

국내 이동전화 서비스 시장 예측을 위한 동적 포화시장모형

전덕빈^{1*} · 박윤서² · 김선경¹ · 박명환³

¹한국과학기술원 테크노경영대학원 / ²SK 텔레콤 / ³한성대학교 산업공학과

A Dynamic Market Potential Model for Forecasting the Mobile Telecommunication Service Market in Korea

Duk Bin Jun¹ · Yoon Seo Park² · Seon Kyoung Kim¹ · Myoung Hwan Park³

¹Graduate School of Management, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Seoul, 130-012

²SK Telecom, Seoul

³Department of Industrial Engineering, Hansung University, Seoul, 136-792

In Korea, the mobile telecommunication service market is expanding rapidly and becoming more competitive. For service providers in such a dynamic environment, it is very important to accurately forecast demand including market potential in order to work out marketing strategies. In this paper, we suggest a general approach to forecast the market potential using a multinomial logit model, which is applied to individual-level market survey data. Then we develop a dynamic market potential model that can adapt to changes in the external environment without requiring further market survey. The proposed model is applied to the mobile telecommunication service market in Korea.

Keywords : Market Potential, Multinomial Logit Model, Mobile Telecommunications

1. 서론

사업자 입장에서 수요예측은 마케팅 전략을 수행함에 있어서 필수적인 선행 작업이다. 특히 고객의 동일한 욕구를 충족시키기 위하여 둘 이상의 사업자가 경쟁하는 상황에서는 고객의 수요가 정부의 규제나 정책, 사업자의 전략 및 반응의 변화에 따라서 달라지기 때문에 가능한 정확한 수요예측이 이루어져야 한다. 이와 같이 동적인 환경에서 시계열 자료만으로 충분한 정보를 얻을 수 없는 경우에는 시장 환경 변화에 따른 수요예측을 위하여 설문자료가 유용하게 활용될 수 있다.

신제품 수요의 확산을 예측하기 위하여 많은 확산모형들이 연구되어 왔다. Bass (1969), Mansfield (1961) 등을 포함한 많은 확산모형들이 단일 신상품의 확산을 고려하였고 주어진 상품과 다른 상품들은 상호 독립적임을 가정하였다(Mahajan, Muller and Bass, 1990). 이 모형들은 대부분 궁극적인 시장 규

모인 포화시장과 포화시장까지 수요가 확산되어 가는 속도를 결정하는 확산률로 구성되어 있다. 그러나 많은 경우 모수의 정확한 추정에 필요한 자료가 적절한 시점에 충분히 주어지지 않는다. Heeler and Hustad (1980), Srinivasan and Mason (1986) 등에 의하면 Bass모형에서 안정적인 모수 추정치는 신규 수요 곡선이 정점을 지난 이후에 얻을 수 있다. 주어진 자료가 정점을 이미 지난 경우에도 동적인 시장 환경에서 수요변화를 예측하는 데는 시계열 자료만으로 부족하거나 어려울 수 있다. 이와 같은 문제는 안정적인 포화시장 추정치를 얻고자 할 때에도 고려하여야 한다. 포화시장의 유의한 추정치를 얻기 위해서는 설문조사, 전문가의 판단이나 직관 등과 외적인 정보를 이용할 수 있다(Heeler and Hustad, 1980; Mesak and Mikhail, 1988; Oliver, 1987; Souder and Quaddus, 1982; Teotia and Raju, 1986). 이와 같은 방법으로 포화시장 규모를 추정하면 어느 정도 예측 오차를 줄일 수 있으며 모형 내에서 추정하여야 할 모수의 개수를 줄일 수 있다.

포화시장 규모는 가격, 품질 등과 같은 외생 변수들에 의해 영향을 받는다(Kalish, 1985; Jain and Rao, 1990; Horsky, 1990). 이와 같은 외생 변수 값이 변화할 때 재설문을 하기에는 비용이 많이 들기 때문에, 시장 환경 변화에 적응적인 포화시장 모형을 개발할 필요가 있다. 이를 위하여 2절에서는 개인 수준의 설문자료에 다항 로짓 모형(multinomial logit model)을 적용하여 포화시장을 예측하는 방법을 제안한다. 그리고 외부 시장 환경의 변화에 따라 추가적인 설문 조사 없이 적응적으로 포화시장을 예측할 수 있는 방법을 제안한다. 3절에서는 이동통신 서비스 사업자들이 신규 가입자에 대해 지급하던 단말기 보조금을 금지하는 정부의 규제 이후 이동전화 서비스 시장의 변화를 예측한다. 이를 위하여 잠재 고객을 대상으로 설문 조사를 하고 앞에서 제안한 방법을 적용하여 포화시장을 예측한 결과를 보여준다.

2. 동적 포화시장 모형

2.1 소비자 선택 효용

전체 모집단을 G 개의 집단으로 나누고 g 번째 집단의 표본의 크기를 n_g 라고 정의한다. 이때 집단을 구분하는 이유는 서로 동질적인 사람들을 하나의 집단으로 묶어서 그들의 특성을 파악하기 위함이다. 각 개인은 K 개의 상품과 비구매를 포함하여 전체 $K+1$ 개의 대안 가운데 한 가지 대안, 즉 대상이 되는 상품 시장에서 하나의 상품을 구매하거나 또는 어떤 것도 구매하지 않는 대안 가운데 한 가지를 선택한다고 가정한다. 이때, 서로 경쟁관계에 있는 상품들을 가정하기 때문에 여러 상품을 동시에 구매하는 상황은 고려하지 않는다. g 번째 집단에 속한 i 번째 개인이 k 번째 대안을 선택함으로써 얻게 되는 효용을 $U_k^{(g,i)}$ 라고 하고 효용을 다음과 같이 각 대안과 관련된 여러 가지 속성들의 선형함수로 정의한다. 이때, $k=0$ 은 '비구매'를 의미한다.

$$U_k^{(g,i)} := V_k^{(g,i)} + \varepsilon_k^{(g,i)} = \sum_a \beta_{ka}^g X_{ka}^{(g,i)} + \varepsilon_k^{(g,i)}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, K \quad (1)$$

식 (1)에서 보는 바와 같이 $V_k^{(g,i)}$ 는 여러 가지 변수들의 합수로 구성되며 오차항 $\varepsilon_k^{(g,i)}$ 는 모형의 표기 오차 등을 반영한다. $X_{ka}^{(g,i)}$ 는 고객이 대안을 선택할 때 얻게 되는 효용에 영향을 미치는 변수로서 각 대안이 갖고 있는 특성이나 개인이 가지고 있는 특성을 나타낸다. 물론 기준이 되는 한 가지 대안에 대한 각 대안의 상대적인 효용의 크기를 나타낼 수 있는 상수항도 될 수 있다. 만약 i 번째 개인이 k 번째 대안을 선택하고자 한다면, 다른 어떤 대안보다도 더 큰 효용을 얻을 수 있기 때문에 그 대안을 선택한 것이다. 따라서 한 개인이 k 번째 대안을 선택할 확률은 다음과 같다.

$$P_k^{(g,i)} = P(U_k^{(g,i)} \geq \text{Max}\{U_0^{(g,i)}, U_1^{(g,i)}, \dots, U_{k-1}^{(g,i)}, U_{k+1}^{(g,i)}, \dots, U_K^{(g,i)}\}) \quad (2)$$

오차항, $\varepsilon_k^{(g,i)}$ 는 편의상 다음 식 (3)과 같은 극한값분포(extreme value distribution)를 따른다고 가정한다(Ben-Akiva and Lerman, 1985).

$$P(\varepsilon_k^{(g,i)} \leq \varepsilon) = \exp(-e^{-\varepsilon}) \quad (3)$$

이와 같은 오차항 분포에 대한 가정에 의하여 i 번째 개인이 k 번째 대안을 선택할 확률은 다음과 같이 유도된다.

$$P_k^{(g,i)} = \frac{\exp(V_k^{(g,i)})}{\sum_{j=0}^K \exp(V_j^{(g,i)})}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, K \quad (4)$$

g 번째 집단에 속한 사람들이 k 번째 대안을 선택할 평균 확률은 다음 식 (5)와 같다.

$$\bar{P}_k^g = \frac{1}{n_g} \sum_{i=1}^{n_g} P_k^{(g,i)}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, K \quad (5)$$

2.2 동적 포화시장 모형

g 번째 집단의 모집단의 크기를 N_g 라고 정의하면 t_0 시점에 k 번째 상품에 대한 포화시장 규모는 다음 식 (6)과 같으며 전체 포화시장 규모는 식 (7)과 같다.

$$M_k(t_0) = \sum_{g=1}^G N_g \times \bar{P}_k^g, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (6)$$

$$\begin{aligned} M(t_0) &= \sum_{k=1}^K M_k(t_0) = \sum_{k=1}^K \sum_{g=1}^G N_g \times \bar{P}_k^g \\ &= \sum_{g=1}^G N_g \times (1 - \bar{P}_0^g) \end{aligned} \quad (7)$$

소비자가 어떤 상품을 구매할 때에는 대안이 되는 각 상품의 속성을 서로 비교한 후 선택을 하게 된다. 식 (6)과 (7)의 포화시장 모형에는 각 상품의 속성, 예를 들면 각 상품의 가격과 같은 변수가 포함될 수 있으며 시간이 지남에 따라 가격이 변화하면서 포화시장도 영향을 받게 된다. 이와 같은 상황에서 상품별 속성 변화에 따른 시장의 크기를 예측하기 위해서 설문 조사를 다시 하는 작업은 시간과 비용이 많이 소요되기 때문에 변화에 적응적으로 예측할 수 있는 동적 포화시장 모형이 필요하다. $MP_k(t)$ 는 t 시점에 k 번째 상품의 동적 포화시장 규모, x_{ja} 는 j 번째 상품의 a 번째 변수라고 하고, t_0 시점과 비교하여 t 시점에 $\Delta x_{ja}(t)$ 만큼 변화한다고 할 때 $MP_k(t)$ 에 대한 1차 테일러 확장(first-order Taylor expansion)을 하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} M_k(t) &\approx M_k(t_0) + \left. \frac{dM_k}{dx_{ja}} \right|_{t=t_0} \times \Delta x_{ja}(t) \\ &= \sum_{g=1}^G N_g \times \left(\bar{P}_k^g + \left. \frac{d\bar{P}_k^g}{dx_{ja}} \right|_{t=t_0} \times \Delta x_{ja}(t) \right) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\frac{d\overline{P}_k^g}{dx_{ja}} = \frac{1}{n_g} \sum_{i=1}^{n_g} \frac{dP_k^{(g,i)}}{dx_{ja}} = -\frac{\beta_{ka}^g}{n_g} \sum_{i=1}^{n_g} P_k^{(g,i)} \times P_j^{(g,i)},$$

for $j \neq k$ (9)

$$\frac{d\overline{P}_k^g}{dx_{ja}} = \frac{\beta_{ka}^g}{n_g} \sum_{i=1}^{n_g} P_j^{(g,i)} \times (1 - P_j^{(g,i)}), \text{ for } j = k \quad (10)$$

따라서 t 시점에 상품의 속성의 변화에 따른 전체 포화시장 규모는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$MP(t) = \sum_{k=1}^K MP_k(t) \approx \sum_{g=1}^G N_g \times \left[1 - \overline{P}_0^g + \sum_j \left(\left(\frac{\beta_{ka}^g}{n_g} \sum_{i=1}^{n_g} P_0^{(g,i)} \times P_j^{(g,i)} \right) \Delta x_{ja}(t) \right) \right] \quad (11)$$

3. 국내 이동통신 서비스의 포화시장

3.1 시장 환경 및 설문

이 절에서는 앞에서 제안한 모형을 설문자료에 적용하여 정부의 단말기 보조금 지급 금지 규제 이후 수요변화를 예측하고자 한다. 국내 디지털 이동전화 서비스에는 셀룰러와 PCS 서비스가 있다. 셀룰러 서비스는 1996년 4월, PCS 서비스는 1997년 10월부터 시작된 이후 현재까지 각 사업자들은 광고나 다양한 판촉 행사뿐만 아니라 신규 가입자에게 단말기 보조금을 지급하며 경쟁을 해왔다. 이로 인하여 국내 이동통신 서비스 시장은 매우 빠른 속도로 저 연령층으로 확대되어 왔다. 단말기 보조금으로 인하여 초기 진입 장벽이 낮아지면서 기존 가입자들은 단말기 교체 빈도가 커지고 사업자 변경이 어렵지 않게 되었다. 따라서 정부의 단말기 보조금 지급 금지 규제는 국내 이동전화 시장의 신규 진입이나 사업자 변경에 있어서 큰 장벽으로 작용하게 될 것임을 예상할 수 있다. 이와 같은 상황에서 각 사업자들은 수요예측을 할 때 가격이 수요에 미치는 영향을 고려하지 않을 수 없다. 가격외에 광고나 판촉과 같은 다른 마케팅 변수들이 수요에 영향을 미칠 수 있으나 본 연구에서는 상품의 속성으로서 가격 변수만을 고려하고자 한다.

본 논문에서 분석한 설문은 모집단을 10세 이상의 인구로 설정하고 셀룰러 가입자 집단, PCS 가입자 집단, 비가입자 집단으로 구분하여 표본을 추출한 후 2000년 7월 직접 인터뷰를 통해 실시되었다. 통계청 자료에 따르면 2000년 10세 이상 인구는 약 40,189,000명으로 예상된다. 2000년 6월말 셀룰러 가입자 수와 PCS 가입자 수는 각각 15,303,000명, 11,266,000명으로 추산되므로 비가입자 수는 13,620,000명으로 예상된다. 각 집단별로 모집단의 성별, 연령별 인구 분포에 맞추어서 표본을 추출하였으며 가입자와 비가입자의 설문 대상자는 각각 1,023명, 1,016명이다. 또한 각 표본은 직업이나 지역별로 고루 분포하고 있다.

각 개인은 설문에서 이동통신 서비스에 대한 욕구나 필요성

표 1. 설문 당시 각 서비스의 가격 (단위: 원)

가 격	서비스	
	셀룰러	PCS
가입비와 보증보험료	68,000	50,000
단말기 가격	320,000	300,000
월 기본료	16,000	15,833
분당 통화료	129	110

을 포함하여 이동통신 서비스 이용과 관련된 여러 가지 질문에 답변하였으며 향후 단말기 보조금이 없는 상황에서 셀룰러, PCS, 비가입 가운데 한 가지 대안을 선택하도록 하였다. 단말기 보조금이 없는 상황에서 설문 당시 각 서비스의 가격은 <표 1>에서 보는 바와 같다.

3.2 Choice utility of subgroups for services

<표 2>는 비가입자 집단을 대상으로 한 설문자료에 다항 로짓 모형을 추정한 결과를 나타낸 것이다. 최종 모형에 포함된 변수들은 모수의 부호, 통계적인 유의성, 변수의 중요성 등을 고려하여 선택되었다. 본 응용사례에서는 각 서비스의 단말기 가격, 가입비, 보증보험료를 포함한 초기 진입비용을 고객 진

표 2. 비가입자 집단의 다항 로짓 모형 추정결과

효 용	변 수	계수 추정치	p-value
$U_{Cell}^{(Non, i)}$	상 수	2.145585	0.0001
	(단말기 구입비를 포함한 가입 비용으로 최대한 지불하고자 하는 비용 - 셀룰러 서비스의 고객 진입 가격) (단위: 원)	0.000008268	0.0001
	외부에서 보내는 시간이 많은 정도 × 외부에서 타인과의 연락 필요성 (각각 5점 척도)	0.067441	0.0002
	나 이	-0.032901	0.0001
$U_{PCS}^{(Non, i)}$	(단말기 구입비를 포함한 가입 비용으로 최대한 지불하고자 하는 비용 - PCS 서비스의 고객 진입 가격) (단위: 원)	0.000004676	0.0322
	외부에서 보내는 시간이 많은 정도 × 외부에서 타인과의 연락 필요성 (각각 5점 척도)	0.067441	0.0002
	나 이	-0.032901	0.0001
	상 수	1.681857	0.0076
$U_{Non}^{(Non, i)}$	필요가 없어서 지금까지 이동 전화를 사용하지 않았다면 1; 그렇지 않으면 0	0.446320	0.0778

표 3. 각 집단의 평균 선택 확률

From \ To	셀룰러	PCS	비가입
셀룰러 가입자 집단	0.9868204	0.0032949	0.0098847
PCS 가입자 집단	0.0429779	0.9340993	0.0229228
비가입자 집단	0.0805081	0.0264813	0.8930106

입 가격으로 정의하고 고객의 효용에 영향을 미치는 변수로 고려하였다. 실제 추정에서는 각 개인이 단말기 구입비를 포함한 가입비용으로 최대한 지불하고자 비용과 실제 고객 진입 가격과의 차이를 변수로 반영하고 고객 진입 가격의 변화에 대한 포화시장의 민감도를 분석하였다. <표 2>의 추정 결과 다음과 같은 사항을 유추할 수 있다. 개인의 효용은 주어진 각 서비스의 고객 진입 가격에 비해 개인이 최대한 지불하고자 하는 비용이 클수록 증가한다. 외부에서 보내는 시간이 길고 외부에서 타인과의 연락할 필요성을 많이 느끼는 사람일수록 이동전화에 가입할 확률은 커진다. 추정결과에 따르면 나이가 적을수록 이동전화 가입확률은 증가한다. 반면에 필요가 없기 때문에 지금까지 이동통신 서비스를 이용하지 않는 비가입자는 비가입자 그대로 남아 있을 때 얻는 효용이 커진다. 이와 같은 방법을 셀룰러 가입자 집단과 PCS 가입자 집단의 설문자료에 각각 적용한 결과 각 집단의 평균 선택 확률, P_k^* 를 계산하면 <표 3>과 같다. 각 집단별로 현재의 상태를 유지하고자 하는 성향이 큼을 알 수 있다.

3.3 Dynamic market potential for the mobile telecommunication services in Korea

식 (6)과 (7)를 이용하여 설문에서 제시된 서비스 속성에 따라 t_0 시점에 각 서비스의 포화시장과 전체 포화시장을 구하면 다음 식 (12)와 같다.

$$M_{Cel}(t_0) = 16,682,022, \quad M_{PCS}(t_0) = 10,934,660$$

$$M(t_0) = \sum_k M_k(t_0) = 27,616,682 \quad (12)$$

식 (8)과 (11)을 이용하면 각 서비스에 대한 동적 포화시장과 전체 이동통신 서비스의 포화시장 규모를 추정할 수 있다. 각 서비스의 고객 진입 가격 변화는 포화시장에 영향을 미치게 되며 동적 포화시장 모형은 다음 식 (13)과 같다.

$$MP(t) = (40,189,000 - 15,303,000 - 11,266,000) \times \{1 - 0.8930106 - 0.000008268 \times 0.0594818 \times (X_{Cel}(t) - 388,000) - 0.000004676 \times 0.021156 \times (X_{PCS}(t) - 350,000)\} + 15,303,000 \times (1 - 0.0098847) + 11,266,000 \times (1 - 0.0229228) \quad (13)$$

표 4. 각 서비스의 예상 가격과 포화시장 예측치

(a) 각 서비스의 예상 가격 (단위: 원)

시점	셀룰러	PCS
2000년 3사분기	358,000	320,000
2000년 4사분기	368,000	330,000
2001년 1사분기	418,000	380,000
2001년 2사분기	418,000	380,000
2001년 3사분기	398,000	360,000
2001년 4사분기	388,000	350,000
2002년 1사분기	388,000	350,000
2002년 2사분기	368,000	330,000

(b) 각 서비스의 포화시장 예측치

시점	셀룰러	PCS	전체
2000년 3사분기	16,888,980	10,969,070	27,858,050
2000년 4사분기	16,819,994	10,957,600	27,777,594
2001년 1사분기	16,475,064	10,900,249	27,375,313
2001년 2사분기	16,475,064	10,900,249	27,375,313
2001년 3사분기	16,613,036	10,923,190	27,536,226
2001년 4사분기	16,682,022	10,934,660	27,616,682
2002년 1사분기	16,682,022	10,934,660	27,616,682
2002년 2사분기	16,819,994	10,957,600	27,777,594

이때, $X_k(t)$ 는 t 시점에 k 서비스의 고객 진입 가격을 의미한다. 비가입자 집단은 셀룰러나 PCS의 고객 진입 가격의 변화에 유의하게 반응하는 반면에 셀룰러 가입자와 PCS 가입자 집단은 가격의 변화에 민감하게 반응하지 않음을 알 수 있다. <표 4>는 각 서비스의 향후 예상 가격과 포화시장, 그리고 전체 포화시장을 예측한 결과이다. 각 서비스의 예상 가격은 이동통신 전문가에 의해 주어졌으며 미래에 서비스 가격이 변화하면 위 식을 이용하여 포화시장 규모를 다시 계산할 수 있다.

4. 결론

기존의 연구에서 포화시장 예측은 대부분 한정된 시계열 자료나 경영자의 전문 지식 또는 직관적인 판단에 의하여 이루어져 왔다. 반면에 본 논문에서 제안한 바와 같이 잠재 고객의 설문자료를 이용하여 포화시장을 예측하는 방법은 수요의 확산을 고객의 효용 극대화 관점에서 파악함으로써 예측 오차를

줄이고 확산모형에서 추정하여야 할 모수의 개수를 줄일 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 다항 로짓 모형을 개인 수준의 설문자료에 적용하여 포화시장을 예측하는 방법을 제안하였다. 그리고 향후 상품 속성 변화에 따른 시장 변화를 예측하기 위하여 재설문을 하지 않고 적응적으로 포화시장을 예측할 수 있는 방법을 제안하였다. 실제로 국내 이동통신 서비스 시장은 2000년 6월 이후 정부의 단말기 보조금 지급 금지 규제로 인하여 고객이 부담하여야 할 가격이 상승하게 되었다. 이에 가격의 변화가 포화시장에 미치는 효과를 예측하기 위하여 설문 조사를 하였다. 본 논문에서 제안한 모형을 설문자료에 적용한 결과 집단별로 서비스 가격에 대해 서로 다른 민감도를 보임을 알 수 있었으며 각 서비스의 가격 변화에 따라 포화시장이 어떻게 변화하는지를 예측할 수 있었다.

참고문헌

- Bass, Frank M. (1969), A New Product Growth Model for Consumer Durables, *Management Science*, **15**, 215-227.
- Ben-Akiva, Moshe and Lerman, Steven R. (1985), *Discrete Choice Analysis : Theory and Applications to Travel Demand*, MIT Press, Cambridge.
- Heeler, Roger M. and Hustad, Thomas P. (1980), Problems in Predicting New Product Growth for Consumer Durables, *Management Science*, **26**, 1007-1020.
- Horsky, Dan (1990), A Diffusion Model Incorporating Product Benefits, Price, Income and Information, *Marketing Science*, **9**(4), 342-365.
- Jain, Dipak C. and Rao, Ram C. (1990), Effect of Price on the Demand for Durables : Modeling, Estimation and Findings, *Journal of Business & Economic Statistics*, **8**(2), 163-170.
- Kalish, Shlomo (1985), A New Product Adoption Model with Price, Advertising and Uncertainty, *Management Science*, **31**, 1569-1585.
- Mahajan, Vijay and Peterson, Robert A. (1978), Innovation Diffusion in a Dynamic Potential Adopter Population, *Management Science*, **24**, 1589-1597.
- Mahajan, Vijay, Muller, Eitan and Bass, F.M. (1990), New Product Diffusion Models in Marketing : A Review and Directions for Research, *Journal of Marketing*, **54**, 1-26.
- Mansfield, Edwin (1961), Technical Change and the Rate of Imitation, *Econometrica*, **29**, 741-766.
- Mesak, H. I. and Mikhail, W. M. (1988), Prelaunch Sales Forecasting of a New Industrial Product, *Omega*, **16**(1), 41-51.
- Oliver, Robert, M. (1987), A Bayesian Model to Predict Saturation and Logistic Growth, *Journal of the Operations Research Society*, **38**(1), 49-56.
- Sharif, M. Nawaz and Ramanathan, K. (1981), Binomial Innovation Diffusion Models with Dynamic Potential Adopter Population, *Technological Forecasting and Social Change*, **20**, 63-87.
- Souder, William E. and Quaddus, M. A. (1982), A Decision Modeling Approach to Forecasting the Diffusion of Longwall Mining Technologies, *Technological Forecasting and Social Change*, **21**, 1-14.
- Srinivasan, V. and Mason, Charlotte H. (1986), Nonlinear Least Squares Estimation of New Product Diffusion Models, *Marketing Science*, **5**, 169-178.
- Teotia, A. P. S. and Raju, P. S. (1986), Forecasting the Market Penetration of New Technologies Using a Combination of Economic Cost and Diffusion Models, *Journal of Product Innovation Management*, **3**, 225-237.