

人工 知能

林 濟 鐸

漢陽大學校 工科大学 電子工學科 教授(工博)

I. 序 論

人工知能이라는 용어는 人間이 가지는 知能의 탁월한 機能을 어떻게 機械로 實現할 수 없을가의 문제를 다루는 研究 分野를 나타내는데 사용되고 있다. 1961년에 MIT의 Minsky 教授가 발표한 유명한 論文^[1] "Steps Toward Artificial Intelligence" 이래 많은 사람들이 이 문제에 관심을 기울이게 되었다.

人工知能의 연구는 人間이 가지는 知能에 대응하는 기능을 實現하는것이 목표이기 때문에 理論的인 研究보다는 方法이나 알고리즘을 중심으로 하는 應用 研究에 더 큰 비중이 걸려 있다. 따라서 장기등의 게임, 定理의 증명, 로봇의 制御 등과 같이 研究 結果가 구체적으로 나타나는 應用시스템과 결부되어 있다.

1960년대에 人工知能의 초보적인 實驗이 계속해서 성공을 거두게되자 컴퓨터에 人間の 頭腦와 동일한 정도의 記憶容量을 주면 人間에 필적하는 知能을 實現할 수 있을 것이라고 樂觀하고 있었다. 그러나 研究가 그 깊이를 더해감에 따라 어느 程度이상되는 高度의 知能을 컴퓨터가 가지도록 하는 데는 記憶容量이나 計算速度 등의 量的인 문제만으로는 해결할 수 없다는 것을 알게 되었다. 즉 人間이 知識을 어떻게 해서 記憶하고 또 필요한 情報를 적절하게 꺼내는가, 外界에서 받는 많은 자극중에서 필요한 情報를 抽出하는 방법, 또 획득한 情報를 종합하거나, 抽象化하거나 하는 능력 등 知能에 관한 質的인 문제를 해결하지 않으면 안된다.

이리하여 1970년대에는 基礎 研究에 보다 더 중점을 두게 되었다. 그리고 目標를 명확히 정의할 수 있고 그 목표에 이르기까지의 수단이 명확한 문제 (well defined problem)에 대해서는 어떤 方法을 사용하면 문제 해결이 가능한가를 알게 되었다. 이 종류의 문제의 表現 方法, 문제 해결 수단의 探索方法, 문제를 해

결하기 위한 과정을 몇 개의 중간 목표로 분할해서 해결하는 방법, 문제 해결의 과정을 능률적으로 해결하기 위한 제어 방법 등에 대한 연구가 진척되었다. 이들 성과를 이용해서 初等幾何나 代數의 定理를 증명하는 시스템, 장기등의 게임을 행하는 시스템, 로봇트를 제어하는 시스템, 옥내의 풍경의 晝像에서 対象물을 인식하는 비존시스템, 인간이 사용하는 언어를 처리하는 자연 언어 처리, 인간이 가지고 있는 전문적인 지식을 컴퓨터에 기억시켜 未知의 문제에 대한 해답을 자동적으로 만들어내는 엑스퍼트시스템등이 연구되고 있다.

그러나 그중에서도 자연 언어 처리나 비존시스템처럼 문제 해결을 위해서 사용할 수 있는 지식이나 수단을 명확히 정의할 수 없는 문제, 지식의 획득과 推論, 지식의 일반화, 細分化의 문제는 未解決의 문제로 남아 있다. 이들은 人間이 가지고 있는 常識이나 경험에 의한 지식을 어떻게 이용하는가가 문제가 된다.

근래에 와서 人工知能에 대한 관심이 점점하고 産業에 미치는 영향이 매우 주목되기에 이르렀지만 人工知能이란 무엇인가에 대해서는 일반적으로 잘 알려져 있지 않은 것 같다. 여기에서는 人工知能이란 어떤 것인가라는 의문에 답을 주고 어떠한 방법이 사용되고 있는가를 알기 쉽게 소개하려고 한다. 먼저 人工知能의 일반적인 문제점과 방법을 알아보고 다음에 다른 분야와의 관계, 그리고 금후의 방향을 해설하기로 한다.

II. 人工知能이란 무엇인가

人間은 사물을 생각하고 理想하고, 문제를 풀고, 눈으로 보고, 귀로 듣는 등 여러 가지 判斷을 한다. 이와 같은 高度의 機能을 機械가 갖도록 한다는 것은 지금까지는 상상도 하지 못했던 것이다. 機械는 오로지

주어진 單純한 作業만을 반복해서 할 뿐이라는 것이 통념이었다. 그러나 컴퓨터의 출현에 의해서 機械는 종래의 기계의 범주에서 벗어나 여러 가지 知的인 일을 할 수 있게 되었다. 컴퓨터는 萬能인가, 人間의 頭腦에 얼마나 접근할 수 있는가의 테마는 컴퓨터가 출현한 당시로부터 여러 가지로 논의의 대상이 되고 있다.^[2, 3] 현재의 컴퓨터는 人間의 頭腦와는 매우 거리가 먼 존재이지만 부분적으로는 카메라등에 의한 畫像의 入力이나 브라운管에의 표시, 음성의 인식과 음성의 合成 등 소위 人間이 가지는 感覺器管을 대행하는 장치가 발달하여 되도록 人間의 頭腦活動에 접근하려는 노력이 꾸준히 행해지고 있다.

人工知能은 이와 같이 人間의 知的 能力을 되도록 잘 模擬할 수 있는 시스템을 만드는 데 목적이 있다. 그 가장 중심이 되는 것은 人間의 知的 活動의 메카니즘을 명확하게 모델화하고 이를 프로그램에 의해서 컴퓨터에 실현하는 것이다. 감각기관에 해당하는 각종 入出力裝置의 개발도 중요하며 이들과 人工知能 소프트웨어가 결합해서 발달하여 學習 能力을 가지게 되므로 비로소 인간적인 人工頭腦, 人工知能이 實現되었다고 말할 수 있게 될 것이며 그 길은 아직 요원하다 하겠다.

人工知能은 人間의 知的動作의 모델화를 추구하는 것이며 知的인 內容으로써는 기존의 모든 學問이 해당된다고 말할 수 있다. 그러나 人工知能에 있어서 추구하고 있는 知的能力이란 기존의 學問體系에는 들어 있지 않는 것으로서 그 메카니즘이 명확히 體系가 세워져 있지 않고 曖昧模糊한 소위 人間의, 經驗的인 방법으로 풀어나갈 수 밖에 없는 것을 대상으로 하여 그것을 밝혀 나가려는 學問이라고 생각할 수 있다. 따라서 논리적으로 바른 해결을 얻을 수 있다는 보장은 없지만 대부분의 경우 경험적으로 바른 解答을 얻을 수 있다는 소위 發見的(heuristic)方法이 중심이 된다.^[1]

數式的 積分, 예를 들면,

$$\int \frac{x'}{(1-x^2)^{3/2}} dx = \sin^{-1}x + \frac{1}{3} \tan^2(\sin^{-1}x) - \tan(\sin^{-1}x) \quad (1)$$

등이 계산기를 사용해서 실행할 수 있다는 것이 명백해진 무렵에는 이와 같은 종류의 數式 處理 프로그램의 연구가 人工知能의 하나의 커다란 분야였었다. 그러나 오늘날 이 종류의 연구가 발전하여 여러 가지

알고리즘이 발견되고 數式 處理의 방대한 프로그램體系가 이루어지게 되자 이 分野는 人工知能 研究의 범주에 넣어서 생각하는 사람이 매우 적게 되었다. 이미 독자적인 學問 分野를 형성하고 있는 것이다.

이와 같이 人工知能 研究는 대상으로 하는 문제의 解法이 法則으로서 파악될 수 없고 經驗的 方法, 常識 모색적으로 행해지고 있는 분야를 가리킨다고 말할 수도 있다. 그리고 그 분야가 學問的으로 명확하게 되고 體系化되면 人工知能의 分野로부터는 떨어져 나가게 되는 것이다. 그러나 그렇게 되어도 人間의 頭腦活動에는 언제까지나 未知의 그리고 未解決의 부분이 남는다. 이들이야말로 研究의 가치가 있는 과제라 말할 수 있는 것이며 이리하여 人工知能研究가 언제나 참신한 學問分野라는 것을 납득할 수 있을 것이다.

Ⅲ. 人工知能의 여러 가지 側面

人工知能의 근본적 원리는 무엇인가를 한마디로 말한다면 人間이 보통 행하고 있는 推論, 判斷, 知識의 활용법 등의 底辺을 이루는 原理가 무엇인가를 묻는 것과 같은 것이 될 것이다.

바둑이나 장기와 같은 게임을 생각해 보자. 게임에는 게임의 규칙이 명확히 규정되어 있고 그 규칙이 허용하는 것은 무엇을 해도 된다. 따라서 “다음 수”로서는 바둑의 경우 별 의미없는 쓸모없는 수도 포함시키기로 하면 평균적으로는 적어도 10^2 정도의 수는 있을 것이다 (제일 첫수는 19^2 , 제 2수는 $19^2 - 1 \dots$ 의 돌을 놓을 자리가 있다). 이때 바둑이 만일 100수로 끝난다고 생각하면 전체로 $(10^2)^{100} = 10^{200}$ 만큼의 경우가 존재하는 셈이 된다. 현재의 최고속 컴퓨터를 사용하여 1회의 壽命으로 한수를 둔다고 가정하면 1년간에 약 10^8 수/초 $\times 3 \times 10^7$ 초/年 = 3×10^{15} 수/年이 되므로 적어도 10^{100} 年의 계산을 하지 않으면 안되는 셈이다. 지금까지의 바둑사상 첫 수로부터 마지막 수까지 동일한 국면의 勝負가 없었다는 것도 당연하다고 할 수 있을 것이다.

그러나 人間은 모든 가능한 것을 모두 시도하는 것은 아니다. 人間은 “意味있는” 수만을 검토해서 그중에서 적절한 것을 선택한다. 의미있는 수란 무엇인가. 그것은 게임의 규칙에서 직접 논리적으로 도출되는 것이 아니고 人間이 경험적으로 얻고 있는 것이다. 어느 것이 의미를 가지며 어느 것이 의미를 갖지 않는가는 증명할 수 있는 성질의 것은 아니지만 우리 人間에게는 거의 명백하게 되어 있는 경우가 많은 것이다. 이

와 같은 종류의 heuristic 知識을 도입하면 다음 수로써 검토해야 할 범위를 극단으로 제한할 수 있다. 그리고 몇 수 또는 십몇 수 앞까지 밖에 읽지 않는다고 범위를 한정하면 컴퓨터는 거기까지의 수 읽기에서 가장 유리한 국면을 택하고 그局面에 이르는 수를 들 수 있다.

이와 같이 人間이 풀어야 하는 문제에는 많은 경험적 지식을 도입해서 경우의 수를 한정하지 않으면 組合의 수가 爆發적으로 증가하는 경우가 매우 많다. 이리하여 문제의 성질에 따라 어떠한 制限을 도입하고 探索의 경우 수를 제한하는가가 人工知能에 있어서 興味の 중심이 되는 것이다.

推論도 人工知能에 있어서 매우 중요한 위치를 차지한다. 記號論理學을 바탕으로 하는 演繹의 推論이 아니고 더 直觀的인 방법으로 推論하여 結論을 얻는 방법도 연구되고 있다. 推論의 기본은 3段論法에 있다고 말할 수 있다. 즉 A라는 사실과 $A \rightarrow B$ (A이면 B이다)라는 含意 관계에서 B가 성립한다는 것을 導出하는 操作이다. 이것은 프로덕션시스템이라는 형태로 구체적으로 실현되었다.^[4] 즉 어떤 분야의 상세한 知識A (A는 眞이다)를 集積함과 동시에 $A \rightarrow B$ 라는 형태의 條件附의 知識(또는 推論)을 많이 준비한다. 그리고 3段論法을 사용하여 여러 가지 결론을 도출하려는 것이다.

人間은 많은 경우 모든 경우에 통용할 수 있는 體系的인 知識이나 사실을 提示하는 일은 어렵지만 경우에 따른 局所的인 知識을 $A \rightarrow B$ 라는 형태로 진술하는 것은 그다지 어렵지 않다. 人間이 가지고 있는 經驗的 知識의 대부분은 이와 같은 형태의 것이라고 볼 수 있다. 이와 같은 표현 형식의 局所的인 知識을 모든 경우에 대해서 집적한 다음 컴퓨터의 힘을 빌려 推論을 행하고 전체로써 整合된 결론을 얻을 수 있도록 하려는 것이 프로덕션 시스템의 기본적인 사상이다. 이것은 또 知識工學의 中心的 思想이다.

IV. 人工知能의 研究 對象

人工知能 研究의 基本的인 대상으로써 대표적인 것을 열거하면 다음과 같다.

- 1) 音聲理解, 畫像理解
- 2) 自然言語理解
- 3) 知能로봇

이들은 모두 人間の 高度의 知的 機能에 속하는 것으로써 광범한 知識을 바탕으로 하는 형태의 모델이 아니면 좋은 시스템을 實現하기는 어렵다. 패턴 認識의 경

우와 비교할 때 패턴 認識에서는 認識해야 할 대상이 數字, 알파벳, 漢字와 같이 限定된 것으로써 그 標準 패턴을 미리 충분히 조사하여 기억시켜 둘 수 있는데 대해서 人工知能 分野에서 취급하는 대상은 매우 광범하고 복잡하여 간단한 標準 패턴으로써 기억시켜 둔다는 것은 어려운 일이다. 따라서 標準 패턴의 記述이 構造的으로 복잡한 것이 되고 또 대상의 성질뿐만 아니라 대상과 주위환경과의 관계를 적절히 표현할 필요가 생기게 된다. 일례로써 자연 동경안에 존재하는 어떤 대상물, 예를 들어 自動車를 認識 檢出하려 할 경우를 생각해 보면 알 수 있을 것이다. 자동차에도 보통의 승용차, 지프, 트럭 등 여러 종류가 있으며 또 어느 쪽이 보일 것인지도 알 수 없다. 또 때로는 일부분이 가려져 있어 보이는 쪽이 어느 부분인지 알 수 없는 경우도 다루지 않으면 안된다. 이와같은 경우에 대처하기 위해서 어떤 知識을 컴퓨터에 기억시켜 두어야 할 것인가가 매우 어렵게 된다.

音聲 認識은 言語의 理解와 밀접한 관계를 가지고 있다. 音聲 고유의 해석 방법으로써 여러 가지 종류의 것이 개발되어 왔지만 다른 분야에도 응용할 수 있는 방법으로써 다이내믹 프로그래밍법을 사용한 音聲 波形의 유연한 매칭(matching)법은 높이 평가되고 있다.

自然言語의 理解 問題는 매우 어렵다. 言語의 解析과 理解에는 많은 복잡한 단계를 밟아야 되는데 이들의 대부분은 言語의 知識이라고 말할 수 있지만 이 종류의 지식은 지금까지 人工知能이나 知識工學에서 다루어온 지식과 비교할때 훨씬 복잡하다고 말할 수 있다.

言語에 관한 知識은 다음과 같이 정리할 수 있을 것이다.

- 1) 單語
- 2) 品詞, 活用形, 性, 數, 格, 악센트
- 3) 單語의 意味
- 4) 構文法則(文法)
- 5) 樣相情報(時制, 樣相, 敬語 등……)
- 6) 文脈情報
- 7) 言語外의 意味
- 8) 社會的 一般의 情報
- 9) 分野 固有의 知識
- 10) 對話의 構造

현재로써 이들 대부분이 明確히 定義되어 있지 않고 또 사람에 따라 다르기때문에 言語의 解析과 理解의 모델을 만들기가 무척 어렵게 된다.

그러나 이와 같은 어려운은 人工知能의 다른 모든

分野에도 존재하는 것이다. 다만 그들 분야의 연구가 아직 제 1 단계에 있어서 言語처럼 詳細하고 階層化된 知識의 레벨까지 도달하지 못하고 비교적 간단한 하나의 構造 레벨의 知識을 集積하고 있는 단계라고 볼 수 있다. 앞으로는 對象 分野에 밀착된 보다 詳細한 知識의 構造를 논하지 않으면 안되게 될 것이다.

V. 人工知能의 應用 分野

人工知能의 應用 分野로서 오늘날 활발하게 연구되고 있는 테마를 열거하면 다음과 같다.

- 엑스퍼트시스템, 各種 診斷
- 記號 處理, 記號 演算
- 계 임
- 自動 證明과 問題解決
- 自動 프로그래밍
- 機械翻譯
- 質問 應答과 對話
- 自動抄錄, 文章 理解
- CAI
- 畫像의 認識, 理解
- 3次元 世界의 認識
- 動畫像의 解析
- 複雜 시스템의 設計問題 등

應用分野로서 가장 성공하고 사회적으로도 널리 응용되고 있는 것은 엑스퍼트 시스템 (expert system)^[5]이다. 이것은 知識工學이라고도 부르는 것으로 그 기본적인 방법은 프로덕션 시스템에 있으며 醫療診斷등에 응용되어 큰 성과를 올리고 있다. 프로덕션을 형태에 의한 知識의 集積, 增強은 비교적 용이하게 행할 수 있기 때문에 이 방법은 試行 錯誤의 問題에 적합하다.

패턴 認識, 畫像 處理 技術에 관계하는 분야의 응용도 많다. 로봇에 있어서의 外界의 認識, 連續動畫像 필름의 解析과 認識등에서는 畫像處理의 결과 얻는 情報를 어떻게 解析하고 결론을 도출할 것인가가 문제가 된다. 對象 畫像이 복잡한 것에 대해서는 아직도 더 많은 연구가 필요하지만 한정된 분야에 있어서의 응용은 매우 넓다. 특히 이제부터의 로봇트는 눈을 갖게 되어야 할 것이므로 知識을 바탕으로 한 效率의인 畫像의 처리와 認識을 행할 필요가 있어 그 하드웨어화도 前處理 部分에 대해서 뿐만 아니고 構造의 認識의 部分에 대해서 까지 행하도록 해야 할 것이다.

自然 言語의 응용 분야도 매우 넓다. 機械翻譯등과 같이 言語의 세계와 같은 관계를 가지는 것 외에도 自動抄錄, 情報檢索, 質問應答, 自然言語에 의한 情報

시스템과 人間과의 관계등은 앞으로 널리 社會에 침투할 것으로 보이는 事務 自動化(OA: office automation), 家庭의 電子化에 있어서 가장 중요한 포인트이다. 이와 같은 경우에 있어서 音聲의 중요함은 말할 필요도 없다. 경우를 얼마나 잘 한정하고 경우의 知識을 이용한 信賴性이 높은 시스템을 만드는가가 成功의 關鍵이 될 것이다.

현재의 CAI(計算機援用 教育, teaching machine)는 아직 유치한 단계에 있다. CAI 시스템이 널리 보급되기 위해서는 일상의 言語로 指示하고 학생도 일상 언어로 응답할 것, 또 예정되어 있지 않았던 사항에 대해서도 발언하고 이에 대응할 수 있게 될 필요가 있다. 물론 시스템에는 問題 解決, 情報의 探索과 檢索 등의 능력을 가져야 된다.

記號 操作의 應用으로써 가장 성공한 것으로 初等數學의 각종 演算이 있다. 初期의 것으로 slagle 이 만든 記號 微分, 記號 積分이 있으며 이것은 Lisp 를 사용한 것이다. 그 후 因數分解, 行列演算, 無限級數 등 넓은 분야에 걸쳐 사람보다도 훨씬 빠르게 복잡한 記號 計算을 할 수 있게 되었다. MIT의 MACSYMA, Utah 大學의 REDUCE등이 유명하다.

게임도 記號를 사용하는 흥미있는 예이다. 이 경우는 探索을 행하는데 어떤 heuristic 인 知識을 사용할 수 있는가, 또 소위 定石이라 부를 수 있는 有效한 구체例를 어떻게 사용할 수 있는가 등이 문제가 된다. 현재는 checker 등에서 우수한 성적을 올리고 있지만 바둑이나 장기등에서는 당분간은 인간에 대항할 수 있는 시스템을 만들기는 어려울 것으로 보인다.

探索을 중심으로 하는 것으로는 定理의 증명등이 있지만 그밖에도 예를 들면 VLSI의 配線 設計등과 같이 試行錯誤를 본격적으로 행하지 않으면 解를 얻을 수 없는 문제는 많이 있다.

프로그램의 正當性, 프로그램의 自動合成問題는 實用的 立場에서 매우 중요한 문제이지만 앞으로 본격적으로 연구해 갈 테마라고 말할 수 있다.

VI. 앞으로의 方向

人工知能의 장래는 매우 많은 가능성이 있으며 크게 발전할 것이라는 것은 틀림없지만 그 구체적 발전 방향을 정확히 가능하다는 것은 꽤 어려운 일이다. 지금까지 행해진 각종의 人工知能 研究는 점점 詳細한 것이 되고 각 분야 固有의 問題로 될 것이라는 것은 앞서도 설명하였다. 예를 들면 한마디로 知識工學이라 부르고 있는 것도 醫療診斷의 분야, 시스템의 錯誤診

斷分野 등 각 분야에서 발전해 가고 있다. 시스템을 보다 좋은 것으로 만들기 위해서는 되도록 많은 경우에 따른 知識을 시스템에 부여하는 것이 中心이 되어 가고 있다. 즉 구체적인 예를 시스템에 주고 그와 같은 경우가 발생했을 경우에 지시받은 대로 일을 행하도록 하는 것이다.

컴퓨터가 행하는 일을 알고리즘과 데이터로 분리할 때 알고리즘은 현재 상당한 정도까지 해명되었다. 그러나 문제가 복잡하게 되면 될수록 알고리즘을 쓰는 일은 어려워진다. 따라서 데이터를 豊富하게 해서 데이터 驅動型(data driven)으로 일을 해가려고 하는 입장이 중요해진다.

여기에서 知識의 集積, 知識의 표현 방법 등이 매우 중요하게 되는데 그것은 현재로서는 상당한 熟練者, 專門家 밖에 행할 수 없다. 그러나 對象으로 해야 하는 知識의 분야와 그 量은 반대하며 급후 이와 같은 知識을 어떻게 하면 자동적으로 수집하고 조직화할 수 있는가가 중요한 문제로 될 것이다.

이와 같은 人工知能的 處理의 根底에 있는 것은 類似性이란 무엇인가, 連想이란 무엇인가라는 문제이다. 人間이 본질적으로 행하고 있는 것은 A와 B는 닮았다. A가 있으면 B도 있을 수 있다는 形의 類似性的의 發見과 이를 바탕으로 하는 連想이며 그 連鎖에 의해서 여러 가지 새로운 것을 發見하고 새로운 結論을 導出하는 것이라고 생각된다. 프로덕션시스템은 連想的 機能을 어느 정도 實現하고 Prolog 는 그것을 理論적으로 강화한 것이라 볼 수도 있겠지만 이들을 보다 유효하고 강력하게 사용하기 위해서는 현재의 상황이 $A \rightarrow B$ 의 A에 가깝고 $A \rightarrow B$ 라는 連想을 작용시키는 것이 적당한가의 여부를 알아야 한다. 機械는 정확한 매칭밖에 할 수 없으며 약간 다른 것을 그것이라고 認識하는 것이 가장 어려운데 그것은 “대체로 닮았다”라는 것을 알아낸다는 것이 매우 어렵기 때문이다.

모든 형태의 情報에 대해서 종종의 觀點에서 본 類似性的의 尺度를 정리하고 이들을 자유로 조합해서 사용하고 판단할 수 있도록 하는 것이 앞으로의 人工知

能 研究에서 가장 중요하다고 생각된다. 이 안에는 물론 學習이라는 要素가 들어오게 되는데 學習에 대해서도 人工知能的인 모델화는 이제부터라고 말할 수 있을 것이다.

이상 살펴본 바와 같이 情報科學의 立場에서의 人間 研究, 認知科學研究, 心理學研究 등이 매우 중요하게 될 것이다.

參 考 文 獻

- [1] Minsky, M., "Steps toward artificial intelligence," *Proc. of IRE*, vol. 49, pp. 8-30, Jan. 1961.
- [2] Hofstadter, D.R., Godel, Escher, *Bach: An Eternal Golden Brain*. Vintage Books, 1980.
- [3] Newell, A. and Simon, H.A., *Human Problem Solving*. Prentice-Hall, 1972.
- [4] Davis, R. and King, J., *An Overview of Production Systems*. Edited by Elcock and Michie, *Machine Intelligence 8*, Ellis Horwood, 1977.
- [5] Feigenbaum, E., *The Art of Artificial Intelligence*. *Proc. of 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 779-807, 1977.
- [6] Carbonell, J.R., "AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instructions," *IEEE Trans. MMS*, vol. 11, no. 4, pp. 190-202, 1970.
- [7] Minsky, M. (ed), *Semantic Information Processing*. MIT Press, 1968.
- [8] Nilsson, N.J., "Artificial intelligence," *Proc. IFIP Congress*, 74, pp. 778-801, Aug. 1974.
- [9] Clocksin, W.F. and Mellish, C.S., *Programming in PROLOG*. Springer, 1981.
- [10] Winograd, T., *Understanding Natural Language*. Academic Press, 1972.