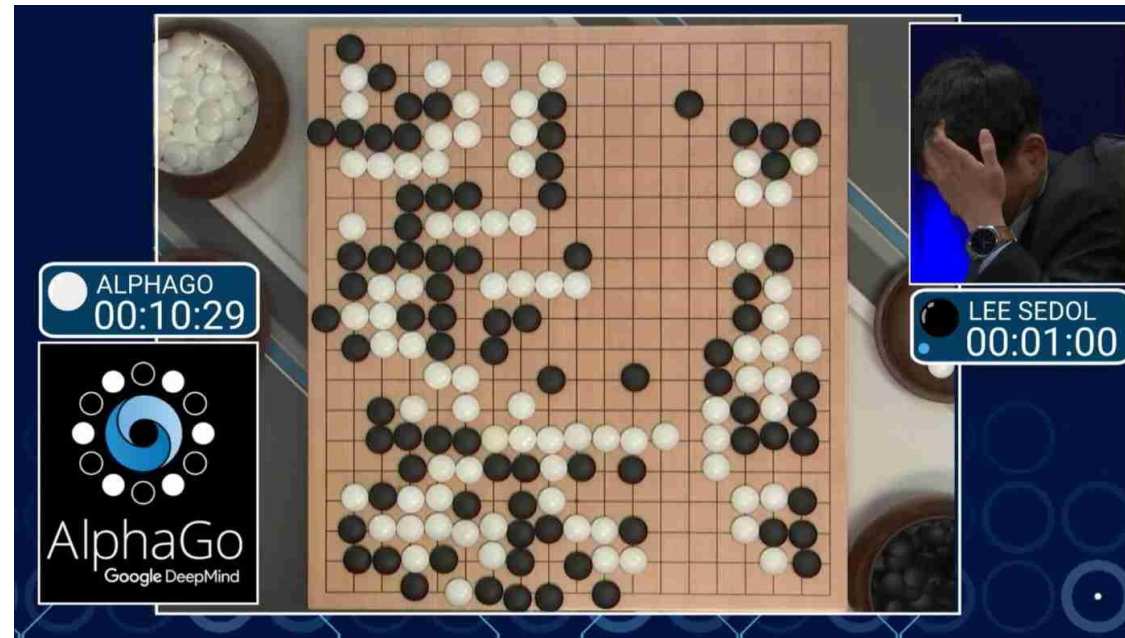


인공지능 가치의 공정한 분배



강남훈

인공지능과 공정한 분배

- Lloyd Shapely: Nobel Prize in economics in 2012
- Cooperative game theory, 장갑시장게임
- 가정: AI game
 - 경기자 1과 2가 데이터 제공, 경기자 3 (플랫폼) 알고리즘 적용
 - 1 data + 1 algorithm => 1 달러 값어치의 인공지능
 - 데이터 1개는 중복(redundant)
- 연합: {1}, {2}, {3}, {1,2}, {1,3}, {2,3}, {1,2,3}
- Worth of a coalition(v): 연합 내의 구성원들이 확실하게 만들 수 있는 가치
 - $v(1) = v(2) = v(3) = v(1,2) = 0$
 - $v(2,3) = v(1,3) = v(1,2,3) = 1$

코어 Core

- 보수 $x = (x_1, x_2, x_3)$. $x(N) = x_1 + x_2 + x_3$.
- 파레토 효율 $x(N) = x(1,2,3) = x_1 + x_2 + x_3 = v(N)$
- 개인 합리성 $x_1 \geq v(1)$ $x_2 \geq v(2)$ $x_3 \geq v(3)$
- 연합 합리성
 - $x(1,2) \geq v(1,2)$ $x(1,3) \geq v(1,3)$ $x(2,3) \geq v(2,3)$
- Core = 개인합리성, 연합합리성, 전체합리성(파레토 효율)
 - $x_1 \geq 0$ $x_2 \geq 0$ $x_3 \geq 0$
 - $x_1 + x_2 \geq 0$ $x_1 + x_3 \geq 1$ $x_2 + x_3 \geq 1$ $x_1 + x_2 + x_3 = 1$
- 유일한 core $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 1$.
 - 경기자 3 이 승자독식

시장 균형

- Shapley 시장균형은 코어 안에 있다.
- $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 1$ 은 가능한 유일한 시장균형
- 시장은 협력이면서 경쟁
- 시장균형에서 왜 승자독식인가?
 - 협상 과정 때문
 - 경기자 1과 경기자 3 합의 ($1/2, 0, 1/2$)
 - 경기자 2가 새로 제안 ($0, 1/3, 2/3$)
 - 경기자 1이 다시 제안 ($1/4, 0, 3/4$)
 - 이 과정이 반복... 경기자 3이 다 가지게 된다.
- 기회비용의 원리 ... 자신의 몫은 배제된 자가 요구하는 몫
- 시장균형은 효율적, 안정적, 조작 불필요, 그러나 불공정

The Shapley value

- 모든 가능한 순서 : $(1,2,3), (1,3,2), (2,1,3), \dots$
- 모든 순서에서 각 경기자의 기여분의 평균

Order	m_1	m_2	m_3
1,2,3	0	0	1
1,3,2	0	0	1
2,1,3	0	0	1
2,3,1	0	0	1
3,1,2	1	0	0
3,2,1	0	1	0
Sum	1	1	4
The Shapley value	$1/6$	$1/6$	$4/6$

The Shapley value and basic income

- 샐플리 가치
 - 대연합의 가치를 공정하게 분배하는 방법
- 시장균형 (0, 0, 1) vs Shapley value (1/6, 1/6, 4/6)
- 어떤 게임에서는 샐플리 가치는 시장균형에 의해서 달성될 수 없다.
- 샐플리 가치에 따른 분배를 하는 방법
 - 플랫폼 기업의 소득에 50% 과세, 기본소득으로 분배
$$\frac{1}{2} \div 3 = \frac{1}{6}$$
 - 플랫폼 기업의 주식을 50% 공유, 배당을 기본소득으로 분배

공정한 분배

- 새플리 가치는 공정하다
- “각 사람의 기여의 공정한 계산”(Shapley, 1969)
- 특징
 - (1) 아무런 기여를 하지 않는 사람은 못 갖는다
 - (2) 동일하게 기여하는 사람은 동일하게 갖는다
 - (3) 많이 기여하는 사람은 많이 갖는다
- 한계주의의 민주화

모든 가능한 순서

■ 기회 균등

- 현재 실업인 상태일지라도 분배에서 배제되지 않는다.
- 경기자의 잠재적 기여를 고려
- 존재 자체로 공동체에 기여

■ John Rawls 정의론

- 무지의 장막 뒤에서 우리는 연합을 형성하는 순서를 모른다
- 누구의 데이터가 사용될지 모른다
- 무지의 장막 뒤에서 공정한 분배는 가능한 순서를 모두 고려하는 것

■ 토지 공동부

- 시장
 - 먼저 와서 토지를 차지한 사람이 모든 열매를 다 갖는다
 - 부모를 잘 만나는 것도 실력이다.
- 새플리 가치 ... 토지를 차지할 수 있는 모든 순서를 고려하자

경기자가 4명일 때

Order	m_1	m_2	m_3	m_4	Order	m_1	m_2	m_3	m_4
1,2,3,4	0	0	0	1	3,1,2,4	0	0	0	1
1,2,4,3	0	0	0	1	3,1,4,2	0	0	0	1
1,3,2,4	0	0	0	1	3,2,1,4	0	0	0	1
1,3,4,2	0	0	0	1	3,2,4,1	0	0	0	1
1,4,2,3	0	1	0	0	3,4,1,2	1	0	0	0
1,4,3,2	0	0	1	0	3,4,2,1	0	1	0	0
2,1,3,4	0	0	0	1	4,1,2,3	0	1	0	0
2,1,4,3	0	0	0	1	4,1,3,2	0	0	1	0
2,3,1,4	0	0	0	1	4,2,1,3	1	0	0	0
2,3,4,1	0	0	0	1	4,2,3,1	0	0	1	0
2,4,1,3	1	0	0	0	4,3,1,2	1	0	0	0
2,4,3,1	0	0	1	0	4,3,2,1	0	1	0	0
Sum						4	4	4	12
The Shapley value						1/6	1/6	1/6	1/2

데이터 제공자가 무한대로 증가할 때

■ 가정

- N명의 데이터 제공자, (n+1)번째는 플랫폼 기업
- 데이터의 50%만 필요

■ 시장균형에서는 플랫폼 기업이 가치의 전부를 차지함

■ 샐플리 가치

- 플랫폼 기업의 Shapley value $\frac{n+2}{2(n+1)} \Rightarrow 1/2$
- 데이터 제공자의 샐플리 가치의 합은 $1/2$ 로 수렴
- 데이터 제공자의 개인의 샐플리 가치 $\frac{1}{2(n+1)}$
- 기본소득의 합계 $1/2$

The Shapley value

- 샐플리 가치는 가능한 모든 순서에서 각 경기자의 기여의 평균
- 기회균등 조건 하에서 공정하고 효율적인 분배를 추구
- 현재 배제된 경기자의 잠재적 기여를 인정
- 기본소득은 샐플리 가치에 따른 분배에 도달하기 위한 수단
- Convex game
 - 눈덩이 효과
 - 각 경기자가 사람 수가 더 많은 연합에서 더 많이 기여하는 게임
 - 볼록 게임에서는 샐플리 가치가 코어 안에 있다.
- 기본소득은 시장경제를 볼록게임으로 바꾸는 수단
 - 모든 사람이 공동부의 공동소유자라는 것을 인정하면 시장경제는 볼록게임이 된다.