

■ 연구논문

수요예측을 위한 지능형 의사결정지원시스템 구축

- An Intelligent Decision Support System for Demand Forecasting -

염 창 선*

Yum, Chang-Seon

Abstract

Many organizations are currently adjusting the statistical forecasts with qualitative factors. However, so far a few forecasting system with adjustment process have been developed. They have difficulties in managing knowledge and estimating the quantity of adjustment.

In this study, the forecasting support system adopting the frame based knowledge representation and containing the decision making scheme for adjustment is proposed to overcome these difficulties. According to the experiments, the proposed system improves the forecasting performance on gasoline case.

I. 개 요

예측이란 주어진 상황에서 미래에 일어날 일에 대해 미리 짐작하는 것을 말한다. 기업경영에 있어서 불확실한 미래를 보다 정확하게 예측하는 것은 경쟁력 우위를 점할 수 있는 중요한 요인이다. 그러므로 주요 자료에 대한 정확한 예측은 합리적이고 효율적인 조직 경영을 위한 전제조건이 되고 있다[6, 7]. 기업에서의 정확한 예측의 필요는 학자들로 하여금 여러 종류의 예측기법을 만들어 내게 했다. 특히 이러한 예측기법 중의 하나인 통계적 예측기법은 그 동안 매우 넓게 사용되어 왔다. 그러나 이 예측기법은 단지 과거자료의 패턴을 외삽하여 예측치를 생성하는 관계로 불규칙하게 발생하는 미래의 사건을 반영하지 못하는 단점을 가지고 있다. 기업의 예측담당자들은 이러한 통계적 예측기법의 문제를 보완하기 위해 통계적 예측모형으로부터 얻은 통계적 예측치에 부가적으로 통계적 예측모형에 포함되지 않은 요소인 정성적 요인들(qualitative factors)이 미치는 영향의 정도를 파악하여 보정한 결과를 최종 예측치로 사용하고 있다[4, 8, 15].

Edmundson 등[2]은 통계적 예측치에 대해 예측담당자에 의한 주관적인 보정의 필요성을 강조하였고, Mathews와 Diamantopoulos[13] 그리고 Wolfe와 Flores[14]는 통계적 모형을 통해 얻은 예측치보다 이 예측치에 주관적인 판단을 바탕으로 보정한 결과가 더 우수하다는 것을 실험을 통해 입증하였다. 예측과정에서 정성적 요인의 고려와 이를 효율적으로 관리할 필요성이 대두됨에 따라 Lewandowski[12]가 최초의 정성적 요인 관리 및 지원을 위한 예측시스템인 FORSYS를 개발하였다. 이 시스템은 시계열예측을 위해 유럽기업들에서 널리 사용되었다. 그러나 이 시스템은 과거에 발생한 정성적 요인들이 과거의 실적치들에 얼마나 영향을 미쳤는가를 알아내는 체계적인 방법을 갖지 못했다. Lee와 Oh[9]는 UNIK-FCST란 전문가시스템을 이

† 본 연구는 1999년도 부경대학교 기성희연구비에 의하여 연구되었음.

* 부경대학교 경영학부

용한 진보된 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 시계열모형으로부터 얻은 예측치에 정성적 요인들에 대한 지식을 전문가시스템으로 처리하여 보정하는 방법을 가졌다. 그리고 Lee와 Yum[10]은 정성적 요인들에 대한 지식을 신경망으로 처리하는 자동화가 가능한 보정 방법을 제시하였다.

본 연구에서는 기업의 예측담당자들이 보정과정에서의 어려움을 호소하고 있는 정성적 요인의 지식관리와 보정량 추정을 지원해 줄 수 있는 보정 의사결정지원 예측모형을 제시한다. 그리고 제시된 모형이 기존 통계적 예측모형보다 우수함을 실제 자료를 바탕으로 입증한다. 더 나아가 시스템으로의 구현을 위한 기본 틀을 제시한다. 한국 가솔린 수요예측 업무를 사례분석 대상으로 한다. 1987년 1월부터 1994년 10월까지의 총 94개 월 단위 시계열 데이터를 사용하였고 이 중 72개 데이터는 학습을 위해 그리고 나머지 최근 22개 데이터는 예측성능 검증을 위해 사용하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 통계적 예측치의 보정을 위한 의사결정지원 과정을 제시하고, 정성적 요인에 대한 지식표현 방법을 서술한다. 3장에서는 2장에서 제시한 보정 의사결정지원 예측모형과 통계적 예측모형의 성능을 평가한다. 그리고 4장에서는 보정 의사결정지원 예측모형을 기반으로 하는 예측 의사결정지원시스템의 구성에 대해 서술하고, 끝으로 5장에서는 본 연구의 결론을 제시한다.

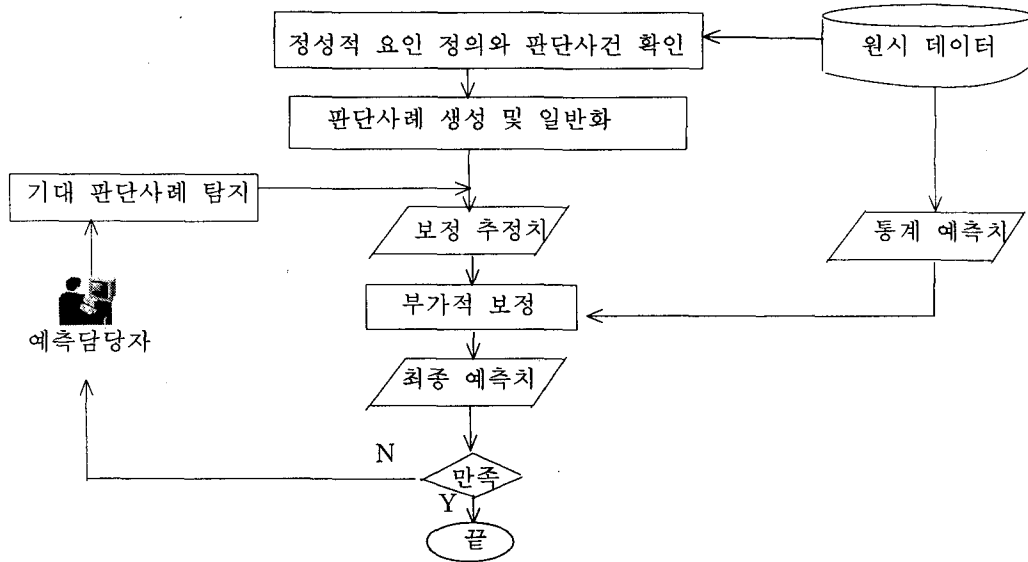
2. 예측치 보정을 위한 의사결정지원

2.1 예측치 보정을 위한 의사결정지원 과정

통계적 예측치에 대한 정성적 요인을 보정하기 위한 의사결정 과정은 [그림 1]와 같다. 이 과정은 예측담당자들이 실제적으로 보정할 때의 의사결정 과정을 표현한 것으로 대략적인 절차는 다음과 같다. 첫째 단계, 예측대상에 대해 불규칙적으로 발생하는 정성적 요인들을 정의하고 과거 판단사건들을 확인한다. 둘째 단계, 과거 판단사건들을 바탕으로 판단사례를 생성하고 이를 다층 신경망으로 일반화시킨다. 셋째 단계, 기대되는 판단사례에 대한 보정치를 일반화된 신경망을 통해 추론하고 그 결과를 통계적 예측치에 보정하여 최종 예측치를 구한다. 이때 최종 예측치가 만족스럽지 못하다고 판단될 경우에는 기대되는 미래의 상황을 좀 더 정확히 분석한 후 새로운 최종 예측치를 생산하는 반복적 의사결정 과정을 거친다.

2.2 정성적 요인의 정의와 판단사건 확인

정성적 요인은 통계적 예측모형의 변수로서 포함될 수 없고 예측모형 안에 그 효과를 나타낼 수 없는 요소로 정의할 수 있다. 즉 정성적 요인은 예측모형의 내부적인 역학관계에 의하여 결정되는 것이 아니고 외부로부터 결정되어 예측하고자 하는 변수에 영향을 미치는 요소이다 [1, 9]. 이러한 정성적 요인들은 예측대상에 따라 다르게 식별된다. 가솔린의 정성적 요인으로는 정부규제(Regulation), 파업(Strike), 공휴일(Holiday), 사전 가격발표(Advanced-Announcement) 등이 있다. 각 정성적 요인은 그들의 속성들에 의해 표현될 수 있다. 즉 정부규제는 규제 유형(Type), 규제의 강도(Intensity), 그리고 규제된 기간(Duration)으로 표현될 수 있고, 공휴일은 공휴일 유형(Type)과 휴일 기간(Duration)으로, 파업(Strike)은 산업의 유형(Type), 파업의 강도(Intensity), 그리고 파업 기간(Duration)으로, 사전가격발표



[그림 1] 통계적 예측치의 보정을 위한 의사결정지원 과정

(Advanced-Announcement)는 가격변동 퍼센트(Percentage)와 미리 발표된 일수(Duration)로 표현될 수 있다. [그림 2(a)]와 [그림 2(b)]는 정성적 요인들인 정부규제와 공휴일을 지식으로 표현하고 있다. 이들 정성적 요인들이 갖는 속성들은 'Major-Consideration' 슬롯에 표현되고 있다. 본 연구에 사용되는 이러한 지식표현 방법은 Context-plus-Index 모형에 근거한 것으로 가장 표현력이 풍부하다고 할 수 있는 프레임을 이용한 것이다.

```

    {{Regulation
      IS-A : Qualitative-Factor
      Class-of : Transient
      Major-Consideration : Type
                          Intensity
                          Duration
      Has-Judgmental-Event : Judgmental-Event-8, Judgmental-Event-15, . . . .
    }}
  
```

[그림 2(a)] 정성적 요인인 정부규제에 대한 지식표현

```

    {{Holiday
      IS-A : Qualitative-Factor
      Class-of : Transient
      Major-Consideration : Type
                          Duration
      Has-Judgmental-Event : Judgmental-Event-1, Judgmental-Event-4, . . . .
    }}
  
```

[그림 2(b)] 정성적 요인인 공휴일에 대한 지식표현

정성적 요인이 실세계에 발생한 사건을 판단사건(Judgmental Event)이라 부른다. 정부규제란 정성적 요소는 현실적으로 여러 번 발생되는 데 각 발생한 판단사건을 정부규제의 판단사건이라 한다. [그림 3]는 정부규제의 판단사건 중의 하나인 Judgmental-Event-8을 보여 주고 있다. Judgmental-Event-8은 서울올림픽 기간인 1988년 9월 15일부터 10월 7일까지 서울에서 차량 2부제가 실시되었던 사건이다. 정부규제의 여러 유형 중 차량통제정책(Car-Restriction-Police)이 유형 1에 해당됨을 의미한다. 그리고 전국지역 대비 서울지역의 차량비가 0.4이고 서울의 차량 2부제 실시로 인해 서울지역의 통제된 차량의 비가 0.5이므로 전국에 대한 차량통제 강도(Intensity)는 이들의 곱인 0.2에 해당된다. 규제된 기간(Duration)의 일수인 23은 서울올림픽 기간인 1988년 9월 15일부터 10월 7일까지의 날짜 수를 나타낸다.

이러한 과거의 판단사건들은 일반적으로 정성적 요인들에 대한 과거의 기록들을 조사함으로써 확인될 수 있다. 또는 원시 데이터의 이상치들에 대한 발생 원인을 조사 분석함으로써 확인 가능하다.

```

{{Judgmental-Event-8
  Judgmental-Event-of: Regulation
  Year : 1988
  Month: 9
  Type : Car-Restriction-Police (1)
  Intensity: 0.2
  Duration : 9.15 - 10.7 (23)
  Compose : Judgmental-Case-12, Judgmental-Case-13
}}
```

[그림 3] 정부규제의 판단사건 8의 지식표현

2.3 판단사례 생성 및 일반화

특정 월에 발생한 판단사건들이 상호작용을 하여 그 월의 수요에 영향을 미치므로, 각 월에 대해 발생한 판단사건들과 그들이 수요에 미치는 영향의 크기를 파악할 필요가 있다. 이를 위해 한 월 단위 동안에 발생하는 판단사건들과 이들이 수요에 미치는 영향의 크기로 구성된 집합을 판단사례(Judgmental Case)라 정의한다. 판단사례는 [그림 4]에서 볼 수 있는 것처럼 가솔린의 정성적 요인 4개의 각 속성들을 슬랏으로 표현하고 있다. 1988년 9월에 두 개의 정성적 요인인 정부규제와 공휴일이 동시에 수요에 영향을 미쳤고 그 영향의 크기가 -106였기 때문에 1988년 9월에 발생한 판단사례는 [그림 4]의 Judgmental-Case-12처럼 표현될 수 있다. 정부규제의 Judgmental-Event-8이 영향을 미쳤는데, 여기서 규제된 기간(Duration)의 일수인 16은 서울올림픽 기간인 1988년 9월 15일부터 10월 7일까지의 날짜 수 중에 9월 한 달에 대한 일수를 나타낸다. 그리고 1988년 9월에 공휴일이 발생하였는데, 이 공휴일은 추석(유형 2)으로 하루(기간 1일)만 휴일을 가졌다. 영향의 크기인 -106은 1988년 9월의 가솔린 예측치와 실측치간의 차이로부터 산출될 수 있다. 가솔린 수요예측에 있어서 학습기간인 1987년 1월부터 1992년 12월 사이에 43개의 판단사례가 찾아졌다.

```

{{Judgmental-Case-12
  Year : 1988
  Month : 9
  Regulation_Type (RT): 1          /* 입력노드 */
  Regulation_Intensity (RI): 0.2  /* 입력노드 */
  Regulation_Duration (RD): 16    /* 입력노드 */
  Holiday_Type (HT): 2           /* 입력노드 */
  Holiday_Duration (HD): 1       /* 입력노드 */
  Strike_Type (ST): 0            /* 입력노드 */
  Strike_Intensity (SI): 0       /* 입력노드 */
  Strike_Duration (SD): 0        /* 입력노드 */
  Announcement_Percentage (AP): 0.0 /* 입력노드 */
  Announcement_Duration (AD): 0  /* 입력노드 */
  Impact: -106                  /* 출력노드 */
  Composed of : Judgmental-Event-8, Judgmental-Event-9
}}

```

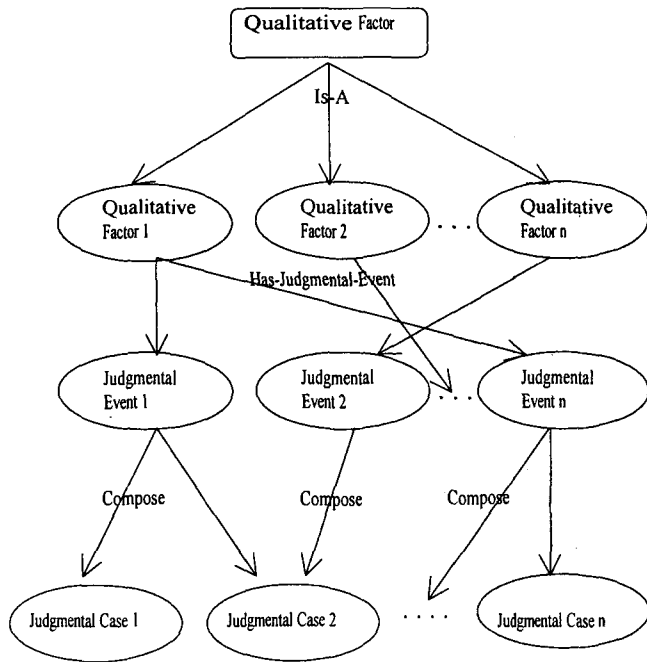
[그림 4] 1988년 9월에 발생한 판단사례 12의 지식표현

지식으로 표현되는 정성적 요인, 판단사건 그리고 판단사례 등은 지식베이스에 저장되어 관리되는 데, 이들 간의 관계는 [그림 5]과 같은 계층구조를 이룬다.

미래에 발생이 예견되는 판단사례가 수요에 미칠 것으로 예상되는 효과를 추론하기 위해서는 먼저 과거 판단사례들을 일반화할 필요가 있다. 다층 신경망은 입력 패턴과 출력 패턴간의 관계를 일반화하는 데 유용한 도구로 알려져 왔다[3, 5, 11]. 그러므로 다층 신경망을 이용하여 과거 판단사례와 영향의 크기간의 관계를 일반화시킨다. 이때 입력변수로는 판단사례의 속성들이 사용된다. [그림 4]는 다층 신경망을 학습할 때 입력노드와 출력노드에 대응되는 슬롯들을 구분하여 보여 주고 있다. 가솔린 판단사례에 있어서 최적 신경망을 찾기 위해 과거 43개 판단사례 중 29개 판단사례로 학습하였고 나머지 14개 판단사례로 평가한 결과, 11개의 입력노드와 7개 중간노드, 그리고 1개의 출력노드, 학습횟수(epochs)가 800인 신경망 구조에서 MSE(Mean Squared Error)가 최소값을 가졌다. 그리고 선정된 최적의 신경망을 43개의 과거 판단사례들을 가지고 800회 학습시킴으로써, 과거 판단사례들이 일반화된 신경망인 *JUDGMENTAL(NN)*을 구축하였다.

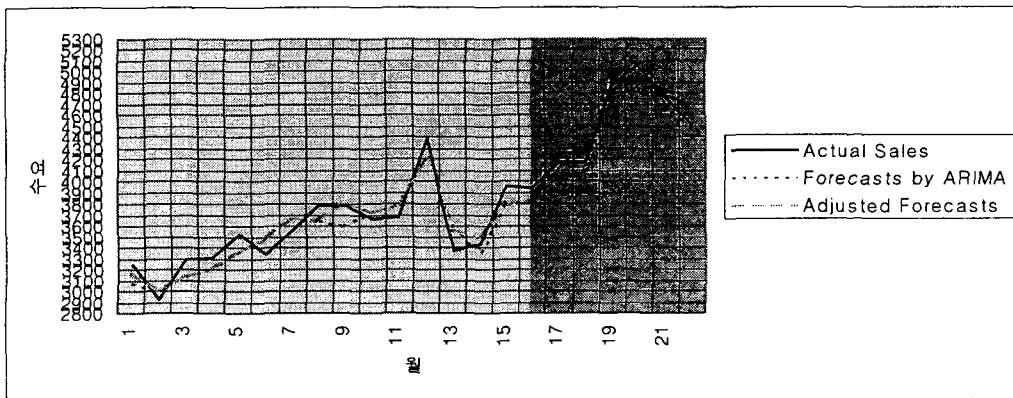
2.4 의사결정을 통한 보정치 추정과 보정 예측치

예상되는 정성적 요인들의 속성으로 구성된 기대되는 판단사례를 앞서 일반화한 신경망의 입력으로 사용함으로써 보정치를 추정할 수 있다. 예측담당자는 기대되는 판단사건을 탐지하기 위해서 뉴스, 정부발표, 경영정책 등과 같은 기업 내외부 정보를 취득 및 분석해야 한다. 새로 추정된 효과를 통계적 예측모형을 통해 구한 통계적 예측치에 보정해 줌으로써 최종 예측치를 얻을 수 있다. 이때 최종 예측치가 만족스럽지 못하다고 판단될 경우에는 기대되는 미래의 상황을 좀 더 정확히 분석한 후 이를 바탕으로 추정한 새로운 보정치를 통계적 예측치에 보정함으로써 새로운 최종 예측치를 생산하는 반복적 의사결정 과정을 거친다. [그림 6]은 가솔린의 1987년 1월부터 1992년 12월까지의 월간 판매량에 대해 통계적 예측모형인 ARIMA(AutoRegressive Integrated Moving Average)와 본 연구의 접근방법인 보정 의사결정



[그림 5] 지식베이스의 계층구조

지원 예측모형에 의해 수행된 1993년 1월부터 1994년 10월까지의 예측 결과를 나타내고 있다.



[그림 6] ARIMA 예측치와 보정된 예측치 ('93.1 ~ '94.10)

3. 예측 의사결정지원모형과 통계적 예측모형의 성능평가

본 연구에서 제시한 보정 의사결정지원 예측구조가 가솔린 수요예측에 있어서 ARIMA 모형보다 더 우수함을 평가하기 위해 다음과 같은 가설을 설정하였다.

[가설] 보정 의사결정지원 구조를 갖는 예측모형이 ARIMA 모형보다 우월하다.

이 가설은 ARIMA + JUDGMENTAL(NN) 대 ARIMA의 예측성능에 대해 t-test함으로써

검증될 수 있다.

[표 1]은 2개 예측모형에 대한 예측성능을 보여주고 있다. *t* 테스트를 수행한 결과는 *ARIMA* + *JUDGMENTAL(NN)*가 유의수준 10%에서 *ARIMA*의 예측성능을 능가했다. MSE, MAE 그리고 MAPE의 *p*값은 0.07, 0.07, 0.08이었다. 즉 테스트 결과는 보정 의사결정지원 구조를 갖는 예측모형이 *ARIMA* 모형보다 우월함을 보여 주었다. [표 1]의 최종 열인 '*JUDGMENTAL(NN)*의 효과'는 보정 효과를 보여주고 있다. 보정된 예측치가 평가기준의 모든 사항에서 좋은 결과를 가져왔다. 보정 효과는 MSE, MAE 그리고 MAPE 측면에서 볼때 각각 18.2%, 13.2%, 11.5%의 긍정적인 효과를 가져왔다.

[표 1] 보정 의사결정지원 모형과 *ARIMA* 모형의 성능 비교

평가기준	<i>ARIMA</i> + <i>JUDGMENTAL(NN)</i>	<i>ARIMA</i>	<i>JUDGMENTAL(NN)</i> 의 효과
MSE	13172	16103	-2931(-18.2%)
MAE	105.1	121.2	-16.1(-13.2%)
MAPE	2.84	3.21	-0.37(-11.5%)

[MSE: Mean Squared Error, MAE: Mean Absolute Error, MAPE: Mean Absolute Percentage Error.]

4. 예측 의사결정지원시스템 구성

본 장에서는 2장에서 제시한 보정 의사결정지원 예측모형을 기반으로 하는 예측 의사결정지원시스템의 구성도를 제시한다. 예측 의사결정지원시스템은 [그림 7]과 같이 7개의 주요 구성요소들로 구분될 수 있는 데, 각 구성요소와 세부 기능은 다음과 같다.

첫 번째 구성요소는 데이터베이스시스템이다. 이는 데이터베이스와 데이터베이스관리시스템으로 구성되며, 주로 수요예측에 필요한 데이터를 저장관리하고 이를 제공하는 기능을 수행한다.

두 번째 구성요소는 지식베이스시스템이다. 이는 지식베이스와 지식베이스관리시스템으로 구성되며, 정성적 요인, 판단사건 그리고 판단사례에 대한 지식을 프레임 형태로 저장관리하고 이를 제공하는 기능을 수행한다.

세 번째 구성요소는 통계모형베이스시스템이다. 이는 통계모형베이스와 통계모형관리시스템으로 구성되며, 주로 데이터를 이용하여 통계모형의 설정, 평가 그리고 예측하는 기능을 수행한다.

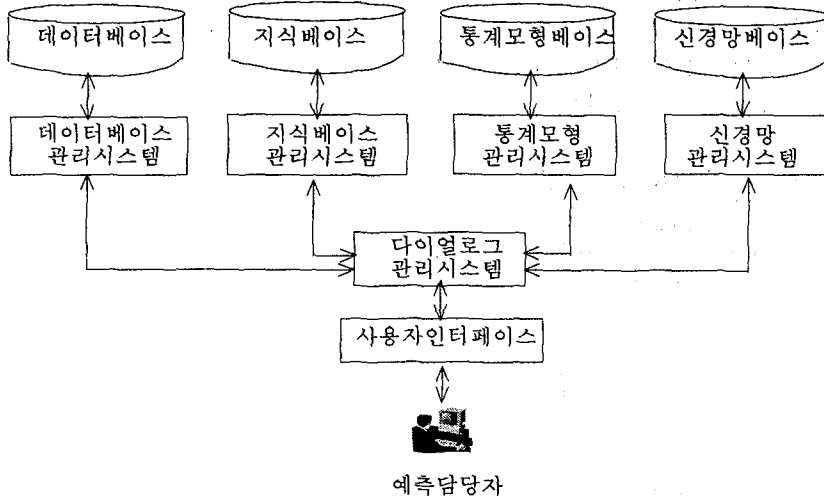
네 번째 구성요소는 신경망베이스시스템이다. 이는 신경망베이스와 신경망관리시스템으로 구성되며, 주로 판단사례의 일반화를 위한 신경망의 설정, 학습, 평가 그리고 효과를 추정하는 기능을 수행한다.

다섯 번째 구성요소는 다이얼로그관리시스템이다. 이는 사용자의 입출력 프레임워크를 제공하고 관리한다. 사용자와 시스템간의 대화는 양방향으로 일어나는 데 사용자의 입력과 시스템의 출력이다.

여섯 번째 구성요소는 사용자인터페이스기관이다. 이는 수요예측을 위한 데이터의 입력, 출력, 그리고 다양한 분석과정에서 일어나는 사용자와 시스템간의 인터페이스 환경을 제공하는 시스템모듈이다.

일곱 번째 구성요소는 예측담당자이다. 시스템 사용자인 예측담당자가 시스템을 사용하기 위해서는 세 가지의 역할이 필요하다. 즉, 예측대상에 대한 데이터 및 지식을 관리하는 역할, 통계적 예측치 생성을 위한 통계적 예측모형과 보정 추정치를 위한 다층 신경망을 설정하는 역할

할, 그리고 데이터 및 지식, 그리고 통계적 예측모형 및 다층 신경망을 가지고 의사결정을 수행하는 역할이 필요하다. 이 세 가지 역할의 분류는 논리적인 분류이지 물리적인 분류는 아니다. 그러므로 세 사람에게 의해 행해 질 수도 있고 한 사람에게 의해 행해 질 수도 있다.



[그림 7] 예측 의사결정지원시스템 구성도

5. 결론

많은 기업에서 실제 예측담당자들은 통계패키지를 이용하여 예측한 결과를 다시 자신들의 자의적 판단에 의해 보정하고 있는 실정이다. 그러나 기업에서 예측담당자가 행하고 있는 예측의 한 과정이라 할 수 있는 보정 과정을 시스템적으로 지원하는 연구, 특히 인공지능적인 접근은 미미한 실정이다. 이로 인해 예측담당자는 정성적 요인의 지식관리와 보정량에 대한 의사결정에 어려움을 느껴왔다. 이 어려움을 해결하기 위한 방법으로 본 연구에서는 첫째, 정성적 요인을 프레임 형태의 지식으로 표현함으로써 지식관리의 편리성을 확보하였다. 둘째, 보정량 추정을 위한 의사결정지원 과정을 설계하였다. 셋째, 정성적 요인이 존재하는 상황에서 제안한 보정 예측지원모형이 기존의 예측모형보다 우수함을 실험을 통해 입증하였다.

본 연구에서는 가솔린 수요예측을 사례로 분석하였으나, 본 연구에서 제시된 접근방법은 일반적인 통계적 예측모형의 사용이 가능하고 불규칙적으로 발생하는 정성적 요인이 존재하는 모든 예측 환경에서 효율적으로 적용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Collopy, F. and Armstrong J., S.; "Rule-Based Forecasting: Development and a Validation of an Expert Systems Approach to Combining Time Series Extrapolations", *Management Science*, 38; 1394-1414, 1992. .
- [2] Edmundson, R.H., Lawrence, M., and O'Connor, M.J.; "The Use of Non-time Series Information in Sales Forecasting: A Case Study", *Journal of Forecasting*, 7; 201-211, 1988.
- [3] Fausett, L.; "Fundamentals of Neural Networks", Prentice Hall, 1994.
- [4] Flores, B.E., and Olson, D.L.; "Judgmental Adjustment of Forecasts: A Comparison of Methods", *International Journal of Forecasting*, 7; 421-433, 1992.
- [5] Hecht-Nielsen, R.; "Neurocomputing", Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- [6] Klein, L.R.; "The Importance of the Forecast", *Journal of Forecasting*, 3; 1-9, 1984.
- [7] Jenkins, G.M.; "Some Practical Aspects of Forecasting in Organizations", *Journal of Forecasting*, 1; 3-21, 1982.
- [8] Lawrence, M., Edmundson, R. and O'Connor, M.; "Combining Judgmental and Statistical Forecasts", *Management Science*, 36; 1521-1532, 1986.
- [9] Lee, Jae K., Oh, S.B., and Shin, J.C.; "UNIK-FCST : Knowledge-assisted Adjustment of Statistical Forecasts", *Expert Systems with Applications: An International Journal*, 1(1); 39-49, 1990.
- [10] Lee, Jae K. and Yum, C.S.; "Judgmental Adjustment in Time Series Forecasting Using Neural Networks", *Decision Support Systems*, 22(1); 135-154, 1998.
- [11] Lee, Jae K., Yum, C.S. and Kim, W.J.; "Neural Network Based Judgmental Adjustment for Time Series Forecasting", Proceedings of the International Conference EANN '95, pp. 299-302, 1995.
- [12] Lewandowski, R.; "Sales Forecasting by FORSYS", *Journal of Forecasting*, 1; 205-214, 1982.
- [13] Mathews, B.P. and Diamantopoulos, A.; "Judgmental Revision of Sales Forecasts: A longitudinal Extension", *Journal of Forecasting*, 8; 129-140, 1989.
- [14] Wolfe, C. and Flores, B.; "Judgmental Adjustment of Earnings Forecasts", *Journal of Forecasting*, 9; 389-405, 1990.
- [15] Young, R.M.; "Forecasting with an Econometric Model: The Issue of Judgmental Adjustment", *Journal of Forecasting*, 2, 189-204, 1982.