

## 감정적 요소를 고려한 반응학습 추론 시스템

### Reactive Learning Inference System Considering Emotional Factor

심 정 연\*

(Jeong-Yon Shim)

**Abstract :** As an information technology is developed, more intelligent system considering emotional factor for implementing the personality is required. In this paper, Reactive Learning Inference System considering emotional factor is proposed. Emotional Factor(E) is defined for a criterion for representing the personal preference. This system is designed to have functions of Reactive filtering by Emotional factor, Incremental learning, perception & inference and knowledge retrieval. This system is applied to the area for the analysis of customer's tastes and its performance is analyzed and compared.

**Keywords :** reactive filtering, incremental learning, emotional factor, personal preference

#### I. 서론

일반적으로 생물은 사물을 인식할 때 들어오는 정보에 대해서 감각적인 정보에 따라 반응하며 선택한다. 만일 생물이 외부 자극에 대한 필터링 없이 그대로 받아들인다면 이에 대한 과부하로 그 생물은 이러한 환경 속에서 더 이상 존속하지 못할 것이다. 다행히 생물은 감각 세포를 통해 그의 반응정도를 조절 한다[1].

반응정도는 과거의 경험이나 감정정도가 반응 정도에 영향을 미치리라 추정된다. 특히 감정적인 요소는 사물을 받아들이는 정도에 많은 영향을 미친다. 긍정적인 감정을 가지고 있으면 그 사물에 대하여 크게 반응하며, 반대로 부정적인 감정에 대해서는 의도적이든 무의식적이든 적은 반응이나 거부 반응을 일으킨다. 이러한 원리에 의해서 외부의 수많은 자극과 데이터로부터 생물에 맞는 신호만 선택 입력을 하는 것이다. 외부 자극 중에는 치명적인 강력한 자극도 존재한다. 선택 과정 중에 거부 형태로는 막아내기 힘든 경우이다. 이런 경우에는 새로운 침입자에 대하여 보다 강력하게 적극적으로 대처할 수 있는 방어 메커니즘도 필요하며 생물을 유지하기 위해서는 필수 불가결한 기능이다.

한편 다양한 환경에서 생물이 지니지 않은 반응 세포에 대한 새로운 자극을 받아들여야 할 경우가 있다. 대개는 데이터의 선택 과정에서 거부 반응을 보이겠지만 상황에 따라서는 유용한 정보도 포함되어 있을 수 있다는 가능성을 배제할 수 없다. 좀더 효율적인 시스템이라고 한다면 이렇게 버려지는 자극에 대해서도 신뢰성이 있는 정보를 선택하며 포함시켜 역동적으로 학습할 수 있는 메커니즘을 갖추어야 할 것이다.

따라서 본 논문에서는 이러한 기능들을 구현하기 위해서 감정적 요소에 의해 제어되는 반응 셀을 통한 반응과 선택 기능뿐 만이 아니라 새로운 유용한 정보에 대해서도 추가적인 학습을 하며 적용하고 함께 처리될 수 있는 시스템을 제

안한다.

본 시스템의 특징은 첫째, 감정적 요소를 고려한 정보의 반응 필터링 기능이다. 이는 반응 셀을 제어함으로써 외부 데이터에 대한 반응정도 및 개인의 감정적 선호도를 조절할 수 있다. 이러한 기능은 개인의 특성을 감안한 개인화(personalization)에 기여할 수 있다. 둘째, 정보의 필터링 뿐만 아니라 유용한 정보를 발굴해내고 이를 시스템에 포함시켜 적용 학습 시킬 수 있는 추가적 학습기능의 유연성이다.

#### II. 감정적 요소를 고려한 반응 학습추론 시스템

##### (ERLIS : Emotional Reactive Learning Inference System)

본 장에서는 감정적 요소를 고려한 반응학습추론 시스템으로 ERLIS(Emotional Reactive Learning Inference System)를 제안하고 그의 구조와 기능을 설명한다.

##### 1. ERLIS의 구조

반응, 학습, 인식과 추론, 지식추출 기능을 갖는 지능 시스템을 구현하기 위해서 다음 그림 1과 같은 구조를 설계하였다. 이 시스템은 크게 선택모드, 반응모드, 학습 모듈과 연관 메모리로 나누어진다.

먼저 선택 모드에서는 시스템이 어떤 기능을 선택할 것인지를 선택할 수 있도록 한다. 즉 반응 필터링, 학습, 인식 추론, 지식추출 기능 중에서 무엇을 실행시킬 것인지를 결정한다.

이 시스템을 운용하기 위해서는 시스템 관리자, 전문가, 사용자가 접근할 수 있는데 사용자는 선택 모드에서 네 가지 기능 중 인식추론, 지식추출기능만 접근할 수 있도록 제한되어 있다.

반응 필터링과 학습 버튼은 메모리 형성과정과 관계되어 있다. 반응 필터링과 학습 버튼이 선택되어지면 학습 모듈은 반응 영역과 함께 전문가의 지식과 학습 훈련 데이터를 가지고 학습 과정을 수행하여 메모리를 형성하게 된다. 연관메모리에 있는 감정적인 요소들은 각각 학습 모듈의 입력 노드들에 영향을 미치며 학습 시 함께 학습된다. 학습 모듈을 구성하고 있는 입력 노드와 출력 노드는 상위 레벨에 있는 연관 맵(Associative Map)에 연결되어 그들의 연관 관계

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2004. 9. 25., 채택확정 : 2004. 10. 13.

심정연 : 강남대학교 교양교수부(mariashim@kangnam.ac.kr)

※ 본 논문은 강남대학교에서 지원하여 연구하였습니다.

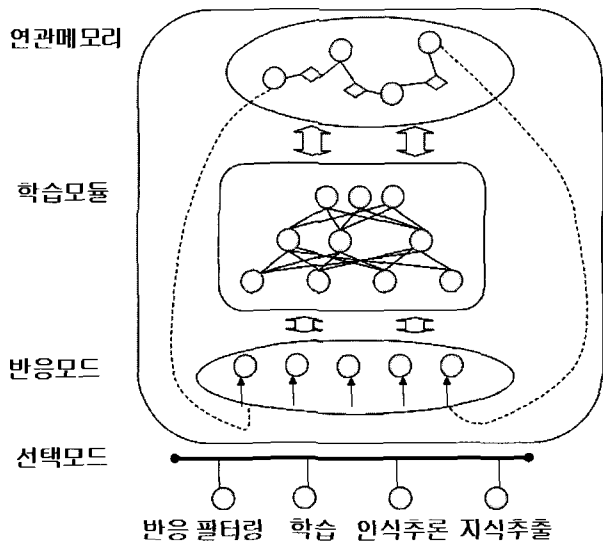


그림 1. ERLIS의 구조.  
Fig. 1. The structure of ERLIS.

에 따라 표현된다. 이러한 과정을 거쳐 지식은 학습 모듈내의 신경회로망과 연관 맵 안에서 연관 관계 형태로 분산 저장된다.

그림에서 보인 바와 같이 최 상위 레벨의 연관 맵은 반응 모드와 연결되어 있어 과거의 경험과 기억, 연관적 관계, 감정적인 요소가 반응 정도에 영향을 미친다.

이 시스템은 핵심적으로 정보의 반응 필터링, 버려진 데이터에 대한 선택 수집기능과 그에 따른 추가 학습 기능을 갖는데 자세한 설명은 다음 장에서 하겠다.

### III. 감정적요소를 고려한 반응 필터링, 학습, 인식추론, 지식추출

이 시스템의 특징은 가정 상위 레벨에 있는 연관 맵의 연관 관계와 감정적인 요소에 따라 제어 되는 반응 필터링, 버려진 데이터에 대한 선택 수집기능과 그에 따른 추가 학습 기능, 이 구조를 기반으로 한 지식 추출 기능이 주요 특징이다. 그림 2는 반응 모드와 추가 학습의 역동적인 관계를 제시한 것이다.

#### 1. 감정적 요소를 고려한 반응 필터링

최 상위 레벨의 연관 맵은 반응 모드와 연결되어 있어 과거의 경험과 기억, 연관적 관계, 감정적인 요소가 반응 정도에 영향을 미친다(그림 3참조). 학습 모듈 내의 신경회로망을 이루고 있는 입력 층의 노드들과 출력 층의 노드들은 그대로 상위 연관 맵의 노드들로 연결된다. 입력 층 연결 노드들은 원인을 출력 층 연결 노드들은 결과를 각각 나타내는데 이들의 연관 관계는 감정적 요소(Emotional factor: E)로 연결된다. 이때 감정적 요소는 반응모드에 연결이 되어 영향을 미친다. 감정적 요소  $E_i$ 는 다음 식 1과 같이 긍정적인 (positive) 경우와 부정적인(negative) 경우로 나누어 계산된다.  $K_i$ 는 사용자로부터 받은 감정적인 반응을 수치로 나타낸 것이다.

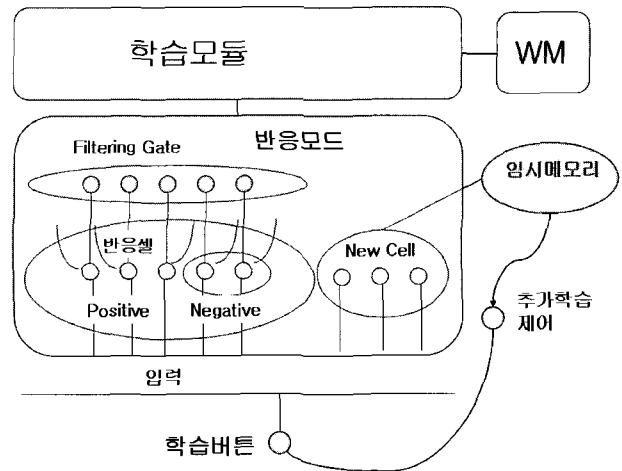


그림 2. 반응모드와 추가 학습.  
Fig. 2. Reactive mode and incremental learning.

#### 1.1 Positive Case

$$E_i = \frac{K_i}{\text{Max}(K_i)} \quad (0 \leq K_i \leq 1)$$

#### 1.2 Negative Case

$$E_i = 0. \quad (1)$$

부정적인 경우에 해당되는 노드는 그림 2에서 Negative group에 속하며 해당되는 입력 정보에 대해서 받아들이지 않고 거부한다.

### 2. 추가 학습(Incremental Learning)

앞에서 제시한 감정 요소에 의한 반응 필터링 과정에서는 반응 셀에 해당 되는 정보만이 필터링 되어 받아들여지고 나머지는 버려지게 된다. 그러나 이렇게 버려지는 많은 정보들 중에는 추론에 큰 영향을 미치는 유용한 정보들이 포함되어 있을 수가 있다.

효율적인 시스템의 처리를 위해서는 이러한 유용한 정보를 발견해내고 이를 학습과 인식 추론과정에 포함시켜야 할 필요가 있다.

본 시스템에서는 그림 2에서 보인 바와 같이 반응 셀에 new cell들을 두고 처리 시 자주 등장하는 입력의 빈도수를 측정하여 새로운 cell로 선택되면 이를 추가 학습시킨다.

빈도수  $F_i$ 는 다음 식 2와 같이 계산한다. 이때 A는 전체 발생 횟수이며  $N_i$ 는 새로운 노드의 출현 횟수이다.

$$F_i = P(N_i/A) \quad (1)$$

이때 임계값  $\theta$ 를 넘고 Negative group에 속하지 않으면 새로 발생된 노드로 간주하고 새로운 노드로 선택한다.

학습 모듈의 구성은 3 layer Neural network로 이루어져 있고 이러한 기본 틀 위에서 학습이 일어난다.

추가 학습을 위한 제안된 메커니즘은 처음부터 학습 과정을 다시 시작하는 것이 아니라 전 단계 학습 과정에서 학습 후 얻어진 가중치를 WM(Weight Matrix)에 저장해 두었

다가 저장된 가중치를 그대로 이용하고 새로운 노드에 연결된 새로 생성된 링크에만 가중치 값을 랜덤하게 할당하여 학습시킨다.

다음은 추가 학습을 위한 알고리즘을 보이고 있다.

<알고리즘 1>

: 추가 학습(Incremental Learning)

STEP 1: Prepare the training data in forms of input-output pairs.

STEP 2: Select the new important data by estimating their appearing frequency,  $A_i$

- Calculate the appearing frequency

$$F_i = P(N_i|A)$$

- If ( $F_i > \theta$ )

Then select the node

Else discard the node.

STEP 3: Connect the new nodes to the previous structure.

STEP 4: Assign the weight values stored in WM(Weight Matrix).

STEP 5: Assign the random values to the new connections.

STEP 6: Get the input data,  $I_i$ .

STEP 7: Get the values of Emotional factor E for personal preference and calculate  $E_i$ .

$$E_i = \frac{K_i}{\text{Max}(K_i)} \quad (0 \leq K_i \leq 1)$$

STEP 8: Calculate the reactive value in the receptive field.

$$S_i = \sum_{i=1}^n I_i \cdot E_i$$

STEP 9: Calculate the output  $H_j$  in hidden layer .

$$H_j = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{i=1}^n W_{1ij} S_i}}$$

STEP 10: Calculate the actual output  $Y_1', Y_2', \dots, Y_m'$

$$y_j = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{i=1}^n W_{2ij} k_i}}$$

STEP 11: Calculate the error between the desired output,

$d_1, d_2, \dots, d_m$  and actual output,  $y_1', y_2', \dots, y_m'$ .

$$E = \frac{1}{2} (d - y)^2$$

STEP 12: IF ( $E > \epsilon$ )

THEN goto STEP 9

ELSE goto STEP 14

STEP 13: Adapt the weights propagating the error backward to Inference layer and input layer.

Goto STEP 9.

$$\Delta W_{2ij} = \eta \delta_{2ij} H_i$$

$$\Delta W_{1ij} = \eta \delta_{2ij} S_i$$

STEP 14: stop

### 3. 인식 추론 및 지식 추출

선택 모드에서 인식 추론 및 지식 추출 버튼이 선택되면 감정적 요소가 반영된 결과와 연관 지식들이 추출된다.

인식추론 메커니즘은 이미 학습이 완성된 학습 모듈을 사용하여 인식 결과를 산출한다. 이때 산출된 결과는 감정적 요소가 개입된 결과이다. 방법은 입력된 데이터를 학습된 신경회로망에 그대로 전파시켜 그의 결과를 출력하면 된다.

지식추출 메커니즘은 연관 맵에 분산 되어 있는 지식들을 연관 관계에 따라 관련 지식들을 추출해낸다. 이러한 지식 추출 메커니즘이 작동하려면 연관 맵 안에 산재되어 있는 지식들과 연관 관계가 일정한 규칙을 가지고 표현되어야 하며 이를 이용하여 추출 할 수 있는 알고리즘이 제시되어야 한다.

본 논문에서는 연관 맵을 다음의 연관관계에 따라 두 가지 매트릭스로 표현하였다.

#### 3.1 IF원인-THEN 결과의 수직적 연관 관계

이 관계는 그림 3의 연관 맵에서  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ 과 C1 형태의 관계성을 나타내는 매트릭스이다.

$$\begin{pmatrix} C1 \\ C2 \\ \vdots \\ Cm \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E11 & E12 & \dots & E1n \\ E21 & E22 & \dots & E2n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Em1 & Em2 & \dots & Emn \end{pmatrix}$$

여기서 E11은 C1과 A1사이의 감정적 요소를 나타낸다.

#### 3.2 다른 노드들과의 수평적인 연관 관계

다른 노드들과의 수평적인 관계는 다음 매트릭스 M과 같은 형태로 표현된다.

$$M = \begin{pmatrix} R11 & R12 & \dots & R1n \\ R21 & R22 & \dots & R2n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Rm1 & Rm2 & \dots & Rmn \end{pmatrix}, (0 \leq Rmm \leq 1)$$

지식 추출 메커니즘은 (1)의 경우와 (2) 경우가 다르게 진행된다. (1)의 경우는 단순 탐색 방법을 사용한다. 만일 C1에 해당되는 지식을 추출하고자 한다면 매트릭스를 탐색하여 C1에 연결된 관계, 그림 2의 경우,  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ 의 관계를 찾아서 나열하면 된다.

(2)의 경우에는 다음 <알고리즘 2>를 사용하여 관련 지식들을 추출해낸다.

<알고리즘 2>

: 지식추출 메커니즘

STEP 1: Search for associated nodes in the row of the activated node in M.

STEP 2: IF((not found) AND (found the initial activated node)),

Goto STEP 3.

ELSE

. Output the found fact.

. Add the found fact to the list of inference paths.

Goto STEP 1  
STEP 3: STOP

IV. 시뮬레이션

최근 들어 인터넷 쇼핑물을 통한 상품 구매가 증가함에 따라 컴퓨터의 지능 기술을 이용하여 개인적인 취향에 따른 품질 높은 자동적인 서비스의 필요성이 증대되고 있다. 보다 정확한 소비자의 취향 분석을 위해서는 이러한 감정적인 요소에 대한 고려가 불가피하다. 특히 의류 쇼핑물의 경우에는 소비자의 성향과 취향이 상품 구매에 결정적인 영향을 미치고 있으며 감정적인 요인도 많은 부분을 차지한다. 따라서 논문에서는 제안 시스템 ERLIS를 의류패턴 소비자 취향 분석 문제에 적용하여 실험하였다. 일반적으로 의류 구매 시 구매 결정 요인을 분석해 보면 소비자의 취향이 가장 큰 역할을 하는 것을 알 수 있다.

이 실험에서는 25개의 입력 벡터를 가지고 소비자 취향 분석 패턴 3 가지를 분류하였다. 200개의 훈련 데이터를 사용하였고 감정적 요소를 고려한 방법과 감정적 요소를 고려하지 않은 일반 BP(Back Propagation) 알고리즘을 사용한 경우의 결과를 비교하였다. 그림 4에서 보이듯이 감정적 요소에 따라 결과가 많이 달라짐을 알 수 있다. 감정적 요소를

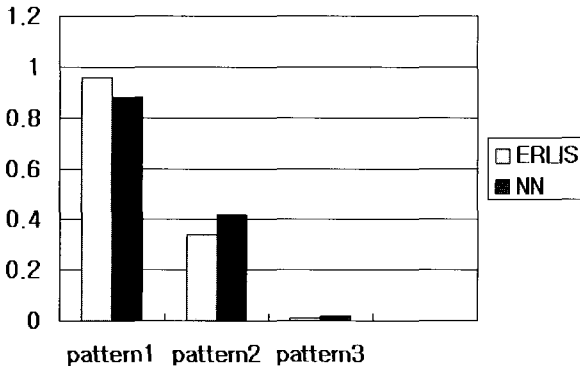


그림 4. 감정적 요소를 고려한 방법과 NN비교.  
Fig. 4. The comparison of the result considering Emotional factor with NN.

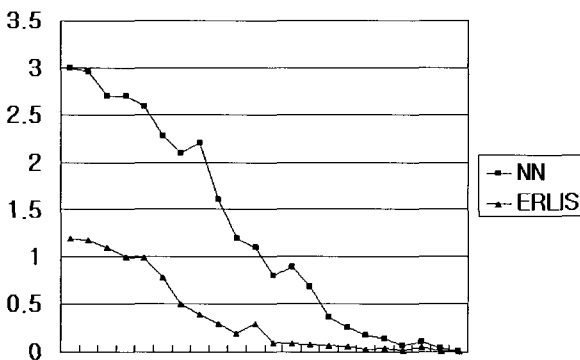


그림 5. 추가학습 결과 비교.  
Fig. 5. The comparison of incremental learning result.

```

Selection Mode
-----
1 : Reactive Filtering
2 : Learning
3 : perception & Inference
4 : Knowledge Retrieval
5 : Quit
-----
Select the key(1/2/3/4/5)?1

... Reactive Filtering
... Input Emotional Factors?
0.5 0.2 0.7 0.8 0.9 1.0 0.0 0.8 0.9 0.6
0.7 0.9 0.9 0.9 1.0 1.0 1.0 0.2 0.3 1.0
1.0 0.9 0.5 0.8

Select the key(1/2/3/4/5)?3

... Perception & Inference
... Output
Pattern1 0.967705
Pattern2 0.340201
Pattern3 0.010030
... Pattern1 is selected.

Select the key(1/2/3/4/5)?4

... Knowledge Retrieval
... From Associative Map
... Inferential Path is
... Teen-ager like(0.9) Pattern3
Pattern3 made-in(0.8) Co.A
Co.A Located-in(0.8) Korea
Korea Null
    
```

그림 6. 지식 추출 과정.  
Fig. 6. Knowledge retrieval.

개입한 경우 결과적으로 Pattern1에 대해서는 더 크게 반응하고 Pattern2에 대해서는 더 적은 정도의 값을 보이고 있다. 다음 그림 5는 추가학습에 대한 실험 결과이다. 25개의 입력 벡터에 새로운 3 개의 입력 벡터를 추가하여 실험하였다. 새로운 입력 벡터 3 개가 추가되었을 때, 초기 가중치 할당 시 전 단계 학습 시 기억되었던 Weight Matrix안의 가중치 값을 사용하고 새로운 링크에 대해서만 초기값 랜덤할당하여 학습한 방법과 그렇지 않은 방법, 즉 모든 연결에 초기값 랜덤 할당을 서로 비교하였다. 실험 결과 학습속도에 많은 차이가 있음을 확인할 수 있다. 그림 6은 감정 요소와 그의 조정 값, 이에 따른 추론 결과와 지식 추출 과정을 보이고 있다.

V. 결론

본 논문에서는 감정적 요소에 의해 제어되는 반응 셀을 통한 반응과 선택 기능뿐 만이 아니라 새로운 유용한 정보에 대해서도 추가적인 학습을 하며 적용하고 함께 처리될 수 있는 시스템 ERLIS를 제안하였다. 본 시스템은 반응 셀을 제어함으로써 외부데이터에 대한 반응정도 및 개인의 감정적 선호도를 조절할 수 있는 감정적 요소를 고려한 정보의 반응 필터링 기능과 정보의 필터

링뿐만 아니라 유용한 정보를 발굴해내고 이를 시스템에 포함시켜 적응 학습 시킬 수 있는 추가적 학습기능의 유연성을 그의 특징으로 하고 있다. 이러한 특성들은 개인의 특성을 고려한 인터넷 기반의 시스템에서 매우 유용하게 쓰일 수 있다. 특히 인터넷 쇼핑물의 경우 개인의 취향과 선호도와 감정 상태를 고려하여 제품을 추천해 주고 그에 맞는 서비스를 제공할 수 있다. 뿐만 아니라 데이터 마이닝 분야에 있어서도 개인의 관심도에 따른 정보를 효과적으로 추출해 줄 수 있기 때문에 응용이 가능하다.

#### 참고문헌

- [1] G. Matthews, M. Zeidner, R. D. Roberts, "Emotional intelligence," *The MIT Press*, 2003.
- [2] G. Tascini, F. Esposito, V. Roberto, P. Zingaretti, "Machine learning and perception", *World Scientific*, 1996.
- [3] John R. Anderson, "Learning and memory", *Wiley*, 2000.
- [4] I. Cloete and J. M. Zurada, "Knowledge based neurocomputing" *The MIT Press*, 1999.
- [5] Holtzman, "Intelligent Decision Systems", *Wesley*, 1995.
- [6] E. Bruce Goldstein, "Sensation and perception", *BROOKS/COLE*, 1999.
- [7] J.-M. Adamo, "Data mining for association rules and sequential patterns, sequential and parallel algorithms", *springer*, 2000.
- [8] A. A. Hopgood, "Knowledge based systems for engineers and scientists", *CRC Press*, 2000.
- [9] A. Kandel, G. Langholz, "Hybrid architectures for intelligent systems", *CRC Press*, 2000.
- [10] AN H. Witten, E. Frank, "Data Mining - Practical Machine Learning Tools and Techniques with JAVA Implementations", *Morgan Kaufmann Publisher*, 2000.
- [11] J.-Yon Shim, C.-S. Hwang, "Intelligent hierarchical associative knowledge learning system with knowledge acquisition and extraction", *ICONIP'2000, Deajeon, Korea*.
- [12] J.-Y. Shim, C.-S. Hwang, "Selective dynamic fuzzy neural system", *IJCNN'99, Washington D.C.*
- [13] J.-Y. Shim, C.-S. Hwang, "Data extraction from associative matrix based on selective learning system", *IJCNN'99, Washington D.C.*
- [14] S. Haykin, "Neural networks", *Prentice Hall*.
- [15] L. Fausett, "Fundamentals of neural networks", *Prentice Hall*.



#### 심정연

1989년 고려대학교 컴퓨터학과 졸업.  
1991년 고려대학교 컴퓨터학과 석사.  
1998년 고려대학교 컴퓨터학과 박사  
2000년 The 'Chinese University of HongKong Post Doc. 1995년~2002년 용인송담대학 컴퓨터 소프트웨어과 교수.

2003년~현재 강남대학교 교양교수부 교수. 제어·자동화·시스템공학회 이사, 퍼지 및 지능 시스템 학회 이사. 관심분야는 지능시스템 모델링, 기계학습, 신경망, 퍼지 시스템, 전문가시스템, ICA, 의학진단 시스템.