8	2010		1730.1	1697.3	1688.7
1995	699	733.9	738.0	778.1	2011		1743.5	1709.9	1695.7
1996	916	841.9	850.3	894.4	2012		1754.1	1719.9	1701.0
1997	966	951.6	961.5	1009.9	2013		1762.5	1727.9	1704.9
1998	1068	1059.7	1068.5	1120.9	2014		1769.1	1734.3	1707.8
1999	1071	1163.0	1168.8	1223.9	2015		1774.4	1739.4	1710.0
2000	1334	1259.2	1260.5	1316.3	ln(SSE)		17.413	17.366	17.924

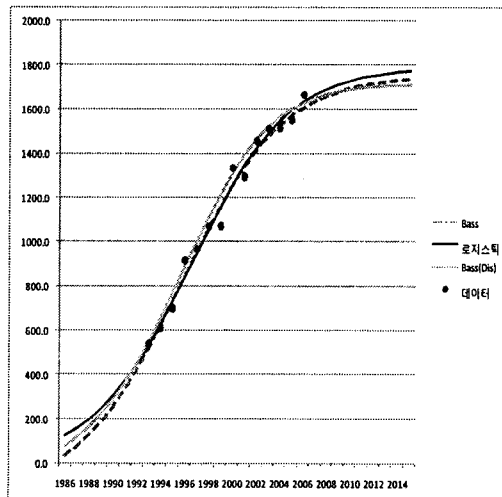


그림 4. CT 수요 예측치

<그림 4>에서 볼 수 있듯이, 3 곡선 모두 실제 데이터와 매우 가깝게 일치하고 있다. 그 래프를 보면, 현재 시장이 이미 포화 상태에 접어들고 있어 향후 큰 성장을 이룰 것으로 보 이지 않는다.

각 모형에서의 이륙기와 성숙기를 구하면 <표 12>와 같다.

<표 12> CT 이륙기와 성숙기

	로지스틱	Bass(MLE)	Bass(OLS)
성숙기	1996년 6월	1995년 7월	1996년 6월
이륙기	1993년 8월	1990년 1월	1991년 4월

세 모형 모두 약간씩 다른 결과를 보여주고 있다. 로지스틱 모형의 경우, 1993년 8월 정 도에 이륙기를 맞이하여, 1996년 6월 즈음에 성숙기로 접어들었다는 결과를 보여주었고, Bass 모형의 경우에는 1990년 1월 정도로 이른 시기에 이륙기를 맞이하여 성숙기 또한 1995년 7월로 나타났다. 그러나 Bass(OLS) 모형은 로지스틱 모형에 비해 이륙기는 1991 년 4월 정도로 다소 이르지만, 성숙기는 같은 것으로 나타났다.

라. MRI

MRI의 경우, Bass(OLS) 모형은 적합에 실패하였다. 잠재수요 값은 두 모형 사이에 상당 한 차이가 존재하여, 로지스틱 모형의 경우 3,150대 정도이지만 Bass(MLE) 모형의 경우에는 3,830대로 상당히 크다. 특히, <표 13>에서 살펴보면, Bass 모형의 모방 계수가 혁신 계수에 비해 극단적으로 큰 형태를 보이고 있어 제품의 구입에 다른 구입자의 구매 여부가 매우 큰 영향을 보이고 있음을 알 수 있다.

<표 14>과 같이 추정된 모형의 예측치와 실제의 데이터는 거의 일치함을 보여주고 있다. 각 확산 모형과 실제 데이터의 적합도를 비교하는 에러 제곱합의 자연로그 값 비교에서는 큰 차이를 보이지 않고 있으나, 로지스틱 모형이 미세하게 우세한 것으로 나타났다.

위 표의 예측치를 다음과 같이 <그림 5>로 나타내었다.

<표 13> MRI 확산모형 추정결과

	로지스틱	Bass(MLE)	Bass(OLS)
M	3153.3	3831.6	적합실패
p or a	4.7212	0.0018	
q or b	-0.1624	0.1278	

〈표 14〉 MRI 수요 예측치

연도	데이터	Bass(MLE)	로지스틱	연도	데이터	Bass(MLE)	로지스틱
1986		7.5	32.7	2019		2052.482	2176.63
1987		16.0	38.4	2020		2176.745	2282.623
1988		25.7	45.1	2021		2298.641	2381.193
1989		36.6	52.9	2022		2417.249	2471.934
1990		49.0	62.0	2023		2531.746	2554.692
1991		63.0	72.7	2024		2641.436	2629.527
1992	61	78.8	85.2	2025		2745.755	2696.678
1993	80	96.7	99.7	2026		2844.278	2756.518
1994	128	116.8	116.6	2027		2936.717	2809.515
1995	174	139.4	136.3	2028		3022.914	2856.196
1996	214	164.8	159.2	2029		3102.831	2897.115
1997	236	193.3	185.6	2030		3176.531	2932.833
1998		225.3	216.1	2031		3244.163	2963.896
1999		260.9	251.1	2032		3305.948	2990.824
2000	254	300.7	291.3	2033		3362.159	3014.102
2001	313	344.9	337.2	2034		3413.106	3034.177
2002	366	393.9	389.4	2035		3459.127	3051.454
2003	426	448.1	448.3	2036		3500.569	3066.297
2004	530	507.7	514.4	2037		3537.785	3079.028
2005	583	573.0	588.2	2038		3571.124	3089.933
2006	660	644.3	669.9	2039		3600.921	3099.265
2007		721.8	759.6	2040		3627.502	3107.242
2008		805.6	857.2	2041		3651.17	3114.055
2009		895.6	962.2	2042		3672.211	3119.871
2010		991.8	1074.1	2043		3690.892	3124.831
2011		1094.0	1192.0	2044		3707.455	3129.061
2012		1201.6	1314.5	2045		3722.125	3132.665
2013		1314.4	1440.5	2046		3735.106	3135.736
2014		1431.5	1568.2	2047		3746.581	3138.35
2015		1552.2	1696.0	2048		3756.718	3140.577
2016		1675.7	1822.2	2049		3765.667	3142.472
2017		1800.895	1945.360	2050		3773.562	3144.084
2018		1926.85	2063.891	ln(SSE)		14.9353	14.8206

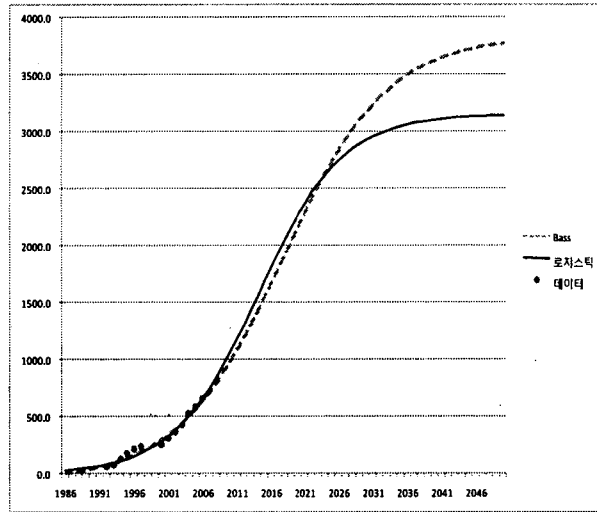


그림 5. MRI 수요 예측치

<그림 5>에서 볼 수 있듯이, MRI 시장은 아직 이륙기나 성숙기 이전에 머무르고 있는 것으로 보인다. 두 모형 모두 포화에 이르기까지는 앞으로 약 25년에서 30년 정도가 걸릴 것으로 보고 있다.

각 모형에서의 이륙기와 성숙기를 구하면 <표 15>와 같다.

<표 15> MRI 성숙기와 이륙기

	로지스틱	Bass(MLE)
성숙기	2014년 1월	2017년 8월
이륙기	2010년 1월	2007년 6월

추정 결과 Bass(MLE) 모형의 경우 이륙기가 2007년 6월로 나타났으며, 로지스틱 모형은 2010년 초로 나타났다. 따라서 아직 이륙기 정도에 머무르고 있다고 볼 수 있다. 시장이 본격적으로 성숙하는 시기에 대해서도 로지스틱 모형은 2014년 1월, Bass(MLE) 모형은 2017년 8월로 보고 있어, 본격적인 성숙까지는 앞으로 7~8년 이상 소요될 것으로 보인다. 그런데, Bass 모형의 경우 성숙기까지의 수요 데이터가 확보되지 않은 상태에서는 모수 추정의 신뢰성에 크게 떨어진다(Bernhardt, I, Kenneth. M. M., 1972; Bulte, C. V. D, Gary L., 1997). 현재 모형에서 추정된 성숙기가 로지스틱 모형의 경우 2014년이고 Bass 모형의 경우 2017년이므로, 따라서 2006년까지 확보된 데이터만으로 추정된 결과는 신뢰성이 떨어진다고 할 수 있다. 이는 또한 두 모형에서 추정된 잠재수요 값이 크게 차이가 난다

는 사실에서도 확인할 수 있다. 결론적으로 MRI 기기의 경우 수요 데이터가 좀 더 누적된 상태에서 모형의 모수 추정이 이루어져야 한다. 그 이전에 수요예측의 신뢰성을 높이기 위해서는 잠재수요에 대해 전문가 설문조사 등의 방법을 실시하여 m 값을 별도로 추정하고 나머지 모수를 대상으로 데이터를 분석하여 추정하는 방법이 바람직하다고 하겠다.

마. 유방형 촬영장치

유방형 촬영장치의 경우, Bass(MLE) 모형은 적합에 실패하였다. 잠재수요 값은 두 모형 사이에 상당한 차이가 존재하여, <표 16>에서 볼 수 있듯이 로지스틱 모형의 경우 2,200대 정도이지만 Bass(OLS) 모형의 경우에는 2,750대 정도로 상당히 큰 값을 보인다.

<표 17>과 같이 추정된 모형의 예측치와 실제의 데이터 비교에서, 로지스틱 모형의 경우에는 대체로 일치하지만, Bass(OLS) 모형은 다소의 차이를 보이고 있다. 각 확산 모형과 실제 데이터의 적합도를 비교하는 에러 제곱합의 자연로그 값 비교에서 역시 로지스틱 모형이 월등히 나은 결과를 보이고 있다. 위 표의 예측치를 다음과 같이 <그림 6>으로 나타내었다.

<표 16> 유방형 촬영장치 확산모형 추정결과

	로지스틱	Bass(MLE)	Bass(OLS)
M	2181.7	적합실패	2746.6
p or a	1.7350		0.0275
q or b	-0.3533		0.2101

<표 17> 유방형 촬영장치 수요 예측치

연도	데이터	로지스틱	Bass(OLS)	연도	데이터	로지스틱	Bass(OLS)	
1999		437.9	267.6	2014		2139.1	2453.3	
2000	623	574.6	386.5	2015		2151.6	2516.4	
2001	641	736.0	521.1	2016		2160.5	2567.0	
2002	925	916.8	670.9	2017		2166.7	2607.2	
2003	1186	1107.9	834.5	2018		2171.2	2638.8	
2004	1305	1298.0	1009.0	2019		2174.3	2663.5	
2005	1388	1476.0	1190.9	2020		2176.5	2682.7	
2006	1672	1633.2	1375.3	2021		2178.0	2697.6	
2007		1765.3	1557.2	2022		2179.1	2709.0	
2008		1871.6	1731.6	2023		2179.9	2717.8	
2009		1954.2	1893.9	2024		2180.4	2724.6	
2010		2016.8	2040.8	2025		2180.8	2729.8	
2011		2063.2	2170.4	2026		2181.1	2733.7	
2012		2097.1	2281.9	2027		2181.2	2736.8	
2013		2121.6	2375.7	2028		2181.4	2739.1	
						ln(SSE)	17.1424	20.1537

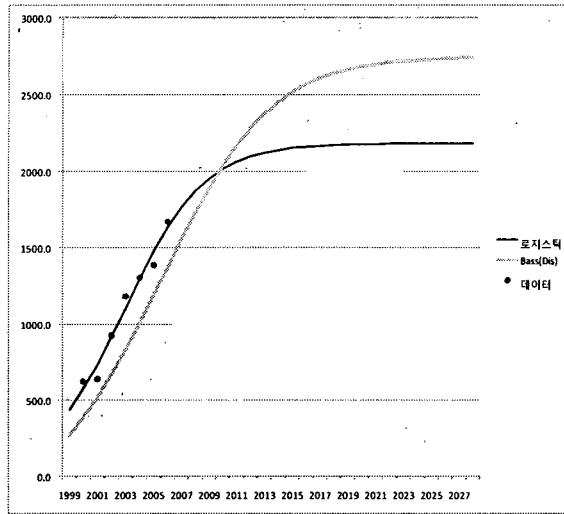


그림 6. 유방형 촬영장치 수요 예측치

<그림 6>에서 볼 수 있듯이, 유방형 촬영장치 시장은 곧 포화 상태에 이를 것으로 보인다. 로지스틱 모형의 경우에는 3년에서 5년, 이산화된 Bass 모형의 경우 7년 후 정도면 시장이 포화에 이를 것으로 보고 있다.

각 모형에서의 이륙기와 성숙기를 구하면 <표 18>와 같다.

<표 18> 유방형 촬영장치 성숙기와 이륙기

	로지스틱	Bass(OLS)
성숙기	2003년 1월	2006년 7월
이륙기	2001년 1월	2001년 1월

추정 결과 두 모형 모두 이륙기는 2001년 초반으로 나타났지만, Bass 모형의 경우에는 성숙기가 2006년 7월 정도인데 반해, 로지스틱 모형에서는 2003년 1월에 이미 성숙기로 진입하였다고 보고 있다.

3. 5가지 의료기기의 수요 패턴 분석

2절에서 언급한 바와 같이 수요 패턴의 분석은 Bass 모형의 계수치를 살펴봄으로써 이루어진다. p값이 크다는 것은 의료기기 구입자에게 작용하는 외부적 영향의 힘이 크다는 것이고 q값이 크다는 것은 구전 효과와 같이 의료기기 구입에 기구입자의 영향이 크다는 것을

의미한다. <표 19>에 이들 값과 이들의 비의 값이 정리되어 있다. 표에서 m_L 은 로지스틱 모형의 잠재수요 예측치이고, m_B 는 Bass모형의 잠재수요 예측치이다. <표 19>를 보면 영상저장 및 전송시스템이라는 의료기기가 가장 q 값이 크다는 것을 알 수 있다. 이는 이 기기가 구전효과뿐만 아니라 네트워크 효과를 가지고 있기 때문이다. 네트워크 효과란 한 상품의 구입자의 효능이 전체 구입자의 크기가 커질수록 증대되는 현상을 말한다.(Lim, B. L., Choi, M. K., Park, M. C., 2003) 영상저장 및 전송장치의 경우 기존 구입자들의 영상저장물을 활용하기 위해서는 다른 병원 역시 이 기기의 도입이 필요하므로 네트워크 효과를 갖고 있다고 할 수 있다. 즉, 영상저장 및 전송시스템은 그 자체를 환자에게 적용하는 의학기술이 아닌, 정보 처리 과정을 혁신적으로 개선하는 특성을 갖고 있는 기기이며, 이 시스템을 사용할 것인가 하는 문제는 의학 논문에서 실린 기술과학적인 정보에 근거하여 임상 의사들이 판단하기보다, 병원 경영 상태를 전반적으로 고려하여 판단하게 되는 기기이다. 따라서 판단을 위한 근거가 되는 지식을 논문 등의 대중적인 매체에서 얻는 것이 아니며, 주로 주변 구입자의 경험에 의존하게 되는 것이고, 결과적으로 모방계수가 결정적인 요인이 된다. 다른 기기보다 q 값이 큰 것은 이러한 사실을 반영하는 것이다. p 값은 유방형 촬영장치나 영상저장 및 전송장치의 값이 비교적 큰 데 이들 기기에 대한 외부 광고 효과가 비교적 다른 기기에 비해 크다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 영상저장 및 전송시스템이 환자에게 적용하는 의학기술이 아닌 정보처리 과정을 혁신적으로 개선하는 특성, 그리고 대중매체에 의한 기술과학적인 정보보다 병원경영상태와 주변 구입자의 경험에 의존하는 등 타 장비와 다른 확산과정에 기인 것으로 보인다.

한편 Bulte, C. V. D, Stremersch,S(2004)에 의하면 p 나 q 의 개별 값보다 q/p 값을 통해서 수요패턴에 영향을 주는 여러 요소들의 경향을 파악할 수 있다. Bulte, C. V. D, Stremersch,S(2004)에서 제시된 주요 가설을 보면 다음과 같다.

- (1) q/p 값이 클수록 집단주의 성향이 크고 개인주의 성향이 약하다.
- (2) q/p 값이 클수록 불확실성을 피하고자 하는 성향이 강하다.
- (3) q/p 값이 클수록 구입자 모집단의 소득의 불평등도가 크다.

<표 19>를 보면 MRI 나 초음파 영상 진단기 두 가지 의료기기에 대해 q/p 값이 매우 크게 나온 것을 알 수 있다. 이는 이 두 가지 의료기기에 대해서는 구입에 있어 일종의 집단적인 압력이 작용했음을 알 수 있다. 가설 (3)의 경우는 다른 나라의 MRI 나 초음파 영상 진단기의 값과 비교해야 하므로 본 논문에서는 제외하기로 한다.

또한 두 모형에 의한 잠재수요의 차이를 보면 초음파 영상 진단기나 영상저장 및 전송시스템 그리고 CT의 경우는 그 차이가 매우 미미하나 MRI 나 유방형 촬영장치의 경우 그 차이를 로지스틱 모형에 의한 추정치로 나눈 값이 20%를 넘는 것을 볼 수 있다. 이는 결국

현재 데이터에 의한 이 두 기기의 증장기 수요예측치가 신뢰도 측면에서 매우 취약하다는 것을 의미한다. 따라서 이 두 기기는 앞으로 판매 데이터가 누적될수록 증장기 수요 예측치를 보전해주어야 한다. 특히 유방형 촬영장치의 경우, CT나 MRI와 달리 사용처가 제한되어 있는 기기이다. 즉, 유방형 촬영기는 유방암과 관련된 소수의 인자(유방암과 관련된 검진 및 예방정책이나 여성들의 사회활동과 식생활에 따른 유병률 변화)에 수요가 영향을 받으므로 확산모형을 적용할 때 데이터가 좀 더 축적되어야 안정적인 해석을 내릴 수 있다.

<표 19> 의료기기별 확산모형 추정결과

의료 기기명	p	q	$\frac{q}{p}$	m (Bass모형)	m (로지스틱 모형)	$\frac{m_L - m_B}{m_L}$
초음파 영상진단기	0.0062	0.2748	44.32	17747.93	17824.95	0.5 %
영상저장 및 전송시스템	0.0436	0.5389	12.36	695.9	704.0	1.2 %
CT	0.0177	0.2190	12.37	1758.6	1793.5	0.4 %
MRI	0.0018	0.1278	71.00	3831.6	3153.3	-21.5%
유방형 촬영장치	0.0275	0.2101	7.64	2746.6	2181.7	-25.9 %

V. 결 론

Bass확산모형과 로지스틱 모형을 활용하여 고가 의료기기 5가지에 대한 수요패턴과 향후 수요전망을 실시한 결과 다음과 같은 사실이 도출되었다.

첫째, 5가지 기기중 유방형 촬영장치와 MRI를 제외하면 나머지 3가지 기기에 대해서는 두 모형이 상당히 유사한 결과를 보여주었다.

둘째, 현재 시장이 포화기에 접어든 기기는 CT이고 조만간 포화기에 진입할 의료기기는 초음파 영상진단기와 유방형 촬영장치이다. 따라서 이들 의료기기는 앞으로 급격한 수요증가는 없을 것으로 기대된다. 그러나 유방형 촬영장치는 포화수요에 있어 두 모형의 차이가 크므로 앞으로 데이터가 축적됨에 따라 추가적인 추정작업이 이루어져야 한다.

셋째, 영상저장 및 전송장치는 로지스틱 모형은 2004년, 그리고 Bass모형은 2005년을 성숙기로 예측하고 있다. 따라서 이 기기는 이삼년 수요증가 추세가 지속될 것으로 전망되며 그 이후에 수요증가세가 완만해질 것이다.

넷째, MRI장비는 현 시점을 Bass 모형에서는 이륙기로 판단하고 있고 로지스틱 모형에서

는 이륙기 이전으로 판단하고 있다. 따라서 앞으로도 급격한 성장세가 예측되나, 다른 한편으로 성장기까지의 데이터가 확보되지 않을 경우, 확산 모형에 기반한 예측치의 신뢰성이 떨어지는 점을 고려하면 향후 수요를 안정적으로 예측하기 위해서는 수년간의 관찰 및 데이터 수집이 요구된다고 할 것이다.

다섯째, Bass 모형의 파라미터를 기반으로 수요확산 패턴을 보면, 영상저장 및 전송장치가 혁신 계수와 모방 계수 둘 다 가장 큰 값을 보여 주었다. 이는 이 기기의 확산 속도가 가장 크다는 것을 나타내며, 또한 주변 구매자에 의한 모방 효과가 매우 큼을 보여준다. 나머지 기기 중 MRI를 제외하면 모방계수는 대체로 0.2대의 값을 보여주었다. 혁신 계수는 유방형 촬영장치가 가장 큰 값을 보여주었다. 초음파 영상전단기의 경우 매우 낮은 혁신 계수 값을 보여주었다. 이는 주변의 효과를 보고나서 구매가 시작됨을 의미한다. 한편 도입시점과 계수 값을 비교할 때, 도입 시기가 최근일수록 파라미터 값이 커지는 경향을 보이고 있다. 이는 최근 도입되는 의료기기일수록 확산속도가 빨라지는 경향과 일치한다.

여섯째, MRI 나 CT 두 가지 의료기기에 대해 q/p 값이 매우 크게 나온 것을 알 수 있다. 이는 이 두 가지 의료기기에 대해서는 구입에 있어 일종의 집단적인 압력이 작용했음을 알 수 있다.

고가 의료기기 수요에 대한 이러한 분석 결과는 추후 OECD 국가와의 의료기기 설비의 적절성 비교에 기본 자료로 활용될 수 있을 것이다. 즉, 현 시점에서 국민 소득을 고려하여 국민 1인당 이용 가능한 특정 의료기기 대수의 비교도 중요하지만 비교대상 국가의 의료기기의 수요확산 패턴과 국내의 해당 의료기기의 수요확산 패턴을 비교하는 것이 더 많은 시사점을 줄 것이기 때문이다. 확산 모형을 기반으로 양 국의 의료기기의 수요확산의 패턴에 대한 결과를 바탕으로 하여 이루어지는 이러한 비교작업은 추후 연구과제가 될 것이다.

또 다른 연구과제는 기기간의 대체제적인 관계를 고려한 수요모형을 적용하여 MRI와 CT의 수요를 분석하는 것이다. 상품이나 서비스의 대체제적인 관계를 고려한 기존의 연구(Norton, J. A. and F. A. Bass, 1987)가 고려되어야 할 것이고, 또한 MRI와 CT를 사용하는 병의원의 경우, 양 기기를 병행해서 사용하는 경우, 한 기기만 사용하는 경우 등에 대한 데이터 수집이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1]강현철, 최종후, “확산 모형과 성장곡선모형을 이용한 중장기 수요예측에 관한 연구”, 응용통계연구, 제 14권 2호, pp. 233-243, 2001
- [2]김성조, 김성민, 김용우, “중고수입고가의료기기 현황조사분석 및 관리방안 연구”, 한국보

건산업진흥원, 2004

- [3] 보건복지부, “특수의료장비의 설치 및 운영에 관한 규칙 운영지침”, 2003
- [4] 박상준, 신창훈, “확산과정에서의 세 번째 의사전달경로” 한국마케팅저널 제8권 3호, pp.1-10, 2006
- [5] 송건영 외, “의료기관 중별 표준업무개발”, 보건복지부, 한국병원경영연구원, 2001
- [6] 이강빈, “지역특화 의료기기 산업의 수출 활성화 방안”, 국제상학 제 20권 3호, pp. 239-243, 2005.
- [7] 이군희, “확산모형을 이용한 수요예측에 관한 연구”, 한국생산관리학회지 제17권 2호 pp. 3-25, 2006
- [8] 이민화, “21세기를 향한 우리나라 의료기기 산업의 발전방안”, 춘계학술대회논문집 제 14권 1호 pp.3-24, 1992
- [9] 이상영, 송현종, “보건의료자원 수급현황 및 관리정책 개선방향”, 한국보건사회연구원, 2003
- [10] 이홍제, 김용규, 유제국, “통신서비스 수요예측 방법론”, 정보통신정책연구원 연구보고 00-24, 2000
- [11] 정우진, “고가의료장비 활용현황 분석 연구”, 한국보건사회연구원, 2000
- [12] Bass, F. M., (1969), “A new product growth model for consumer durables.” Management Science, 15 (5), 215-227.
- [13] Bass F. M., D. Jain, T. Krishnan,(2000), "Modeling the Marketing-Mix Influence in New-Product Diffusion" New-Product Diffusion Models pp. 99-122 Boston, MA : Kluwer
- [14] Bernhardt, I, Kenneth. M. M. (1972), “Some problems in using diffusion models for new products”, Management Science, 19, 187-200.
- [15] Bulte, C. V. D. (2002), "The Diffusion Model is not a Mixture of Innovators and Imitators", The Wharton School University of Pennsylvania, working paper.
- [16] Bulte, C.V.D, Joshi Y.V.(2006) " New Product Diffusion with Influentials and Imitators" from <http://knowledge.wharton.upenn.edu/papers/1322.pdf>
- [17] Bulte, C. V. D, Stremersch,S. (2004), "Social Contagion and Income Heterogeneity in New Product Diffusion: A Meta-Analytic Test", Marketing Science 23(4), 530-544
- [18] Bulte, C. V. D, Gary L., (1997), “Bias and systematic change in the

- parameter estimates of macro-level diffusion models” , *Marketing Science*, 16(4), 338–353.
- [19] Oliver R. M, (1987) “A Bayesian model to predict saturation & Logistic growth.” *Journal of the Operational Research Society* 38(1), 49–56.
- [20] Easingwood, Christopher (1987), “Early product lifecycle forms for infrequently purchased major products” , *International Journal of Research in Marketing*, 4(1), 3–9.
- [21] Eric W.F, Nir M, M. Thad P (2006), “Predicting the Adoption of Electronic Health Records by Physicians : When Will Health Care be Paperless?” , *Journal of the American Medical Information Association* 13(1), 106–111
- [22] Heeler R., Thomas H., (1980), “Problems in predicting new product growth for consumer durables” , *Management Science* 26(10), 1007–1020.
- [23] Kalish, Shlomo (1985), “A new product adoption model with pricing, advertising and uncertainty” , *Management Science*, 31, 1569–1585.
- [24] Lim, B. L., Choi, M. K., Park, M. C.(2003), "The late take-off phenomenon in the diffusion of telecommunication services: network effect and the critical mass", *Information Economics and Policy*, 15(4), 537–557
- [25] Mahajan, Vijay, Eitan M, Frank M. Bass (1990), “New product diffusion models in marketing: a review and directions for research” . *Journal of Marketing*, 54, 1–26.
- [26] Menachemi N, Burke D, Brooks R, “Adoption factors associated with patient safety related information technologies” , *J Healthcare Qual.*2004;26:39–44
- [27] Schmittlein, D., Vijay M., (1982), “Maximum likelihood estimation for an innovation diffusion model of new product acceptance” , *Marketing Science*, 1(1), 57–78.
- [28] Norton, J. A. and Bass, F. M. (1987), "A diffusion theory model of adoption and substitution for successive generations of high-technology products" *Management Science* Vol. 33. No. 9. pp. 1069–1086
- [29] Sillup GP, “Forecasting the adoption of new medical technology using the Bass model” , *J Healthcare Market.*1992;12:42
- [30] Srinivasan V., Charlotte M., (1986), “Nonlinear least square estimation of new product diffusion models” , *Marketing Science*, 5(2), 169–178.

- [31] Tanny, S.M. and Derzko (1998), "Innovators and Imitators in Innovation Diffusion Modeling", *Journal of Forecasting*, 7(4), 225-234
- [32] Wang, W, P. Fergola, S. Lombardo, G. Mulone (2006) "Mathematical models of innovation diffusion with stage structure" *Applied Mathematical Modeling* Vol. 30 pp. 129-146