

패턴인식의 개요

인공지능의 가능성에 대한 철학적 논쟁 _1.1

패턴인식의 정의 _1.2

특징과 패턴 _1.3

패턴인식 시스템의 구성 요소와 설계 사이클 _1.4

패턴인식의 유형과 분류기 _1.5

패턴인식 알고리즘의 성능 평가 _1.6

패턴인식 접근법과 관련 응용 분야 _1.7

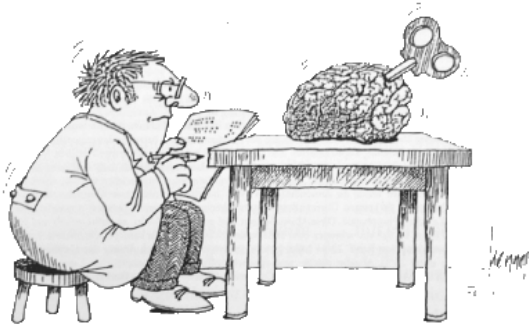
패턴인식의 응용 예 _1.8

학습목표

패턴인식 분야에 속하는 기술적인 내용을 소개하기 전에 인공지능의 가능성에 관한 대표적인 철학적 논쟁인 튜링(A.M. Turing)과 써얼(John Searle)의 논쟁을 우선 살펴보고, 인공지능의 가능성을 생각해보도록 한다. 그리고 패턴인식과 관련된 용어들을 정의하고 관련 응용 분야, 패턴인식 시스템의 주요 구성 요소와 패턴인식 문제의 유형 그리고 패턴인식의 접근 방법을 소개할 것이다. 마지막으로 실제 구현된 간단한 패턴인식 시스템을 예로 들어서 패턴인식에 대한 전체적인 개념을 잡아보자.

1.1 인공지능의 가능성에 대한 철학적 논쟁

정보통신 기술이 발전함에 따라 우리는 대부분의 일을 컴퓨터로 수행하고 있다. 그러나 컴퓨터는 거의 온종일 우리와 함께하는 친구임에도 불구하고 단지 계산하는 기계에 불과한 것일까? 컴퓨터도 인간과 같이 생각하고 언어를 이해할 수 있을까? 이러한 물음에 해답을 찾기 위해서 수많은 연구자가 인간의 지능을 연구하고, 이를 기계에 구현하려고 노력해 왔다.



[그림 1-1] 인공지능 연구

그러나 차세대 기술로 부각되고 있는 휴머노이드(인간을 닮은 로봇)의 모습을 볼 때, 현재의 기술로는 지능적 처리라는 것이 센싱 인터페이스를 통한 외부 자극 신호를 받아들이는 문제와 기계 학습(machine learning)을 통하여 대상을 인식하는 문제 그리고 인식 결과에 따라 선택적인 판단을 하고, 로봇이 취할 행동을 스스로 결정하는 문제를 정의하는 수준에 불과한 것 같다. 현재 인공지능의 공학적 구현은 주로 기계 스스로 외부 대상을 인식·판단하고, 스스로 취할 동작을 선택하는 과정으로 이루어져 있다. 과연 이러한 프로그램에 의한 처리를 인간의 지능과 비교할 수 있을까? 나아가 기계도 인간과 같이 생각할 수 있을까?

인공지능과 관련된 많은 철학적인 논쟁이 있었으며, 지금까지도 이어지고 있다. 그러나 컴퓨터가 인간의 두뇌를 대신할 것이라는 희망적인 생각은 컴퓨터의 눈부신 발전에도 불구하고 수많은 의문과 해결해야 할 문제들을 새롭게 제기하고 있으며, 아직까지도 많은 문제에 대한 명확한 해답을 주지 않고 있다. 이 절에서는 인공지능의 가능성에 대한 긍정적인 입장과 부정적인 입장을 취하는 대표적인 철학적 논쟁을 통하여 인공지능의 의미를 재고해 보고, 인공지능의 가능성과 한계를 생각해 볼 것이다.

인공지능의 가능성에 긍정적인 입장을 취하고 있는 논의는 실제(實體)의 개념을 배척하고 요소간 상호작용이라는 측면에서 대상을 기능적으로 파악하는 기능주의적 관점과 깊이 관련되어 있다.



[그림 1-2] A. M. Turing (1912~1954)

긍정적 입장의 대표적인 예가 튜링(Turing)의 ‘모방게임(imitation game)’이다. 튜링은 그의 논문에서 기계(machines)와 생각(think)에 관한 명확한 정의를 내리지 않고, “기계는 생각할 수 있는가?”라는 다소 모호한 질문 대신에 모방게임을 통하여 생각과 관련된 좀 더 구체적인 질문으로 대체할 것을 제안한다.

모방게임은 남자(A), 여자(B), 그리고 심문자(C), 모두 3명이 하는 게임이다. 심문자(C)는 남자(A)와 여자(B)를 볼 수 없는 방에서 두 사람에게 질문을 하고 그들의 답변을 듣고 누가 여자이고, 누가 남자인지를 판단하여 알아맞혀야 한다. 여자(B)는 심문자(C)의 여러 물음에 대하여 자신이 여자라는 것을 사실대로 대답한다. 그러나 남자(A)는 심문자(C)의 모든 물음에 대해 심문자(C)가 자신을 여자라고 믿게 하여 잘못된 판단을 내리게 하려고 한다. 이렇게 하기 위해서 남자(A)는 여자(B)가 대답하는 것을 모방한다.

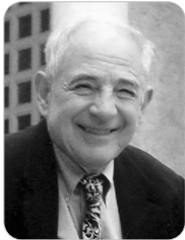


[그림 1-3] 모방게임

튜링은 “기계는 생각할 수 있는가?”라는 질문을 다음과 같은 질문으로 대체할 것을 제안한다. “모방게임에서 기계가 남자(A)의 역할을 한다면 과연 무슨 일이 일어날 것인가? 그리고 남자(A)를 기계로 대체한 경우에도 심문자(C)는 같은 정도의 실수를 하는가?”

튜링은 모방게임에서 남자(A)를 기계로 대체한 경우에도 심문자(C)가 남자(A)에게 속는 것과 같은 정도로 속는다면, 남자(A)를 대체한 기계도 남자(A)만큼의 사유 능력이 있다고 주장한다.

반면에 써얼(Searle)은 컴퓨터의 사고와 이해 능력에 대하여 부정적 입장을 취한다. 그는 자신의 ‘중국어 방 논증’에서 튜링의 조건을 만족하지만 사고·이해 능력을 갖추지 못한 경우를 들어 튜링의 입장을 반박한다.



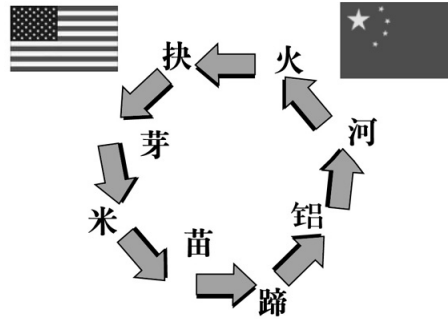
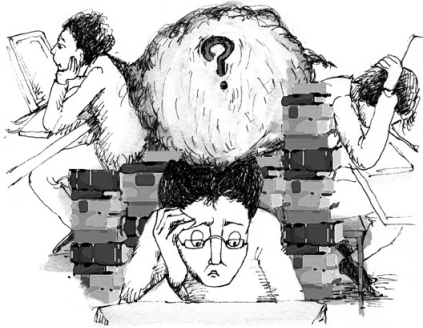
[그림 1-4] John Searle (1932~)

어떤 사람이 영어를 모국어로 사용하고, 중국어는 전혀 모른다고 가정한다. 그리고 이 사람이 중국어 문자들이 쌓여 있는 더미와 손으로 쓴 중국어 문자가 쌓여 있는 더미 그리고 중국어로 묻는 물음에 대하여 이 두 더미의 각 문자를 연결하여 대답할 수 있게 하는 규칙을 영어로 적어 놓은 파일들이 모두 제공되는 어떤 방에 갇혀 있다고 가정한다. 중국어로 된 질문은 이 사람에게 형식 기호에 불과하지만 영어로 된 규칙을 통하여 답변을 작성할 수 있고, 어느 누구도 영어로 된 물음에 대해 방에 갇혀 있는 이 사람이 영어로 대답하는 것과 마찬가지로 이 사람이 중국어로 작성한 답변을 읽고 중국어를 모른다고 할 수 없을 것이다. 그러나 중국어의 경우는 영어와 달리 해석되지 않은 형식적 기호들을 조작함으로써 그 대답을 구성한 것에 불과하다. 결국 이 사람은 단순히 컴퓨터처럼 작동한 것이다. 즉 이 사람은 형식적 규칙들의 요소에 따라 계산적 기능을 수행한 것이며, 컴퓨터 프로그램의 단순한 한 사례에 불과하다.

써얼은 폐쇄된 방에서 이와 같은 메커니즘으로 중국어로 답변하는 사람은 중국어를 전혀 이해하지 못한 상태에서 단지 지시 매뉴얼에 따라 형식적 프로그램을 수행한 것일 뿐, 중국어를 이해했다고 볼 수 없다. 그러므로 정해진 프로그램을 수행하는 튜링 테스트가 이해를 위한 충분 조건이라는 튜링의 인공지능 논제는 잘못된 것이라고 주장한다.

써얼의 주장에 따르면 인식 주체의 중국어 이해는 통사적으로 정의된 항목의 형식적인 조건이나 작용을 넘어서는 인간의 이해 능력에 해당하며, 이러한 이해 능력은 통사적 구조로 완벽하게 정의되는 기계와는 다른 점이라고 보았다. 그리고 언어의 이해와 같은 심적 현상은 세계와 인과적으로 상호작용할 수 있는 능력을 갖춰야 하며, 언어적 경험과 비언어적 경험 사이에 어

면 관련을 맺는 의미론적 구조가 필요하다고 주장한다. 여기에서 그는 인과력(causal power)이라는 개념을 설정하고 한 체계가 이해력을 갖기 위해서는 그 체계의 올바른 인과력이 요구되는데, 두뇌라는 생물학적 체계만이 그 요구를 충족할 수 있다고 주장한다.



[그림 1-5] 중국어 방 논증¹⁾

써얼은 “기계는 생각할 수 있는가?”라는 질문에 대해 “특별한 종류의 기계들, 즉 두뇌 그리고 두뇌와 동일한 인과력을 갖는 기계만이 생각할 수 있다.”고 결론 내린다. 이런 측면에서 써얼은 기능주의를 떠나 두뇌 물리주의로 귀결하고 있는 것이다.

인공지능의 긍정적 입장과 부정적 입장에 대한 대표적인 철학적 논쟁은 패턴인식을 공부하고자 하는 우리에게 매우 중요한 시사점을 주고 있다. 여기서 우리는 인간의 지능을 기계에 구현하려는 도전에 대하여 한 번 생각해보고, 인공지능의 한계와 범위를 나름대로 규정해보는 것에서부터 패턴인식 공부를 시작하도록 한다.

불교 유식학에 의하면 우리 인간은 색(色), 성(聲), 향(香), 미(味), 촉(觸)의 성질을 띤 외부 대상을 눈(眼), 귀(耳), 코(鼻), 혀(舌), 피부(身)의 다섯 가지 감각기관(五根)마다 있는 오식(五識, 이를 전오식(前五識)이라고 한다)으로 받아들이고, 오식에서 얻은 정보를 의식(意識, 第6識)을 통해 분별하고 판단한다고 한다.

불교 유식학의 전오식까지는 패턴인식에 비교될 수 있으며, 센싱 기술의 발전과 마이크로프로세서의 놀랄만한 발전으로 머지않은 미래에 기계가 인간을 흉내 낼 수 있으리라 생각한다. 휴머노이드에 부착된 입력 센서들이 인간의 감각 기관을 대신할 수 있을 것이다. 입력되는 대상은 카메라에서의 영상 신호, 마이크에서의 소리 신호뿐 아니라 가스 감지 센서에서 후각 신호, 압력 센서에서의 촉각 신호 등 다양한 신호가 그 대상이 될 수 있다. 입력된 신호는 신호처리를 거치고 마이크로프로세서에서 인식, 판단, 선택하게 된다. 어쩌면 인간의 감각 기관이 지닌

수용 능력의 한계를 넘어서는 센싱 기술의 발전과 대용량 고속 처리가 가능한 마이크로프로세서의 발전은 어떤 형태로든지 더욱 가공할만한 능력을 가진 기계 인간을 충분히 만들어 낼 수 있다고 생각한다. 그것은 인간의 다섯 가지 감각 기관과 관련된 인식 측면만 본다면 인간도 ‘생물 기계’와 다르지 않기 때문이다.

그러나 모든 인간은 어떠한 센서나 마이크로프로세서로도 도저히 모형화할 수 없는, 신에게 부여받았다고 표현하는 또 하나의 근(根)을 가지고 있는데 이를 의근(意根)이라고 한다. 이곳에서는 ‘사탕’이라는 소리를 들으면 그것의 이미지를 떠올리고 달콤한 맛을 기억해 낸다거나 무언을 상상하고, 생각을 일으키고, 누군가를 사랑하는 마음을 갖는 것과 같은 의식 작용을 한다고 한다. 의학자의 말에 따르면, 의근은 대뇌 변연계(limbic system)에 있으며, 의식은 대뇌 피질(cerebrum cortex)의 기능이라고 한다. 인공지능의 진정한 대상 모델은 바로 이 의근이라고 할 수 있을 것이다.

인간의 전오식을 모델링하는 패턴인식은 가능하다. 그러나 의근의 메커니즘을 밝혀내고 이를 모델링하고자 하는 공학적인 모색은 가능할지 모르겠으나, 지금까지 인공지능이라 불리는 기술들의 내용을 볼 때, 의근을 기계로 구현하고자 하는 인공지능은 영원히 불가능하다고 감히 확신한다. 아마도 여러분들이 인공지능 분야를 공부하고 연구할수록 그러한 확신은 더욱 견고해질 것이다. 그러나 의식을 이루는 인간의 마음 구조를 탐구하고, 의근의 메커니즘을 기계로 구현하기 위한 연구와 모색의 과정에서, 과학과 공학 기술은 분명히 새로운 방향으로 발전하게 될 것이다. 더욱이 그러한 과정에서 우리 자신의 본성을 발굴하고, 본래 면목의 실체를 깨닫는 계기가 된다면 그것 또한 과학과 공학 기술이 인간에게 주는 복 있는 역할이라고 생각한다.

1.2 패턴인식의 정의

패턴인식(pattern recognition)은 인지과학(cognitive science)과 인공지능(artificial intelligence) 분야에 속하는 문제 중 하나다. 인지과학은 심리학, 컴퓨터 과학, 인공지능, 신경생물학과 언어학, 철학을 이용하여 지능과 인식의 문제를 다루는 포괄적인 학제적 과학 분야를 말하며, 인공지능은 인간의 학습능력과 추론능력을 인공적으로 모델링하여 외부 대상을 지각하는 능력, 나아가 자연언어와 같은 구문적 패턴까지 이해하는 능력 등을 컴퓨터 프로그램으로 구현하는 기술을 말한다. 인공지능에 관한 연구는 현재 지능형 시스템(intelligence system)이라는 인공지능에 기반한 정보 시스템 분야로까지 발전하고 있다. 정보화 시대에 쉽게 얻을 수 있는 수많은 데이터를 적절히 가공하는 것은 물론 정보의 표현과 처리에도 지능형 시스템을 적용하

고 있으며 금융, 제조, 스포츠, 서비스 분야 등의 비정보기술 부문에까지 널리 이용되고 있다.

패턴인식은 공학적 접근법을 이용하여 인공지능의 실제 구현 문제인 감지된 대상을 인식하는 문제를 주로 다룬다. 패턴인식을 여러 방식으로 정의할 수 있겠지만 ‘계산이 가능한 기계적인 장치(컴퓨터)가 어떠한 대상을 인식하는 문제를 다루는 인공지능의 한 분야’라고 정의한다.

다음은 해외 패턴인식 분야의 대가들이 패턴인식에 대하여 정의한 내용이다. 여기에 소개하는 문헌은 패턴인식 분야에서 아주 유명하다.

“The assignment of a physical object or event to one of several prespecified categories(물리적 객체 혹은 사건에 이미 정해진 몇 가지 카테고리 중의 하나로 할당하는 것)”

▶ Duda, Hart, Stork의 “Pattern Classification”

“A problem of estimating density function in a highdimensional space and dividing the space into the regions of categories or classes(다차원 공간 내에서 밀도함수를 추정하고 공간을 카테고리 혹은 클래스 영역으로 나누는 문제)”

▶ Keinosuke Fukunaga “Introduction to Statistical Pattern Recognition(Computer Science and Scientific Computing Series)”

“Given some examples of complex signals and the correct decisions for them, make decisions automatically for a stream of future examples(복잡한 신호의 몇 가지 표본과 이들에 대한 정확한 결정이 주어질 때, 연이어 주어지는 미래 표본들에 대하여 자동적으로 결정을 내리게 하는 것)”

▶ B. Ripley, Pattern Recognition and Neural Networks, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.

“The science that concerns the description or classification(recognition) of measurements(척도의 설명 혹은 분류(인식)와 관련된 과학)”

▶ R. Schalkoff, “Pattern Recognition, Statistical, Structural, and Neural Approaches” John Wiley & Sons, Inc., 1992.

“The process of giving names ω to observations x (관측값 x 에 이름 ω 를 부여하는 과정)”

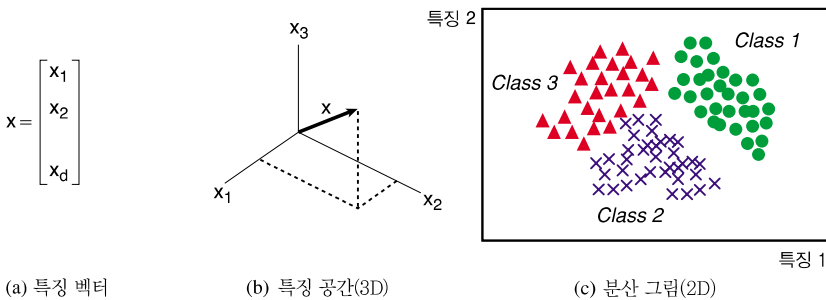
▶ J. Schuermann, Pattern classification, a unified view of statistical and neural approaches, John Wiley & Sons, New York, 1996.

“Pattern Recognition is concerned with answering the question “What is this?” (패턴인식은 다음 질문에 답하는 것이다. “이것이 무엇인가?”)”

▶ Samuel F. B. Morse

1.3 특징과 패턴

패턴(pattern)이란 무엇일까? 패턴을 정의하기 전에 우선 특징에 대해 살펴보자. 특징(feature)이란 패턴인식의 대상이 되는 객체를 분별할 수 있는 양상(aspect), 성질(quality) 혹은 특성(characteristic)이라고 정의할 수 있다. 특징은 색깔과 같은 상지 기호가 될 수도 있고, 높이, 넓이, 무게와 같은 수치적인 값이 될 수도 있다. 특징이 하나 이상의 수치값을 가질 경우에는 특징 벡터(feature vector)라고 하는 d차원의 열벡터로 표현한다. 그리고 이러한 특징 벡터를 정의하는 d차원의 공간을 특징 공간(feature space)이라고 한다. 그러므로 인식 대상이 되는 객체들을 특징 공간상에서 특징 벡터가 형성하는 점들로 표현한다. 특히 특징 공간상에 점으로 표현한 특징들의 그림을 분산 그림(scatter plot)이라고 한다. 물론 3차원 특징 공간까지만 시각적으로 표현할 수 있다. 특징 공간이 4차원 이상이라면 그림으로 나타낼 수는 없지만, 엄연히 특징 벡터 공간상의 한 점으로 존재한다.

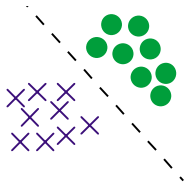


[그림 1-6] 특징 벡터, 특징 공간, 분산 그림

그렇다면 패턴이란 무엇일까? 패턴이란 개별 객체의 특색(trait) 혹은 특징(feature)을 의미하며, 특징을 모아놓은 집합으로 정의할 수 있다. 즉 특징과 패턴의 개념은 유사하지만 특징이 모여서 패턴을 이룬다고 볼 수 있다. 패턴인식에서 패턴은 관측된 특징 벡터 \mathbf{x} 와 이 특징 벡터가 속한 클래스 ω 로 이루어진 변수 쌍 $\{\mathbf{x}, \omega\}$ 으로 표현된다. 여기서 클래스(class)는 카테고리(category), 그룹(group), 라벨(label)이라고도 하는데, 같은 소스에서 발생한 공통된 속성 혹은 특징 집합을 공유하는 패턴 집합을 의미한다.

패턴인식에서 패턴을 이루는 특징 벡터를 어떤 것으로 선택할 것인지의 문제는 아주 중요한 사항이다. 어떠한 패턴을 이루는 개별 특징을 선택하는 일은 패턴인식 알고리즘의 결정과 더불어 인식률에 결정적인 영향을 미친다. 그러므로 특징에는 서로 다른 클래스 표본들을 분별할 수 있는 성질을 되도록 많이 포함해야 한다. 즉 같은 클래스 내의 표본은 동일하거나 유사한 특징

값을 가져야 하며, 다른 클래스에서 취한 표본은 다른 클래스와 서로 다른 특징값을 가져야 할 것이다. [그림 1-7]은 좋은 특징과 나쁜 특징의 예를 극단적으로 보여주고 있다.



(a) 좋은 특징

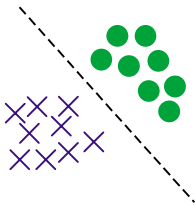


(b) 나쁜 특징 [그림 1-7] 좋은 특징과 나쁜 특징의 예

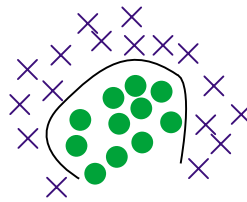
패턴을 이루는 특징 벡터는 특징 공간상에서 분포된 유형에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 선형 분리 가능한 유형
- 비선형 분리 가능한 유형
- 높은 상관성을 가진 유형
- 멀티 모달 유형

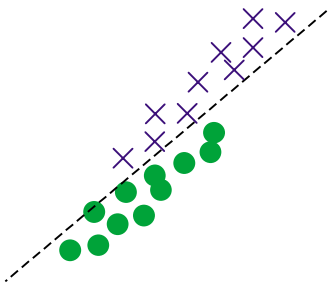
[그림 1-8]은 패턴의 유형에 따른 분산 그림이다. 선형 분리 가능한 유형으로 특징 패턴들이 분포될 때 당연히 각 클래스를 분류하기가 쉬울 것이다.



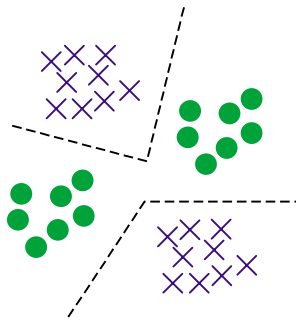
(a) 선형 분리 가능한 패턴



(b) 비선형 분리 가능한 패턴



(c) 높은 상관성을 가진 패턴



(d) 멀티 모달 특성을 가진 패턴

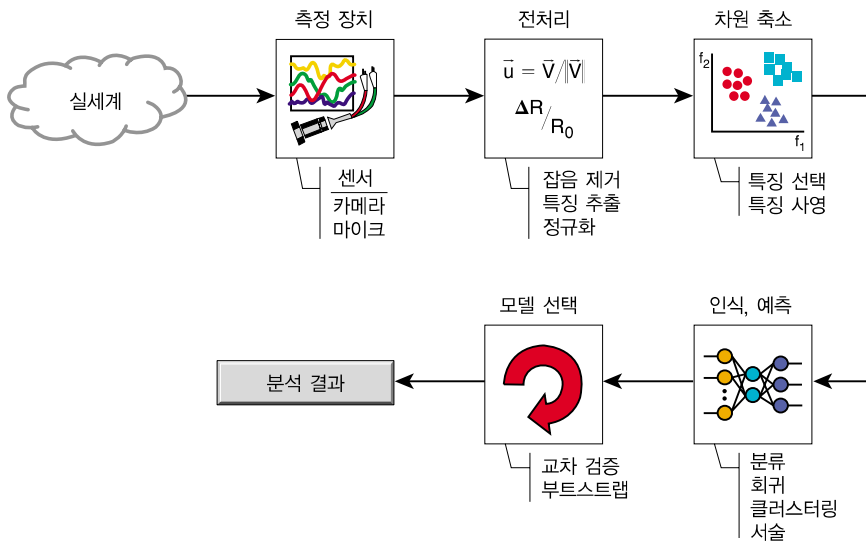
[그림 1-8] 패턴의 유형

또한 패턴을 시변성(시간에 따라 변하는)에 따라 분류하면, 정적 패턴과 동적 패턴으로 나눌 수 있다. 정적 패턴은 시간에 따른 패턴의 변화가 없는 패턴으로, 보통 카메라로 획득된 영상인 지문, 홍채, 정맥, 필기체 문자 등 패턴인식의 대상이 되는 대부분이 여기에 속한다. 그러나 많은 분야에서 시간에 따라 변하는 패턴(시계열 패턴)을 관측할 수 있다. 가장 대표적인 동적 패턴이 바로 음성 신호다. 음성은 시간에 따라 그 특징 패턴이 변한다. 음성 말고도 생체 공학에서의 EEG(뇌전도), ECG(심전도) 신호, 로봇 공학에서의 모바일 로봇 내비게이션 분야 그리고 생체 정보 공학(bioinformatics)에서의 DNA 서열 할당과 같은 문제에서도 동적 패턴을 볼 수 있다.

1.4 패턴인식 시스템의 구성 요소와 설계 사이클

이제부터는 패턴인식 시스템이 어떠한 요소로 구성되어 있는지 그리고 설계 순서는 어떠한 과정을 거쳐서 이루어지는지 알아보자. 우리가 편리하게 사용하는 공학적인 기술 중 많은 것이 자연계에서 아이디어를 얻어와서 이를 모델로 하여 응용하고 있다. 패턴인식 과정은 앞에서 이야기한 것과 같이 인간이 어떠한 대상을 인식하는 과정과 유사하게 이루어진다.

패턴인식 시스템의 구성 요소에 따른 처리 과정을 그림으로 간단히 나타내면 [그림 1-9]와 같다.



[그림 1-9] 패턴인식 시스템의 구성 요소와 처리 과정

패턴인식 시스템은 다음과 같은 설계 단계를 따른다.

■ 단계 1: 데이터 수집 단계

패턴인식 과정에서 가장 많은 시간을 소요하는 지루한 과정이다. 그러나 안정된 패턴인식 성능을 얻으려면 꼭 필요한 단계이다. 이 단계에서는 안정된 성능을 위해 얼마나 많은 표본 데이터가 필요한지 고려하여 데이터를 수집해야 한다.

■ 단계 2: 특징 선택 단계

앞에서 이야기한 것처럼 패턴인식 시스템의 성능에 결정적인 영향을 미치는 단계다. 대상 패턴에 대한 충분한 사전 분석을 통하여 어떠한 특징을 선택할 것인지를 이 단계에서 결정하여야 한다.

■ 단계 3: 모델 선택 단계

패턴인식을 위한 여러 접근법 중에서 어느 모델을 어떠한 알고리즘을 이용하여 어떻게 구성할 것인가를 결정하는 단계다. 특징 선택과 마찬가지로 사전에 특징에 관한 선행적인 지식이 필요하며, 각 접근법에 따라 모델에 필요한 각종 파라미터를 설정해야 한다.

■ 단계 4: 학습 단계

수집된 데이터에서 추출한 특징 집합을 활용하여 선택한 모델이 있을 때 학습을 통해 비어 있는 블랭크(blank) 모델을 완전한 모델로 만드는 단계다. 학습은 그 방법에 따라서 크게 교차 학습, 비교사 학습 그리고 강화 학습으로 나뉜다.

■ 단계 5: 인식 단계

패턴인식의 마지막 단계로, 임의의 특징이 주어지면, 이 특징이 속한 클래스 혹은 카테고리 결정하는 단계다.

1.5 패턴인식의 유형과 분류기

01 문제의 유형

패턴인식에서 해결해야 하는 문제의 유형은 다음과 같이 네 가지로 요약할 수 있다.

■ 분류

분류(classification)는 어떠한 대상 객체를 특정 클래스에 할당하는 것을 말한다. 패턴인식의 대부분이 이와 같은 분류의 문제다. 또한 분류의 문제를 다루는 패턴인식 시스템은 모호한 퍼지(fuzzy)적인 결과가 아니라 정수 라벨의 명확한 결과를 출력해야 한다. 예를 들어 품질 검사 분류는 제품의 합격 또는 불합격과 같은 명확한 결정을 내려야 하는 분류의 대표적인 예다.

■ 회귀

회귀(regression)란 분류를 일반화한 것을 말한다. 여기서 일반화(generalization)라는 말은 학습 데이터에서 모형화된 모델로, 시험 데이터에서도 그 모델에서 유효한 결과를 얻을 수 있을 때 붙일 수 있는 말이다. 우리는 회귀를 통하여 패턴인식 시스템의 출력으로 정수 라벨로 추정된 결과를 얻을 수 있다. 즉 회귀를 이용하면 예측이 가능하게 되는데, 예를 들어 어떤 회사의 주식에 대한 배당 가치를 예측하는 문제는 과거의 실적과 주가에 근거하여 추정하는 회귀 문제에 해당한다. 회귀라는 용어의 기원은 뒤에서 상세히 설명하도록 하겠다.

■ 군집화

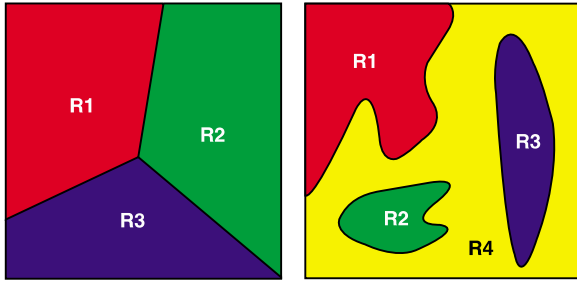
군집화(clustering)는 대개 원문 그대로 ‘클러스터링’이라고 말하는데, 어떤 집합을 의미 있는 복수 개의 그룹으로 조직하는 문제를 말한다. 군집화 시스템의 출력은 객체들이 속한 클래스가 된다. 군집화는 생명체를 종으로 분류하는 경우처럼 때로는 계층적으로 처리될 수도 있다.

■ 서술

서술(description)은 대상 객체를 일련의 원형(prototype) 혹은 기본형(primitive)으로 표현하는 문제를 말한다. 패턴인식 시스템은 객체에 대한 구조적 혹은 언어적인 서술을 행할 수도 있다. 예를 들어 ECG(심전도) 생체 신호를 P, Q, R, S 그리고 T로 이름을 붙이는 경우가 이에 해당한다.

02 분류기

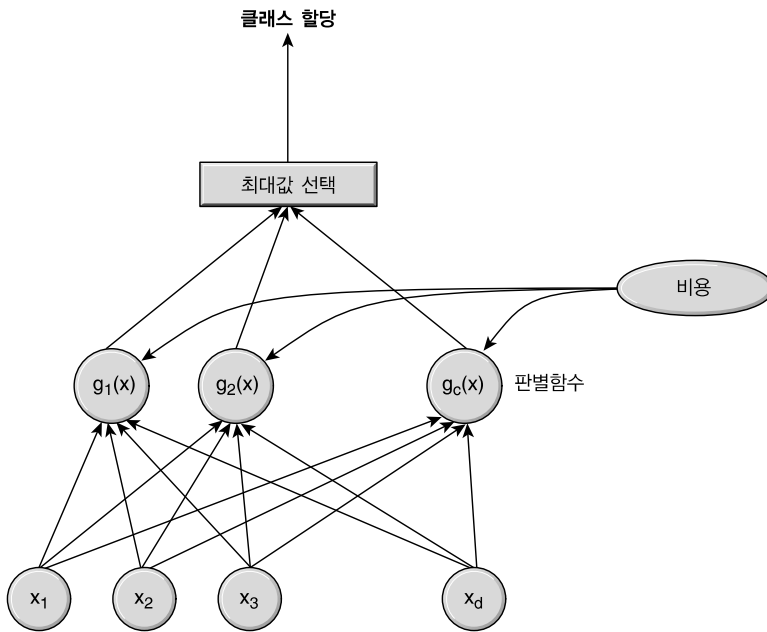
패턴인식의 대부분을 이루는 분류 작업은 분류기(classifier)에 의하여 이루어진다. 분류 작업이란 특징 벡터들로 이루어진 특징 공간을 이름이 있는 클래스들 간의 결정 영역으로 분할(partition)하는 것을 말한다. 이때 결정 영역의 경계들을 결정 경계(decision boundary)라고 한다. 결국 특징 벡터 \mathbf{x} 의 분류는 어느 결정 영역에 이 특징 벡터가 속해있는지를 결정하고, \mathbf{x} 를 이 클래스 중의 하나로 할당하는 것이다.



[그림 1-10] 결정 경계

분류기는 [그림 1-11]과 같이 판별함수(discriminant functions)의 집합으로 표현할 수 있다.

만약 $\forall j \neq i, g_i(\mathbf{x}) > g_j(\mathbf{x})$ 라면 특징 벡터 \mathbf{x} 가 클래스 ω_i 에 속한다고 결정



[그림 1-11] 판별함수에 의한 분류

1.6 패턴인식 알고리즘의 성능 평가

일반적으로 패턴인식 알고리즘의 성능을 평가하는 간단한 척도로 혼동행렬(confusion matrix)과 ROC 곡선을 이용한다.

■ 혼동행렬

| | Actual Positive | Actual Negative |
|--------------------|-----------------|-----------------|
| Predicted Positive | TP | FP |
| Predicted Negative | FN | TN |

여기서 TP(참 긍정)는 실제로 참인데 참으로 예측한 횟수, FP(거짓 긍정)는 실제로 거짓인데 참으로 예측한 횟수, FN(거짓 부정)은 실제로 거짓인데 거짓으로 예측한 횟수, TN(참 부정)은 실제로 참인데 거짓으로 예측한 횟수다. 이 혼동행렬에서는 다음과 같이 평가 척도를 정의하여 이용한다.

$$\text{취소율(recall rate)} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{정밀도(precision)} = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$\text{참 긍정률(TPR, True Positive Rate)} = \frac{TP}{TP + FN}$$

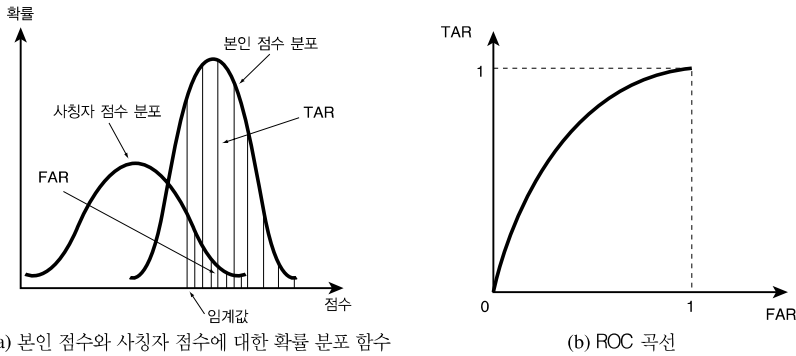
$$\text{거짓 긍정률(FPR, False Positive Rate)} = \frac{FP}{FP + TN}$$

■ ROC 곡선

패턴인식 알고리즘의 성능을 평가하는 좀 더 진보한 기법은 ROC 곡선(Receiver Operating Characteristic curve)에 의한 평가법이다.

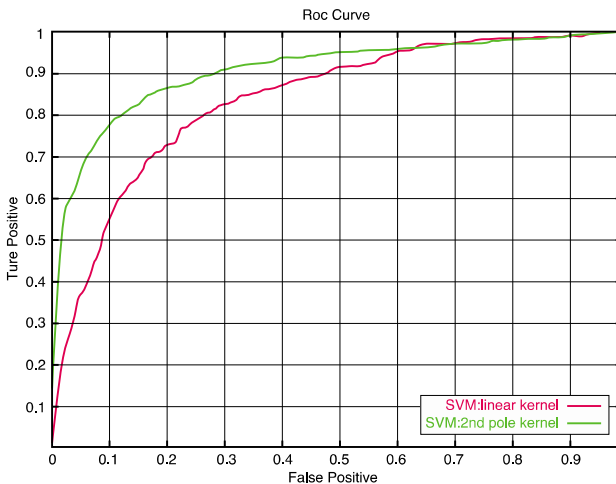
ROC 곡선을 만드는 방법을 얼굴 인식을 예로 들어 소개한다. 만약 어떤 얼굴 인식 알고리즘을 고안하고, 그 알고리즘을 적용하여 준비된 얼굴 DB상에서 인식실험을 하였다면, 인식실험에서 유사도 점수(similarity score)를 얻을 수 있다. 유사도 점수는 본인(genuine) 점수와 사칭자(impostor) 점수 두 가지로 나눌 수 있다. 본인 점수는 동일한 대상에 대한 두 개의 다른 얼굴 영상을 비교하여 얻은 점수이고, 사칭자(impostor) 점수는 서로 다른 대상에 대한 얼굴을 매칭하여 얻은 점수를 말한다. 가장 높은 유사도 점수에서부터 특정 임계값까지 본인 점수와 사칭자

점수의 누적 확률값을 각각 TAR(True(genuine) Accept Rate)과 FAR (False(impostor) Accept Rate)이라고 정의한다([그림 1-12]).



[그림 1-12] ROC 곡선

연속적인 유사도 점수에 대하여 이들 모든 성분을 [그림 1-12-(a)]와 같이 도식화할 수 있다. 유사도 점수 범위 내에서 세 가지 변수 TAR, FAR 그리고 임계값 가운데 어느 하나의 변수는 다른 두 개의 변수를 결정하게 된다. ROC 곡선은 가장 높은 유사도 점수에서 가장 낮은 유사도 점수까지 임계값을 움직이면서 FAR과 TAR을 축으로 하는 좌표계에서 각 값을 찍고 그 점들을 연결한 곡선이다. 즉 ROC 곡선은 [그림 1-12-(b)]와 같이 도식화된다. AUROC(the Area Under an ROC curve)는 ROC 곡선 아래 영역의 면적을 나타낸다. ROC 곡선이 좌상의 꼭지점에 가까울수록 인식 알고리즘이 우수하며, AUROC의 크기로 그 성능을 평가할 수 있다.



[그림 1-13] 전형적인 ROC 곡선²

1.7 패턴인식 접근법과 관련 응용 분야

01 패턴인식 접근법

■ 템플릿 정합법

템플릿 정합(template matching)법은 패턴인식에서 가장 오래되고 가장 쉬운 접근법이다. 비교 대상 패턴에 대한 템플릿(형틀)을 미리 마련해두고, 인식하고자 하는 패턴을 템플릿 구성 조건에 맞추는 정규화 과정을 거쳐서 상호상관 혹은 거리와 같은 유사도를 척도로 하여 패턴을 인식하는 방법이다. 동일한 카테고리에 속한 다양한 데이터에서 그 카테고리를 가장 잘 설명하는 일반화된 템플릿을 마련하는 과정이 가장 중요하며, 이 과정을 학습이라고 한다. 알고리즘이 간단하여 계산 속도가 빠르지만, 대상 패턴의 특징 변화에 민감하다.

■ 통계적 접근법

통계적(statistical) 접근법은 각 클래스에 속하는 패턴 집합의 통계적 분포에서 생성되는 결정 경계를 기반으로 미지의 패턴이 속한 클래스를 결정하는 방법이다. 패턴들의 통계적 모델은 해당 클래스에서의 확률밀도함수 $P(\mathbf{x} | \mathbf{c}_i)$ 가 되며, 유명한 베이즈의 결정 규칙을 이용한다. 통계적인 모수로 이루어진 각 클래스에 대한 확률밀도함수를 생성하는 과정을 학습이라고 한다.

■ 신경망 접근법

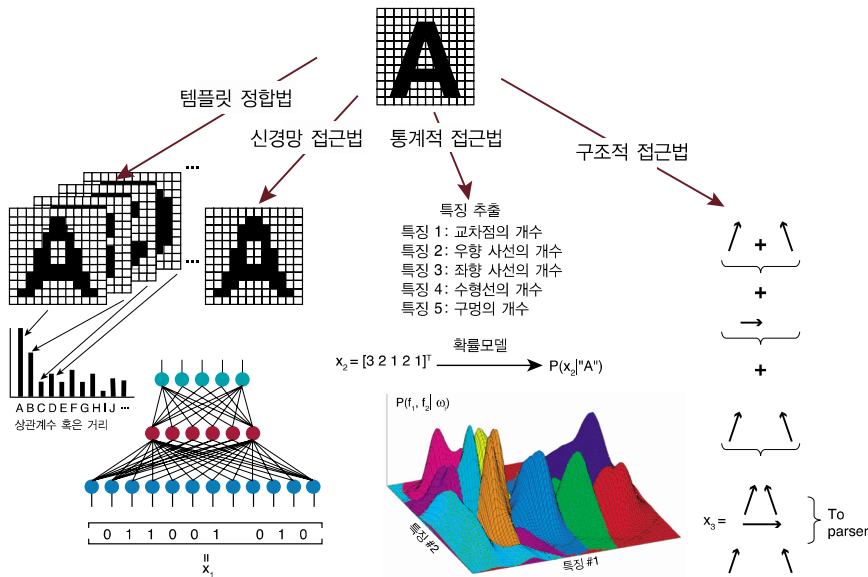
신경망(neural networks) 접근법은 생물학적 신경세포의 연결 결합 관계를 모델링하여 입력 자극에 대한 처리 단위인 뉴런(neuron)으로 구성된 망(network)의 응답 과정으로 패턴을 분류한다. 이때 패턴의 정보(knowledge)는 시냅스의 연결 강도 가중치들로 저장된다. 신경망 접근법은 학습이 가능하고, 알고리즘적이지 않으며, 블랙박스라 같이 취급한다. 또한 사전 지식을 최소화하고, 뉴런의 층이 충분하면 이론적으로 어떠한 복잡한 결정 영역도 만들 수 있는 매우 매력적인 접근법이다.

■ 구조적 접근법

다양한 패턴들 사이에 형성되는 구조와 문법적인 제약이 있는 언어의 구문 간에는 많은 유사성이 있다. 구문적(syntactic) 패턴인식 접근법은 패턴 사이에 형성되는 구조(structure)를 이용한다. 패턴의 양적 특징들에 따른 분석을 하지 않고 패턴을 구성하는 기본 원형들 사이의 관계성에 관심을 두는 접근법으로, 패턴의 정보(knowledge)는 형식 문법 혹은 그래프상의 관계로 표현된다. 구문적 패턴인식 연구 대상이 되는 대표적인 패턴은 문자, 지문, 염색체와 같은 것이 있다. 오직 기호의 나열에 불과한 패턴을 분류하는 작업에 형식 문법과 언어의 개념을 도입

하여 패턴을 분류할 수 있는 구문 분류기를 설계해 보자. 구문 분류기는 미지의 새로운 패턴에 대해 소위 파싱(parsing)이라고 하는 과정을 통하여 일련의 기호를 분석하고, 이러한 일련의 기호들이 그 클래스에 속하는지 그렇지 않은지를 판단하게 된다. 패턴들로 이루어진 특정 클래스에서 그 클래스에 해당하는 언어 문법을 설계하여 해당 패턴을 서술할 경우에도 이 분류기가 이용된다. 구조적 접근법은 유사한 부분 패턴들을 바탕으로 구축된 복잡한 패턴들의 계층적 서술을 수식화하는 접근 방법이다.

[그림 1-14]는 OCR 패턴 문자 A에 대하여 위의 4가지 패턴인식 접근법을 아주 잘 설명하고 있다.



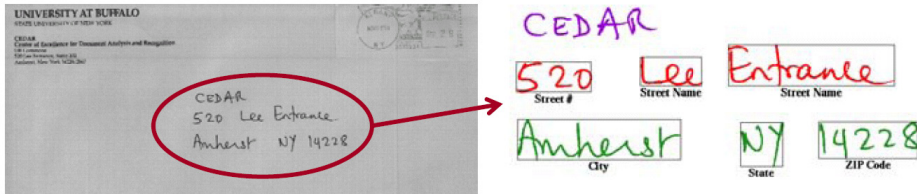
[그림 1-14] 패턴인식의 접근법

02 패턴인식 응용 분야

패턴인식 기술은 알게 모르게 우리의 실생활에 광범위하게 활용되고 있다. 축적된 매출 기록에서 구매 패턴을 파악하여 판매 전략을 수립하고, 웹사이트를 분류하는 것과 같이 데이터를 기반으로 정보를 추출하는 업무에도 패턴인식 기술이 이용되며, DNA 유전자의 염기 배열을 분석하는 분야에도 적용된다. 대표적인 응용 분야로는 문자 인식(OCR, Optical Character Recognition), 생체 인식과 인간 행동 패턴 분석, 의료영상 분석(medical diagnosis) 및 진단 시스템, 도면 인식(line drawing recognition), 예측 시스템, 보안과 군사 분야 등이 있다.

■ 문자 인식 분야

자동 우편물 분류기, 스캐너로 받아들인 텍스트 이미지를 컴퓨터에서 편집 가능한 코드화된 문자로 변환하는 장치, 필기체 문자 인식, 수표 및 지폐 인식, 차량 번호판 인식 등에 활용된다.



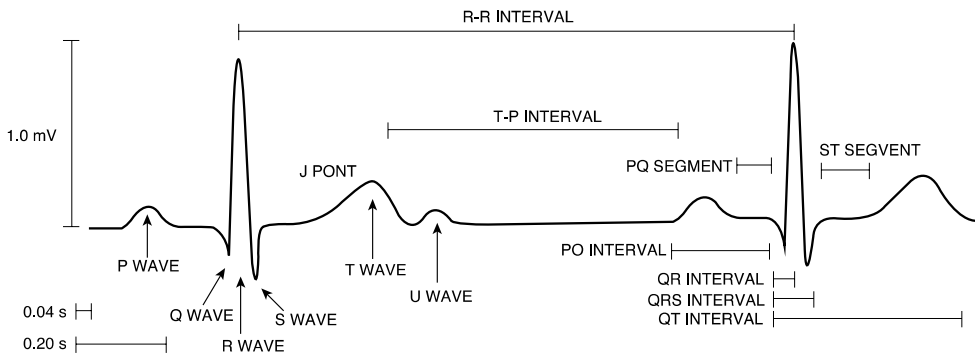
[그림 1-15] 자동 우편물 분류기

■ 생체 인식과 인간 행동 패턴 분석 분야

음성 인식, 지문 인식, 홍채 인식, 얼굴 인식, DNA 매핑, 보행 패턴 분석 및 분류, 발화 습관 분석 및 분류 등에 활용된다.

■ 진단 시스템 분야

자동차 오동작 진단, 의료 진단, EEG(뇌전도), ECG(심전도) 신호 분석 및 분류 시스템, X-ray 판독 시스템에 활용된다. 예를 들어 X-ray 판독의 10~30%가 오판독의 가능성이 있는데 적절한 영상 분석 처리를 통하면 이들 중 2/3는 방지할 수 있다.



[그림 1-16] ECG 신호

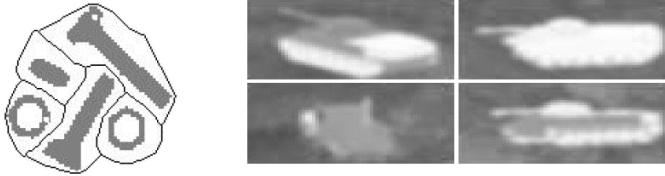
■ 예측 시스템 분야

인공위성 데이터에 기반을 둔 날씨 예측, 지진 패턴 분석과 예측 시스템, 주가 예측 시스템 등

에 활용된다.

■ 보안과 군사 분야

네트워크 트래픽(traffic) 패턴 분석을 통해 컴퓨터 공격 확인, 물품 자동 검색 시스템, 인공위성 영상 분석을 통한 테러리스트 캠프 혹은 지형 목표물 추적 공격, 레이더 신호 분류, 항공기 피아(彼我)식별 시스템 등에 활용된다.



[그림 1-17] 물품 검색과 목표물 추적

[표 1-1] 패턴인식의 관련 분야와 응용 분야

| 관련 분야 | 응용 분야 |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 적응 신호 처리 • 기계 학습 • 인공 신경망 • 로보틱스/비전 • 인지 과학 • 수리 통계학 • 비선형 최적화 • 데이터 분석 • 퍼지/유전 시스템 • 검지/추정 이론 • 형식 언어 • 구조적 모델링 • 생체 사이버네틱스 • 계산 신경과학 | <ul style="list-style-type: none"> • 영상처리/분할 • 컴퓨터 비전 • 음성 인식 • 자동 목표물 인식 • 광학 문자 인식 • 지진 분석 • 인간 기계 대화 • 생체인식(지문, 정맥, 홍채 등) • 산업용 검사 • 금융 예측 • 의료 진단 • ECG 신호 분석 |

1.8 패턴인식의 응용 예

01 간단한 영문자 인식 시스템

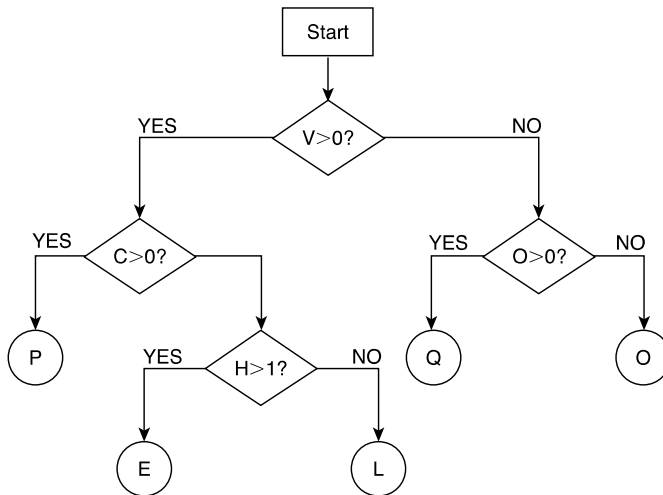
영문자 L, P, O, E, Q를 인식하는 인식 시스템을 예로 들어, 특징의 의미와 비교적 단순한

구조의 트라-구조 분류기를 살펴보자. 먼저 특징을 무엇으로 할 것인지를 결정해야 한다. L, P, O, E, Q 문자의 구조를 분석하여 보니, 다음과 같은 특징 척도를 설정하면 각 문자를 분류할 수 있다.

- 특징 1: 수직선의 개수(V)
- 특징 2: 수평선의 개수(H)
- 특징 3: 기울어진 수직선(O)
- 특징 4: 커브의 개수(C)

| 문자 | 특징 | | | |
|----|----|---|---|---|
| | V | H | O | C |
| L | 1 | 1 | 0 | 0 |
| P | 1 | 0 | 0 | 1 |
| O | 0 | 0 | 0 | 1 |
| E | 1 | 3 | 0 | 0 |
| Q | 0 | 0 | 1 | 1 |

그리고 인식은 다음과 같은 간단한 트라-구조의 분류기를 사용한다.



[그림 1-18] 트라구조의 단순한 분류기

02 자동 어류 분류 시스템

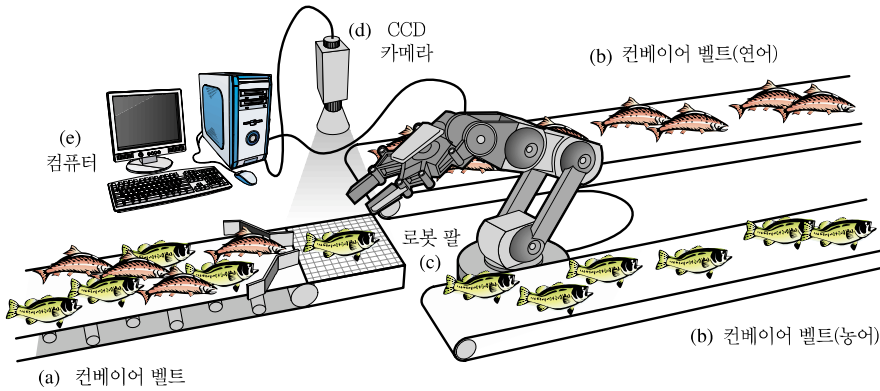
어류를 자동으로 분류하는 공장에서 어류의 종류를 자동으로 분류하는 시스템을 구축하는 예를 생각해 보자.

자동 분류 시스템은 다음과 같이 구성될 것이다.

- A: 어류를 실어 나르는 컨베이어 벨트
- B: 분류된 어류를 나르는 컨베이어 벨트 두 개
- C: 어류를 집을 수 있는 기능을 갖춘 로봇 팔

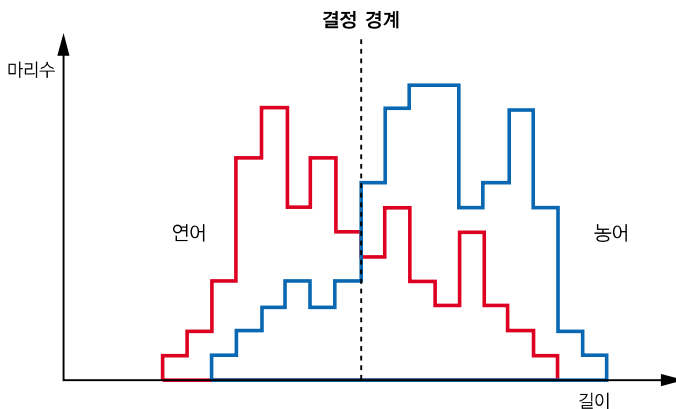
D: CCD 카메라가 장착된 비전 시스템

E: 영상을 분석하고 로봇 팔을 제어하는 컴퓨터



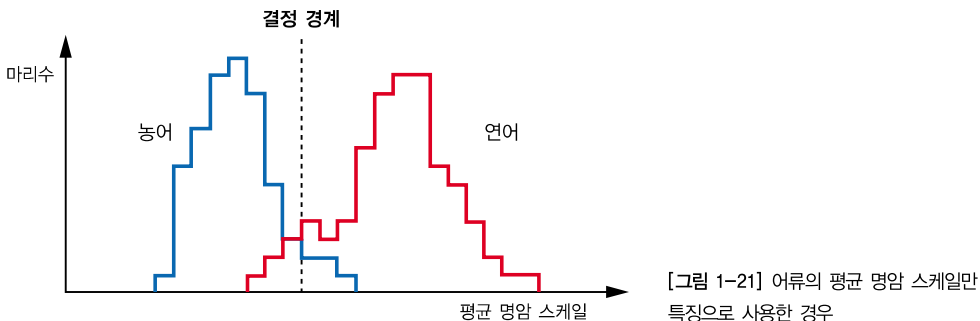
[그림 1-19] 자동 어류 분류 시스템의 구성

일단 어류는 연어(salmon) 혹은 농어(sea bass)만이라고 가정한다. 분류 영역에 들어오는 새로운 어류에 대한 영상을 비전 시스템으로 획득하고, 영상 처리 알고리즘을 통하여 영상의 명암값을 정규화하고 영상으로 배경과 어류를 분리하는 분할(segmentation) 전처리 과정을 거친다. 그리고 평균적으로 농어가 연어보다 더 크다는 사전 지식을 바탕으로 영상으로 어류의 길이를 측정하는 특징 추출이 끝나면, 두 어류의 표본 집합을 통해 길이의 분포를 계산하고 분류 오류를 최소로 하는 결정 경계의 임계값을 [그림 1-20]과 같이 결정한다. 이렇게 어류 분류 시스템을 구성한 결과, 분류율이 60%밖에 되지 않는 실망스러운 결과를 얻었다.

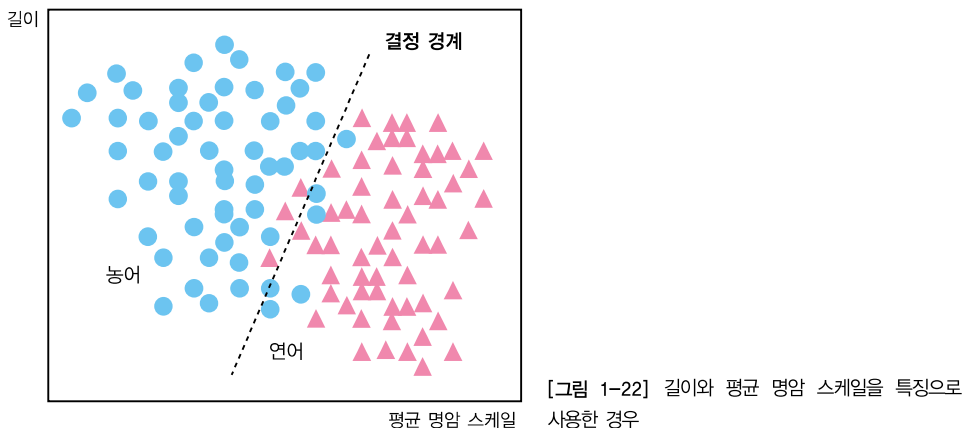


[그림 1-20] 어류의 길이만 특징으로 사용한 경우

안정적인 패턴인식 시스템을 만들려면 인식률이 95% 이상은 되어야 한다. 그래서 좀더 안정된 인식률을 얻기 위해 어류의 특징들을 다시 관찰해보니 폭, 면적, 입에 따른 눈의 위치와 같은 특징이 관측되었다. 그러나 이는 분류 정보로 활용하기에는 부족한 특징이었다. 좀 더 관찰해보니 어류의 평균 명암 스케일이 좋은 특징이 된다는 것을 찾아내었다(그림 1-21).



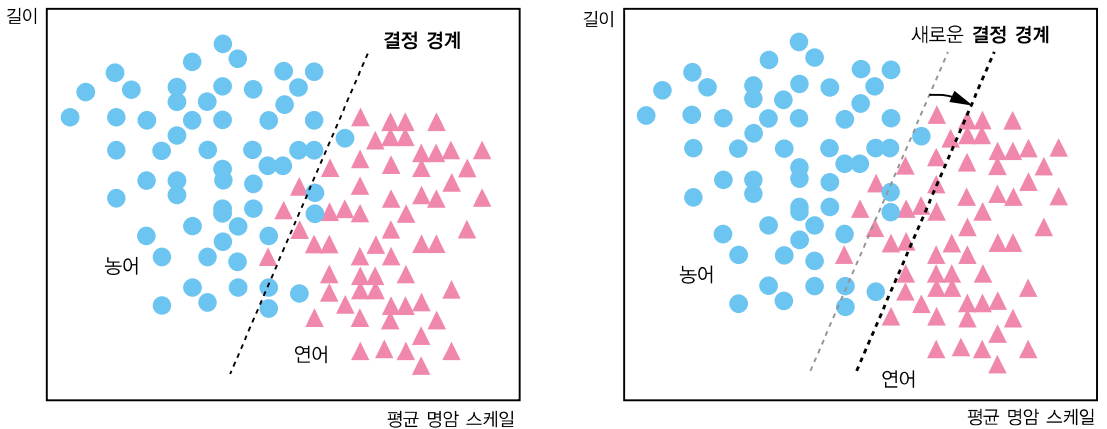
이제 인식률을 좀 더 올리기 위해서 길이와 평균 명암 스케일을 조합하여 [그림 1-22]와 같이 2차원 특징 벡터를 만들었다. 간단한 선형 판별함수를 이용하여 분류한 결과, 비로소 95.7%의 인식률을 얻었다.



비용 vs. 분류율

우리가 만든 선형 분류기는 전체 오인식률을 최소화하도록 설계되었다. 그러나 과연 이 분류기가 자동 어류 분류 시스템을 구현할 수 있는 가장 객관적이고 이상적인 판별함수일까? 연어를 농어로 잘못 분류할 비용(cost)은 최종 고객이 우연히 농어를 구입할 때 맞나는 연어 한 마리

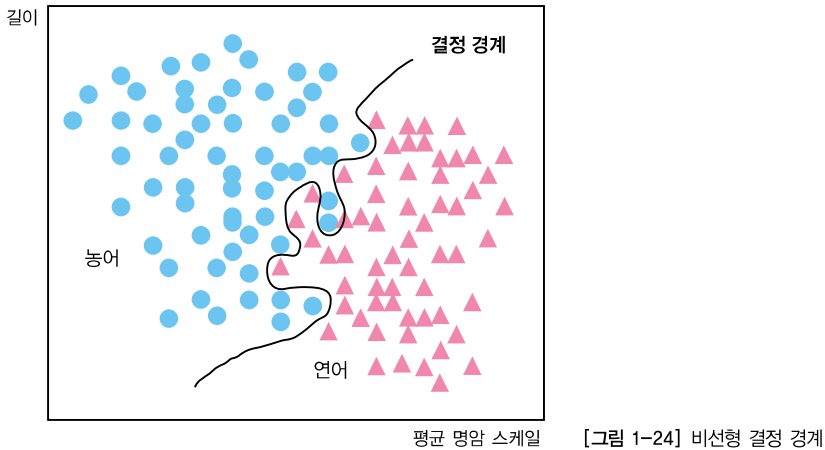
를 발견하고 좋아하는 경우도, 농어를 연어로 잘못 분류할 때의 비용은 소비자가 연어의 가격으로 농어를 구입했다는 것을 발견하고 질겁하는 경우이다. 따라서 우리는 이 비용함수를 최소화하기 위해서 [그림 1-23]과 같이 결정 경계를 조정해야 한다.



[그림 1-23] 비용 개념의 적용

일반화의 문제

우리가 만든 선형 분류기의 인식률은 95.7%로, 설계 사양은 충족한다. 그러나 신경망 알고리즘을 이용하면 지금보다 분류 시스템의 성능을 개선할 수 있다. 알고리즘을 좀더 개선하여 적용하니, [그림 1-24]와 같은 결정 경계로 99.9975%의 환상적인 인식률을 얻을 수 있었다.



[그림 1-24] 비선형 결정 경계

이제 우리가 만든 자동 어류 분류 시스템의 각 요소들을 결합하고, 어류 분류 플랫폼에 적용하

였다. 그런데 며칠 후 플랜트 관리자는 어류의 25%가 잘못 분류되고 있다고 알려왔다. 도대체 무엇이 잘못된 것일까? 이것은 일반화의 문제를 고려하지 않았기 때문에 생긴 결과다.

☞ 참고문헌

1. A.M. Turing(1950), Computing Machinery and Intelligence, Mind 49: 433-460.
2. John R. Searle, "Minds, Brains, and Programs," The Behavioral and Brain Sciences, vol. 3. Cambridge University Press. 1980.
3. Jess Davis, Mark Goadrich "The Relationship Between Prediction-Recall and ROC Curves"