

퍼지선형회귀를 이용한 재고관리

허철회*, 조성진**, 정환복***

An Inventory Management for Fuzzy Linear Regression

Chul-hoi Her, Soung-jin Joo, Hwanmook Chung

Abstract

The industrial structure comes to be complicated and for the production of the enterprise the rational and scientific forecast is necessary. The demand forecast has been widely used to linear regression, and up to now the linear regression was sharp the relationship between then dependent variable and the independent variables. But, The real society demands accurate demand forecast from uncertain environment and subjective concept.

This paper proposes the demand quantity forecast method to using of the fuzzy linear regression in uncertain and vague environment. Also, the optimum decision making of the demand quantity forecast uses integral calculus of the Sugeno to reflecting with the expert's (inventory manager) opinion.

키워드 : 퍼지 선형회귀, 예측, 재고관리, 의사결정

* 성덕대학 컴퓨터정보계열

** 선린대학교 전자계산과

*** 대구가톨릭대학교 공과대학 컴퓨터정보통신공학부 교수

1. 서론

오늘날 산업구조가 매우 복잡해지면서, 기업의 생산 목표 달성을 위해서는 보다 합리적이고, 과학적인 수요 예측이 필요하다[물류사화, 2001]. 예측에는 회귀분석이 널리 이용되고 있다[이효성, 1991], [서용원, 2000].

회귀분석은 변수와 변수 사이에 관계를 측정하고, 과거 자료들의 변동에 대한 독립변수로부터 종속변수의 값을 예측하였다. 이러한 선형회귀기법은 독립변수와 종속변수와의 관계가 명확히 정의된 상태에서 예측을 행한다 [Changsupung, 1979], [김우주, 1997].

그러나, 실사회에서는 불확실한 환경과 주관적 개념으로 정확한 예측을 요구하고 있다. 불확실하고, 애매한 환경에서 나타나는 현상들을 수학적 모델로 표현할 수 있도록 제안한 것이 L.A.Zadeh에 의한 퍼지 집합(Fuzzy Set)이다[이광형, 1997].

퍼지집합은 퍼지 환경에서 발생하는 제반 문제들에 널리 응용되고 있으며, 예측 문제도 퍼지 선형회귀를 이용하여 변수간의 관계를 정확히 파악할 수 있다. 퍼지 선형회귀에 대한 연구는 E.S. Santos가 "Fuzzy Algorithm" [E.S.Santos 1979]를 두 가지 유형으로 나누어 시스템 자체의 불명확성을 분석하는 기법을 연구하였다.

H.J.Zimmermann은 "여러 개의 목적함수를 갖는 퍼지프로그램과 선형 프로그램에 관한 연구"[H.J.Zimmermann, 1978]에서 Vector maximum 문제를 간단한 선형모델로 변환시켰다. K. Asai, H.Tanaka는 "퍼지모델을 갖는 선형회귀분석"[K.Asai, H.Tanaka, 1982]에서

삼각형 멤버십 함수를 이용한 수요 예측 기법을 연구하였다.

B.heshmaty, A. Kandel은 "퍼지 선형회귀와 불확실한 상태에서 수요 예측에 관한 응용"[B.Heshmaty,A.Kandel, 1985]에서 Asai가 제시한 방법을 선형회귀식에 의하여 해석하였다. 황승국은 "퍼지비선형회귀 모형"[황승국, 1998]에서 유전적 알고리즘을 이용한 퍼지회귀분석 모형을 제안하였다.

본 논문에서는 퍼지 선형회귀를 이용하여 불확실하고, 애매한 환경에서의 재고량 예측방법과 전문가(재고관리자)의 의견을 반영한 의사결정 알고리즘을 통하여 재고 관리를 합리적으로 할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

2. 퍼지 선형회귀

일반적으로 예측을 위한 정보에는 주관적인 것이 포함되어 있다. 이런 주관적인 정보가 있는 파라미터에 대해서는 퍼지 선형회귀로서 분석하는 것이 보다 현실에 가깝다.

2.1 퍼지 선형회귀의 정의

[정의 1]

퍼지함수 $f: X \rightarrow F(y)$, $y = f(x, A) \dots (1)$

$x \in X$

x, y : 2개의 집합

A : 퍼지집합

Y : 퍼지집합 A 에서 x 의 사상

$F(y)$: Y 에 있는 모든 퍼지 부분집합의 집합

퍼지집합 Y 를 멤버십함수로 정의하면

$$\mu_y = \max \mu_A(a) ; \{a \mid y=f(x, a)\}$$

$\left\{ \begin{array}{l} ; \{a \mid y=f(x, a)\} \neq 0 \quad \dots(2) \\ 0 ; \text{기타} \end{array} \right.$
 A : 매개변수(parameter)의 곱 공간
 $a_1 \times a_2 \times \dots \times a_n$ 에 대한 퍼지집합
 (n : 독립변수의 수)
 $\mu_A(a)$; 퍼지집합 A에 대한 멤버십 함수

[정의 1]은 Zadeh의 확장원리를 이용한 것이다. 즉, x가 주어지면 퍼지집합 A를 F(x,a)에 의해서 사상(mapping)이 되며 (식 2)와 같이 표현된다.

[정의 2]

퍼지 매개변수로는 근사치(α)의 퍼지집합을 다음과 같이 삼각형 멤버십 함수로 정의한다.

$$\mu_A(a) = \min[\mu_{A_j}(a_j)] \quad \dots (3)$$

$$\mu_{A_j}(a_j) = \begin{cases} 1 - (|a_j - a_j| / C_j) & ; \alpha_j - C_j \leq a_j \leq \alpha_j + C_j \dots(4) \\ 0 & ; \text{기타} \end{cases}$$

단, $C_j > 0$

퍼지 매개변수 A는 근사치(α)의 중심과 애매성(C)으로 나타내는 순서쌍의 집합이다. 따라서, 퍼지집합의 벡터는

$$A = (A_1, \dots, A_n)$$

$$\tilde{A} = \{\alpha, c\}; \alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)'$$

$$; c = (c_1, \dots, c_n)' \quad \dots (5)$$

(식 5)에서 ' 는 전치를 나타낸다.

2.2 퍼지 선형회귀의 명제

[명제 1] 퍼지 매개변수 $\tilde{A} = \{\alpha, c\}$ 로서 퍼지 선형함수

$$\hat{y} = \tilde{A}_1 x_1 + \dots + \tilde{A}_n x_n \quad \dots (6)$$

의 멤버십함수 $\mu_y(y)$ 는

$$\mu_y(y) = \begin{cases} 1 - \frac{|y - x' \alpha|}{c' |x|} & ; x \neq 0 \\ 1 & ; x=0, y=0 \dots(7) \\ 0 & ; x=0, y \neq 0 \end{cases}$$

3. 퍼지 선형회귀 재고관리

3.1 퍼지 선형회귀모델의 정식화

퍼지 선형회귀 모델을 위한 가정은

1) 모든 자료는 퍼지 선형모델로 나타낸다.

$$y_i^* = A_1^* x_{i1} + \dots + A_n^* x_{in} \quad \dots (8)$$

y_i^* : i 번째 재고의 추정치 y

$A_1^* x_{i1} + \dots + A_n^* x_{in}$; 형태 (α, c)를 취하는 퍼지 매개변수

x_{i1}, \dots, x_{in} ; 독립변수

y_i^* 는 [명제 1]에서 얻을 수 있는데 추정치 y^* 에 대한 관측치 y의 멤버십 등급은

$$\mu_{y_i}(y) = 1 - (|y_i - x_i' \alpha| / c' |x_i|) \quad \dots (9)$$

2) 퍼지 선형모델의 애매성은

$$u = c_1 + \dots + c_n \quad \dots (10)$$

로 나타낸다.

3) 종속변수의 관측치와 추정치와의 편차는 매개변수의 애매성에 따른다.

퍼지 모델을 정식화하는 것은 2가지의 경우가 있다.

① 출력에 애매성이 없는 경우

<표 1>에서 y_i 는 출력 또는 i 번째 품목에 대한 관측치라 하고, x_{ij} 는 j 번째 입력 또는 품목에 대한 j 번째 독립변수이다.

<표 1> 입-출력 자료

번호	출력(y)	입력(x)
1	y_1	x_{11}, \dots, x_{1n}
2	y_2	x_{21}, \dots, x_{2n}
.	.	.
.	.	.
.	.	.
n	y_n	x_{n1}, \dots, x_{nn}

관측치 $y = a'x$

추정치 $y_i^* = a'x_i$

편차 $y_i - y_i^* = \epsilon_i \quad i=1, \dots, n$

ϵ_i 는 일반적으로 평균이 0 이고, 분산이 1 인 확률 변수의 관측오차가 된다.

이러한 편차는 시스템 구조의 애매성에 기인한다고 가정하면, 편차는 관측오차 보다는 시스템 매개변수의 애매성에 밀접한 관계가 있다.

따라서, 퍼지 선형회귀 모델의 Non-fuzzy 자료에서는 적합치 판정기준 h 등급이상이 되는 추정치 $y_i^* = A^*x_i$ 에서 A^* 을 결정하는 것이다.

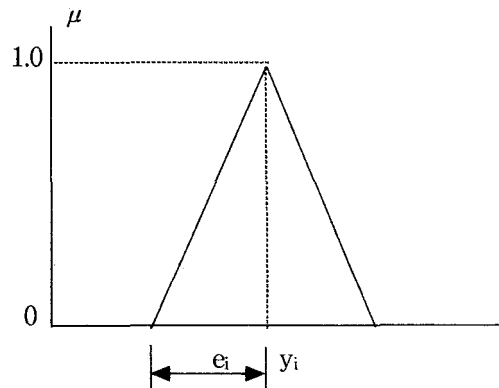
② 출력에 애매성이 있는 경우

출력에 퍼지한 개념이 있는 자료의 해석은 $y_i^* = (y_i, \epsilon_i)$ 로 나타내어지는 모델이다. 여기서 y_i 는 중심값이고, ϵ_i 는 폭이다.

<표 2> 입력-퍼지 출력자료

번호	퍼지 출력(y)	입력(x)
1	$y_1^* = (y_1, \epsilon_1)$	$x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}$
2	$y_2^* = (y_2, \epsilon_2)$	$x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n}$
.	.	.
..	.	.
.	.	.
n	$y_n^* = (y_n, \epsilon_n)$	$x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nn}$

<그림 1>은 입력-퍼지 출력자료를 나타낸 것이다.



<그림 1> 퍼지 출력

y_i 은 입력-퍼지 출력 자료에 대한 멤버쉽 함수는 다음 식으로 구한다.

$$\mu_{y_i^*}(y) = 1 - (|y_i^* - y| / \epsilon_i) \dots (II)$$

퍼지 선형회귀의 정식화를 위해서는 선형 계획문제에서 A_i^* 의 해를 구해야한다. 선형 계획문제에서의 A_i^* 의 해를 구하기 위한 목적함수와 제약조건은 다음과 같다.

목적함수 : $\text{Min } \alpha, c \quad j=c_1+c_2+ \dots +c_n$

제약조건 : $c \geq 0$ 이고

$$\alpha'x_i + (1-h) \sum c_j |x_{ij}| \geq y_i + (1-h)e_i \dots(12)$$

$$-\alpha'x_i + (1-h) \sum c_j |x_{ij}| \geq -y + (1-h) e_i$$

$i=1,2,\dots,N \quad j=1,2,\dots,n$

여기서 N : 품목의 수

n : 변수의 수

h : 의사결정자의 요구 수준

따라서 (식 12)를 정리하면

$$\alpha'x_i - (1-h) [\sum c_j |x_{ij}| - e_i] \leq y_i \leq \alpha'x_i + (1-h) [\sum c_j |x_{ij}| - e_i], i=1,2,\dots,N \dots(13)$$

(식 13)은 추정치 y의 애매성에 대한 구간 설정 값이 된다.

3.2 경제적 재고를 위한 판정 기준

퍼지 선형회귀에 의한 예측치를 판정하기 위해 3가지 조건을 만족하여야 한다.

1) 재고량의 요구수준 : H

재고 요구 수준으로 추정치 y^* 가 관측치 y에 귀속되는 정도의 임계치(threshold). 선형 회귀문제는 모든 품목 i에 대해 $h_i \geq H$ 를 조건으로 하여 j를 최소화시키는 퍼지 매개변수 A_i^* 를 구하는 것이다. 여기서 h_i 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$h_i = 1 - (|y_i - x_i' \alpha| / \sum c_j |x_{ij}| - e_i) \dots(14)$$

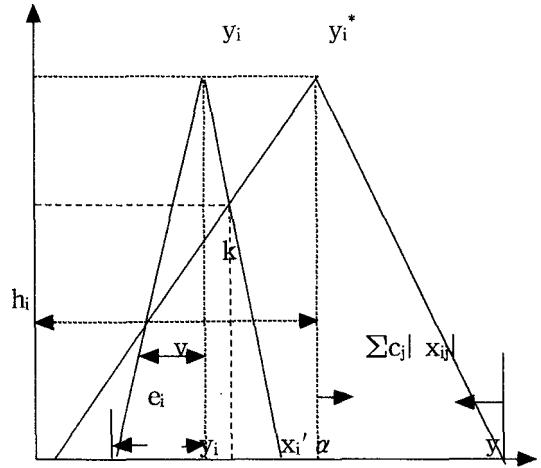
이는 <그림 2>와 같이 삼각형 다편을 이용하여 나타낼 수 있다.

$$v / e_i = 1 - h_i \Rightarrow v = e_i (1 - h_i)$$

$$k = v + |y_i - x_i' \alpha|$$

$$= e_i (1 - h_i) + |y_i - x_i' \alpha|$$

x



<그림 2> 퍼지자료에 의한 등급

따라서, <그림 2>에서 우측삼각형의 다편을 사용하면

$$(1 - h_i) = k / \sum c_j |x_{ij}| \dots (15)$$

(식 15)에 k를 대입하여 전개하면 (식 14)와 같다. 또한, Non-fuzzy자료의 경우 e_i 는 0이다. Non-fuzzy 출력 자료에 대한 e_i 가 0일 때에는 h_i 와 $\mu_{y_i^*}(y)$ 는 같은 값을 갖는다.

2) 관측치와 추정치의 편차 비율 : D

편차 비율은 (식 16)와 같이 구하고 P비율로서 만족시켜야 한다.

$$|\alpha'x_i - y_i| / y_i \leq P \dots (16)$$

비율(P)은 편차를 최소화하기 위해 보통 0.7%로 한다.

3) 관측치에 대한 추정치 폭의 오차비율:C

오차비율은 (식 17)로 구하고 M의 비율수준에서 만족시켜야 한다.

$$\sum c_j |x_{ij}| / y_i \leq M \dots(17)$$

3.3 알고리즘

퍼지 선형회귀모형에 이용한 예측알고리즘은 다음과 같다.

단계 1 : 재고 예측치를 수락할 수 있는 기본값 H, D, C을 정한다.

단계 2 : 퍼지 선형회귀는 non-fuzzy 출력 자료에 대하여 실행한다. 만약, $\epsilon_k \neq 0$ 인 퍼지 출력 자료인 경우에도 이 알고리즘을 실행한다.

단계 3 : 퍼지 변수들은 선형계획문제에서 A_i^* 의 해를 산출한다.

단계 4 : 단계 3의 결과를 H, D, C에 대하여 평가한다.

단계 5 : 단계 4의 3가지 평가 기준이 만족하면 종료하고, 자료를 제공한다.

단계 6 : 단계 4에서 판정기준 중 1개라도 만족하지 못하면 단계 2로 돌아간다.

3.4 수요 예측에 대한 의사결정

수요 예측에 의한 발주수량 산출하지만, 최종적인 발주수량 결정은 불확실한 상황에서 이루어지고 있다. 그러므로, 재고관리자가 발주수량에 대한 최적의 의사결정을 위해서는 수요 예측치와 발주수량에 대하여 만족하여야 한다. 여기서는 수요 예측치와 발주수량들을 Sugeno의 퍼지적분을 이용하여 재고관리자가 최적의 의사결정을 할 수 있도록 한다. Sugeno의 퍼지적분은 어떤 대상을 여러 항목(관점)에 대해서 평가할 때 이들 각 항목에 대한 평가치(evaluation value)를 퍼지척도를 사용하여 종합(aggregation)하는 방법으로 사용한다.

집합 X를 어떤 대상에 대한 평가항목이라 하자. X의 멱집합(power set)의 원소 $E \in P(X)$ 에 대해 정의되는 퍼지척도 $g(E)$ 는, 대상의 전체적인 평가에 대해 항목 E의 평가치가 기여하는 정도, 즉 평가항목의 부분집합 E의 중요도(degree of importance)와 X를 정의구역으로 하여 정의되는 함수 $h(x)$, $x \in X$ 는 평가항목 x에 대하여 평가한 값이라 하자. 이때 전체 평가항목 X에서의 평가함수 h의 (중요도 함수 g에 대한) Sugeno의 퍼지적분은 다음과 같다.

$$f_x h(x) \circ g(.) = \text{Sup}_{E \in X} \text{Min}_{x \in E} [\text{Min } h(x_i), g(E)]$$

그리고 X가 유한집합(finite set)일 때 Sugeno의 퍼지적분은 다음과 같이 구한다.

$x_i \in X(i=1,2,\dots,n)$ 에 대해 $h(x_i) \leq h(x_{i+1})$
 $E = \{x_k \mid k=1,2,\dots,n\}$ 라 하면 퍼지 적분은 다음과 같다.

$$f_x h(x) \circ g(.) = \text{Max}_{i=1,n} \text{Min} [\text{Min } h(x_i), g(E_i)]$$

$$f_x h(x) \circ g(.) = \text{Min} [\text{Min } h(x_k), g(E_k)]$$

위 식을 만족하는 k가 존재한다.

퍼지집합 A를 정의 구역으로 하면 Sugeno의 퍼지적분은 다음과 같이 정의된다.

$$f_x h(x) \circ g(.) = f_A \text{Min}[\mu_A(x) \circ h(.)] \circ g(.)$$

Sugeno의 퍼지적분은 어떤 대상이 여러 항

목에 대해서 평가되고 각 평가 항목의 중요도에 차이가 있을 때 이들 평가치를 종합하는데 이용한다.

특히, 퍼지적분은 주관적인 판단이 개입되는 평가 문제에서 유용하게 사용할 수 있다[이광형외 1명, 1997].

<표 4> 추정 모델

	근사치(α)	애매성(C)
소비자 (x1)	0.0649	0.0000
판매가 (x2)	1.0078	0.1440
운송비(x3)	0.1634	0.0000
가중치의 합	J=0.1440	

4. 사례연구

4.1 예측 자료 분석

본 논문에서는 w사의 핸드폰 밧데리 재고를 위한 종속변수로 F모델의 생산량을 예측한다. 자료는 2000년도 모델별 재고량의 실측치로 하였다.

<표 3> 모델별 실측치

월	생산량	소비자	판매가	운송비
1	140000	30230	139000	5826.82
2	261000	45486	260000	7023.63
3	498000	58089	495500	8463.45
4	658000	79280	651000	10141.00
5	1095000	110900	1056000	13792.85
6	1435000	136720	1444000	18275.51
7	1773400	158937	1725300	34432.27
8	2095800	197540	2020000	39877.09
9	2704000	181246	2658000	34856.80
10	2353000	246200	2310000	37204.98
11	3389000	227526	3347500	39509.14
12	3016000	261340	2961000	41736.66

근사치(α)와 애매성(C)를 구하면 <표 4>와 같다

판매가의 자료를 해석할 때에는 0.144 만큼의 애매성을 의미한다.

4.2 퍼지 선형회귀

10월달의 실측치는 $Y_{10} = (y_i, e_i)$

$$Y_{10} = 2353000$$

퍼지집합의 추정치 Y_{10}^*

$$Y_{10}^* = \alpha_1 x_{10,1} + \alpha_2 x_{10,2} + \alpha_3 x_{10,3}$$

$$= 0.1634 \cdot 37204 + 1.0078 \cdot 2310000 + 0.0649 \cdot 246200$$

$$= 2350075.51$$

퍼지 집합의 폭

$$Y_{10}^* = c_1 x_{10,1} + c_2 x_{10,2} + c_3 x_{10,3}$$

$$= 0.1440 \cdot 2310000$$

$$= 332,640$$

멤버십의 정도 $\mu_{y_{10}}(y_{10}) = 0.99873$

편차비율 $|\alpha'x_{10} - y_{10}| / y_{10}$

$$= 2815.50 / 2353000 = 0.0011$$

2차비율 $\sum c_i |x_{10,i}| / y_{10}$

$$= 332,552.31 / 2,353,000$$

$$= 0.1413$$

퍼지 집합 Y_{10}^* 에 대한 구간 설정
 $= [2017435.51, 2682715.51]$

이는 실측치 $Y_{10} = 2,353,000$ 과 $e_{10} = 0$ 일 때의 구간설정이다.

4.3 예측

퍼지 선형 회귀

$$y_i^* = A_1^* x_{i1} + \dots + A_n^* x_{in}$$

퍼지 집합

$$A_1^* = (0.1634, 0.0000)$$

$$A_2^* = (1.0078, 0.1440)$$

$A_3^* = (0.0649, 0.0000)$ 을 이용하여 3개월 간의 예측치를 구하면 <표 5>와 같다.

<표 5> 3개월간의 예측값

월	퍼지 중심	퍼지 구간
1	4186578.25	593904.9375
2	4488898.00	636816.9375
3	4791208.50	679727.5000

4.4 수요 예측에 대한 의사결정

퍼지선형회귀로 예측한 수요량은 불확실하고 애매한 자료를 가지고 실행한 것이다. 따라서, 예측량은 관리자나 전문가들의 의사를 반영하여 결정하는 것이 바람직하다. 품목에 따라 과거 자료에 대한 신뢰도, 현재의 재고량, 발주 비용, 현재의 운영자금의 상태, 발주사항, 창고 사항, 시장 환경 등에 대한 퍼지 집합은 다음과 같이 나타낸다.

집합 $x=(\text{신뢰도, 재고량, 비용자금, 환경, 창고발주})$

평가항목의 중요도를 퍼지척도 $g(\cdot)$ 로 나타내면 <표 6>과 같다

<표 6> 중요도의 퍼지척도

	신뢰도	재고량	비용 자금	환경	창고 발주
$g(\cdot)$	0.45	0.2	0.15	0.1	0.1

그리고 관리자들에 의한 평가치가 <표 7>과 같다. 따라서 평가항목의 중요도 g 와 관리자들의 평가치 h_A 를 이용하여 종합 평가치를 구하면 다음과 같다.

<표 7> 관리자들의 평가치

	A 관리자	B 관리자	C 관리자
신뢰도	0.7	0.85	0.87
재고량	0.95	0.86	0.95
비용 자금	0.8	0.57	0.76
환경	0.95	0.85	0.6
창고 발주	0.85	0.75	0.8

A관리자의 경우

$$(h_A(\text{환경}) \wedge g(\{\text{신뢰도, 재고량, 비용자금, 환경, 창고발주}\})) \vee (h_A(\text{재고량}) \wedge g(\{\text{재고량, 비용자금, 환경, 창고발주}\})) \vee (h_A(\text{비용자금}) \wedge g(\{\text{재고량, 비용자금, 창고발주}\})) \vee (h_A(\text{창고발주}) \wedge g(\{\text{재고량, 창고발주}\})) \vee (h_A(\text{신뢰도}) \wedge g(\{\text{신뢰도}\})) = (0.95 \wedge 1) \vee (0.95 \wedge 0.55) \vee (0.8 \wedge 0.45) \vee (0.85 \wedge 0.3) \vee (0.7 \wedge 0.45) = 0.95$$

B 관리자는 0.85, C 관리자는 0.6 이 된다.

만약 관리자들의 종합 평균치의 평균이 0.75이상이면 수요 예측치를 신뢰할 수 있다면, 3명의 전문가에 의한 평균치가 0.8이므로 예측 수량을 신뢰할 수 있다.

4.5 결과 분석 및 고찰

<표 5>와 같이 3개월 간의 예측치를 계산하였다. 이는 평균 7.2 %의 증가율로 나타났으며, Fuzzy 폭의 값 0.1444로서 예측을 행할 때 불명확한 상황에 대응 할 수 있도록 유연한 대책을 세울 수 있다. 적합도 기준치(H)와 애매성(J)는 상반된 관계이므로 H가 증가하면 애매성은 증가하며, 따라서, 과오를 어느 정도 허용할 경우 H를 낮추면 된다.

5. 결론

예측에 대한 수학적 모형이 많이 있으나 실제문제에 적용하기에는 많은 어려움이 있다. 또한, 애매하거나 불명확한 자료를 가지고 예측하는 것은 더욱 어렵다.

본 논문에서는 급변하는 생산환경의 변화에 유연하게 대처할 수 있도록, 애매하고, 불명확한 자료를 이용하여 수요를 퍼지선형회귀를 이용하여 예측함으로써 일반적인 통계적 수요 예측에 비해 신뢰성을 높였으며, 경제적인 발주 수량을 결정하고 전문가(관리자)의 의견을 반영한 최적의 의사결정을 통하여 현실적으로 운용할 수 있도록 연구하였다. 앞으로 시스템에 여러 가지 복합된 변화가 일어날 경우의 시스템의 안정성에 대하여 연구하고자 한다.

참고문헌

- [이광형, 1997] 이광형의 1명, "퍼지이론 및 응용 I,II", 홍릉과학출판사, 1997
- [남상진, 김정자, 1994] 남상진, 김정자, "부분부재고를 고려한 경제적 생산량모델에 관한 연구", 한국경영과학회지, 제19권제3호, 1994
- [이효성, 1991] 이효성, "판매기회가 유실되는 생산/재고 시스템에서의 (s,S)재고정책", Journal of the Korean OR/MS Society, Vol. 16, No.1, June. pp 13-34, 1991
- [서용원, 2000] 서용원의 2명, "2계층 분배형 공급사슬에서 실시간 공유 재고 정보의 가치에 관한 연구", IE Interface Vol.13, No.3, pp444-454, September 2000
- [Chang sup sung, 1979] Chang sup sung, "Development of a Stochastic Inventory System Model", Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol.5 No. 1 June 1979 ;
- [김우주, 1997] 김우주, "신경회로망과(s*,S*) 정책을 이용한 대규모 유통업을 위한 재고관리 시스템의 개발", 한국정보시스템학회, 제6권제1호, pp223-256, 1997
- [황승국, 1998] 황승국의3명, "퍼지비선형회귀모형", 한국퍼지및지능시스템학회, Vol.8, No.6, 1998
- [물류관리사회, 2001] "물류경영기법 수요예측" [Http://kclca.co.kr/intro.htm](http://kclca.co.kr/intro.htm)
- [H.J.Zimmermann, 1978] H.J.Zimmermann, "Fuzzy Programming and Linear Programming with several Objective Function", Fuzzy sets and system, pp. 45-55, 1978
- [E.S.Santos 1979] E.S.Santos, "Fuzzy Algorithm, Information and Control", Vol.17, PP.326 ~339, 1979
- [K.Asai, H.Tanaka, 1982] K.Asai, H.Tanaka, "Linear Regression Analysis with Fuzzy Model", IEEE SMC-12, No.6, pp.903-907, 1982
- [B.Heshmaty,A.Kandel, 1985] B.Heshmaty,A.Kandel, "Fuzzy Linear Regression and its Applications to Forecastion in uncertain Environment", Fuzzy sets and system, No.15, pp159-191, 1985
- [James J. Buckley, Thomas Feuring, 2000] James J. Buckley, Thomas Feuring, "Splving Fuzzy Problems in Operation Research: Inventory Control", Fuzzy sets and system, IEEE, pp352-357, 2000
- [Shan Hwo Chen, Chih Hsun Hsieh, 1999] Shan Hwo Chen, Chih Hsun Hsieh, "Optimization of Fuzzy Simple Inventory Models", 1999 IEEE International Fuzzy system Conference Proceedings, August 22-25, 1999, Seoul, Korea, pp I-240 ~ I-244, 1999

저자소개

허철희

1984 광운대학교 전자계산과 학사

1987 명지대학교 전자계산과 석사

1998 대구효성가톨릭대학교 전산통계학과 박사과정 수료

1997.3 ~ 현재 성덕대학 컴퓨터정보계열 전임강사

관심분야 : 전자상거래, 암호학, 인공지능

조성진

1988 광주대학교 학사

1998 대구톨릭대학교 전산통계학과 이학석사

1996 ~ 현재 선린대학 겸임교수

관심 분야 : 인공지능, CALS/EC, 에이전트

정환목

1972 한양대학교 전자공학과 공학사

1982 인하대학교 대학원 이학석사

1987 인하대학교 대학원 이학박사

1986.12. ~ 1987.12. 日本 東京大學 정보과학과 객원연구원

1995. 2. ~ 1996. 2 日本 明治大學 情報科學科 객원교수

1998. 1. ~ 현재 한국퍼지 및 지능시스템학회 회장

1984. 3. ~ 현재 대구가톨릭대학교 공과대학 컴퓨터정보통신공학부 교수

관심 분야 : 인공지능, 퍼지논리, 다치논리, 지능시스템공학, CALS/EC