

시스템다이내믹스 기법을 활용한 차급별 월간 자동차 수요 예측 모델 개발

Development of a System Dynamics Model for Forecasting the Automobile Market

곽상만 · 김기찬 · 안수웅 · 장원혁 · 홍정석
(시스템믹스주) · (가톨릭대 경영학과 교수) · (한국자동차산업연구소) · (시스템믹스주) · (이주대학교 에너지학과)

Abstract

A system dynamics project is going on for forecasting automobile market in Korea. The project is made up of three stages, and the first stage has been wrapped up. As the first attempt, most efforts have been focused on the sound foundation rather than the exact forecast.

The model consists of three sectors; the supply sector, the demand sector, and the population sector. The supply sector is a simple stock and flow diagrams representing the supply capacities of all automobile types. The major effort is made on the demand sector and the population sector. The demands are divided into three categories; replacement demands, new demands, and additional demands. The model applies "one car per person" concept, and assumes there will be no additional demands for a while. The replacement demands are calculated based on a simple stock and flow diagram. The new demands are calculated via Bass models; each bass model represents a diffusion for each age group. The population is divided into 101 age groups (age 0 to age 100).

The model has been calibrated with past 10 year data (1990 - 1999), and tested for the next two years (2000-2001). The results were acceptable, although a fine tuning is required. Now the second stage is going on, and most of efforts are made how to incorporate the economic and cultural factors.

I. 서론

우리나라 자동차 보급률은 자동차 1 대당 인구 3.9 명으로 집계되고 있다. 이 수치는 미국(1.3 명), 일본(1.8 명), 서유럽(평균 2.1 명) 등에 비해 아직 차이가 많으나, 우리나라의 짧은 자동차 역사에도 불구하고 거의 성숙기에 이른 것으로 볼 수 있다. 자동차 산업 면에서도 1980년대 이전 수요가 공급을 초과하는 공급 주도 시장에서 1990년대의 과도기를 거쳐 지금은 일부 제품에서는 공급능력이 수요를 초과하는 수요주도 시장과 공급주도 시장이 공존하는 복잡한 구조로 변환되었다.

수요 주도 시장은 수요에 따라 자동차를 생산하여야 하는 어려움이 따르게 된다. 공급이 수요를 따르지 못하면 그만큼 기회적 손실이 발생하는 것이고, 공급이 수요를 초과한다면 판매하지 못하는 자동차에 대한 직접적 손실은 물론, 재고로 인하여 발생하는 손실도 무시할 수 없다.

따라서 수요 주도 시장에서는 자동차 생산계획은 수요를 정확하게 예측하는 작업부터 시작하게 된다. 그 동안 자동차 수요를 예측하는 작업의 주요 골격은 모두 통계적 기법에 의존하여 예측하는 방법이나, 수요 처 별로 예상 판매량을 근거로 자동차 수요를 예측하는 방법을 사용하여 왔다. 우리나라는 후자를 주로 사용하였고, 통계적 기법에 의해 예측된 자료를 참고로 사용하는 형태를 취해 왔다.

실적 자료를 근거로 객관적인 모델을 개발하는 통계적 예측으로 상당한 Insight를 얻을 수 있는 것이 사실이다. 그러나, 보다 객관적이고 합리적인 방법이라고 할 수 있는 통계적 기법이 이렇게 보조 정보로 밖에 사용되지 못하는 데는, 그 동안 우리의 생산 계획이 공급 주도로 이루어져서 수요 예측의 중요성이 간과되어 왔다는 사실 이외에도 몇 가지 설득력 있는 근거가 있다.

- 첫째, 우리나라 자동차 산업은 개발 단계를 거쳐서 이제는 성숙 단계에 접어들었으며, 따라서 개발 단계에서 수집된 자료를 근거로 미래를 예측하는 것에는 한계가 있다.
- 둘째, 통계적 방법은 거시적 관점에서 균형상태의 수요를 예측하는 것이고, 실무자들에게 필요한 것은 월간 예상 판매량과 같은 단기적 수요를 예측하여야 하며, 이 단기적 수요에는 수 많은 동적 (Dynamics) 현상이 관련되어 있으므로 통계적 방법은 적당하지 못하다.
- 셋째, 실무자들은 경험에 의해 많은 지식을 얻고 있으나, 그 지식을 기존의 통계적 방법에 활용하기에는 한계가 있다.
- 넷째, 자동차 수요와 관련되어 경제 / 사회 / 문화적 변화가 끊임없이 발생하는데,

통계적 모델은 그 변화를 수용하는 데 한계가 있다.

사실, 자동차 수요의 예측 값은 환경 변화에 따라 계속 변해야 한다. 예측된 수요와 실적 값이 차이가 나는 이유는 예측을 잘못해서 발생하기도 하지만, 현존하는 최고의 예측 기술로 수요를 예측하였다 하더라도 환경의 변화가 조금만 발생하면 실적은 예측 값을 벗어 나기 마련이다. 모든 사회적 변화를 미리 예측한다는 것이 실질적으로 불가능하므로, 사회적 변화가 발생하였을 때 그것을 바로 모델에 반영할 수 있도록 해야 한다. 즉, 예측 방법도 중요하지만 환경 변화를 즉각 반영할 수 있는 살아 있는 예측이 되어야 한다. 이렇게 하기 위해서는 각종 자료를 자동으로 입력 받아 예측을 하는 전산 시스템으로 구축하도록 하는 것도 매우 중요하다.

우리가 수요를 예측한다고 하지만, 우리는 결코 객관적 입장에 있을 수 없으며, 수요를 발생시키는 사회 시스템의 일부분이다. 즉, 수요를 어느 정도 조정할 수 있는 공급 기능은 물론 정책 기능도 우리 주위에 있으며, 수요는 예측 및 창조의 요소를 모두 갖고 있다고 하겠다. 가령, 판촉 활동으로도 수요를 유발할 수 있고, 장기 저리 이자율을 제공하여서도 절대 수요 자체 또는 차종간의 수요를 조절할 수 있다. 따라서, 공급-수요-정책 등을 모두 같이 평가해야 올바른 방법이다.

우리나라는 미국 등 자동차 선진국에 비하면 아직 변화의 여지가 많은 사회이다. 그 변화 요인의 예로는 주 5일 근무제, 중고차 시장의 발달, 자동차 용도의 다양화, 자동차 권역의 확대(가령 남북간 왕래 등을 통해) 등을 들 수 있다. 이 중 자동차 권역의 확대는 장기 수요 예측 시 반드시 반영해야 하는 요인이고, 중고차 시장의 발달 및 자동차 용도의 다양화는 중장기 수요 예측 시, 내년부터 실시될 주 5일 근무제는 단기 예측 시 반드시 고려되어야 할 요인이다. 문제는 이러한 요인은 실적 자료가 없기 때문에 자료에 의존하는 통계적 방법은 아무래도 무리가 있게 된다.

이상의 상황을 바탕으로 이번 연구에서 선택한 방법론은 시스템다이내믹스 (System Dynamics) 기법의 도입이다. 실적자료와 실무경험 등 지식을 모두 다 활용하는 시스템다이내믹스 기법은 전술한 모든 문제를 해결할 실마리를 갖추고 있다. 그러나, 이번 연구는 국내에서 처음 시도하는 작업인 만큼, 모든 문제를 한번에 해결하기 보다는 기본 골격의 완성에 중점을 두고 있으며, 추후의 발전 가능성을 남겨 두기 위해 노력하였다.

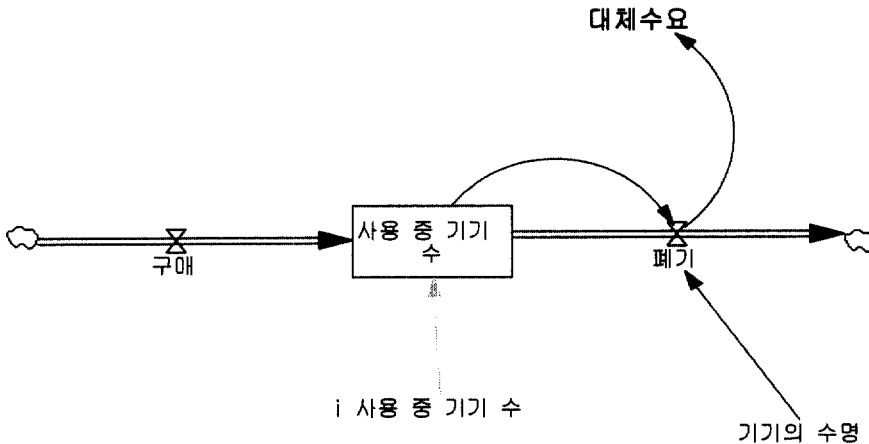
II. 모형의 개요

이번에 개발되는 모형은 다양한 버전이 있다. 실무에서 분석의 목적에 따라 적절한 버전을 택하여 평가할 수 있도록 하는 이유도 있지만, 아직까지 다양한 시도가 이루어지고 있기 때문이다. 모형의 자세한 소개도 지면관계상 제한이 많다. 따라서 여기에서는 기본 논리를 설명하는데 중점을 두기로 한다.

1. 구분 별 수요

자동차 수요는 다른 일반 상품과 같이 대체수요, 신규수요, 추가수요로 구분할 수 있다. 대체수요는 자동차를 이미 소유한 사람이 현재의 자동차를 처분하고 새로운 자동차를 구입하는 행위이며, 신규수요는 자동차를 처음으로 구매하는 행위, 추가수요는 현재 자동차를 소유한 사람이 추가로 자동차를 소유하는 행위이다.

대체수요를 시스템다이내믹스 기법으로 묘사하는 방법은 다음과 같은 스톡과 플로우로 나타내는 것은 일반적이다. 스톡(레벨)은 스톡에 들어갈 때 와 나갈 때 자연스럽게 지연(Delay)이 일어나는데, 이 지연은 아래의 그림에서 기기의 수명이 된다.



기기의 수명=12 ~ Units: 월

대체수요= 폐기 ~ Units: 대/월

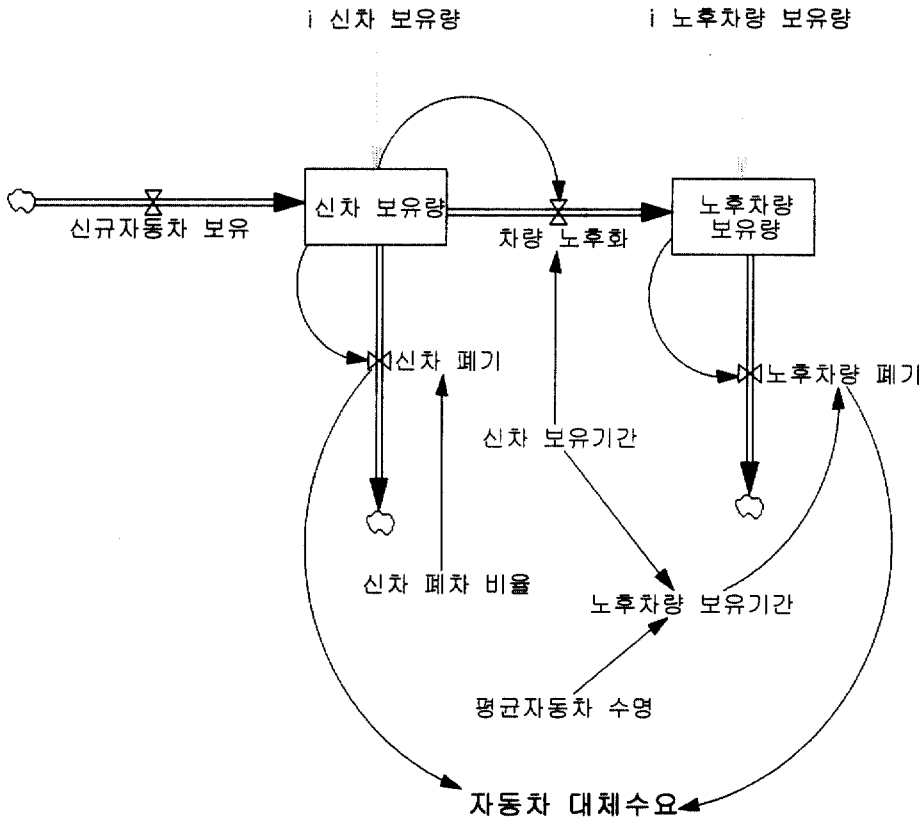
사용 중 기기 수= INTEG (구매-폐기, i 사용 중 기기 수) ~ Units: 대

폐기= 사용 중 기기 수 / 기기의 수명 ~ Units: 대/월

i 사용 중 기기 수= 1000 ~ Units: 대

<그림 1> 대체수요 묘사를 위한 스톡 및 플로우 일반 모형

자동차의 대체수요 또한 <그림 1>의 일반형태를 바로 적용할 수 있지만, 일반 상품과 달리 중고시장이 발달된 자동차 산업의 특성을 고려하면 다음과 같은 스톡과 플로우 모형이 더 적합하다.

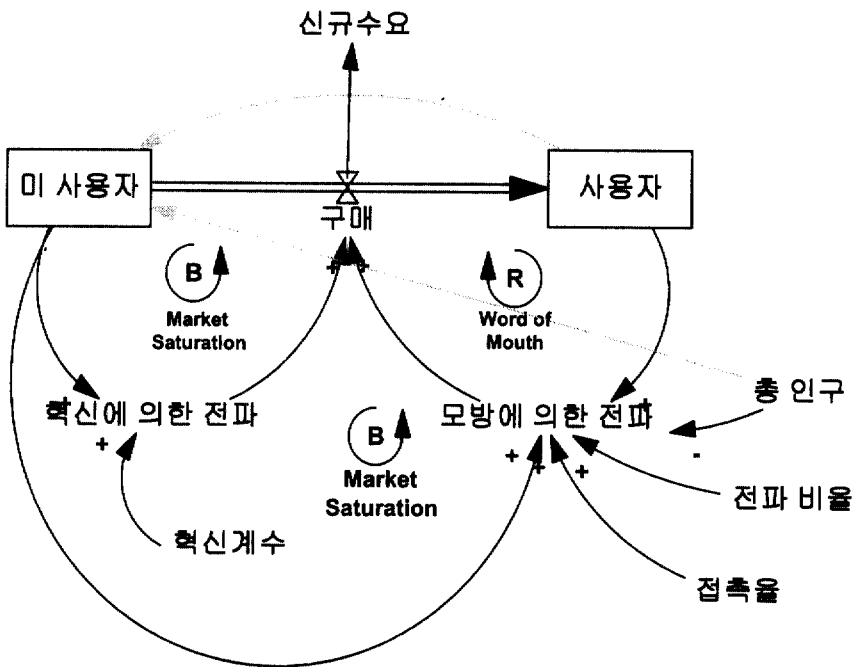


- 노후차량 보유기간= 평균자동차 수명 - 신차 보유기간 ~ Units: 개월
- 노후차량 보유량= INTEG (+차량 노후화-노후차량 폐기, i 노후차량 보유량) ~ Units: 대
- 노후차량 폐기= 노후차량 보유량 / 노후차량 보유기간 ~ Units: 대/월
- 신차 보유기간= 36 ~ Units: 개월
- 신차 보유량= INTEG (신규자동차 보유-신차 폐기-차량 노후화, i 신차 보유량) ~ Units: 대
- 신차 폐기= 신차 보유량 * 신차 폐차 비율 ~ Units: 대/월
- 차량 노후화= 신차 보유량 / 신차 보유기간 ~ Units: 대/월
- 자동차 대체수요 = 노후차량 폐기 + 신차 폐기 ~ Units: 대/월

<그림 2> 자동차 대체수요 묘사를 위한 스톡 및 플로우 모형

우리가 관심 있는 변수는 신차수요이며, 대부분의 신차수요는 차량의 노후화나 비록 비율은 작지만 신차의 폐기에 의해서 나타난다. 노후차량 폐기도 신차수요와 긴밀한 관계가 있다. 가령, 중고차 스톡이 없다는 가정 하에서는 신차폐기량과 노후 차량 폐기량의 합이 신차 수요로 나타나게 될 것이다.

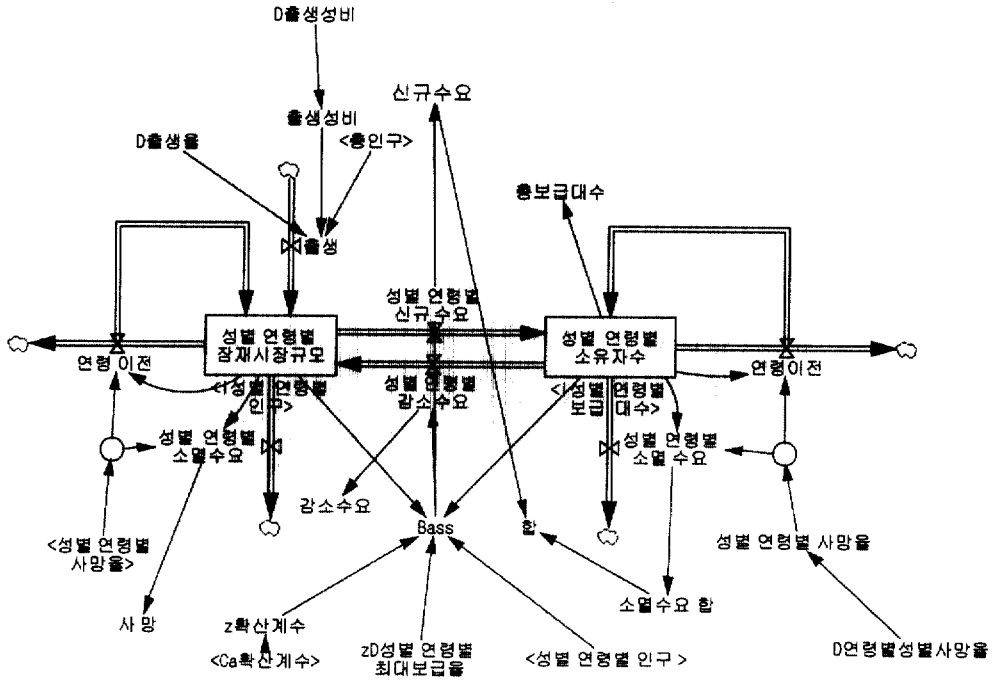
신규수요의 묘사는 다음 그림과 같이 혁신에 의한 전파 및 모방에 의한 전파로 대별되는 베스의 확산 모형을 적용하는 것이 일반적이다.



- 구매 = 혁신에 의한 전파 + 모방에 의한 전파 ~ Units: Units/Year
- 모방에 의한 전파 = 사용자 * 접촉율 * (미 사용자 / 총 인구) * 전파 비율 ~ Units: Units/Year
- 미 사용자 = INTEG (-구매, 총 인구 - 사용자) ~ Units: Units
- 사용자 = INTEG (구매, 0) ~ Units: Units
- 신규수요 = 구매 ~ Units: Units/Year
- 접촉율 = 100 ~ Units: 1/Year
- 총 인구 = 1e+006 ~ Units: Units
- 전파 비율 = 0.015 ~ Units: Dimensionless
- 혁신계수 = 0.011 ~ Units: 1/Year
- 혁신에 의한 전파 = 혁신계수 * 미 사용자 ~ Units: Units/Year

<그림 3> 신규수요 묘사를 위한 베스 모형

물론, 시장의 크기 자체가 계속 변하고, 배스 모형에서 혁신계수, 전파비율, 접촉율 등이 상수가 되지 않을 것임은 분명하기 때문에 배스 모형을 그대로 적용하는 것은 무리이다. 또한, 이번 자동차 모델의 가장 큰 특징 중의 하나는 신규수요를 연령별로 묘사하는 것이 데(2절 참조), 이렇게 하기 위해서는 다음 그림과 같은 변형된 배스 모형을 적용하는 것이 적합하다.



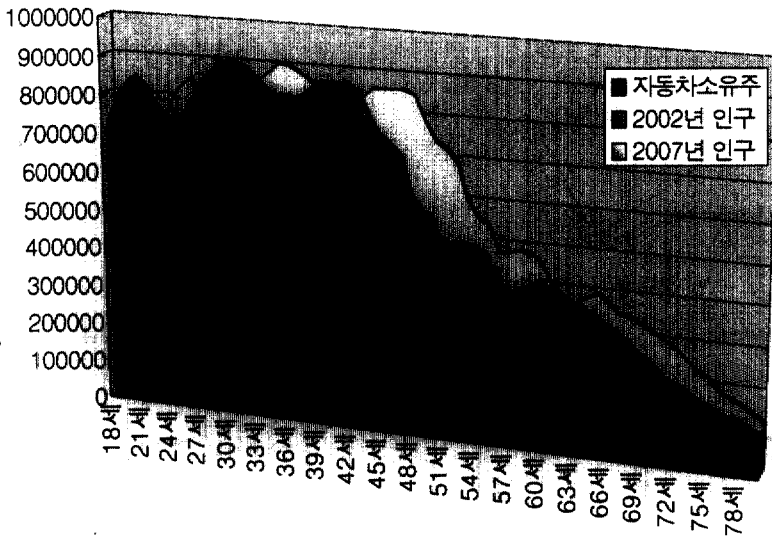
수식: 첨부 1 참조

(그림 4) 자동차 신규수요 묘사를 위한 배스 모형.

추가수요는 자동차를 이미 보유한 사람이 자동차를 추가로 구매하는 행위이다. 현재 국내 현실에서는 추가수요가 여러 가지 형태로 나타난다. 그 하나는 집안 식구 중 다른 사람이 사용할 차를 자기 명의로 대신 구매하는 것과, 현 자동차를 팔고 새 자동차를 구매하고자 하는데, 그 시간차가 있어 잠시 두 대를 보유하게 되는 것이다. 즉, 본인이 사용하기 위해 두 대 이상의 자동차를 보유하는 경우는 매우 드물 것이라는 것이다. 요컨대, 일인 일차 개념에서는 우리나라 현실에서 자동차 중복 소유는 무시할 수 있다. 자동차 통계에서 발표하는 중복 소유는 대부분이 “일 가구 일 차”의 개념에서 출발한 것이다. 문제는 유일하게 사용할 수 있는 자료인 자동차 등록 현황에서 자동차 명의 소유자와 자동차 운전자 간에 다르게 잡힌다는 점이다. 이에 대한 자세한 검토 결과, 자료의 일관성만 있다면, 크게 문제 될 것은 없다고 판단하였다.

2. 인구 분포와 자동차 수요

전술한 바와 같이 이번 연구의 가장 큰 특징은 자동차 시장을 연령별로 묘사한 것이다. 다음 그림은 연령별 인구 분포와 자동차 소유 현황을 나타낸 것이다.



〈그림 5〉 우리나라 인구 분포 및 자동차 소유 연령 분포

그림에서 보는 바와 같이 우리나라의 자동차 보급은 인구에 따라 현격한 차이를 보이고 있다. 성별로도 현격한 차이를 보이고 있는데, 40 대 초반의 남자는 보급률이 80%에 육박하는 반면, 20대 초반이나 60 대 이후에는 보급률이 상대적으로 매우 낮다. 즉, 배스의 확산 모형에서 확산 정도는 나이와 성에 따라 현격한 차이를 보이고 있고, 이를 모델에 반영하여야 한다. 한편, 자동차 마케팅 전략에서 연령 및 성별에 대한 차등화 정책이 매우 유효할 것으로 예상되므로 시스템다이나믹스 모델도 이러한 차등화 전략을 모의할 수 있도록 구성하여야 한다.

나이별 보급률은 단순히 배스 확산 모형에 따라 증가하는 것으로 끝나는 것이 아니라, 시간에 따라 그 흘러간 시간만큼 오른쪽으로 평행이동하면서 확산하게 된다. 신규수요는 이러한 평행이동과 확산효과를 합한만큼 증가하게 (사망에 따른 감소효과도 고려해야 함) 된다. 이러한 평행이동과 확산에 의해 신규수요를 계산하는 것은 수식이 복잡하기는 하지만, 시스템다이나믹스 기법이 가장 잘 활용되는 부분이기도 하다.

3. 기타 변수의 묘사

1절과 2절의 내용을 정리하면 다음과 같은 변수를 새로이 묘사하여야 한다.

- 자동차 평균 수명
- 신차 보유 기간
- 확산계수

이 세 종류 변수는 차령별, 연령별, 성별로 구분되어야 하므로 실제로는 수십가지 변수가 된다. 이 세 종류의 변수는 사회 / 경제 / 문화적 여건에 따라 변하게 되는데, 현재 연구팀

〈표 1〉 종속변수와 독립변수

	독립 변수		종속 변수			비고
	구분	변수	확산 계수	자동차평균수명	신차 보유기간	
경제적 요인	자동차 구입비 대 자산비율	자동차 평균 가격	○	○	○	이동평균
		소형 자동차 평균 가격	○	○	○	이동평균
		구입 시 자동차 세	○	○	○	이동평균
		이자율	○	○	○	이동평균
		종합주가지수, 지가지수	○	○	○	이동평균
		일인당국민소득	○	○	○	이동평균
	소득불균형	○	○	○	이동평균	
	운전유지비 대 소득비율	연료비	○	○	○	
		운전 중 자동차 세	○	○	○	
		보수유지비	○	○	○	
일인당국민소득		○	○	○		
소득불균형		○	○	○		
		소비자물가지수	○	○	○	
문화 환경적 요인	자동차의 보편화	운전면허 소지자 수	○	×	○	
		자동차 보급률	○	×	×	
	자동차 용도	출퇴근용 (실업률)	○	×	×	지니계수
		장보기 (소비선행지수)	○	×	×	
		가족 여행	○	×	×	
	교통환경	교통 혼잡도	×	×	×	
		대중교통수단 발달정도	×	×	×	
		필수품으로 인식하는 비율	×	○	×	
심리적 요인		신형자동차의 등장	×	○	×	
		디자인 변화	×	○	×	
기술적 요인		자동차의 내구성	×	○	×	
		자동차 보수의 용이성	×	○	×	
		자동차에 대한 지식	×	○	×	

은 이 세 종류 변수를 어떻게 시스템다이내믹스 기법으로 묘사하는가에 대해 다양한 방법을 연구하고 있다. 가장 쉬운 방법은 회귀 기법이나 캘리브레이션 기법을 활용하는 것이다. 일반적으로 종속변수에 대한 자료가 있다면 회귀방정식을 이용할 수 있을 것이다. 그러나 위에 나열한 변수는 모두 직접 측정이 가능한 변수가 아니다. 이러한 경우 다른 변수 (신차 판매량 및 폐차량)를 이용하여 캘리브레이션을 수행하여야 한다.

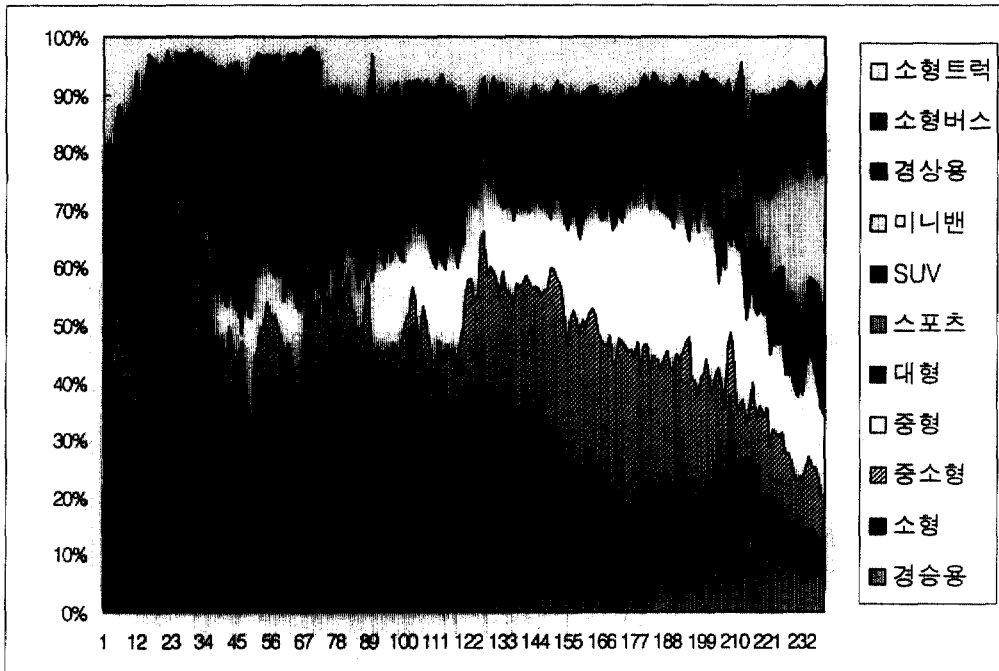
위의 <표 1>은 이들 변수에 대한 묘사를 위한 독립변수에 대해 고찰한 것이다. 이에 대한 자세한 기술은 자동차 산업에 대한 전반적인 지식을 요구하는 것이므로 여기에서는 생략하기로 한다.

4. 차급별 수요 예측

1절에서 4절까지는 총수요를 평가하는 방법을 기술한 것이다. 다음 작업은 총수요를 차급별 수요로 배분하는 것이다. 다음 표는 모델에서 고려하고 있는 자동차의 차급을 나타내고 있다.

<표 2> 고려 대상이 되는 차와 차급 분류

차급	현대	기아	대우	쌍용	삼성
경승용(car1)	아토스	비스토	마티즈, 티코		
소형(car2)	포니, 포니2, 엑셀, 베르나	프라이드, 아벨라, 리오	맙시나, 라노스, 넥시아, 르망, 시에로,		
중소형(car3)	엘란트라, 아반떼, 코티나, 스탈라	캐피탈, 세피아, 스펙트라, 슈마	에스페로, 누비라		
중형(car4)	쏘나타, 마르샤,	파크타운, 콩코드, 옵티마, 크레도스	레코드, 로얄살롱, 로얄프린스, 프린스, 매그너스, 레간자		SM520
대형(car5)	그라나다, 그랜저, 다이너스티, 에쿠스	세이블, 포텐샤, 엔터프라이즈	임페리얼, 브루엄, 아카디아	체어맨	SM525
스포츠(car6)	스쿠프, 티뷰론	엘란			
SUV (car7)	겔로퍼, 싼타페, 테라칸	스포티지, 레토나, 록스타		무쏘, 코란도	
미니밴(car8)	싼타모, 트라제, 라비타	카렌스, 카스타, 카니발	레조		
경상용(car9)		타우너밴, 타우너트럭	다마스, 라보		
소형버스(car10)	그레이스, 스타렉스	봉고, 베스타, 프레지오		이스타나	



<그림 6> 차종별 판매 비율 실적

과거 20년간 차급별 판매 비율을 그래프로 나타내면 <그림 6>와 같다. 그림에서 모델의 구성과 관련하여 특별히 관심을 끄는 점은 다음과 같다.

- 일부 차종은 중간에 새로 도입되었다.
- 월간 판매 비율의 등락 폭이 매우 심하다.

이 두 가지 점은 모두 모델을 위한 개념화를 매우 어렵게 한다. 특히 월간 판매비율의 등락 폭이 매우 심한 점은 일정한 특성에 따라 특정 차종의 판매량을 결정한다는 모델의 기본 가정을 곤란하게 하고 있다.

차종 간의 경쟁요소는 매우 다양한데, 주의할 점은 라이프스타일 간의 경쟁이라는 점이다. 이러한 각 변수들을 이용하여 차급별 판매량을 결정할 수도 있지만, 그렇게 될 경우 너무 많은 독립 변수들을 갖게 되므로 다음과 같은 매개 변수를 이용하여 결정하기로 하였다.

- 차급별 경제 문화 지수
- 차급별 가격 경쟁 지수
- 차급별 품질 경쟁 지수

- 차급별 심리적 경쟁지수

이들 변수들에 대한 자료는 실질적으로 얻을 수 없는 것이나, 일단 독립적 의미를 갖는 것이므로 이들 매개변수들의 곱의 형태로 차종별 판매 비율을 결정한다면 모델의 타당성에 영향을 주지 않는다.

1) 차급별 경제 문화 지수

차급별 경제 문화 지수는 자동차 구입 당시 자동차가 갖는 생활의 기능을 나타내는 지수이다. 이 자동차의 역할은 라이프스타일로 생각할 수 있는데 다음과 같이 구분할 수 있다.

- 출퇴근용 : 출퇴근 등 단순 교통수단
- 가족생활용(가족용) : 가족 여행, 친지 방문 등
- 사무용 : 사무실을 운영하는 중소기업의 다목적 용도
- 자영업자용 : 다양한 물건을 실어야 하는 중소기업의 다목적 용도 신다
- 개인생활용(개인용) : 개인의 취미 생활 위주의 자동차 용도

총 11 개의 차급의 생활의 역할에 대한 지수는 여러가지로 정의할 수 있지만, 이번 분석에서는 단순화시키기 위해서 이분법(적합 / 부적합)을 사용하기로 하였고 <표 3>과 같이 나타낼 수 있다.

<표 3> 차급 및 자동차의 역할

차종분류	출퇴근용	가족용	업무용	자영업자용	개인용
경승용	적합	부적합	부적합	부적합	부적합
소형	적합	부적합	부적합	부적합	부적합
중소형	적합	부적합	부적합	부적합	부적합
중형	적합	부적합	적합	부적합	부적합
대형	부적합	부적합	적합	부적합	부적합
스포츠	부적합	부적합	부적합	부적합	적합
SUV	부적합	적합	부적합	부적합	적합
미니밴	부적합	적합	부적합	부적합	부적합
경상용	부적합	부적합	부적합	적합	부적합
소형버스	부적합	부적합	부적합	적합	부적합
소형트럭	부적합	부적합	부적합	적합	부적합

차급별 경제 문화 지수는 자동차 구입 당시 여러 가지 경제적 / 문화적 요소에 영향을

받게 된다(<표 4> 참조). 또한, 이 지수는 차종 간의 경쟁 요소 및 독립적 요소 모두 포함하고 있으며 이를 모델에 반영해야 한다.

<표 4> 차급별 경제 문화 지수에 영향을 주는 변수

	변수	비고
경제적 요인	경제성장률	소득효과
	소비자물가지수	
	소비자기대지수	
	회사채수익률	
	가처분소득	
	부도율	업무용 및 자영업자용에 영향을 줌
	종합주가지수	자산효과
	지가지수	
	진위계수	소득 불균형
문화적 요인	근무일수	
	유가지수	대중교통수단과의 상대적 비교우위
	*도로 및 주차 환경	단기 예측이므로 분석에도 제외해도 될 것임
	*남북 통행 제한	
주) * 표시는 모델에서 제외한다는 것임		

2) 차급별 가격 경쟁 지수

차급별 가격 경쟁 지수는 차종간의 구입가격 및 운전유지비 가격의 비율로 나타낼 수 있다(<표 5> 참조).

<표 5> 차급별 가격 경쟁 지수에 영향을 주는 변수

	변수	비고
가격 요인	자동차 평균가격	차종간 가격 비율로 고려
	연비 (유류가격)	차종별 운전유지비 차이
	*자동차 등록세율	자동차 가격에 비례하므로 차종별로 세율의 변화가 크지 않으면 제외해도 될 것
	*자동차 취득세율	
	*자동차 보유세	
	Financing 혜택	라이프스타일 간의 경쟁에는 관계 없으나 특정 차에 대한 Financing 혜택이 있을 경우 평균값으로 입력하도록 해야 함
	(판촉정책; 할부조건 등)	
주) * 표시는 모델에서 제외한다는 것임		

3) 차급별 품질 경쟁 지수

차급별 품질 경쟁 지수는 각 차종의 전반적인 품질을 나타내는 것인데, 이번 연구에서는 경쟁을 통하여 차종별 품질이 변한다는 사실만 고려하기로 하여 차종별 모델 수만을 고려하기로 한다(<표 6> 참조).

<표 6> 차급별 품질 경쟁 지수에 영향을 주는 변수

	변수	비고
기능 요인	*좌석 수	이미 차종에 이를 반영하고 있으므로 따로 고려할 필요가 없음
	*내부 공간	좌석 수와 유사한 특성이 많음
	*고장률	실제 자료가 없어 고려하기가 힘들
	*쾌적함	심리적 요인 중 자동차 이미지와 동일한 개념으로 볼 수 있음
	*남북 통행 제한	
심리적 요인	*자동차 이미지	고급화 정도: 이미 차종에 이를 반영하고 있으므로 따로 고려할 필요가 없음
	선택의 다양성	모델수(경쟁이라는 변수를 통해 또다른 효과가 있음)
주) * 표시는 모델에서 제외한다는 것임		

4) 차급별 심리적 경쟁 지수

차급별 심리적 경쟁 지수는 선택의 다양성(차종별 모델 수) 및 차종의 인기도(최근 6개월 간 보급률)을 고려하기로 하였다(<표 7> 참조).

<표 7> 차급별 심리적 경쟁 지수에 영향을 주는 변수

	변수	비고
심리적 요인	자동차에 대한 평판	최근의 자동차 보급률로 고려할 수 있음
	선택의 다양성	
주) * 표시는 모델에서 제외한다는 것임		

5) 차급별 월간 판매량 결정 방식

2장에서 언급하였듯이 차종별 수요를 추정하는 방법에는 총수요를 결정하고 그것을 차급별로 배분하는 하향식 방법과 차급별 수요를 예측하여 총수요를 결정하는 상향식 방법이 있을 수 있으며, 이번 연구에서는 이를 모두 고려하였다(<표 8> 참조).

<표 8> 차종별 월간 판매량의 결정 방식

구분	하향식 요소	상향식 요소	비고
경제문화 지수	있음	있음	
가격 경쟁 지수	있음	있음	
품질 경쟁 지수	있음	있음*	상향식 무시할 수 있음
심리적 경쟁 지수	있음	없음	

시스템다이내믹스 모델에 사용한 관계식을 개념적으로 표현하면 다음 식과 같다.

$$Demand_i = TotalDemand_n \times Role_i \times Price_i \times Quality_i \times Mind_i$$

$$TotalDemand = \sum_i Demand_i \quad (\text{식 1})$$

여기에서

$$\sum_i Role_i \approx 1$$

$$\sum_i Price_i \approx 1$$

$$\sum_i Quality_i \approx 1$$

$$\sum_i Mind_i \approx 1$$

TotalDemand_n = 총 자동차 수요 기준

TotalDemand = 총 자동차 수요

Role_i = 차급 i 의 자동차 역할 지수

Price_i = 차급 i 의 수요 가격 경쟁 지수

Quality_i = 차급 i 의 품질 경쟁 지수

Mind_i = 차급 i 의 심리적 경쟁 지수

한편, 자동차 수요가 대체수요, 신규수요, 추가수요로 구분한다는 점을 고려하면 다음의 <표 9>와 같이 정리할 수 있다.

〈표 9〉 차종별 월간 판매량의 결정 방식 (수요구분)

구분	하향식 요소	상향식 요소	비고
대체수요	있음	없음	
신규수요	있음	있음	
추가수요	있음	있음	상향식 요소가 더 중요함

따라서 (식 1)은 수요 구분에 따라 달리 적용되어야 하는데, 대체 수요인 경우는 모두 하향식으로 신규수요 및 추가수요의 경우는 하향식 및 상향식 모두를 사용하여야 한다.

6) 신규수요 및 추가수요 중 신차 비율

신차 비율에 영향을 주는 요인들을 정리하면 <표 10>과 같다.

〈표 10〉 신규수요 및 추가수요 중 신차 비율에 영향을 주는 변수

	구분	변수	비고
경제적 요인	자동차 구입비 대 자산 비율	자동차 평균 가격	이동평균
		소형 자동차 평균 가격	이동평균
		구입 시 자동차 세	이동평균
		이자율	이동평균
		종합주가지수	이동평균
		일인당국민소득	이동평균
		소득불균형	이동평균
	운전유지비 대 소득 비율	연료비	
		운전 중 자동차 세	
		보수유지비	
		일인당국민소득	
		소득불균형	지니계수
문화환경적 요인		소비자물가지수	
		운전면허소지자 수	필수품으로 인식하는 정도

7) 자동차 수요의 계절 영향

자동차 수요의 계절 영향은 수요의 월간 분포를 의미한다. 즉, 앞서 언급한 각종 경제 /

문화적 변수들에 의한 요인을 모두 제외하더라도 자동차 수요는 계절에 따라 일정한 특성을 보인다. 가령, 날씨가 추운 동절기에는 자동차 수요가 상대적으로 줄어들고, 보너스가 많은 가을 철에는 수요가 증가하는 경향이 있다. 이러한 계절적(월별) 특성을 고려하기 위해 차급별 수요의 계절영향이라는 변수를 도입하였고, 그 값은 캘리브레이션으로 결정하였다. 다음 <표 11>는 그 결과를 보여 준다.

<표 11> 계절영향의 캘리브레이션 결과

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
차급 1	0.6878	0.9064	1.161	1.145	1.061	1.006	0.8647	1.124	1.057	0.9972	0.9194	1.067
차급 2	0.8996	0.9762	0.9956	0.8935	0.9952	1.113	1.039	1.124	1.033	1.023	1.033	0.8712
차급 3	0.8431	1.014	1.14	1.025	0.9719	1.012	0.9898	0.9891	1.045	1.047	1.091	0.8272
차급 4	0.8078	0.9253	1.093	0.9543	0.9791	1.114	1.022	1.013	1.029	1.121	1.122	0.8151
차급 5	0.8072	1.027	1.056	1.04	1.193	1.231	1.03	0.9985	0.977	0.9136	0.8224	0.9002
차급 6	0.4466	1.066	1.058	1.145	1.159	1.187	1.138	1.21	1.113	1.203	0.8071	0.4626
차급 7	0.8744	1.048	0.9929	1.014	0.9573	1.012	0.9938	1.057	1.117	1.177	0.9164	0.8361
차급 8	0.6188	0.891	0.9138	0.638	0.9573	0.9214	0.8613	1.242	1.298	1.499	0.9996	1.158
차급 9	0.5992	0.8352	0.9642	1.027	1.265	1.087	0.9811	1.238	1.3	1.122	0.8666	0.7124
차급 10	0.826	1.009	0.9938	0.9813	1.043	1.046	0.9811	1.067	1.081	1.163	1.05	0.7537
차급 11	0.8307	1.05	1.075	1.02	1.037	0.9773	0.9349	1.027	1.117	1.072	0.9064	0.8307

Ⅲ. 2002년 월간 자동차 수요 예측

완성된 모델을 이용하여 2001년부터 2003년까지 예측하여 보았다. (모델에 사용한 자료가 2000년 이전의 것이므로 2001년도 예측에 해당함)

1. 시나리오 설정

시나리오를 기준 시나리오, Best 시나리오 및 Worst 시나리오 등으로 나누었고, 시나리오를 구성하는 변수와 시나리오별 각 변수의 값은 <표 12>와 같다. <표 12>에는 각년 12월 값을 기재하였다.

<표 12> 시나리오별 변수의 변화 (12월 기준)

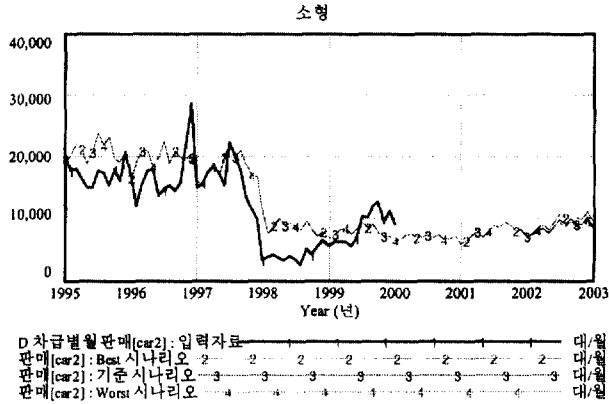
변 수 \ 시 기	2000년	2001년			2002년			2003년		
		기준	Best	Worst	기준	Best	Worst	기준	Best	Worst
3개월변동금리	8.13	6.20	6.20	6.20	6.20	6.04	8.00	6.30	5.99	8.00
종합주가지수	526.4	550	550	550	1,200	1,400	900	900	1,200	800
유가	1,298	1,269	1,247	1,279	1,244	1,147	1,279	1,301.2	1,204	1,354
국내총생산	140,698	142,808	143,512	142,105	147,806	152,122	146,368	155,197	159,728	153,686
국민총소득	140,815	142,223	142,927	141,519	146,489	150,788	145,057	153,081	157,573	151,584
소비자물가지수	123.4	127.7	127	130	132.2	131	136	136.2	135	143
부도율	0.44	0.47	0.47	0.47	0.43	0.46	0.60	0.15	0.43	0.50
지가지수	338.99	404.50	404	405	470	532	450	440	484	430

2. 차급별 수요 예측

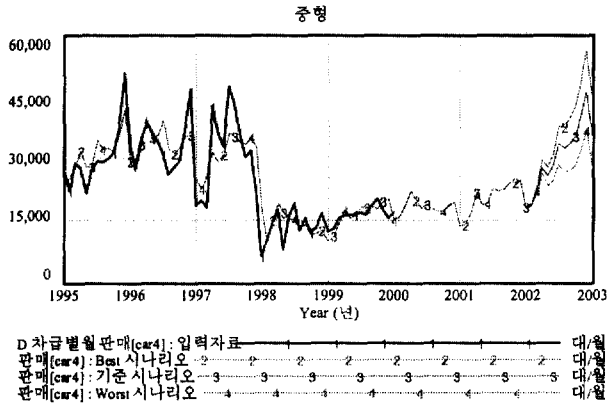
<그림 7>에서 <그림 10>은 기준 시나리오, Best 시나리오, Worst 시나리오에 대한 각 주요차급별 수요를 예측한 결과이다. 시뮬레이션은 1995년부터 2003년까지 수행하나, 1995년부터 2000년까지는 각 종 캘리브레이션 등의 대상이 되었으므로 엄밀한 의미에서 예측 값이라고 할 수 없으나, 2000년부터 2003년까지는 순수한 예측 값이다.

다양한 시도를 해 본 결과, 이번에 완성된 모델은 미래를 예측할 때 3년으로 국한 하여야 한다는 결론을 얻었다. 다른 방법도 마찬가지로지만 시뮬레이션 기법이 미래로 가면 갈수록 정확도가 떨어진다는 점을 고려하면, 보다 정확한 예측을 위해서는, 가령 2002년의 수

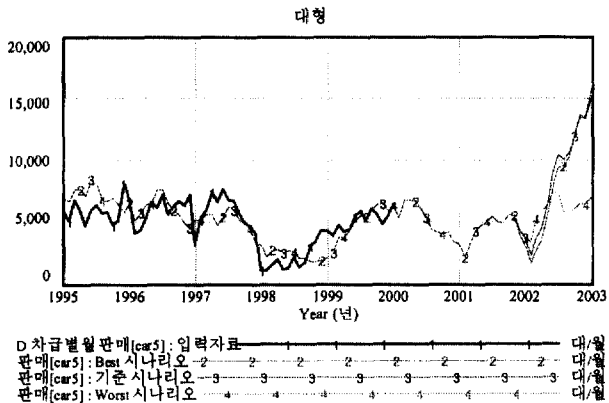
요 예측을 위해서는 가장 최근까지의 자료를 수집하여 모델을 개선할 필요가 있다.



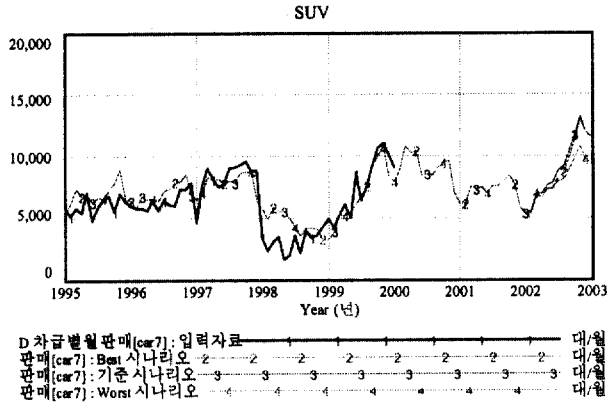
<그림 7> 소형차 수요 예측



<그림 8> 중형차 수요 예측



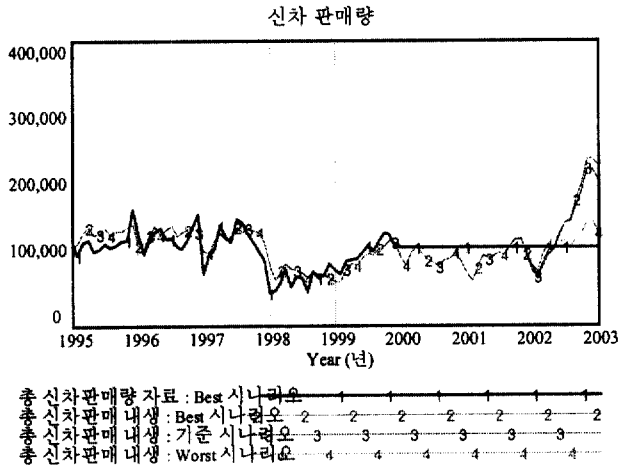
<그림 9> 대형차 수요 예측



〈그림 10〉 SUV 수요 예측

3. 총 자동차 수요 예측

〈그림 11〉은 앞서 언급한 차급별 수요를 모두 합산한 결과이다.



〈그림 11〉 총 수요의 예측

IV. 결 론

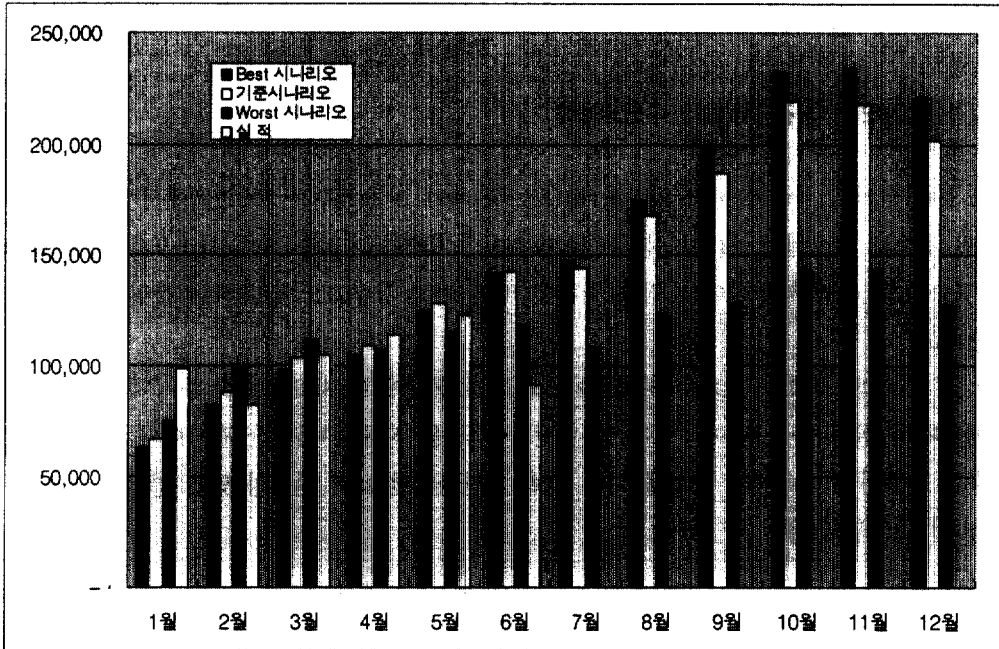
1. 2002년 월간 자동차 수요 예측

모델에 의해서 예측된 바에 의하면 내년도 총 판매 자동차수는 140만대에서 180만대 정도 될 것으로 예상된다. 월별로 본다면, 2002년 초기에는 어려운 경제 사정으로 수요가 많이 위축되고, 후반부에 들어서 경제 회복에 따라 자동차 수요도 급속히 회복될 것으로 판단된다.

<표 13> 및 <그림 12>는 시뮬레이션의 결과를 검증할 자료를 남겨두기 위해 1999년 12월까지의 실적 자료를 이용하여 3년이라는 기간을 시뮬레이션 한 결과이다. 따라서 그 이후의 자료까지 수집하여 모델을 다시 한번 개선한다면 보다 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

<표 13> 2002년 자동차 수요 예측

	Best 시나리오	기준 시나리오	Worst 시나리오	실 적
1월	63,196	66,921	74,882	98,317
2월	82,242	87,754	98,745	82,302
3월	97,770	103,328	112,018	104,914
4월	104,906	108,874	107,145	113,538
5월	124,638	128,050	115,376	123,048
6월	141,822	142,670	118,043	91,229
7월	147,174	143,863	107,957	
8월	174,289	167,629	121,769	
9월	198,954	187,069	128,764	
10월	232,688	219,169	143,531	
11월	234,263	218,057	143,945	
12월	221,322	201,618	127,845	
계	1,823,264	1,775,002	1,400,020	



〈그림 12〉 2002년 자동차 수요 전망

2. 모델의 한계점 및 향후 연구방향

어느 수학적 모델이든지 모델의 적용에는 한계가 있기 마련이다. 이번 연구에서 개발된 모델도 예외는 아니다. 그 중 중요한 사항을 나열하면 다음과 같다.

- 이번 연구에서 개발한 모델은 단기 예측(1년 ~ 3년)에 국한하여야 한다.
- 모델이 입력자료로 경제 변수 및 차급별 모델 수, 가격 등이 사용되는데, 이에 대한 정확한 예측이 모델 결과의 질을 좌우한다.
- 모델의 질을 높이기 위해서는 최신 자료까지 분석하여 모델을 계속 개선하여야 한다.

현재 모델을 새롭게 구성하기 위해 연구 중인데, 되도록 캘리브레이션을 줄여나가도록 모델의 구조를 개선하고 실제 자료를 확보하고 있는 중이다. 새롭게 구성중인 모형에서는 중요한 3 가지 변수를 어떻게 논리적으로 표현하느냐에 관심을 갖고 있다. 특히 어떠한 매개변수를 사용하여야 하는 지 연구 중인데, 각종 경제 / 사회 / 문화 변수를 무리 없이 도입할 수 있는 지 통계적 기법을 활용하여 검토하고 있다.

[참고문헌]

- J. W. Forrester, *Industrial Dynamics*, MIT Press, 1961.
- J. W. Forrester, *Urban Dynamics*, MIT Press, 1969.
- J. W. forrester, *World Dynamics*, MIT Press, 1971.
- 곽상만 외, 시스템다이내믹스 기법을 활용한 차급별 월간 자동차 수요 예측 모델 개발, 시스테믹스(주), 2001.
- 김도훈, 문태훈, 김동환, 시스템 다이내믹스, 대영문화사, 1999.
- 세계 자동차 통계, 한국자동차공업협회.
- 이두환, 한국 승용차의 수요패턴 변화에 관한 미시적 계량분석, 1998 경상논총 17('98.6) pp.145-163.
- 자동차통계연보, 한국자동차공업협회.
- 정준성, 국내 자동차산업의 수요회복과 업계구조조정, 1999, 기평정보 175('99.6) pp.7-11.
- 홍정식 ;안재경 ;홍석기, 자동차 부품 수요의 예측 모형 개발, 2001, 대한산업공학회지 제 27권 제3호 (2001. 9) pp.233-238.

붙임 1: 자동차 신규수요 묘사를 위한 배스 모형에서의 수식

감소수요 = SUM(성별 연령별 감소수요[xSex!,xY!]) ~ Units: 대/월

사 망 = SUM(성별 연령별 소멸수요[xSex!,xY!]) ~ Units: 명/월

성별 연령별 감소수요[xSex,xY] = MIN(Bass[xSex,xY], 0) ~ Units: 대/월

성별 연령별 소멸 수요[xSex,xY] = 성별 연령별 잠재시장규모[xSex,xY] * 성별 연령별 사망
율[xSex,xY]/100000 /일년 ~ Units: 대/월

성별 연령별 소유자수[xSex,Y0] = INTEG (+성별 연령별 신규 수요[xSex,Y0]+성별 연령별
감소수요[xSex,Y0] - 연령이전[xSex,Y0]-성별 연령별 소멸 수요[xSex,Y0], i 성
별 연령별 보급대수[xSex,Y0])

성별 연령별 소유자수[xSex,xYall but youngest] = INTEG (성별 연령별 신규 수요[xSex,xYall
but youngest] +성별 연령별 감소수요[xSex,xYall but youngest] + 연령이전
[xSex,xYprevious cohort] - 연령이전[xSex,xYall but youngest] - 성별 연령별 소멸 수
요[xSex,xYall but youngest],i성별 연령별 보급대수[xSex,xYall but youngest]) ~
Units: 대

성별 연령별 신규 수요[xSex,xY] = MAX(Bass[xSex,xY], 0) ~ Units: 대/월

성별 연령별 잠재시장규모[xSex,Y0] = INTEG (- 성별 연령별 감소수요[xSex,Y0] - 성별 연
령별 신규 수요[xSex,Y0] - 성별 연령별 소멸수요[xSex,Y0] -연령 이전[xSex,Y0] +
출생[xSex],i성별 연령별 인구[xSex,Y0] - i성별 연령별 보급대수[xSex,Y0])

성별 연령별 잠재시장규모[xSex,xYall but youngest] = INTEG (- 성별 연령별 신규 수요
[xSex,xYall but youngest] - 성별 연령별 감소수요[xSex,xYall but youngest] + 연령
이전[xSex,xYprevious cohort] - 연령 이전[xSex,xYall but youngest] - 성별 연령별 소
멸수요[xSex,xYall but youngest], i성별 연령별 인구[xSex,xYall but youngest]
- i성별 연령별 보급대수[xSex,xYall but youngest]) ~ Units: 대/월

성별 연령별 인구[xSex,Y0] = INTEG (+출생[xSex] - 노화[xSex,Y0]-성별 연령별 사망
[xSex,Y0], i성별 연령별 인구[xSex,Y0])

성별 연령별 인구[xSex,xYall but youngest] = INTEG (노화[xSex,xYprevious cohort] - 노화
[xSex,xYall but youngest] - 성별 연령별 사망[xSex,xYall but youngest], i성별 연령
별 인구[xSex,xYall but youngest]) ~ Units: 명

소멸수요 합 = SUM(성별 연령별 소멸 수요[xSex!,xY!]) ~ Units: 대/월

신규수요 = SUM(성별 연령별 신규 수요[xSex!,xY!]) ~ Units: 대/월

연령 이전[xSex,xY]= 성별 연령별 잠재시장규모[xSex,xY] * (1 - 성별 연령별 사망율 [xSex,xY]/100000) / 일년 ~ Units: 명/월

연령이전[xSex,xY]= 성별 연령별 소유자수[xSex,xY] * (1 - 성별 연령별 사망율 [xSex,xY]/100000) / 일년 ~ Units: 명/월

출생[xSex]= 총인구 * D출생율 / 1000 /일년 * 출생성비[xSex] ~ Units: 명/월

출생성비[male]= D출생성비 / (D출생성비 + 100)

출생성비[female]= 1 - 출생성비[male] ~ Units: dmnl

총보급대수= SUM(성별 연령별 소유자수[xSex!,xY!]) ~ Units: 대

총인구= SUM(성별 연령별 인구[xSex!,xY!]) ~ Units: 명

Bass[xSex,xY]= 성별 연령별 소유자수[xSex,xY] * (성별 연령별 잠재시장규모[xSex,xY] - (1-zD성별 연령별 최대보급율[xY]/100) * 성별 연령별 인구[xSex,xY]) / (성별 연령 별 인구[xSex,xY]+1) *z확산계수 ~ Units: 1/(월*대)

Ca확산계수= C확산계수 기준 * (지니계수 / c 지니계수 기준) ^ C확산계수의 계수[C1] * ("3개월변동금리" / c 3개월 변동 금리 기준) ^ C확산계수의 계수[C2] * (소형 자동차 평균 가격 / c 소형 자동차 평균 가격 기준) ^ C확산계수의 계수[C3] * (국내총생산 / c 국내총생산) ^ C확산계수의 계수[C4] * (자동차 세 1500cc이하 / c 자동차세 1500cc이하) ^ C확산계수의 계수[C6] ~ Units: 1/(월*대)

xG: G0,G4,G9,G14,G19,G24,G29,G34,G39,G44,G49,G54,G59,G64,G69,G74,G79,G84,G89

xG01 04: (Y1-Y4)

xG05 09: (Y5-Y9)

xG10 14: (Y10-Y14)

xG15 19: (Y15-Y19)

xG20 24: (Y20-Y24)

xG25 29: (Y25-Y29)

xG30 34: (Y30-Y34)

xG35 39: (Y35-Y39)

xG40 44: (Y40-Y44)

xG45 49: (Y45-Y49)

xG50 54: (Y50-Y54)

xG55 59: (Y55-Y59)

xG60 64: (Y60-Y64)

xG65 69: (Y65-Y69)

xG70 74: (Y70-Y74)

xG75 79: (Y75-Y79)

xG80 84: (Y80-Y84)

xG85 89: (Y85-Y89)

xSex: male, female

xY: (Y0-Y89)

xYall but youngest: (Y1-Y89)

xYprevious cohort: (Y0-Y88) -> xYall but youngest

zD성별 연령별 최대보급율[xY] ~ Units: 대/명

z확산계수 = Ca확산계수 ~ Units: 1/(월*대)