



제4장

수요예측

1. 의사결정과 수요예측
2. 예측기법
3. 정성적 예측기법
4. 인과형 예측기법
5. 시계열 예측기법
6. 예측오차

기업활동에 관련된 동태적 의사결정은 예측활동에서 시작된다. 기업은 시장에 판매하기 위하여 제품을 생산하므로 시장에 관련된 자료를 수집·분석하여 앞으로의 수요를 예측하는 것은 필수적인 경영활동의 하나이다. 시장에서 팔리지 않는 제품을 생산한다거나 수요보다 많거나 또는 적게 생산을 하는 일들은 모두 바람직한 일이 아니다. 그러므로 수요예측은 제품계획, 시설계획, 인력계획, 생산계획, 재무계획 등 모든 경영활동을 수행함에 있어서 불확실성을 감소시키고 위험부담을 줄여 경영효과를 얻는 데 기본이 된다. 수요와 관련된 여건을 정확히 파악하지 못하는 경우에는 시설설비의 과투자, 잘못된 인력계획, 과잉재고, 매출손실 등 기업에 바람직하지 않은 여러 가지 결과를 초래한다. 그러므로 본 장에서는 기업에서 의사결정의 기본이 되는 수요예측에 대하여 다루기로 한다.

1 의사결정과 수요예측

오늘날의 사회는 복잡성과 동태성을 특징으로 하므로 수요에 영향을 주는 모든 요인들을 분석하여 정확한 예측을 수행하는 것은 어려운 일이다. 이러한 불확실성은 예측기간이 길어질수록 더욱 증대되어 예측의 정확도는 상대적으로 감소하게 된다. 이러한 예측의 한계성에도 불구하고 경영활동의 성과를 높이기 위해서는 예측대상이 되는 제품과 고객에 대하여 예측기간과 대상지역의 범위를 명확히 하고 최대한의 정보에 기초하여 가장 적절한 예측기법을 활용함으로써 가능한 한 정확한 예측을 수행하는 것이 필수적이다.

정확한 수요예측을 위해서는 경제환경, 사회환경, 문화환경, 정치환경, 기술환경, 정부의 정책 등에 대한 진단 및 예측 또한 필요하다. 예측의 정확성은 이러한 환경이 시장에 미치는 영향에 대한 적절한 분석이 전제되어야 가능하기 때문이다.

경제환경은 개개의 기업에 있어서 시장의 본질과 방향을 결정하는 데 매우 중요하다. 회복기, 호황기, 후퇴기, 불황기로 대별되는 경기순환과정, 경제성장률, 환율, 실업률 등은 기업의 중장기 경영계획의 수립에 필히 고려되어야 할 자료가 될 뿐만 아니라 수요에 직접적인 영향을 미친다. 제품 자체에 있어서도 제품수명주기에 대한

고려는 매우 중요하다. 예를 들면 도입기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기에 있어서 수요의 변화는 서로 다른 양상을 가지기 때문이다.

사회환경은 시장규모를 결정하는 데 중요한 요소로서 인구, 연령, 성별, 가족규모, 직업, 수입, 교육수준, 종교 등 인구 통계학적 자료와 사회현상은 각각의 산업에서 수요와 시장의 규모에 영향을 준다.

기술환경은 지식의 총체적 표현으로 기술의 발전 또한 새로운 제품이나 제품혁신의 가능성을 제시함으로써 수요에 영향을 주어 기업을 성장시킬 것이며 새로운 기술의 대두는 진부한 대규모 설비에 대한 투자를 무의미하게 하여 기업의 생존을 위협할 것이다. 특히 급속히 변화하는 산업에서는 기술의 발전에 따라 산업구조, 경쟁방식, 기업의 생존이 더불어 급속히 변화함을 인식해야 한다. 그러므로 기술의 발전에 대한 끊임없는 분석과 대비도 필요하다.

2 예측기법

예측은 대상예측기간에 따라 장기예측, 중기예측, 단기예측으로 분류될 수 있다. 일반적으로 장기예측은 예측 대상 기간이 2년 이상인 경우로 고려할 수 있으며 제품계획, 능력계획, 입지결정 등 주로 전략적 의사결정과 관련된 경우에 활용된다. 예측기간이 길기 때문에 환경예측에 근거한 주관적 판단이 많이 이용되며 정확도가 상대적으로 낮다. 중기예측은 보통 6개월에서 2년을 대상기간으로 하며 계량적 접근이 가능하고 전문가의 의견도 많은 도움이 된다. 단기예측은 보통 6개월 이내의 분기별, 월별, 주별, 일별예측을 말하며 상대적으로 정확한 예측이 가능하다.

또한 수치를 이용한 계산방법이 중심이 되는가 안 되는가에 따라 크게 정성적 예측기법(qualitative method)과 정량적 예측기법(quantitative method)으로 분류된다. 정량적 예측기법은 다시 인과형 예측기법(causal forecasting method)과 시계열 예측기법(time series analysis)으로 분류된다.

정성적 예측기법은 주로 중장기 예측에 적용되는 기법으로서 경제, 정치, 사회,

기술 등의 외부환경요인의 변화에 따라 시장잠재력이 변화되므로 주관적인 판단이나 의견에 기초하여 수요를 예측할 수밖에 없게 된다. 또한 과거의 자료가 충분하지 않은 경우에도 정성적 기법은 유용하게 적용될 수 있다. 정성적 예측기법에는 델파이(delphi)법, 시장조사(market research)법, 판넬동의(panel consensus)법 등이 있으며 전문가나 외부기관으로부터의 정보가 중요하게 활용될 수 있다.

시계열 예측기법은 과거의 수요를 분석하여 시간에 따른 수요의 패턴을 파악하고 이의 연장선상에서 미래의 수요를 예측하는 방법이다. 즉 과거의 수요의 흐름으로부터 미래의 수요를 투영하는 방법으로서 과거의 수요패턴이 미래에도 지속된다는 시장의 안정성이 기본적인 가정으로 필요하다. 그러나 과거의 수요패턴이 항상 계속적으로 유지된다고 할 수 없으므로 시계열 예측기법은 주로 중단기 예측에 이용되며 적은 자료로도 비교적 정확한 예측이 가능하다. 목측법, 이동평균(moving average)법, 지수평활(exponential smoothing)법, 최소자승법(least square method), 박스제킨스(Box-Jenkins)법 등이 있다.

인과형 예측기법은 수요에 영향을 주는 환경 요인들을 파악하고 수요와 이 요인들간의 인과관계를 파악함으로써 미래의 수요를 예측하는 기법이다. 그러므로 인과형 예측기법에서는 수요를 종속변수로 하고 수요에 영향을 주는 요인들을 독립변수로 하며 GNP, 경쟁업체의 판매정책, 출생률 등 기업 외적환경 변화와 관련된 요인들과 광고나 판촉활동, 품질, 신용정책 등 기업 내적요인들이 모두 모형에 반영될 수 있다. 인과형 예측기법으로는 회귀분석(regression analysis), 산업연관분석, 투입산출모형(input output analysis), 선도지표법(leading indicator method) 등이 있다.

수요에 대한 불확실한 예측은 이에 따른 많은 비용을 수반하므로 각 예측기법의 특성과 장단점을 인식하고 기법적용에 따른 시간과 비용, 정확도를 포괄적으로 고려하여 선택·적용해야 한다.

3 정성적 예측기법

정성적 예측기법은 중장기적 예측에 적합한 예측기법으로 일반적으로 예측기법의 적용에 소요되는 시간과 비용이 높다. 제품개발, 기술예측, 시장전략, 공장입지 선택과 같이 중장기적 전략결정에 적용될 수 있다.

1. 시장조사법

대상시장에 대하여 설문지, 전화, 또는 개별방문을 통하여 자료를 수집하고 이에 기초하여 예측하거나 가설을 설정하고 검정한다. 통계적 분석방법을 위시한 정량적 방법들이 활용되기도 하여 정성적 예측기법 중 가장 정량적이며 시간과 비용이 많이 소요된다.

2. 델파이법

미래상황에 대하여 전문가나 담당자로 구성된 위원회를 구성하고 개별적 질의를 통해 의견을 수집하여 이를 종합, 분석, 정리하고 의견이 일치될 때까지 개별적 질의 과정을 되풀이하는 방법이다. 분석, 정리된 질의결과는 다음 질의 시 응답자에게 제시되어야 한다.

3. 패널조사법

전문가, 담당자, 소비자 등으로 위원회를 구성하여 자유롭게 의견을 개진케 함으로써 결론을 유도하는 방법으로, 델파이법이 비공개적임에 반하여 패널조사법은 공개적으로 진행된다.

4 인과형 예측기법

인과형 예측기법은 회귀분석, 계량경제모형, 산업연관분석, 투입산출분석, 수명주기 분석, 선도지표법 등 여러 가지가 있다. 여기에서는 회귀분석을 주로 다루며 여타의 예측기법에 대해서는 기존의 관계되는 저서를 참고하기로 한다.

회귀분석은 수요에 영향을 주는 요인들을 독립변수로 수요를 종속변수로 하고 독립변수에 대한 함수로서 수요를 통계적으로 모형화한 것이다. 모형화된 함수를 회귀방정식이라 하며 독립변수들의 값이 주어지면 회귀방정식을 통하여 수요의 예측값을 산정한다. 이때 독립변수들에 대하여 수요반응은 선형으로 모형화가 가능하다. 독립변수가 하나면 이를 단순 회귀분석이라고 하며 둘 이상인 경우에는 다중 회귀분석이라 한다. 독립변수에 대한 수요의 반응이 비선형으로 모형화되는 경우에는 비선형 회귀분석이라 한다. 다중 회귀분석과 비선형 회귀분석은 전개과정이 수학적으로 복잡하므로 단순 회귀분석에 의하여 그 의미를 살펴보기로 하자.

수요에 영향을 미치는 요인을 x 라고 하고 수요를 \hat{y} 라고 하면 회귀방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \hat{y} &= a + bx \\ a &= \hat{y} \text{의 절편, } x = 0 \text{에서 } \hat{y} \text{의 값} \\ b &: \text{기울기} \end{aligned} \tag{4.1}$$

독립변수 x 에 값이 주어지면 종속변수 \hat{y} 값이 산정되어 요인의 특정값에 대한 수요의 예측치가 된다. 회귀분석은 주어진 요인 x 에 대한 수요의 확률적 변화를 잘 반영하도록 회귀방정식을 결정하는 절차가 필요하며 수요와 요인의 값에 대한 과거의 자료로부터 유도된다. 여기에서는 최소자승법에 의하여 회귀방정식을 유도하는 방법을 살펴보기로 한다.

최소자승법은 자료의 수요값들과 회귀방정식에 의한 수요값들의 차의 제곱이 최소가 되도록 회귀방정식을 결정한다. 여기에서 자료의 수요값과 회귀방정식에 의한

수요값의 차를 오차라 한다. 특정 요인과 실제 수요에 대한 n 개의 자료를 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , ..., (x_n, y_n) 이라 하고 회귀방정식으로부터 산정된 수요를 \hat{y}_i ($i = 1, \dots, n$) 이라고 하자. 오차의 자승의 합을 SSE(sum of square errors)라고 하면 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{SSE} &= \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \\ &= \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)]^2 \end{aligned}$$

SSE가 최소가 되도록 식 (4.1)의 a 와 b 를 결정한다. SSE를 최소로 하는 a 와 b 는 다음에 의하여 산정될 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial a} \text{SSE} &= 0 \\ \frac{\partial}{\partial b} \text{SSE} &= 0 \end{aligned} \quad (4.2)$$

SSE는 a 와 b 에 대하여 아래로 볼록한(convex) 함수임이 증명될 수 있으며 식 (4.2)는 아래로 볼록한 함수의 특성에 의한다. 그러므로 구하는 a 와 b 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} a &= \frac{\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i}{n} \\ b &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \end{aligned} \quad (4.3)$$

예를 하나 들어 보자. 고속도로에 위치한 어느 주유소에서는 고속도로 혼잡이 가증되는 상황에서 휘발유 주문에 필요한 자료의 하나로 그 다음 주유소까지 승용차로 운행하는 데 소요되는 시간과 이에 따른 휘발유 소비량에 대한 회귀방정식을 유도하고자 한다. 이 구간을 운행한 10대의 승용차에 대한 조사결과를 표 4.1과 같다.

표 4.1 운행소요시간과 휘발유 소비량

승용차	소요시간 (분)	휘발유 소비량 (리터)
1	35	7
2	45	10
3	30	5
4	50	8
5	75	13
6	28	6
7	42	7
8	54	10
9	61	12
10	33	6

회귀방정식을 추정하기 위하여 소요시간을 x 로 휘발유 소비량을 y 로 놓고 표 4.2를 계산한다.

표 4.2 계산도표

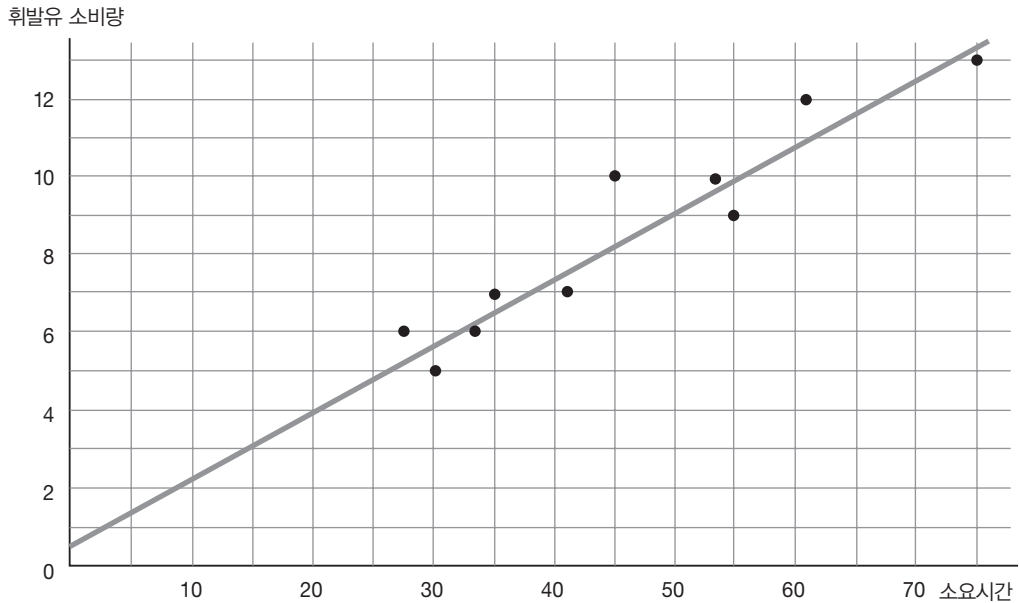
i	x_i	y_i	$x_i y_i$	x_i^2	y_i^2
1	35	7	245	1225	49
2	45	10	450	2025	100
3	30	5	150	900	25
4	50	8	400	2500	64
5	75	13	975	5625	169
6	28	6	168	784	36
7	42	7	294	1764	49
8	54	10	540	2916	100
9	61	12	732	3721	144
10	33	6	198	1089	39
계	453	84	4152	22549	772

그러므로 식 (4.3)에 의하여 $a = 0.654$, $b = 0.171$ 이 산정될 수 있으며 구하는 회귀방정식은 다음과 같다.

$$\hat{y}_i = 0.654 + 0.171x$$

또한 소요시간과 휘발유 소비량, 회귀방정식을 그래프로 표시하면 그림 4.1과 같다.

그림 4.1 실제자료와 예측치



주어진 회귀방정식은 자료와 회귀방정식으로부터 얻어지는 값과의 차이, 즉 오차의 크기에 대한 정보를 제공하지 못하며 자료의 산포도가 서로 다른 경우에도 동일한 회귀방정식이 유도된다. 그러므로 독립변수와 종속변수의 선형의 관계를 설정할 수 있는 측정치가 필요한데 이러한 측정치로 결정계수 r^2 가 있다. 결정계수는 독립변수 x 가 종속변수 y 를 설명하는 비율을 의미하며 $1 - r^2$ 은 독립변수 x 이외의 다

른 요인이나 우연에 의하여 유래되는 변동의 비율을 나타낸다.

결정계수의 제곱근 γ 을 상관계수라고 한다. 상관계수 γ 은 -1 과 $+1$ 사이에 존재하며 상관계수가 0 인 경우에는 직선의 상관관계가 없음을, 상관계수가 -1 이나 $+1$ 인 경우는 완전한 선형의 상관관계를 의미한다. 그러므로 상관계수가 -1 이나 $+1$ 에 가까워질수록 두 변수의 선형의 상관관계는 커진다. 이는 상관계수의 부호가 양이면 독립변수가 증가할 때 종속변수도 증가하고 부호가 음이면 독립변수가 증가할 때 종속변수는 감소함을 의미한다. 상관계수 γ 은 다음과 같다.

$$g = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \quad (4.4)$$

주어진 예제에 이를 적용하면 상관계수 $\gamma = 0.945$ 가 되며 결정계수 $\gamma^2 = 0.893$ 이 되어 휘발유 소비량이 소요시간에 의하여 결정되는 비율은 89.3% 라고 할 수 있다.

수요에 영향을 주는 여러 요인을 현실적으로 모형에 반영하기 위해서는 복수의 독립변수가 필요하다. 복수의 독립변수를 갖는 경우에는 다중 회귀분석으로 모형화되며 m 개의 독립변수를 갖는 회귀방정식은 다음과 같이 정식화된다.

$$\hat{y} = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \cdots + b_m x_m \quad (4.5)$$

또한 주어진 요인에 대한 수요의 변화가 선형의 조건을 만족시키지 못하는 경우에는 비선형 회귀분석으로 모형화된다. 간단한 하나의 독립변수에 의한 비선형 회귀방정식의 예는 다음과 같다.

$$\hat{y} = a + bx + cx^2 \quad (4.6)$$

다중 회귀분석이나 비선형 회귀분석은 더 복잡한 계산 절차를 요하며 이에 대한 내용은 이에 관한 여타의 저서를 참고하기로 한다.

5 시계열 예측기법

시계열이란 변수값의 순차적 배열을 의미하는데 시간의 흐름에 따른 변수값을 일정 시간의 간격으로 정리하여 놓은 것이다. 그러므로 시계열 예측기법은 과거의 수요패턴의 연장선상에서 미래의 수요를 예측하는 방법인데 이를 적용하기 위해서는 과거의 수요에 대한 자료만이 필요하며 자료를 얻는 데 필요한 노력이 여타의 예측기법에 비하여 매우 간단하고 쉽게 적용이 가능하나 수요패턴에 변화가 예상되거나 장기간의 예측에는 부적절하다.

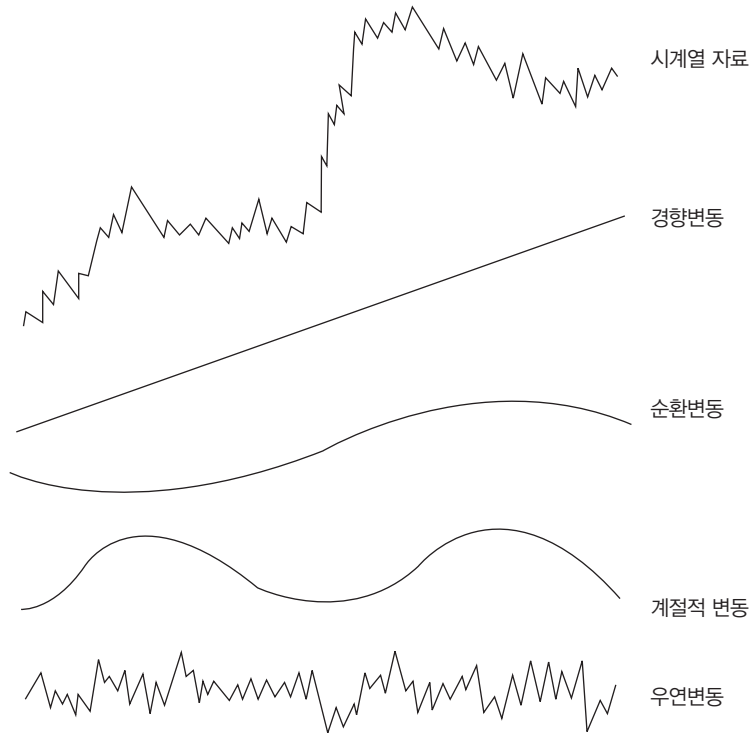
시계열 자료는 경향, 순환, 계절, 우연 등 시계열을 구성하는 몇 가지 변동으로 나누어질 수 있다.

- ① **경향 변동** : 수요의 장기적 변화의 전반적 경향으로 증가하거나 감소하는 전반적 추세를 나타낸다.
- ② **순환 변동** : 경기변동과 같이 정치, 경제, 사회적 요인에 의한 변화로서 장기적인 수요의 순환적인 변화현상을 의미한다.
- ③ **계절적 변동** : 계절에 따른 수요의 변화로 1년 단위로 되풀이된다.
- ④ **우연 변동** : 설명될 수 없는 요인 또는 돌발적인 요인에 의하여 일어나는 변화를 의미한다.

이러한 요인들은 단일 또는 복합적으로 시계열적 변화에 영향을 준다. 그러므로 시계열 분석기법은 이러한 요인들에 대한 분석을 포함한다. 그림 4.2는 이러한 요인들을 나타낸다.

본 서에서는 다양한 시계열 예측기법 중 이동평균법, 추세분석법, 시계열분해법, 지수평활법에 대하여 살펴보고자 한다. 특히 독자적으로 예측기법으로 활용되는 이동평균법과 추세분석법은 시계열분해법에 의한 예측기법의 적용에 있어서 과정으로 포함되어 우연 변동을 평활화(smooth out)시키고 추세선과 순환 변동을 산정하는데 이용되기도 한다. 그러므로 이동평균법, 추세분석법, 시계열분해법, 지수평활법

그림 4.2 시계열 변동 요인



의 순으로 예측기법을 설명하기로 한다.

시계열 분석기법은 일반적으로 전술된 네 가지 변동요인을 승법형과 가법형의 두 가지 형태로 적용한다. 승법형의 경우는 다음과 같다.

$$\text{수요} = \text{추세에 의한 예측량} \times \text{순환지수} \times \text{계절지수} \times \text{우연지수} \quad (4.7)$$

가법형의 경우는 다음과 같다.

$$\text{수요} = \text{추세에 의한 예측량} + \text{순환변동폭} + \text{계절변동폭} + \text{우연변동폭} \quad (4.8)$$

승법형과 가법형의 차이점을 표 4.3을 참조하여 살펴보자. 2004년도 총수요는

표 4.3 가법형과 승법형에 의한 수요예측자료

분기(2004년)	수요	계절변동폭	계절지수
1/4분기	50	-5	0.909
2/4분기	80	25	1.455
3/4분기	60	5	1.091
4/4분기	30	-25	0.545

220이며 분기당 평균 수요는 55이다. 각 분기의 분기변동폭 즉 계절변동폭은 실제 수요와 평균 수요의 차이이며 계절지수는 실제 수요를 평균 수요로 나눈 값이다. 2005년도의 수요는 2004년도보다 20%의 증가할 것으로 예측되고 있다. 그러므로 총수요는 $220 \times 1.2 = 264$ 가 되고 분기별 평균 수요는 $264/4 = 66$ 이 된다.

이제 2005년도 2/4분기 수요를 예측한다고 하자. 승법형에 의한 수요예측치는 평균 계절수요예측치 \times 계절지수로서 $66 \times 1.455 = 96$ 이 되고 가법형의 경우의 수요예측치는 평균 계절수요예측치 + 계절변동폭으로 산정되어 $66 + 25 = 91$ 이 된다.

그러므로 가법형의 경우에는 과거 자료에 내포된 평균 계절변동폭과 같은 값이 예측치에 포함되나 승법형의 경우는 수요가 증가하거나 감소하는 경향을 가질 때 계절변동폭에 수요증가율이나 감소율을 포함하여 반영하게 된다. 가법형의 경우에 수요증가율이나 감소율을 계절변동폭에 포함하여 적용할 수도 있으나 실제 적용에 있어서 수요의 동적 변화를 고려할 때 어려움이 있다. 일반적으로 승법형이 가법형보다 현실을 더 정확히 반영한다고 할 수 있으며 실제로 더 많이 적용된다.

다음에 제시되는 대한철강 주식회사의 2002년도부터 2004년도의 냉연철강 연도별 수요량을 참고하여 예측기법에 대해 더 자세히 알아보자.

표 4.4 대한철강 주식회사의 냉연철강 수요

1분기	02/1	02/2	02/3	02/4	03/1	03/2	03/3	03/4	04/1	04/2	04/3	04/4
수요량(ton)	38	52	66	60	50	62	80	72	56	70	88	78

1. 이동평균법

이동평균법은 시계열 예측기법 중 가장 쉽게 적용될 수 있는 방법으로 시계열 자료에 추세, 순환 변동, 계절적 변동이나 급격한 변화가 없고 우연 변동만 존재하는 경우에 수요예측에 유용하게 적용될 수 있다. 또한 이동평균법의 개념은 시계열 변동 요인이 존재하는 경우에는 추세나 계절지수를 산정하는 데도 이용된다.

이동평균법은 시계열에서 가장 최근의 일정기간의 자료를 단순평균하여 예측치를 산정한다. 즉 기간 t 의 시계열 값을 D_t , 기간 t 에 대한 예측치를 F_t , 이동평균기간을 n 이라 하면 수요예측치 F_t 는 다음과 같다.

$$F_t = \frac{D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n}}{n} \quad (4.9)$$

이동평균기간을 4분기, 즉 1년으로 하는 경우에는 이동평균법에 의한 대한철강 주식회사의 2005년도 1/4분기 냉연철강의 수요예측치는 다음과 같다.

$$F_{05/1} = \frac{56 + 70 + 88 + 78}{4} = 73$$

표 4.4에 주어진 자료에 의하면 대한철강의 냉연철강에 대한 수요는 증가하는 추세뿐만 아니라 계절적 변동도 포함하고 있으며 이러한 경우에 단순히 이동평균법만을 적용하는 것은 많은 예측오차를 포함한다고 할 수 있다.

적용된 이동평균법은 일정기간의 실제 수요를 단순 이동평균하여 미래 수요를 예측함으로써 이동평균기간 동안 각 분기의 수요가 동일한 가중치로 수요예측치에 반영되어 이를 단순 이동평균법이라 하며, 이동평균기간을 구성하는 각 단위 기간의 수요를 가중 평균하여 미래 수요를 예측하는 경우에는 가중 이동평균법이라 한다. 가중 이동평균법의 경우에는 이동평균기간의 각 단위기간에 가중치가 부여되며 ω_t 를 기간 t 에 부여된 가중치라고 하면 기간 t 의 수요예측치는 다음과 같다.

$$F_t = \omega_{t-1} D_{t-1} + \omega_{t-2} D_{t-2} + \dots + \omega_{t-n} D_{t-n} \quad (4.10)$$

여기에서 $\sum_{i=1}^n w_{t-i} = 1$ 이 된다. 그러므로 단순 이동평균법은 이동평균기간의 모든 단위기간의 가중치가 $1/n$ 인 가중 이동평균법과 같다. 가중 이동평균법은 최근의 자료에 더 큰 가중치를 부여함으로써 단순 이동평균법보다 수요의 변화를 모형에 더 반영하고자 하는 예측기법으로 볼 수 있다.

이동평균법의 개념은 계절적 변동을 산정하는 데 필요한 계절지수와 추세분석을 위한 기초 자료를 얻는 데 활용될 수 있으며 이로부터 산정된 계절지수와 추세분석선은 다음의 시계열분해법에 적용된다. 그러므로 지금부터는 시계열분해법과 관련하여 설명한다. 이를 위하여 대한철강 주식회사의 자료를 이용하며 계절적 변화의 순환 기간이 1년, 즉 4분기로 구성되므로 이동평균기간은 4분기로 한다. 그러나 추세를 분석하기 위한 경우에는 이동평균치가 미래 수요의 예측치로 활용되는 것이 아니고 이동평균기간을 구성하는 단위기간 중 가운데에 위치하는 단위기간의 이동평균수요를 계산하는 방법으로 활용된다. 그러나 예를 들어 대한철강 주식회사의 경우 2003년도의 1/4분기에서 4/4분기까지의 이동평균을 고려할 때 이의 평균 분기수요치가 2003년도 2/4분기와 3/4분기 중간에 위치하게 되며 이의 적용에 문제가 발생한다. 그러므로 실제 적용에 있어서는 5분기의 자료를 취하고 첫 분기와 마지막 분기의 수요는 절반씩만 취한다. 그러므로 2003년도 3/4분기의 이동평균 분기수요치를 산정하기 위해서는 2003년도 1/4분기부터 2004년도 1/4분기까지의 자료를 취하며 이의 이동평균 분기수요치는 $\{(50/2) + 62 + 80 + 72 + (56/2)\}/4 = 66.75$ 가 되고 계산결과는 표 4.5와 같다.

표 4.5

대한철강 주식회사의 이동평균 분기수요

연도/분기	02/1	02/2	02/3	02/4	03/1	03/2	03/3	03/4	04/1	04/2	04/3	04/4
수요	38	52	66	60	50	62	80	72	56	70	88	78
이동평균 분기수요			55.5	58.25	61.25	64.5	66.75	68.5	70.5	72.25		
계절지수			1.189	1.030	0.816	0.961	1.199	1.051	0.794	0.969		

각 분기의 계절지수는 각 분기의 수요를 이동평균 분기수요로 나누어 구할 수 있다. 예를 들어 2003년도 1/4분기의 계절지수는 $50/61.25 = 0.816$ 으로서 2003년도 1/4분기 수요는 이동평균 분기수요의 0.816배가 됨을 의미한다. 계절지수의 산정 결과는 표 4.5와 같다. 주어진 계절지수를 이용하여 분기별 평균 계절지수가 산정된다. 이는 주어진 분기의, 예를 들어, 1/4분기이면 1/4분기에 해당되는 모든 산정된 계절지수를 더하여 산정에 포함된 계절지수의 수로 나누면 된다. 즉 1/4분기의 평균 계절지수는 $(0.816 + 0.794)/2 = 0.805$ 로 계산된다. 평균 계절지수 산정 결과는 표 4.6과 같다.

표 4.6

분기별 평균 계절지수

연도/분기	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기
2002			1.189	1.030
2003	0.816	0.961	1.199	1.051
2004	0.794	0.969		
평균 계절지수	0.805	0.965	1.194	1.041

주어진 계절지수를 시계열분해법에 적용하려면 표 4.6에 주어진 평균 계절지수의 조정이 필요하다. 계절지수로 적용되기 위해서는 계절지수의 합이 4.0이 되어야 하며 그렇지 않은 경우에는 다음과 같이 조정한다. 표 4.6을 예로 설명하면 $0.805 + 0.965 + 1.194 + 1.041 = 4.005$ 가 되므로 계절지수의 조정을 위하여 각 분기별 평균을 산정하고 1에서 초과하거나 부족한 값을 평균 계절지수에서 빼거나 더한 값이 실제 적용가능한 계절지수가 된다. 즉 $4.005/4 \approx 1.001$ 에서 $1.001 - 1 = 0.001$ 을 얻을 수 있으며 이를 평균 계절지수에서 뺀다. 조정된 계절지수는 표 4.7과 같으며 이의 적용은 시계열분해법을 참조하기 바란다.

표 4.7 조정된 계절지수

분 기	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기
계절지수	0.804	0.964	1.193	1.040

2. 추세분석법

추세분석법은 그 접근 방법이 근본적으로 회귀분석과 같으며 시간에 따른 시계열 자료의 추세를 유도함으로써 그 추세선상에서 미래의 수요를 예측하는 방법이다. 그러므로 시계열 분석기법으로서 추세분석법은 인과형 모형에서 전술된 단순 회귀분석에서 특정한 요인을 독립변수로 고려하는 대신 시간을 독립변수로 놓고 회귀방정식, 즉 추세선을 구하는 방법이다. 주어진 시계열 자료가 시간의 흐름에 있어서 선형의 관계를 가지면 단순 회귀분석을, 비선형의 관계를 가지면 비선형 회귀분석을 실시하게 된다. 여기에서는 단순 회귀분석만을 고려하기로 한다. 그러므로 과거 기간의 수요에 관한 자료에 대하여 추세선은 다음과 같다.

$$\hat{y}_t = a + bt \quad (4.11)$$

t : 기간($t = 1, 2, 3, \dots$)

\hat{y}_t : 기간 t 의 시계열 값의 예측치

a : $t = 0$ 일 때 \hat{y}_t 의 값, 즉 \hat{y}_t 축의 절편

b : 추세선의 기울기

인과형 모형에서의 회귀분석과 같은 최소자승법을 적용하여 식 (4.3)과 같은 다음의 결과를 유도할 수 있다.

$$a = \frac{\sum_{t=1}^n y_t - b \sum_{t=1}^n t}{n}$$

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^n t y_t - \sum_{t=1}^n t \sum_{t=1}^n y_t}{n \sum_{t=1}^n t^2 - \left(\sum_{t=1}^n t \right)^2}$$
(4.12)

수요의 패턴이 계절적 요인에 의한 수요 변동을 갖는 경우에는 계절적 변동을 먼저 제거하는 전술된 이동평균 분기수요를 적용하면 효율적인 추세선을 산정할 수 있다. 즉 계절적 변동을 제거하기 위해서는 표 4.5와 같이 이동평균법의 개념을 적용하여 단위기간의 이동평균수요를 산출하고 이를 해당 분기의 수요로 고려한다.

대한철강 주식회사의 이동평균 분기수요를 주어진 분기의 수요로 보고 추세분석법에 의한 수요의 추세선을 유도하면 다음과 같다. 기본 자료는 표 4.5에 의하며 적용을 위한 계산절차는 표 4.8에 의한다.

$$\hat{y}_t = 53.843 + 2.41 t$$
(4.13)

표 4.8

추세선 산정을 위한 계산표

연도/분기	기간(t)	수요(y _t)	ty _t	t ²
02 3/4	1	55.5	55.5	1
4/4	2	58.25	116.5	4
03 1/4	3	61.25	183.75	9
2/4	4	64.5	258	16
3/4	5	66.75	333.75	25
4/4	6	68.5	411	36
04 1/4	7	70.5	493.5	49
2/4	8	72.25	578	64
3/4				
4/4				
합계	36	517.5	2430	204

그러므로 표 4.8에 주어진 수요에 관한 자료는 매 분기마다 수요가 2.41톤씩 증가하는 추세를 갖는다고 할 수 있다. 주어진 추세선에 의하여 2005년도 1/4분기 수요는 다음과 같이 예측된다.

$$\hat{y}_{11} = 54.843 + 2.41 \times 11 = 80.353\text{ton} \quad (4.14)$$

이는 표 4.4에 주어진 대한철강 주식회사의 냉연철강 수요에 있어서 그 추세요인만 고려할 경우의 냉연철강 수요예측치이기도 하다. 여기에서 2005년도 1/4분기는 11번째 기간이 된다는 것에 유의하자.

3. 시계열분해법

우리는 이미 계절지수를 계산함으로써 시계열 자료로부터 계절적 변동을 분해하는 과정을 다루었으며 그 결과로부터 추세선을 구하는 경우도 보았다. 이와 같이 시계열분해법은 시계열 자료로부터 추세, 순환 변동, 계절적 변동을 확인하여 분해함으로써 단순한 이동평균법이나 추세분석법, 또는 뒤에 소개될 지수평활법과는 달리 좀더 정확한 예측을 시도하는 예측기법이다. 그러므로 시계열분해법은 이미 우리가 이동평균법과 추세분석법에서 적용해 온 내용과 같이 시계열 자료로부터 추세, 순환요인, 계절적 요인을 확인하는 것으로부터 시작된다. 그러므로 이번에도 그 연장선상에서 추세와 계절적 요인만을 고려하여 설명하고자 한다.

첫 단계로서 계절적 요인의 제거는 전술된 바와 같이 계절지수를 구하여 분해될 수 있으며 둘째 단계로서 추세선은 이때 얻어진 이동평균 단위기간수요를 기초 자료로 하여 추세분석법에 의하여 유도된다. 마지막 단계로서 미래의 수요는 유도된 추세선에 의하여 미래의 특정 단위기간의 이동평균수요, 즉 추세치를 산정하고 추세치에 계절지수를 곱하여 예측될 수 있다. 이를 대한철강 주식회사의 냉연철강의 수요에 관한 첫 단계로서 이동평균법에서 제시된 결과와 둘째 단계의 추세분석법에서의 결과에 연장하여 적용하면 2005년도 1/4분기의 냉연철강의 수요예측치는 식 (4.14)의 추세선에 의한 예측치와 표 4.7에 계산된 조정된 계절지수를 이용하여 다음과 같

이 나온다.

$$\begin{aligned} F_{11} &= 1/4\text{분기의 조정된 계절지수} \times 80.353 \\ &= 0.804 \times 80.353 = 64.404\text{ton} \end{aligned} \quad (4.15)$$

이 된다. 여기에서 F_{11} 는 최종 수요예측치를 의미한다.

시계열분해법을 적용하기 위해서는 시간의 흐름에 따라 수요에 관한 최신 자료를 정기적으로 분석에 포함시켜 이동평균 단위기간수요를 계산하고 이에 따라 조정된 계절지수를 갱신하고 새로이 추세식을 유도해야 한다. 특별한 불규칙한 변동이 없는 한 장기간의 자료에 의한 분석이 더 적절하다고 할 수 있다.

4. 지수평활법

지수평활법은 최소의 자료로 단기예측활동에 유용하게 활용할 수 있는 예측기법으로, 시계열 자료가 추세, 순환 변동, 계절적 변동이 크게 작용하지 않고 비교적 안정되어 있는 경우에 적합하다. 또한 단기예측은 특성상 이러한 시계열 요인들이 중요하게 작용을 하지 않으며 이러한 의미에서 지수평활법은 가장 최소의 자료를 가지고 폭넓게 활용될 수 있는 예측기법 중의 하나이다. 특히 이러한 시계열 자료의 요인들을 직접적으로 모형에 반영하는 경우에는 추세조정 지수평활법이나 계절적 변동조정 지수평활법의 요인조정 지수평활법을 적용할 수 있으며 이에 반하여 이러한 요인이 직접 모형에 반영되지 않는 모형을 단순 지수평활법이라 한다. 여기에서는 단순 지수평활법만을 소개하기로 한다.

단순 지수평활법(지수평활법이라 함)은 다음과 같이 간단히 모형화될 수 있다.

$$\begin{aligned} F_{t+1} &= \alpha D_t + (1 - \alpha)F_t \\ &= F_t + \alpha(D_t - F_t) \end{aligned}$$

F_t : 기간 t에서의 시계열 예측치

D_t : 기간 t의 시계열 자료의 실측치

α : 평활상수로서 $0 \leq \alpha \leq 1$

$D_t - F_t$: 예측오차 (4.16)

그러므로 지수평활법은 기간 t 의 시계열 자료의 실측치 D_t 에 가중치로 평활계수 α 를 부여하고 같은 기간 t 에 적용된 예측치 F_t 에 가중치 $1 - \alpha$ 를 부여하여 가중평균한 값으로 기간 $t + 1$ 의 예측치를 산정하는 예측기법이다. 이는 기간 t 의 예측치 F_t 에 $\alpha \times$ 예측오차만큼 수정을 가하는 방법으로 기간 $t + 1$ 의 예측치를 산정하는 방법으로도 설명될 수 있다. 그러므로 지수평활법을 적용하는 경우에는 주어진 기간의 시계열 값과 그 기간의 예측치만 있으면 다음 기간의 예측치를 산정할 수 있으며 매우 간단하게 다음 시계열 값을 예측할 수 있다.

지수평활법을 처음으로 적용하고자 할 경우에는 초기 예측치가 필요하나 초기 예측치가 존재하지 않을 경우에는 지난 기간 동안의 시계열자료를 단순 이동평균하거나 가중 이동평균하여 초기 예측치로 활용할 수 있다. 이때 필요한 시계열 자료는 $2/\alpha - 1$ 을 계산하여 반올림한 수만큼 필요하나 보통 4, 5 단위기간의 자료를 이용할 수 있다.

예를 들어보자. 초기 자료로서 대한철강 주식회사의 냉연제품에 대한 2004년 7월부터 2004년 12월까지의 6개월간의 수요량이 다음과 같이 주어져 있다.

표 4.9

대한철강 주식회사 냉연제품의 수요

연/월	04/7	04/8	04/9	04/10	04/11	04/12
수요	120	135	110	128	138	120

평활상수 $\alpha = 0.4$ 를 적용하여 2005년도 1월의 수요를 예측하고자 한다. 2004년 12월의 수요예측치가 존재하지 않으므로 과거 얼마간의 수요를 단순 이동평균하여 대치하고자 한다. 이때 필요한 자료의 수는 $2/\alpha - 1 = 2/0.4 - 1 = 4$ 개월이 되며 초기 예측치는 다음과 같다.

$$F_{04/12} = (110 + 128 + 138 + 120)/4 = 124$$

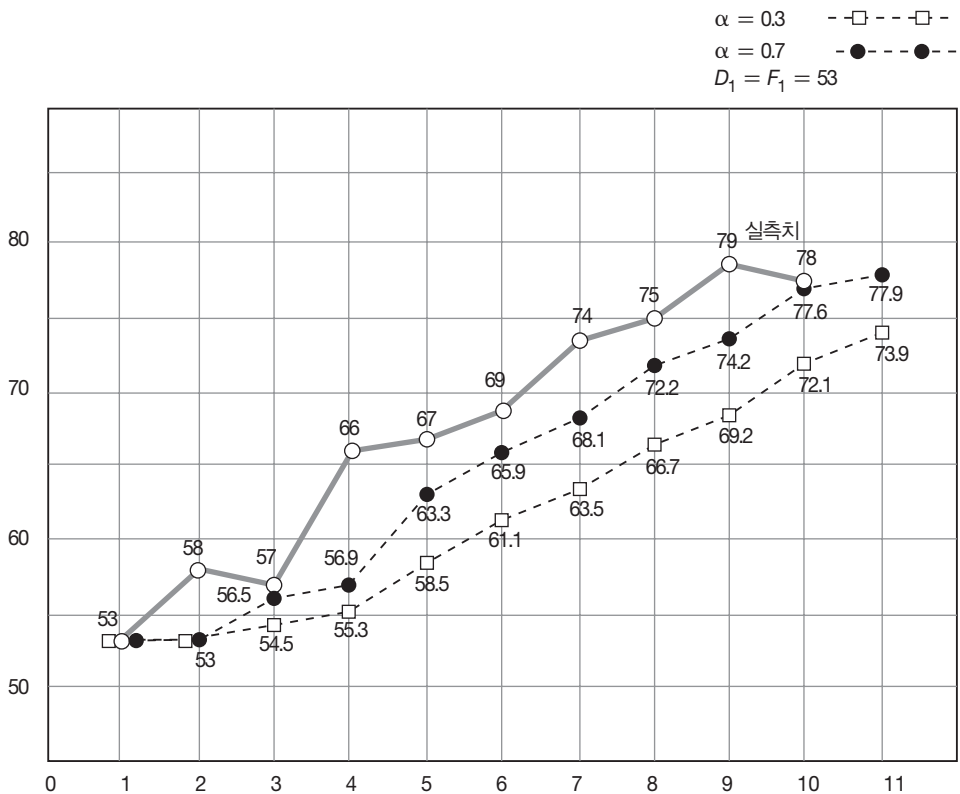
가 된다. 그러므로 2005년도 1월의 예측치는 다음과 같이 산정된다.

$$F_{05/1} = 0.4 \times 120 + 0.6 \times 124 = 122.4$$

만약 2005년 1월의 실제 수요가 112가 되었다고 하면 2005년 2월의 수요예측치는

$$F_{05/2} = 0.4 \times 112 + 0.6 \times 122.4 = 118.24$$

그림 4.3 시계열 자료값과 α 값에 따른 예측값



가 된다.

지수평활법을 적용하기 위해 하나 결정되어야 할 값은 평활상수 α 이다. 식 (4.16)에서 알 수 있듯이 α 값이 클수록 실제 수요가 예측치에 더 많이 반영된다.

그러므로 시계열 자료가 증가하거나 감소하는 추세를 갖는 경우에는 α 값을 크게 하여 실제 수요에 더 큰 비중을 둬으로써 시계열 자료의 변화에 더 접근할 수 있으며 반대로 수요가 안정되어 있는 경우에는 α 값이 크게 문제가 되지 않는다. 그림 4.3은 추세가 존재하는 시계열 자료에서 α 값에 따른 예측치의 변화를 표시한 것이다.

그림 4.3에서 알 수 있듯이 뚜렷한 추세를 보이는 경우에는 평활상수가 클수록 시계열 자료의 변화에 예측치가 더 접근한다고 할 수 있으나 이러한 경우에는 추세를 직접 고려한 추세조정 지수평활법을 적용하는 것이 더 효과적이다. 이러한 요인조정 지수평활법에 대하여는 필요시 여타의 저서에 의존하기로 한다.

지수평활법에서는 최근에 가까운 자료일수록 과거의 자료보다 지수적으로 더 높은 가중치가 부여되어 예측치에 반영된다. 이를 위하여 식 (4.16)을 다음과 같이 변형한다.

$$\begin{aligned}
 F_{t+1} &= \alpha D_t + (1 - \alpha)F_t \\
 &= \alpha D_t + (1 - \alpha) [\alpha D_{t-1} + (1 - \alpha) F_{t-1}] \\
 &= \alpha D_t + \alpha(1 - \alpha) D_{t-1} + (1 - \alpha)^2 F_{t-1} \\
 &= \alpha D_t + \alpha(1 - \alpha) D_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 D_{t-2} + \alpha(1 - \alpha)^3 D_{t-3} + (1 - \alpha)^4 F_{t-3} \\
 &\quad \vdots \\
 &= \alpha D_t + \alpha(1 - \alpha) D_{t-1} + \dots + \alpha(1 - \alpha)^{n-1} D_{t-(n-1)} \\
 &\quad + (1 - \alpha)^n F_{t-(n-1)}
 \end{aligned} \tag{4.17}$$

여기에서 $\alpha \geq \alpha(1 - \alpha) \geq \dots \geq \alpha(1 - \alpha)^{n-1}$ 이 되어 F_{t+1} 은 과거 시계열 자료에 대한 지수적 가중 이동평균치로서 최근의 자료가 예측치에 더 많이 반영됨을 알 수 있다.

6 예측오차

복잡성과 동태성을 특징으로 하는 예측환경에서 정확한 예측은 매우 어려운 일이다. 그러므로 효율적인 예측을 위해서는 예측치가 실제 수요를 어느 정도 반영하는가를 측정할 수 있는 척도가 필요하다. 이러한 측정치는 예측기법의 신뢰도를 제시할 뿐만 아니라 적절한 예측기법을 선택하는 데도 활용될 수 있다. 그러나 본서에서는 이러한 측정치에 대한 내용은 기술하지 않기로 하며 필요한 경우에는 여타의 저서를 참고하기로 한다.

연습문제

1. 수요예측방법을 대별하여 기술하시오.
2. 3가지 기본적인 예측기법을 예측기간, 비용, 소요시간과 관련하여 비교하시오.
3. 시계열 예측기법에 있어서 가법형 모형과 승법형 모형의 장단점을 비교하시오.
4. 추세분석과 회귀분석의 차이점을 기술하시오.
5. 다음 도표는 학생들의 신장과 몸무게를 조사한 것이다.

신장 (cm)	164	157	172	165	180	152
몸무게 (kg)	64	60	75	57	78	55

- 1) 키와 몸무게에 대한 회귀방정식을 구하시오.
 - 2) 결정계수를 산정하여 의미를 설명하시오.
6. 제일기획이 생산하는 겨울 스키용품용 시계열 예측기법에 의하여 수요예측을 하고자 한다. 수요와 관련된 자료는 아래와 같다.

연도/분기	03/1	03/2	03/3	03/4	04/1	04/2	04/3	04/4
수요	48	64	102	40	52	66	126	48

- 1) 이동평균법에 의하여 2005년도 1/4분기 수요를 예측하시오.
 - 2) 이동평균분기수요, 계절지수, 추세선을 산정하는 시계열분해법에 의하여 2005년도 1/4분기 수요를 예측하시오.
 - 3) 주어진 자료에 대하여 평활계수 $\alpha = 0.3$ 과 $\alpha = 0.7$ 인 단순 지수평활법을 적용 2005년도 1/4분기 수요를 예측하고 두 경우를 서로 비교하여 그 의미를 설명하시오. 2004년도 4/4분기 예측치는 4분기 수요를 단순 이동평균하여 대치하시오.
7. 기흥우유에서 생산하는 요구르트의 분기별 수요량에 관한 자료는 아래와 같다.

연도/분기	02/1	02/2	02/3	02/4	03/1	03/2	03/3	03/4	04/1	04/2	04/3	04/4
수요	30	42	55	100	35	46	59	120	43	57	71	142

- 1) 이동평균 분기수요를 구하시오.
 - 2) 계절지수를 구하시오.
 - 3) 이동평균 분기수요의 추세선을 구하시오.
 - 4) 시계열분해법에 의하여 2005년도 1분기의 수요를 예측하시오.
8. 제품의 분기별 수요에 대한 자료는 다음과 같다. 시계열분해법에 의하여 2005년도 1/4분기 수요를 예측하시오.

연도/분기	02/1	02/2	02/3	02/4	03/1	03/2	03/3	03/4	04/1	04/2	04/3	04/4
수요	107	225	190	125	122	234	210	145	141	264	242	151

9. 주유소에서 휘발유 판매량에 대한 지난주 예측치는 21,000리터, 판매량은 18,000리터, 이번주 예측치는 19,000리터, 판매량은 20,000리터였다. 평활상수 $\alpha = 0.3$ 일 때 단순 지수평활법에 의하여 다음 주의 판매량을 예측하시오.
10. 다음은 제품의 6개월간의 매출액을 정리한 것이다.

월	1	2	3	4	5	6
매출액	104	136	128	145	162	188

- 1) 평활상수 $\alpha = 0.3$ 과 $\alpha = 0.7$ 에서 1월의 예측치가 120일 때 2월부터 7월까지의 매출액의 예측치를 산정하시오.
- 2) 평활상수가 예측치와 관계에 대하여 설명하시오.