

# 정보영재의 사고력 신장을 위한 트리 기반 교육 프로그램의 분석

정덕길\* · 노영욱\*\*

\*동의대학교 컴퓨터과학과 · 신라대학교 컴퓨터교육학과

## The Analysis of Education Program Model for the Thinking Extension Ability of the Gifted in Information Based on Tree

Deok-Gil Jung\* · Young-Uhg Lho\*\*

\*Dept. of Computer Science, Dong-eui University

\*\*Dept. of Computer Education, Silla University

\*E-mail : dgjung@deu.ac.kr

### 요 약

이 논문에서는 정보 영재의 사고력 신장을 위한 교육 프로그램으로 트리 기반의 모델을 제시하고 분석한다. 제시된 모델은 문제를 표현하는 트리(tree)의 유형에 따라 AND 트리, OR 트리, AND/OR 트리로 구분하여 문제를 해결하는 모델들로 세분화 된다. 구성되는 트리의 유형에 따라 문제를 해결하는 방법론으로는 서로 상이한 알고리즘을 적용해야함을 보이고 있다. 구성되는 트리의 모형에 따라 적용되는 알고리즘에는 recursion과 heuristic 탐색 방법 등이 도입되어 적용된다. 이 모델은 저 수준의 사고력을 요구하는 간단한 모형에서 출발하여 고 수준의 사고력을 요구하는 복잡한 모형으로 발전시키는 교육 방법을 제시함으로써 사고력 신장의 정도에 따라 초등학교 학생들로부터 중학교, 고등학교 학생들에 이르기 까지 대상을 확대하여 점진적으로 적용할 수 있는 교육 방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

### 키워드

Gifted in Information, Thinking Extension Ability, AND/OR tree, Heuristics

## 1. 서 론

정보영재들의 창조적인 성향을 최대한으로 발휘하게 하기 위해서는 영재의 조기 발굴과 적절한 교육 프로그램의 개발이 무엇보다도 중요하다. 그러나 우리나라에서는 초기 영재학생에게 사용하기에 적합한 교육 프로그램이나 교수-학습 자료가 매우 부족하며 이는 정보영재 교육을 정보영재 대상으로 하는 속진 또는 심화과정의 영재 교육이 아닌 정보대회나 정보 올림피아드에서 좋은 성적을 거두기 위한 문제풀이 중심의 영재 교육으로 전락하고 있는 실정이다.[1] 그러므로 정보영재에게 적합한 교육 프로그램의 개발이 필요하며 특히 그 프로그램은 정보영재들의 사고력 신장에 목적을 두어야 한다.[2]

따라서 본 논문에서는 사고력 신장을 위한 정보영재 교육 프로그램 모형을 개발하고 실제적인 교수-학습의 예를 제시하며 분석한다. 이 논문에서 제시되는 교육 모형에서는, 정보영재의 사고력

신장을 위한 활동에서 공통적으로 활용되고 있는 문제들 중에서 세 가지 유형의 문제들을 실제적인 예로 제시하고 분석함으로써 정보 영재 교육 현장에서 사용할 수 있는 실제적이고 유효한 모델이 될 것으로 기대된다.

이 논문에서 제시된 모델은 내재된 문제의 속성에 따라 트리(tree)의 유형을 AND 트리, OR 트리, AND/OR 트리로 구분하여 문제를 표현한다. 또한, 구성되는 트리의 유형에 따라 문제를 해결하는 방법론으로는 서로 상이한 알고리즘을 적용해야함을 보이고 있다. 구성되는 트리의 모형에 따라 적용되는 알고리즘에는 recursion과 heuristic 탐색 방법 등이 도입되어 적용된다.

## II. 관련 연구

### II.1 정보영재의 사고력 신장교육

사고력 신장 교육은 컴퓨터를 비롯한 다양한

형태로 제시된 여러 가지 문제를 해결하기 위한 창의적인 알고리즘을 만들어내고, 이를 프로그래밍 할 수 있도록 두뇌를 개발하고자 하는 과정이라고 할 수 있다. 표 1은 사고력 신장 교육을 통하여 계발 또는 증진시키고자 하는 영재의 내적 능력을 나타낸 것이며 각 영역에 해당되는 활동을 제시하였다. [2]

표 1. 사고력 신장 교육의 영역별 교육 내용

영역	내용	
유창성 신장 활동	· 브레인스토밍 · 하노이 타워	· 8-puzzle · 프랙탈 도형
직관력 신장 활동	· 하노이 타워 · 마방진 만들기	· 프랙탈 도형 · 8-puzzle
독창성 신장 활동	· 하노이 타워 · 8-puzzle	· 프랙탈 도형 · Tic-tac-toe
집중력 신장 활동	· 8-puzzle · 하노이 타워	· Tic-tac-toe · 프랙탈 도형
상상력 신장 활동	· 하노이 타워 · 8-puzzle	· 프랙탈 도형 · Tic-tac-toe
분석력 신장 활동	· 8-puzzle · 하노이 타워	· Tic-tac-toe · 프랙탈 도형
도형 인식력 신장 활동	· 같은 그림 찾기 · 다각형의 넓이 구하기 · 한 붓 그리기	· 하노이 타워 · 프랙탈 도형 · Tic-tac-toe
공간 인식력 신장 활동	· 바둑돌 옮기기 · 8-puzzle · 하노이 타워	· Tic-tac-toe · 그림 조각 맞추기 · 프랙탈 도형
종합력 신장 활동	· Tic-tac-toe · 8-queen · 하노이 타워	· 추리 퀴즈 · 8-puzzle · 프랙탈 도형
문제 해결력 신장 활동	· 강 건너기 · 프랙탈 도형 · 8-queen	· 하노이 타워 · Tic-tac-toe · 8-puzzle

### II.2 AND/OR 트리

AND/OR 트리(tree) 혹은 그래프(graph)에서 AND 링크(link)/노드(node)와 OR 링크/노드는 다음과 같이 정의된다.[5]

#### (1) OR 노드/링크

노드의 자식 링크들 중에서 한 가지를 선택하여 탐색함으로써 문제를 해결할 수 있는 경우, 이 링크를 OR 링크라고 부르며 OR 링크들만을 갖는 노드를 OR 노드라고 부른다.

#### (2) AND 노드/링크

노드의 모든 자식 링크들을 탐색함으로써 문제를 해결할 수 있는 경우, 이 링크를 AND 링크라고 부르며 AND 링크들만을 갖는 노드를 AND 노드라고 부른다.

즉, OR 노드를 탐색하여 문제를 해결하는 경우에는, OR 노드를 연결하는 OR 링크들 중에서 최소한 하나의 링크만을 탐색하여 문제를 해결할 수 있다. 반면에, AND 노드를 탐색하여 문제를 해결하는 경우에는, AND 노드를 연결하는 모든

AND 링크들을 탐색하여 문제를 해결해야만 한다.

### III. 사고력 신장 교육 프로그램 모형

앞 장의 표 1에 제시된 바와 같이 정보영재의 사고력 신장을 위하여 각 영역에 공통적으로 포함되어 있는 교육 주제에는 하노이 타워, 프랙탈 도형, 8-Queen, 8-Puzzle 문제 및 Tic-tac-toe 등이 있다. 이 논문에서는 이들 예제 문제에 공통적으로 적용할 수 있는 교육 프로그램 모형을 제안한다. 이 논문에서 제시된 모형은 내재된 문제의 속성에 따라 트리(tree)의 유형을 AND 트리, OR 트리, AND/OR 트리로 구분하여 문제를 표현한다. 또한, 구성되는 트리의 유형에 따라 문제를 해결하는 방법론으로는 서로 상이한 알고리즘을 적용해야함을 보이고 있다. 구성되는 트리의 모형에 따라 적용되는 알고리즘에는 recursion과 heuristic 탐색 방법 등이 도입되어 적용된다.

이 논문에서는 사고력 신장 교육 프로그램 개발을 위해 그림 1에 도시되어 있는 바와 같이 4 단계의 교수-학습 모형을 제시한다.

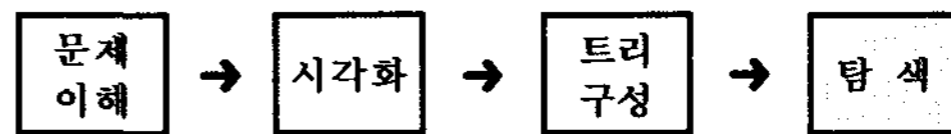


그림 1. 정보영재의 사고력 신장을 위한 교수-학습 모형

#### (1) 문제 이해 단계

1단계는 문제의 주제 및 내용과 원리를 이해하는 단계로, 정보영재들이 문제에 대해 내적 동기를 유발할 수 있는 활동으로 구성된다.

#### (2) 시각화 단계

2단계는 문제의 내용을 그림과 같은 시각적인 자료로 표현해 보면서 내용을 확실하게 이해하는 단계이다. 1단계에서 구체적인 활동을 통해 파악한 개념이나 원리를 그림으로 나타내보면서 문제를 좀 더 명확하게 파악할 수 있는 단계이다.

#### (3) 트리 구성 단계

3단계는 트리(tree) 구조를 이용해서 문제를 재 정리 해보는 단계로서, 문제를 그림으로 표시하는 활동보다 더욱 추상화하는 활동으로 지금까지의 활동을 통해 인지한 개념이나 원리를 트리 구조로 표현해 보는 활동이다. 정보 영재의 교육에 있어서 트리는 문제의 내용을 표현하는 매우 핵심적인 자료 구조이며, 정보 영재의 사고력 신장을 위한 많은 예제들이 트리 구조로 표현될 수 있다.

#### (4) 탐색 단계

4단계는 3단계의 트리 구조에서 목표 노드를 탐색하는 단계로서, 앞선 3단계 활동을 통해 문제 해결 과정을 이해하고 이를 형식화하며 추상화하는 단계이다. 이 단계에서는 지속적인 활동으로 탐색 단계에서 좀 더 효율적으로 목표 노드로 찾

을 수 있는 판단 단계를 포함하는 활동으로 진행된다.

#### IV. 사고력 신장 교육 프로그램의 실제

##### IV.1 AND 트리 : 하노이 타워(Hanoi Tower)

하노이 타워 문제[3]에서 3 개의 디스크를 기둥 A 에서 기둥 C 로 이동하는 문제는 그림2와 같이 표현할 수 있다. 그림 2에 도시되어 있는 하노이 타워에서 부모 노드(node)를 해결하기 위해서는 자식 노드를 모두 탐색하여 해결해야만 하는 것을 표현하고 있으며, 따라서 이러한 트리는 AND 트리(tree) 혹은 AND 그래프(graph) 형태로 표현됨을 알 수 있다.

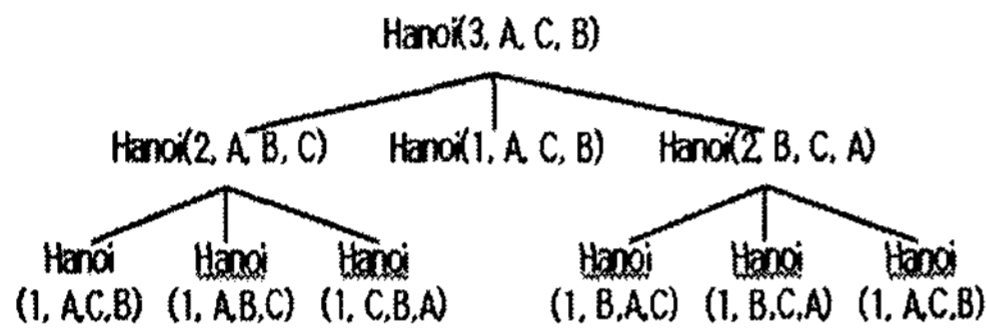
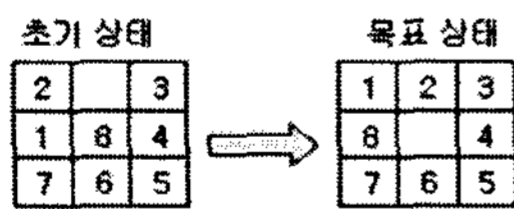


그림 2. 하노이 타워의 트리 표현

그림 2에 도시되어 있는 하노이 타워 문제를 해결하기 위한 트리의 탐색 알고리즘 **Hanoi (3, A, C, B)** 는 recursion 형태에 의한 DFS(Depth-First Search) 탐색 방법을 사용하여 해결할 수 있다.

##### IV.2 OR 트리 : 8-puzzle

8-puzzle 문제의 목표는 다음과 같이 3X3 배열에서 8개의 타일을 초기 상태(initial state)에서 목표 상태(goal state)로 재배열하는 것이다.[4]



이 유형의 문제에서는 heuristic 탐색 방법[5]을 사용하여 트리를 탐색한다. 여기에서 사용하는 heuristic의 평가 함수(evaluation function)는 다음과 같이 정의한다.

$$f(n) : \text{제자리에 있지 않은 타일의 수} \\ (\text{목표 상태와 비교했을 경우})$$

이 heuristic 함수를 적용하여 8-puzzle 문제를 트리로 표현한 내용이 그림 3에 도시되어 있다. 트리의 노드 왼쪽에 표기되어 있는 숫자는 위에서 정의한 heuristic 함수 값을 표시하고 있다. 그림 3에서 알 수 있는 바와 heuristic 값이 작은 값을 가지는 노드를 선택하여 탐색하는 것이 더욱 빨리 목표 노드를 향해 진행되는 것을 확인할 수 있다.

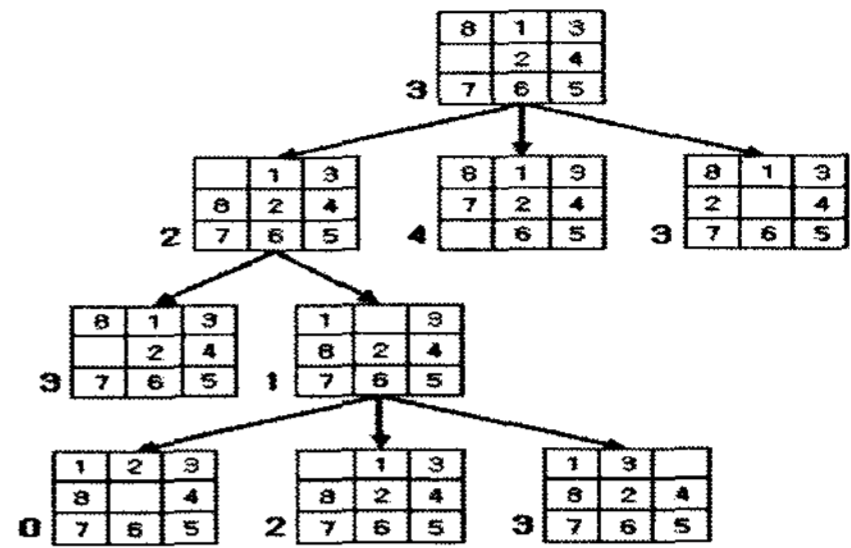


그림 3. 8-puzzle 트리의 heuristic 탐색

##### IV.3 AND/OR 트리 : Tic-tac-toe 게임 트리

Tic-Tac-Toe 게임은 가로 3행, 세로 3열로 이루어진 판에 O와 X가 교대로 수를 놓는 게임이다. 이때 어느 한 행 또는 열, 또는 대각선을 O로 채우면 O이 이기고, 반대로 X가 채우면 X가 이기는 게임이다.[4]

이 유형의 문제에서도 경험적(Heuristic) 탐색 방법을 사용하여 트리를 탐색한다. 여기에서 상태  $p$ 에 대한 평가함수  $e(p)$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$e(p) = \begin{cases} (\text{O에게 가능한 행, 열, 대각선의 수}) \\ -(\text{X에게 가능한 행, 대각선의 수}) \\ \infty & (\text{O가 이기는 상태}) \\ -\infty & (\text{X가 이기는 상태}) \end{cases}$$

이와 같은 평가함수를 갖는 Minimax 탐색 방법[4]을 적용한 Tic-tac-toe 게임 트리가 그림 4에 도시되어 있다. 트리의 노드 우측에 표기되어 있는 숫자는 앞에서 정의한 평가함수 값을 표시하고 있다.

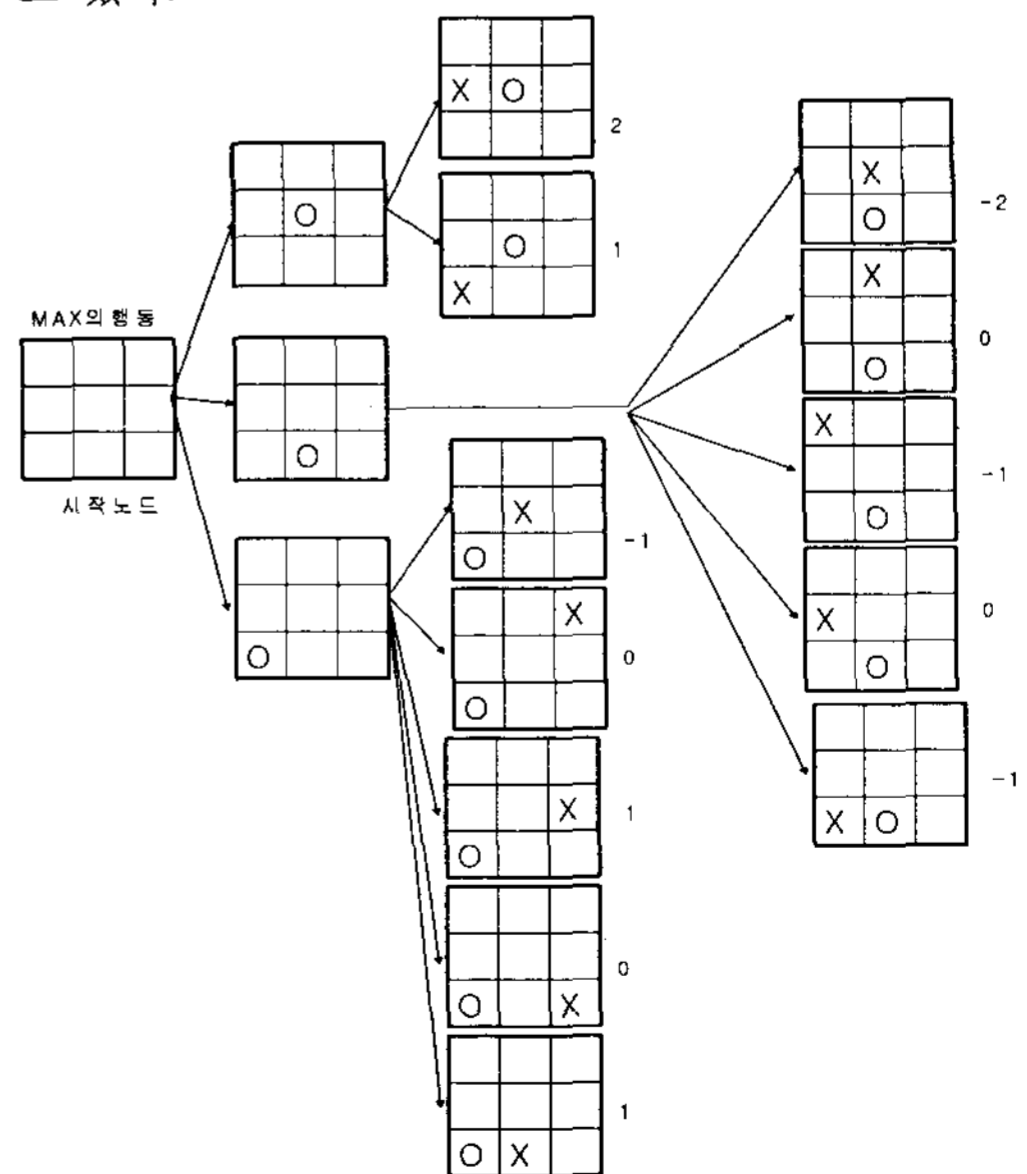


그림 4. Tic-tac-toe 게임 트리의 탐색

그림 4에서 첫 번째 MAX 노드의 전달 값은 자식인 MIN 단말 노드들의 평가(합수) 값 (2, 1) 중에서 최소 값인 1로 결정되며, 두 번째 MAX 노드의 전달 값은 자식인 MIN 노드들의 평가 값 (-2, 0, -1, 0, -1) 중에서 최소 값인 -2로 결정되고, 마지막 세 번째 MAX 노드의 전달 값은 자식인 MIN 노드들의 평가 값 (-1, 0, 1, 0, 1) 중에서 최소 값인 -1로 결정된다. 따라서 MAX 의 다음 행동은 세 개의 MAX 노드들 중에서 최대의 전달 값을 갖는 첫 번째 노드를 선택하는 결정을 하게 된다.

V. 사고력 신장 교육 프로그램 모형의 분석

앞 장에서 기술한 사고력 신장을 위한 교육 프로그램의 실제 예시에서 적용했던 트리의 종류와 트리의 탐색 방법을 요약한 내용이 표 2에 나열하고 있다.

표 2. 문제 유형별 트리 구성 및 탐색 방법

문제 유형	트리 유형	탐색 방법
하노이 타워	AND	recursion(DFS)
8-puzzle	OR	휴리스틱
tic-tac-toe 게임	AND/OR	min-max

(1) AND 트리

하노이 타워 문제는 문제를 표현하는 자료구조로서는 AND 트리로 표현되며, 문제를 해결하는 제어 구조로서의 탐색 방법으로서는 recursion 형태에 의한 DFS 탐색 방법에 의하여 처리될 수 있음을 확인할 수 있다.

(2) OR 트리

8-puzzle 문제는 문제를 표현하는 자료구조로서는 OR 트리로 표현되며, 문제를 해결하는 제어 구조로서의 탐색 방법으로서는 문제에 내재된 정보를 활용하는 휴리스틱 함수를 유도하여 활용하는 탐색 방법에 의하여 처리될 수 있음을 확인할 수 있다.

(3) AND/OR 트리

tic-tac-toe 게임 문제는 문제를 표현하는 자료구조로서는 AND/OR 트리 형식의 게임 트리로 표현되며, 문제를 해결하는 제어 구조로서의 탐색 방법으로서는 Minimax 탐색 방법에 의하여 처리될 수 있음을 확인할 수 있다.

VI. 결 론

이 논문에서는 정보영재들의 영재성을 발현시키기 위한 사고력 신장 교육 프로그램을 개발하고 분석하는 것이 주된 연구 목적이었다. 이 논문에서는 정보 영재의 사고력 신장을 위한 교육 프로그램모형을 “문제 이해 → 시각화 → 트리 구성 → 탐색”의 4단계로 제시하였다.

문제를 표현하는 자료구조로서의 트리 구성 단계에서는 문제의 유형에 따라 AND 트리, OR 트리, AND/OR 트리의 세 가지 유형으로 구분하여 표현하도록 하였다. 또한, 문제를 해결하기 위한 제어 구조로서의 트리 탐색 방법에 있어서도 구성된 트리의 유형에 따라 recursion 형태의 DFS 탐색, 휴리스틱 탐색, Minimax 탐색 방법 등을 적용하여 문제에 내재되어 있는 정보를 활용하도록 하여 학생들의 사고력을 향상시킬 수 있는 방안을 도입하였다. 이러한 모형은 구체적 활동에서 점차적으로 추상화되는 단계를 통해 사고력을 신장시키는 모형이다.

이 모델을 통하여 학생들은 문제를 트리로 표현하는 방법을 학습하게 되며, tree로 구성된 문제를 해결하기 위하여 recursion 과 heuristic 탐색 등으로 문제를 해결하는 방법을 배우게 된다. 이 모델은 저 수준의 사고력을 요구하는 간단한 모형에서 출발하여 고 수준의 사고력을 요구하는 복잡한 모형으로 발전시키는 교육 방법을 제시함으로써 사고력 신장의 정도에 따라 초등학교 학생들로부터 중학교, 고등학교 학생들에 이르기 까지 대상을 확대하여 점진적으로 적용할 수 있는 교육 방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

사고력의 신장은 학습 내용이나 자료와 함께 교사의 발문을 통해 보다 강화될 수 있을 것이다. 나아가 recursion의 개념을 알고리즘화하는 사고력 신장에 목적을 둔 교육 프로그램과 트리를 구성하고 heuristic 함수를 찾아내어 적용하는 교육 프로그램 외에 계속적인 연구와 적용, 분석을 통해 사고력 신장의 하위요소와 연결 짓는 연구가 뒤 따라야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 최호성, “영재 교육 프로그램의 개발 : 반성과 비전”, 2001년도 한국 영재학회 추계 학술 세미나, 영재 교육 프로그램의 개발 및 평가, 한국영재학회, pp.3-23, 2001.  
 [2] 나동섭, *초등정보과학영재 교육을 위한 교육과정의 개발*, 인천교육대학교, 2003.  
 [3] R.F. Gilberg & B.A. Forouzan, *Data Structures: A Pseudocode Approach with C(2nd Ed.)*, Course Technology of Thomson , 2005.  
 [4] Nils J Nilson , *Artificial Intelligence : A New Synthesis* ,Morgan Kaufmann, 1998  
 [5] Pearl, *HEURISTICS: Intelligent Search Strategies for Computer Problem Solving*, Addison-Wesley Publishing Company, 1984.