Teoria perspektywy

Michał Krawczyk

Wydział Nauk Ekonomicznych UW

O czym będzie mowa

- **Maksymalizacja oczekiwanych wypłat (EV)**
- **Teoria oczekiwanej użyteczności (EUT): Maksymalizacja oczekiwanej użyteczności wynikowych poziomów bogactwa**
- ***Rank-dependent utility* (RDU): maksymalizacja ważonej użyteczności bogactwa**
- **Teoria perspektywy (CPT): Maksymalizacja ważonej użyteczności zmian poziomu bogactwa względem punktu odniesienia**

Stany świata, zdarzenia

- Stany świata *s* (w rachunku prawd.: zdarzenia elementarne): np. wygrana Clinton, Trumpa, Stein, Johnsona…
- Zdarzenia E: podzbiory zbioru stanów świata (np. wygrana kobiety, wygrana Trumpa)

Loterie

- **Loteria: funkcja przypisująca każdemu stanowi świata liczbę rzeczywistą („ilość pieniędzy”)**
- **Np. paddypower.com oferował zakład 2/11 na Clinton. Stawiamy 110$, co oznacza loterię:**

(Clinton: 20, Trump:-110, S:-110, J:-110…)

- **Podobnie 110$ na Trumpa (*odds* 9/2) daje**

(Trump: 495, nieTrump:-110)

- **Loterie będziemy zapisywać jako x, y, z.**
- **Loterie można dodawać: $x+y$ przypisuje $x(s)+y(s)$ każdemu s**

Preferencje (na loteriach)

Oznaczenia:

- **$x \succcurlyeq y$: x niegorsze od y**
- **$x \succ y$: x lepsze od y ($x \succcurlyeq y$ i nieprawda, że $y \succcurlyeq x$)**
- **$x \sim y$: x równie dobre co y ($x \succcurlyeq y$ i $y \succcurlyeq x$)**

Założenia (tzw. słaby porządek):

- **Spójność: dla wszystkich x,y zachodzi $x \succcurlyeq y$ lub $y \succcurlyeq x$ (być może oba)**
- **Przechodniość: dla wszystkich x,y,z jeśli $x \succcurlyeq y$ *oraz* $y \succcurlyeq z$ *to* $x \succcurlyeq z$**

Dodatkowo: monotoniczność: jeśli $x(s) \geq y(s)$ dla wszystkich stanów świata s, to $x \succcurlyeq y$ (i $x \succ y$ jeśli choć jedna nierówność jest ostra)

Funkcja reprezentująca

- **<u>Def:</u> f. V reprezentuje preferencję $\succcurlyeq$ jeśli**

  $x \succcurlyeq y$ wtedy i tylko wtedy gdy $V(x) \geq V(y)$
- **<u>Def.</u>: pewny ekwiwalent, CE(x) to kwota taka, że CE(x)~x.**
- **Pewny ekwiwalent reprezentuje preferencję (Dowód korzysta z przechodniości i monotoniczności).**
- **(czy 2CE+5 też jest funkcją reprezentującą?)**

Maksymalizacja wartości oczekiwanej (EV)

- <u>Def.</u> Jeśli istnieją takie prawd. zdarzeń w partycji (poprawne, tj. nieujemne i sumujące się do 1) $p_1,\ldots p_n$, że EV(x) definiowane jako $p_1x_1+\ldots+p_nx_n$, jest równe CE(x), to powiemy, że decydent maksymalizuje wartość oczekiwaną
- (czyli EV jest funkcją reprezentującą preferencje)
- <u>Uwaga</u>: to wciąż może być idiotyczne. Np. przypisywanie p=1 temu, że wypadnie 6 na uczciwej kości.

Jak można uzasadniać EV?

- Def: Addytywność: $x \succcurlyeq y \Rightarrow x+z \succcurlyeq y+z$ dla dow. x,y,z
- Def: *Dutch Book* (arbitraż) zachodzi gdy suma loterii uważanych za niegorsze jest dla każdego stanu świata gorsza niż suma loterii uważanych za nielepsze, np.

(A: 50; B: 40) $\succcurlyeq$ (A: 100; B: 0)

(A: 40; B: 50) $\succcurlyeq$ (A: 0; B: 100) ale

(A: 90; B: 90) to mniej niż (A:100; B: 100)

Czy można zrobić *Dutch book* przeciw paddypower.com?

(zakładamy, że tylko Clinton i Trump mają szanse)

0~(C: -20; T: 110) [110$ na Clinton]

0~(C: 110; T: -495) [110$ na Trumpa]

to nie działa

0~(C: -100; T: 550) [550$ na Clinton]

<u>0~(C: 110; T:-495)</u> [110$ na Trumpa]

0 zawsze więcej niż zero!

Czy można zrobić *Dutch book* przeciw paddypower.com?

Drogie, paddypower, postawcie u mnie 550$ na Clinton i 110$ na Trumpa. Zawsze będę do przodu.

[niestety nie wolno założyć się na ujemną kwotę…]

Inaczej mówiąc, implikowane prawdopodobieństwa, przy których zakład byłby fair, to p(C)=11(2+11), p(T)=2(9+2). Ich suma u każdego booka będzie większa od 1, co oznacza, że gdy postawimy (stosowną kwotę) na E i nie-E, *na pewno* stracimy pieniądze.

EV a addytywności i *Dutch Book*

<u>Tw.</u> (De Finetti). *Założmy słaby porządek, monotoniczność i istnienie CE. Wówczas równoważne są*

I. Addytywność

II. Brak *Dutch Book* (arbitrażu)

III. Maksymalizacja EV

<u>Uwaga</u>: Koncepcja arbitrażu odgrywa kluczową rolę w finansach. By nie było możliwości arbitrażu, aktywa muszą być wyceniane według EV. Np. ceny aktywów (100 gdy A) i (100 gdy nie-A) muszą sumować się do 100. Zob. też *put-call parity*.

Zastosowanie w eksperymentach: *proper scoring rules*

- **Jak skłonić badanego do podania prawdziwego, subiektywnego prawdopodobieństwa danego zdarzenia?**
- **Mówimy mu tak: podaj nam to prawdopodobieństwo, *r***
- **Jeżeli zdarzenie zajdzie, otrzymasz $1-(1-r)^2$**
- **Jeśli nie, otrzymasz $1-r^2$**
  (czyli jeśli zajdzie co wg Twojej oceny było mało prawdopodobne, zostaniesz ukarany)

Quadratic scoring rule is proper

- **Oznaczmy prawdziwe subiektywne pr. zdarzenia przez *p*. Badany podając pewne *r* uzyska średnio:**

$$E(\pi)=p[1-(1-r)^2] + (1-p)\,[1-r^2]$$

- **Jakie *r* maksymalizuje tę oczekiwaną wypłatę? Pierwsza pochodna:**

$$\frac{\partial E(\pi)}{\partial r}=2p(1-r)-2(1-p)r$$

- **Druga pochodna ujemna, przyrównujemy do zera:**

$$2p(1-r)=2(1-p)r \text{ więc } p=r$$

- ***Strictly proper scoring rule*: podanie prawdziwej wartości lepsze niż cokolwiek innego**
- **Udowodnij, że ln(*r*), ln(1-*r*) też tak działa**

Teoria oczekiwanej użyteczności

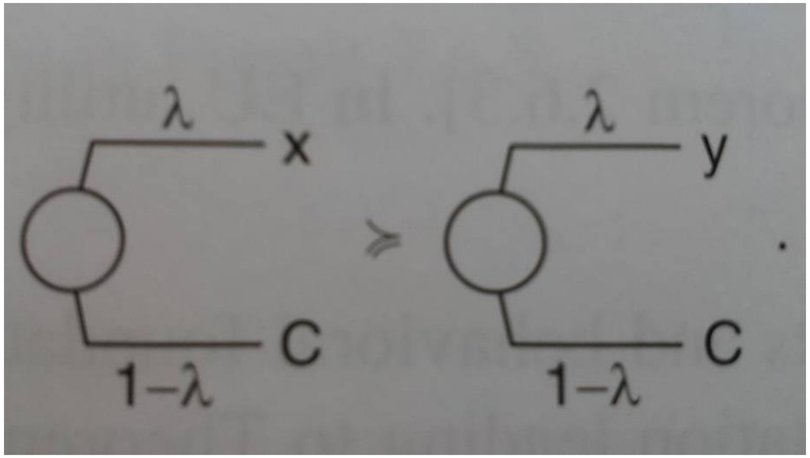
- **Intuicja: niekoniecznie każdy kolejny dolar cieszy nas tak samo**
- **EUT: istnieje pewna f. U:R→R, taka, że decydent maksymalizuje**

$$\mathrm{EU}(x)=p_1\mathrm{U}(x_1)+\ldots.+p_n\mathrm{U}(x_n)$$

- **Widać, że szczególny przypadek U(α)= α dla wszystkich α daje EV.**

Aksjomatyzacja EUT

- <u>Def</u>. Aksjomat niezależności. Podstawienie czegoś lepszego poprawia loterię: z $x \succcurlyeq y$ wynika



- <u>Tw.</u> (vN-Morg.) Niezależność, ciągłość (mniej więcej to samo co istnienie CE), przechodniość i spójność łącznie implikują EUT.

Mierzenie subiektywnych prawdopodobieństw w EUT

- Chcemy wiedzieć jak ktoś ocenia *p*(E)
- Najprostszy sposób jest taki: Co wolisz? (jeden z wyborów wcielimy w życie – *Becker DeGroot Marschak mechanism*)

Wypłata zależna od E	Wypłata z określonym prawdopodobieństwem	
100$ jeśli *E*	100$ z pr. 1%	
…	…	
100$ jeśli E	100$ z pr. 37%	Jeśli tu akurat indyf, to *p*(E)=0,37
…	**…**	
100$ jeśli E	**100$ z pr. 99%**	

Paradoks petersburski

- **Ile zapłacił(a)byś za grę, w której z pr. 1/2 dostajesz 2 zł, z pr. 1/4 dostajesz 4 zł., z pr 1/8 dostajesz 8 zł. itd.**
- **EV=∞, ale dla większości osób CE jest niskie (kilka-kilkanaście złotych)**
- **Zgodne z EUT jeśli np. U(α)=ln(α) (wtedy CE wychodzi 4)**

Stosunek do ryzyka

<u>Def.:</u> Decydent

wykazuje awersję do ryzyka **gdy dla każdej loterii x: EV(x) $\succ$ x (ekwiwalentnie: EV(x)>CE(x))**

jest neutralny wg ryzyka **gdy dla każdej loterii**

x: EV(x)~x (EV(x)=CE(x))

wykazuje skłonność do ryzyka**, gdy dla każdej loterii x, x $\succ$ EV(x) (CE (x)>EV(x))**

Wg EUT (ale nie gdy jest pogwałcona!) kształt U określa stosunek do ryzyka

- Wklęsła f. U → awersja do ryzyka
- Liniowa f. U → neutralność wg ryzyka (EV)
- Wypukła f. U → skłonność do ryzyka

F. U może być lokalnie wklęsła, gdzie indziej wypukła. Więc to, że ktoś czasem szuka ryzyka, czasem unika, nie falsyfikuje od razu EUT.

Popularne parametryzacje U

- *Constant Absolute Risk Aversion* (stałe U''/U') z (ρ –parametr funkcji, α – poziom bogactwa)

$$\mathrm{U}(\alpha) = -e^{-\rho\alpha}$$

- *Constant Relative RA* (stałe αU''/U')

$$U(\alpha) = \frac{\alpha^{1-\gamma}}{1-\gamma} \text{ dla } \gamma \neq 1$$

$$U(\alpha) = ln(\alpha) \text{ dla } \gamma = 1$$

Mierzenie RRA: Holt & Laury (2002)

Option A	Option B	Expected payoff difference
1/10 of \$2.00, 9/10 of \$1.60	1/10 of \$3.85, 9/10 of \$0.10	\$1.17
2/10 of \$2.00, 8/10 of \$1.60	2/10 of \$3.85, 8/10 of \$0.10	\$0.83
3/10 of \$2.00, 7/10 of \$1.60	3/10 of \$3.85, 7/10 of \$0.10	\$0.50
4/10 of \$2.00, 6/10 of \$1.60	4/10 of \$3.85, 6/10 of \$0.10	\$0.16
5/10 of \$2.00, 5/10 of \$1.60	5/10 of \$3.85, 5/10 of \$0.10	−\$0.18
6/10 of \$2.00, 4/10 of \$1.60	6/10 of \$3.85, 4/10 of \$0.10	−\$0.51
7/10 of \$2.00, 3/10 of \$1.60	7/10 of \$3.85, 3/10 of \$0.10	−\$0.85
8/10 of \$2.00, 2/10 of \$1.60	8/10 of \$3.85, 2/10 of \$0.10	−\$1.18
9/10 of \$2.00, 1/10 of \$1.60	9/10 of \$3.85, 1/10 of \$0.10	−\$1.52
10/10 of \$2.00, 0/10 of \$1.60	10/10 of \$3.85, 0/10 of \$0.10	−\$1.85

W każdym wierszu wybierz A [safe] lub B [risky]

Number of safe choices	Range of relative risk aversion for $U(x) = x^{1-r}/(1-r)$	Risk preference classification	Proportion of choices: Low real[a]	20x hypothetical	20x real
0–1	$r < -0.95$	highly risk loving	0.01	0.03	0.01
2	$-0.95 < r < -0.49$	very risk loving	0.01	0.04	0.01
3	$-0.49 < r < -0.15$	risk loving	0.06	0.08	0.04
4	$-0.15 < r < 0.15$	risk neutral	0.26	0.29	0.13
5	$0.15 < r < 0.41$	slightly risk averse	0.26	0.16	0.19
6	$0.41 < r < 0.68$	risk averse	0.23	0.25	0.23
7	$0.68 < r < 0.97$	very risk averse	0.13	0.09	0.22
8	$0.97 < r < 1.37$	highly risk averse	0.03	0.03	0.11
9–10	$1.37 < r$	stay in bed	0.01	0.03	0.06

Liniowość EUT

- EU jest liniowa względem prawdopodobieństwa, nie jest liniowa względem wyniku
- Czyli każdy dodatkowy % na większą wypłatę cieszy nas tak samo
- Zastosowanie w ekonomii eksperymentalnej: nie-neutralność wzg. ryzyka utrudnia wnioskowanie. Możemy indukować neutralność przez nagradzanie szansami na większą wypłatę (np. 50 zł. raczej niż 10 zł.), nie bezpośrednio gotówką (*binary lottery incentives*)
- Ale nie działa ☹ (Selten et al., T&D 1998)

Paradoks Allais

Co wolisz:

A:(0,8:4000) czy B:(1:3000)?

Paradoks Allais

Co wolisz:

C:(0,2:4000) czy D:(0,25:3000)?

Paradoks Allais

A:(0,8: 4000) czy B:(1: 3000)?

C:(0,2: 4000) czy D:(0,25: 3000)?

- EU(C)=1/4 EU(A)
- EU(D)=1/4 EU(B)
- Zatem B $\succ$ A & C $\succ$ D (jak wybiera bardzo wiele osób) stanowi pogwałcenie EUT
- Intuicyjnie, różnica między 0,8 a pewnością jest więcej niż 4 razy ważniejsza niż między 0,2 a 0,25

Nieliniowosć wg prawdopodobieństwa

- Efekt możliwości: 1% szans na coś relatywnie dobrego wydaje się o niebo lepsze niż 0% szans
- Efekt pewności: podobnie 100% na coś relatywnie dobrego jest o niebo lepsze niż 99% szans
- (a 56% vs. 57% szans jest właściwie nieodróżnialne)
- Dlatego loterie i ubezpieczenia są względnie atrakcyjne

Intuicja dla nieliniowego przekształcania (ważenia) prawdopodobieństw

- Czy stosunek do ryzyka nie powinien odnosić się jakoś do prawdopodobieństw?
- Dlaczego akurat krańcowa użyteczność pieniądza miałaby opisywać stosunek do ryzyka?
- A co z zachowaniem w warunkach ryzyka gdy nagrody są nie-finansowe?

Przykład: rosyjska ruletka

- Możesz kupić usunięcie jednej kuli
- Czy zapłaciłbyś tyle samo za zmniejszenie liczby kul z 5 do 4, co z 1 do 0?

Rosyjska ruletka

- **Większość ludzi twierdzi, że zapłaciłoby więcej za usunięcie ostatniej kuli**
- **Teoria oczekiwanej użyteczności (z dodatkowym założeniem, że mniej dbamy o spadkobierców niż o siebie) przewiduje, że powinno być odwrotnie: jeśli kul jest dużo, to są duże szanse, że i tak nie nacieszymy się swoimi pieniędzmi.**

Przekształcanie prawdopodobieństw zamiast wyników

FIGURE 5.1.1. Five SG observations

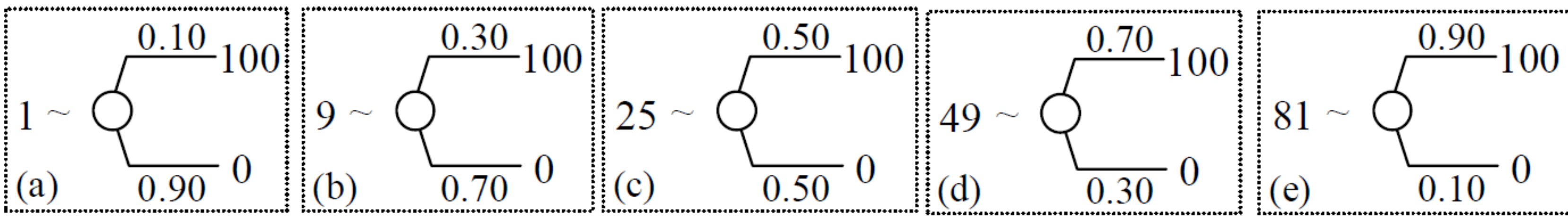
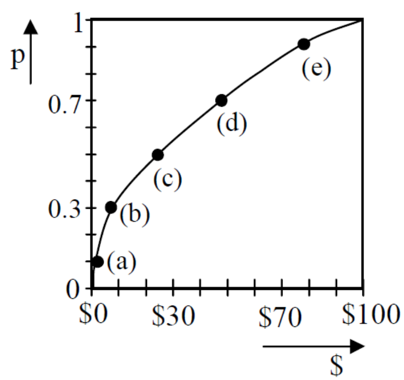


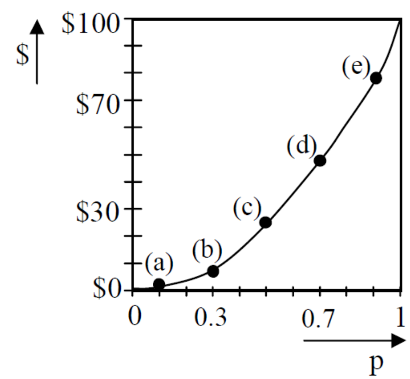
FIGURE 5.1.2. Two pictures to summarize the data of Figure 5.1.1

FIG. a. A display of the data



Under expected utility, the curve can be interpreted as the utility function, normalized at the extreme amounts.

FIG. b. An alternative way to display the same data



Under Eq. 5.1.2, the curve can be interpreted as the probability weighting function w, to be normalized at the extreme amounts (w=0 at $0 and w=1 at $100).

Jak przekształcać prawdopodobieństwa?

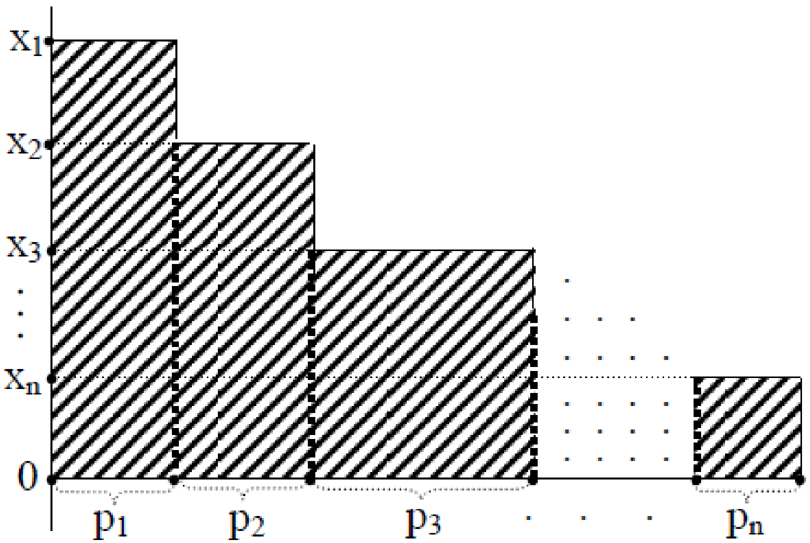
- **EUT: EU(x)=p_1U(x_1)+…. +p_nU(x_n)**
- **Naturalny pomysł: nEU(x)=w(p_1)U(x_1)+…. +w(p_n)U(x_n), gdzie *w* jest pewną niemalejącą funkcją [0,1]→[0,1], w(0)=0, w(1)=1, ale istnieje takie *p*, że w(p)≠p**

Problem z takim „klasycznym” przekształcaniem prawdopodobieństw

- Jeśli w nie jest tożsamością, to znajdziemy takie p, q, że $p + q \leq 1$, $\mathrm{w}(p+q) \neq \mathrm{w}(p) + \mathrm{w}(q)$. Przyjmijmy, że „>”
- Rozważmy wybór:
  A:$(p{:}\,100;\, q{:}\,100+\varepsilon)$ vs B:$(p+q{:}\,100)$
- A jest obiektywnie lepsze (dominuje stochastycznie), jednak dla odpowiednio małego ε wybrane zostanie B

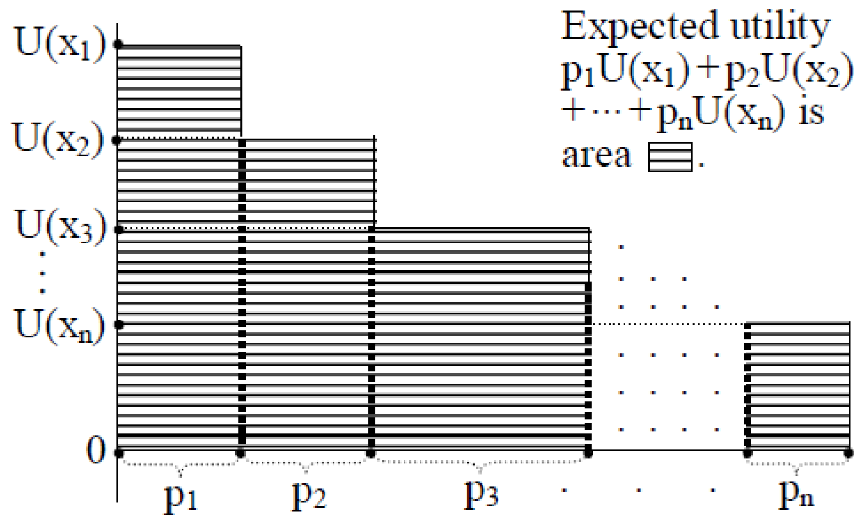
Przekształcanie wyników

FIGURE 5.2.1. Expected value



The area shaded by ▨ is the expected value $p_1x_1 + p_2x_2 + \cdots + p_nx_n$.

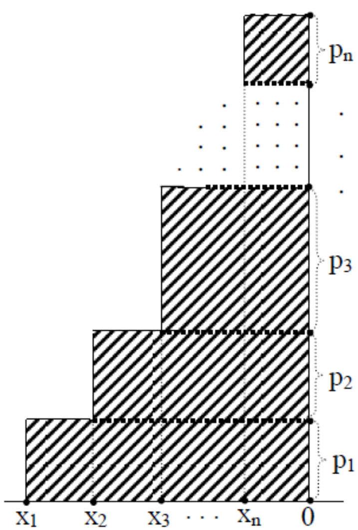
FIGURE 5.2.3. Expected utility



To calculate expected utility, the distance from x_j (“all the way”) down to the x-axis has been transformed into the distance $U(x_j)$, for all j.

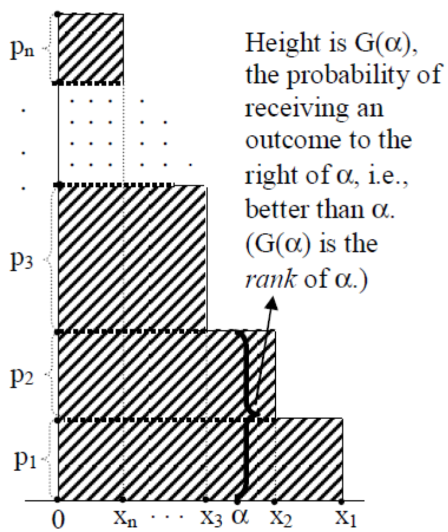
Przekształcanie prawdopodobieństw

FIGURE 5.2.2a. Expected value after rotating left



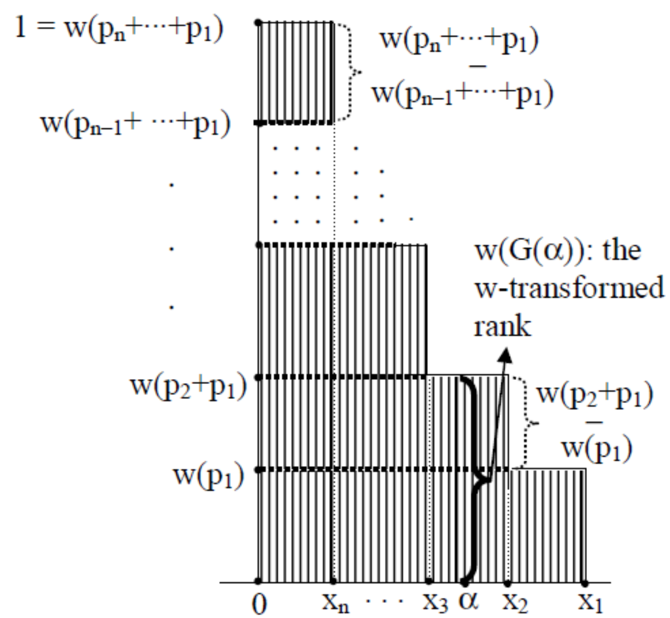
The area shaded by ▨ is the expected value.

FIGURE 5.2.2b. Expected value after (rotating left and) flipping horizontally



The area shaded by ▨ is the expected value.

FIGURE 5.5.1. Rank-dependent utility with linear utility



The area shaded by ▥ is the value of the prospect. Distances of endpoints of layers ("all the way") down to the x-axis are transformed, similar to Figure 5.2.3. The endpoint of the last layer now remains at a distance of 1 from the x-axis, reflecting normalization of the bounded probability scale.

Rank-dependent utility

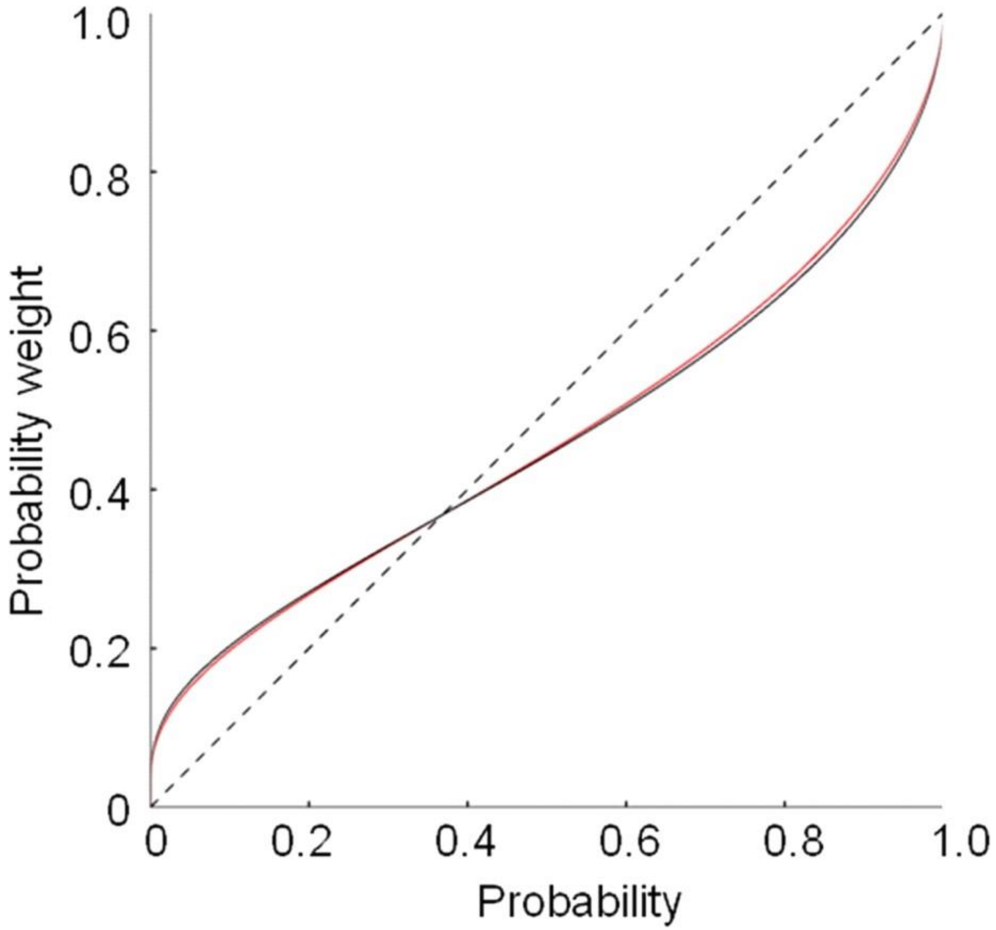
$x_1 > x_2 > \ldots > x_n$

Waga wydarzenia to różnica przekształconych rang:

$$RDU(x) = \sum_{j=1}^{n} \pi_j \mathrm{U}(x_j) =$$

$$= \sum_{j=1}^{n} \{\mathrm{w}(p_j + \cdots + p_1) - \mathrm{w}(p_{j-1} + \cdots + p_1)\}\mathrm{U}(x_j)$$

Typowa funkcja ważąca prawdopodobieństwa: *inverse-S*



Odwrócone „S” nie jest uniwersalne

- Duże zróżnicowanie pomiędzy badanymi
- Niektóre wczesne badania miały niewiele obserwacji
- W wielu badaniach najbardziej rozpowszechniony jest inny wzorzec (zwykle wypukła PWF)

Jak określić przebieg PWF i funkcję wartości/użyteczności?

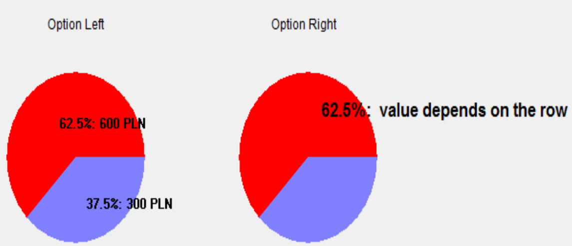
- **PWF i u łącznie określają stosunek do ryzyka**
- **Np. jeśli (0,05:1000)≻50, to skąd wiadomo czy to u(1000) czy w(0,05) jest wysokie?**
- ***Price List technique & the midweight method* (van de Kuilen and Wakker, 2011).**
- **Najpierw szukamy takich $x_0 < x_1 < x_2$, że**

$$u(x_2) - u(x_1) = u(x_1) - u(x_0)$$

This is Round 0

	Option Left	Option Right	Your Decision		
Row 1	600 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 62.5% 300 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 37.5%	600 PLN for shopping in Stokrotka with prob.62.5%, 200 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 37.5%	Left	I	Right
Row 2	600 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 62.5%, 300 PLN for shopping in Stokrotka with prob.37.5%	700 PLN for shopping in Stokrotka with prob.62.5%, 200 PLN for shopping in Stokrotka with prob.37.5%	Left	I	Right
Row 3	600PLN for shopping in Stokrotka with prob.62.5%, 300 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 37.5%	800PLN for shopping in Stokrotka with prob. 62.5%, 200 PLN for shopping in Stokrotka with prob.37.5%	Left	I	Right
Row 4	600PLN for shopping in Stokrotka with prob. 62.5%, 300 PLN for shopping in Stokrotka with prob.37.5%	900PLN for shopping in Stokrotka with prob. 62.5%, 200 PLN PLN for shopping in Stokrotka with prob.37.5%	Left	I	Right
Row 5	600 PLN for shopping in Stokrotka with prob.62.5%, 300PLN for shopping in Stokrotka with prob.37.5%	1000 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 62.5%, 200 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 37.5%	Left	I	Right
Row 6	600 PLN for shopping in Stokrotka with prob. . 62.5%, 300 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 37.5%	1100 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 62.5%, 200PLN for shopping in Stokrotka with prob. 37.5%	Left	I	Right
Row 7	600 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 62.5%, 300 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 37.5%	1200 PLN for shopping in Stokrotka with prob.62.5%, 200 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 37.5%	Left	I	Right

Start over Done



Show me the roulette wheel for row#

Show

Option Left	Option Right
100 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 25.0% 50 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 75.0%	100 PLN for shopping in Stokrotka with prob.25.0%, 30 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 75.0%
100 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 25.0%, 50 PLN for shopping in Stokrotka with prob.75.0%	125 PLN for shopping in Stokrotka with prob.25.0%, 30 PLN for shopping in Stokrotka with prob.75.0%
100PLN for shopping in Stokrotka with prob.25.0%, 50 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 75.0%	150PLN for shopping in Stokrotka with prob. 25.0%, 30 PLN for shopping in Stokrotka with prob.75.0%
100PLN for shopping in Stokrotka with prob. 25.0%, 50 PLN for shopping in Stokrotka with prob.75.0%	175PLN for shopping in Stokrotka with prob. 25.0%, 30 PLN PLN for shopping in Stokrotka with prob.75.0%
100 PLN for shopping in Stokrotka with prob.25.0%, 50PLN for shopping in Stokrotka with prob.75.0%	200 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 25.0%, 30 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 75.0%
100 PLN for shopping in Stokrotka with prob. . 25.0%, 50 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 75.0%	225 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 25.0%, 30PLN for shopping in Stokrotka with prob. 75.0%
100 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 25.0%, 50 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 75.0%	250 PLN for shopping in Stokrotka with prob.25.0%, 30 PLN for shopping in Stokrotka with prob. 75.0%

Standard sequence

- **Mamy x_0=100. Szukamy x_1 dającego indyferencję: w(0,25)u(x_0)+(1-w(0,25))u(50)= w(0,25)u(x_1)+(1-w(0,25))u(30)**
- **Wtedy u(x_1)-u(x_0)=(1-w(0, 25))(u(50)-u(30))/w(0,25)**
- **W następnym kroku podstawiamy x_1 w miejsce x_0 i szukamy takiego x_2 by w(0,25)u(x_1)+(1-w(0,25))u(50) = w(0,25)u(x_2)+(1-w(0,25))u(30).**
- **Wtedy u(x_2)-u(x_1) = (1-w(0,25))(u(50)-u(30))/w(0,25) = u(x_1)-u(x_0)**

Standard sequence

- **Gdy wiemy już, że różnica użyteczności między x_1 a x_0 jest taka sama co ta między x_2 a x_1, dajemy badanemu wybór:**

  x_1 na pewno czy (p: x_2;1-p: x_0)
- **Jeśli jest indyferentny dla danego p, w(p) musi wynosić 0,5**
- **Analogicznie możemy wyznaczyć $w^{-1}(0{,}75)$, $w^{-1}(0{,}875)$, $w^{-1}(0{,}25)$, $w^{-1}(0{,}125)$ itp.**

Następny problem EUT:
Punkt odniesienia ma znaczenie

- **Majątek osoby A właśnie stopniał z 4 do 3 milionów**
- **Majątek osoby B właśnie wzrósł z 1 do 2 milionów**
- **Która z nich jest bardziej zadowolona ze swego stanu posiadania?**

Kalibracja Rabina (2000)

- Większość osób odrzuca zakład, w którym może wygrać 11$ lub stracić 10$ (szanse 50/50)
- wg EUT: wzrost użyteczności z dodatkowych 11$ jest mniejszy niż spadek z utraty 10$
- Jeśli przy wzroście bogactwa o 21 f. U się nie zmieni, czterdziesty drugi $ mógłby być wart co najwyżej (10/11)x(10/11) tego co pierwszy
- 1260-ty $ byłby wart najwyżej ok. 0,0033 tego co pierwszy (Absurdalna awersja do ryzyka!)
- (i samo ważenie prawdopodobieństw tego nie wyjaśni)

Jeśli odrzucam (0,5:101; 0,5:-100), to odrzucę (0,5:5750, 0,5:-4000) itp.:

	g			
L	\$101	\$105	\$110	\$125
\$400	400	420	550	1,250
\$600	600	730	990	∞
\$800	800	1,050	2,090	∞
\$1,000	1,010	1,570	∞	∞
\$2,000	2,320	∞	∞	∞
\$4,000	5,750	∞	∞	∞
\$6,000	11,810	∞	∞	∞
\$8,000	34,940	∞	∞	∞
\$10,000	∞	∞	∞	∞
\$20,000	∞	∞	∞	∞

Teoria perspektywy Kahnemana i Tversky'ego

- **Funkcja wartości/użyteczności zdefiniowana na zmianach względem poziomu odniesienia, nie poziomach bogactwa**
- **Straty bolą bardziej niż zyski cieszą (awersja do straty/*loss aversion*)**
- **(zwykle zakłada się, że $U = \lambda u$ dla ujemnych, gdzie u jest różniczkowalne w zerze. LA: $\lambda > 1$**

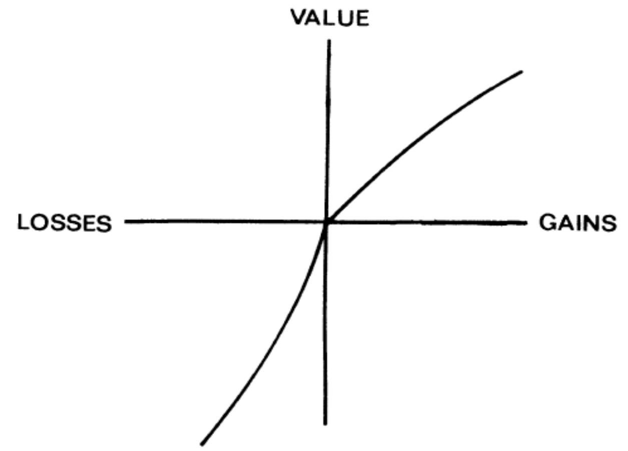


FIGURE 3.—A hypothetical value function.

Teoria perspektywy Kahnemana i Tversky'ego

$$x_1 > x_2 > \ldots > x_k > 0 > x_{k+1} > \ldots > x_n$$

$$PT(x) = \sum_{j=1}^{n} \pi_j \mathrm{U}(x_j) =$$

$$\sum_{j=1}^{k} \{\mathrm{w}^+(p_j + \cdots + p_1) - \mathrm{w}^+(p_{j-1} + \cdots + p_1)\}\mathrm{U}(x_j)_+$$

$$\sum_{j=k+1}^{n} \{\mathrm{w}^-(p_j + \cdots + p_1) - \mathrm{w}^-(p_{j+1} + \cdots + p_n)\}\mathrm{U}(x_j)$$

Wybór w warunkach niepewności: Paradoks Ellsberga

- W Urnie 1 jest 50 kul białych i 50 czarnych
- W Urnie 2 jest 100 kul białych i czarnych
- Wybierz urnę i kolor, który chcesz obstawić
- Paradoks Ellsberga:

$$1B\sim 1C \succ 2\mathrm{B}\sim 2C$$

- Niezgodne z EUT ani PT dla żadnego Pr(B|2), o ile tylko Pr(B|2)+Pr(C|2)=1 (wierzymy, albo możemy sprawdzić ex post, że faktycznie nie ma innych kul)
- Podobnie DJ vs. Nikkei dla inwestorów w US itd.

RDU i PT dla niepewności

- **Funkcja W przypisuje każdemu zdarzeniu pewną wagę**
  - **W(Ø)=0**
  - **W(S)=1 S-zdarzenie pewne**
  - ***A*⊃*B* implikuje W(*A*)≥W(*B*)**
- **(dotychczas mieliśmy W(A)=w(*p*(A), tj. *probabilistic sophistication*. To założenie musimy uchylić by wyjaśnić paradoks Ellsberga itp.)**

Podsumowanie
Teoria perspektywy:

- oparta jest na solidnych podstawach psychologicznych i matematycznych
- może wyjaśnić liczne anomalie obserwowane empirycznie w warunkach ryzyka i niepewności
- ma więcej parametrów, więc trudniej je estymować (ale się da)
- (z tego samego względu) daje na ogół słabsze przewidywania, tj. więcej zachowań jest z nią niesprzecznych
- największym bodaj wyzwaniem teoretycznym i empirycznym pozostaje określenie poziomu odniesienia