SCK•CEN
STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ÉTUDE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Unclassified

Beslissingen onder risico.

Een overzicht van enkele alternatieve nutstheorieën.

BLG-786

Noël Pauwels[1, 2], Tom Van Woensel[2]

[1] Departement Stralingsbescherming
SCK•CEN, Mol, België

[2] Faculteit TEW
Vakgroep Milieu en Technologiemanagement
UFSIA, Antwerpen, België

Mol, september 1998

Unclassified

Beslissingen onder risico.

Een overzicht van enkele alternatieve nutstheorieën.

BLG-786

Noël Pauwels[1, 2], Tom Van Woensel[2]

[1] Departement Stralingsbescherming
SCK•CEN, Mol, België

[2] Faculteit TEW
Vakgroep Milieu en Technologiemanagement
UFSIA, Antwerpen, België

Mol, september 1998

This document has been written and approved by:

		Date	Approval
Author:	Noël Pauwels, Tom Van Woensel	4/09/98	
Verified by:	Frank Hardeman	4/09/98	
Approved by:	Frank Hardeman	4/09/98	

SAMENVATTING

Beslissingsnemers dienen vaak beslissingen te nemen waarvan de resultaten vooraf niet met zekerheid gekend zijn, maar afhangen van een aantal oncontroleerbare gebeurtenissen die zich ex post met een welbepaalde kans kunnen voordoen. Het traditioneel beslissingscriterium voor het nemen van dergelijke beslissingen onder risico bestaat uit het maximeren van het verwacht nut. Belangrijke inconsistenties werden in experimentele studies echter vastgesteld tussen de beslissingen die op basis van dit beslissingscriterium zouden (moeten) worden genomen enerzijds, en de werkelijk geobserveerde beslissingen anderzijds. Dit artikel geeft een gestructureerd overzicht van een aantal alternatieve nutstheorieën die de traditionele theorie van het verwacht nut uitbreiden en/of aanpassen, en zo een aantal van de vastgestelde tekortkomingen vermijden.

TREFWOORDEN

beslissingen onder risico, nutstheorie

JEL-CLASSIFICATIE

D81

INHOUDSTAFEL

Figuren

Tabellen

Inleiding

In de praktijk dienen vaak beslissingen genomen te worden waarvan de resultaten a priori niet met zekerheid gekend zijn, maar afhankelijk zijn van een welbepaalde toestand die zich achteraf in de 'natuur' zal voordoen. De economische literatuur besteedt uitgebreid aandacht aan methodes en technieken die bruikbaar zijn om dergelijke beslissingen te ondersteunen. Een onderscheid wordt hierbij gemaakt tussen beslissingen die genomen worden onder onzekerheid en beslissingen genomen onder risico.

Bij beslissingen onder onzekerheid zijn enkel de verschillende mogelijke toestanden gekend die in de natuur kunnen optreden. De respectievelijke kans dat een welbepaalde toestand zich voordoet is echter niet gekend, of wordt althans niet ingeschat. Bruikbare beslissingscriteria in dergelijke context zijn het maximeren van de minimale of de maximale opbrengst, het minimeren van de maximale hoeveelheid spijt die kan optreden tengevolge van een a posteriori suboptimale beslissing, enz.[1]

Bij beslissingen onder risico, daarentegen, zijn zowel de mogelijke toestanden gekend die zich in de natuur kunnen voordoen, als de respectievelijke kansen waarmee deze toestanden zich realiseren. Deze kansen kunnen enerzijds een objectief karakter hebben (bv. de kans dat het gooien van een dobbelsteen resulteert in een 'zes') of anderzijds subjectief ingeschat worden (bv. de kans dat het morgen zal regenen). Het meest gehanteerde beslissingscriterium bij het nemen van beslissingen onder risico bestaat uit het maximeren van het verwacht nut.

In de loop der jaren werden echter in experimentele studies een aantal inconsistenties (paradoxen) vastgesteld tussen het beslissingsgedrag dat op basis van de theorie van het verwacht nut kan verwacht worden enerzijds, en de werkelijk genomen beslissingen anderzijds. Deze vastgestelde tekortkomingen van de theorie van het verwacht nut als descriptief model hebben aanleiding gegeven tot een aantal uitbreidingen van en/of aanpassingen aan de oorspronkelijke theorie. De doelstelling van dit artikel bestaat erin een (niet-exhaustief) overzicht te bieden van een aantal interessante ontwikkelingen op dit vlak in de economische literatuur.

Een eerste sectie beschrijft bondig het concept, evenals de belangrijkste eigenschappen van het oorspronkelijk beslissingscriterium van het maximaal verwacht nut. Een aantal inconsistenties die op basis van dit beslissingscriterium in de praktijk werden vastgesteld zijn opgenomen in sectie twee. Sectie drie geeft een gestructureerd overzicht van enkele alternatieve nutstheorieën. Sectie 4 besluit.

[1] Voor een overzicht, zie McKenna (1986).

1. Theorie van het verwacht nut

De theorie van het maximaal verwacht nut als beslissingscriterium onder risico werd oorspronkelijk uitgewerkt door Von Neumann en Morgenstern (1944), en geherformuleerd door Savage (1954) en Luce en Raiffa (1957).

Veronderstel een loterij met n mogelijke toestanden s_i, met bijbehorende kansen $p(s_i)$ en uitkomsten of gevolgen x_i, d.i.

(1) $\left(x_1, p(s_1); x_2, p(s_2); \ldots; x_n, p(s_n)\right)$,

met

(2) $\sum_{i=1}^{n} p(s_i) = 1$.

Het ex ante verwachte nut EU[2] van deze loterij is dan gegeven door

(3) $EU = \sum_{i=1}^{n} p(s_i) \cdot u(x_i)$,

met
$p(s_i)$ de kans dat toestand s_i zich voordoet;
$u(x_i)$ het ex post nut van uitkomst x_i[3];
n het aantal mogelijke toestanden in de natuur.

Bij het nemen van beslissingen onder risico kan elke mogelijke actie voorgesteld worden als een dergelijke loterij. De optimale actie is deze actie die aanleiding geeft tot het maximale verwachte nut EU.

De houding van de beslissingsnemer t.o.v. het risico komt tot uiting in de ex post nutsfunctie u(x) (Hirshleifer en Riley, 1995). Figuur 1 geeft de mogelijke risicohoudingen weer voor de faire[4] loterij (x_L, 0.5; x_H, 0.5).

De beslissingsnemer is risico-avers (Figuur 1a) in geval van een concave nutsfunctie u(x). Hij aanvaardt een faire loterij niet aangezien hij de verwachte waarde E[x] van de loterij prefereert boven de loterij zelf: u(E[x]) > E[u(x)].

Het zekerheidsequivalent CE[5] is die waarde van x waarvan het nut gelijk is aan het verwacht nut van de loterij:

(4) $u(CE) = E[u(x)]$.

---

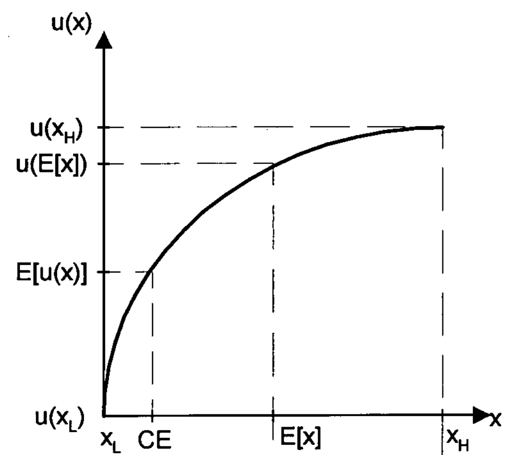
[2] <u>E</u>xpected <u>U</u>tility.

[3] Deze uitkomsten geven de <u>totale</u> rijkdom van de beslissingnemer weer. Indien de huidige rijkdom van de beslissingnemer 100 bedraagt en hij een loterijticket bezit waardoor hij 50 kan winnen of verliezen, zijn de uitkomsten van dit loterijticket x_1 = 50 en x_2 = 150 (en niet: x_1 = -50 en x_2 = +50).

[4] Een loterij is 'fair' als de verwachtingswaarde van de mogelijke uitkomsten gelijk is aan het huidig inkomen.

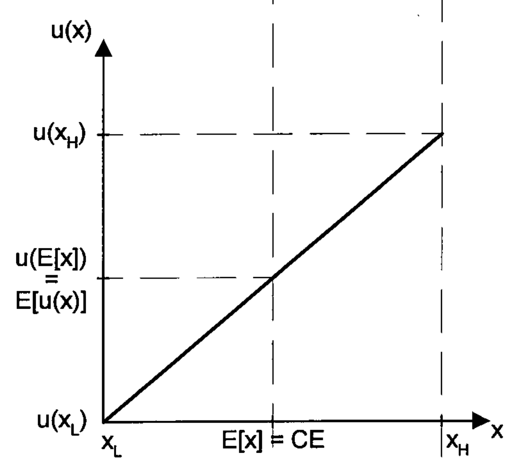
[5] <u>C</u>ertainty <u>E</u>quivalent.

a. risico-avers



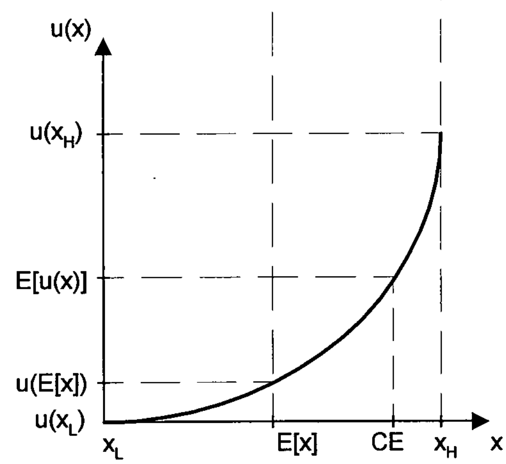
- $u'(x) > 0$, $u''(x) < 0$
- $u(E[x]) > E[u(x)]$
- risicopremie = $E(x) - CE > 0$
- $R_A > 0$

b. risico-neutraal



- $u'(x) > 0$, $u''(x) = 0$
- $u(E[x]) = E[u(x)]$
- risicopremie = $E(x) - CE = 0$
- $R_A = 0$

c. risico-zoekend



- $u'(x) > 0$, $u''(x) > 0$
- $u(E[x]) < E[u(x)]$
- risicopremie = $E(x) - CE < 0$
- $R_A < 0$

Figuur 1. Risico-avers (a), risico-neutraal (b) en risico-zoekend (c) gedrag.

Het is dus de waarde van x waarvoor de beslissingsnemer bereid is zijn loterijticket te verkopen. Indien hij risico-avers is, is dit zekerheidsequivalent lager dan de verwachte waarde E[x] van de loterij. Het verschil tussen beide waarden is de risicopremie RP:

(5) $RP = E[x] - CE.$

Deze risicopremie is positief voor een risico-avers beslissingsnemer en geeft zijn bereidheid tot betalen weer om het risico inherent aan de loterij te elimineren.

Figuur 1c geeft de tegenovergestelde situatie weer van een risico-zoekend beslissingsnemer met convexe nutsfunctie u(x). Hij aanvaardt een faire loterij wel aangezien hij de loterij prefereert boven de verwachte waarde er van: $E[u(x)] > u(E[x])$. Het zekerheidsequivalent CE is nu hoger dan de verwachte waarde E[x] van de loterij, en bijgevolg is de risicopremie RP negatief: de beslissingsnemer is enkel bereid het loterijticket in te ruilen tegen de verwachte waarde er van indien hij bovenop een bedrag ontvangt gelijk aan deze premie RP.

Figuur 1b tenslotte geeft de tussenliggende situatie weer van een risico-neutraal beslissingsnemer met een lineaire nutsfunctie. Hij is onverschillig t.o.v. een faire loterij aangezien hij indifferent is tussen de loterij zelf en de verwachte waarde er van: $E[u(x)]=u(E[x])$. Het zekerheidsequivalent CE is gelijk aan de verwachte waarde E[x] van de loterij, de risicopremie RP is gelijk aan nul. Merk op dat voor een risico-neutraal beslissingsnemer het maximeren van het verwacht nut overeenstemt met het maximeren van de verwachte waarde.

Een belangrijke maat voor de risico-aversie van een beslissingsnemer is gegeven door de Arrow-Pratt absolute[6] maatstaf voor risico-aversie (McKenna, 1984):

(6) $$R_A(x) = -\frac{u''(x)}{u'(x)}.$$

Deze uitdrukking is respectievelijk positief, negatief en nul voor een risico-avers, -zoekend en -neutraal beslissingsnemer. In de verwachte nutstheorie gaat men er traditioneel van uit dat individuen afnemend risico-avers zijn bij een stijgend inkomen x, d.w.z.

(7) $$R_A > 0 \quad \text{en} \quad \frac{\partial R_A}{\partial x} < 0.$$

2. Paradoxen

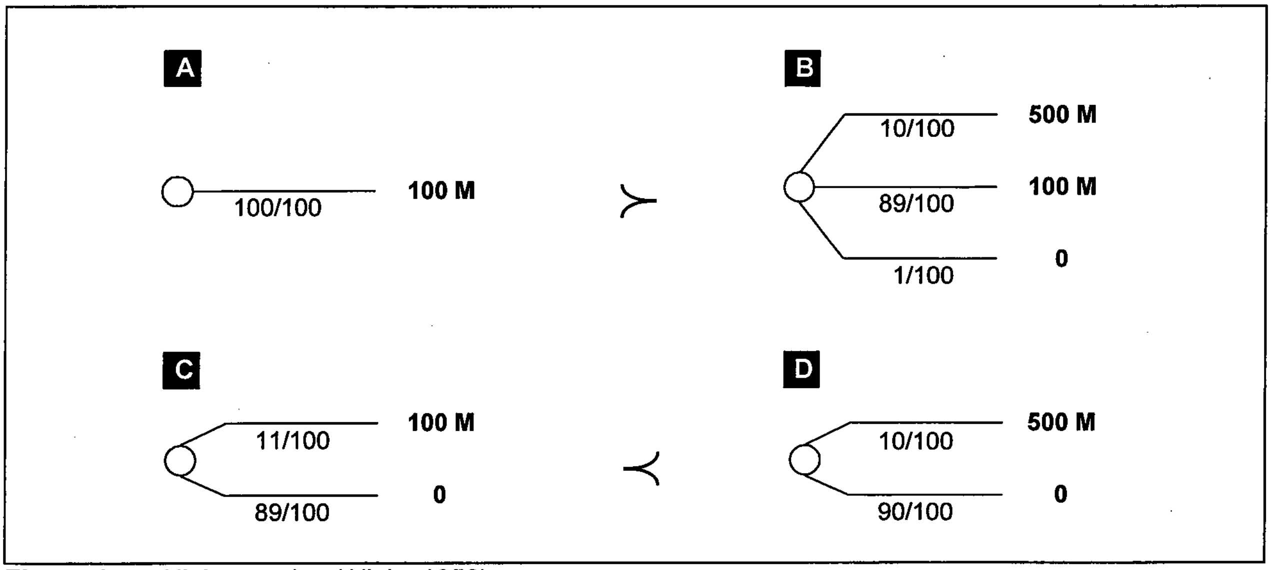
Hoewel de klassieke theorie van het verwacht nut lange tijd aanvaard werd als een descriptief en normatief model van keuzegedrag onder risico, stelde men reeds vrij vlug vast dat zowel in experimentele als reële beslissingsomstandigheden vaak beslissingen genomen worden die tegenstrijdig zijn met deze theorie. De belangrijkste van deze zogenaamde 'paradoxen' lichten we hier bondig toe.

---

[6] Deze absolute maatstaf voor risico-aversie is afhankelijk van de eenheden waarin x is uitgedrukt. Dit in tegenstelling tot de relatieve maatstaf voor risico-aversie $R_R = xR_A$.

2.1 Allais paradox

Allais (1953) peilde naar de voorkeur van de deelnemers voor één van telkens twee loterijen die hen werden voorgesteld. Hij stelde hierbij vast (Figuur 2) dat het merendeel van de ondervraagden loterij A (100 miljoen, 100%) prefereerde boven loterij B (500 miljoen, 10%; 100 miljoen, 89%; 0, 1%), en tegelijkertijd loterij D (500 miljoen, 10%; 0, 90%) verkoos boven loterij C (100 miljoen, 11%; 0, 89%).



Figuur 2. Allais paradox (Allais, 1953).

Dit geobserveerd gedrag is in strijd met hetgeen kan verwacht worden op basis van de theorie van het verwacht nut. Immers, $A \succ B$ impliceert

$$(8) \quad u(100) > \frac{10}{100}u(500) + \frac{89}{100}u(100) + \frac{1}{100}u(0).$$

Hieruit volgt rechtstreeks

$$(9) \quad \frac{11}{100}u(100) + \frac{89}{100}u(0) > \frac{10}{100}u(500) + \frac{90}{100}u(0),$$

of $C \succ D$.

Allais verklaarde deze inconsistentie als het zekerheidseffect: in beslissingssituaties met enorm grote potentiële opbrengsten hechten mensen psychologisch belang (en dus waarde) aan zekerheid op zich. In tegenstelling tot wat in de verwachte nutstheorie verondersteld wordt, heeft een vermindering van de kans op een serieuze winst van 100% naar 99% een grotere negatieve psychologische impact dan een gelijkaardige vermindering van deze kans van 11% naar 10%. Latere studies (o.a. Tversky en Kahneman, 1986) toonden het bestaan van dit zekerheidseffect eveneens aan in beslissingssituaties met veel kleinere en meer reële opbrengsten.

2.2 Ellsberg paradoxen

In een eerste experiment (Figuur 3a) veronderstelde Ellsberg (1961) twee urnen met telkens 100 rode en zwarte ballen. Van de tweede urne is met zekerheid geweten dat deze 50 zwarte en 50 rode ballen bevat. De preciese verhouding zwarte/rode ballen in de eerste urne is echter niet gekend. De deelnemers aan het experiment dienen de kleur te voorspellen van een bal die willekeurig zal getrokken worden uit een door hen gekozen urne. Bij een juiste voorspelling ontvangen zij $100, bij een verkeerde gok niets.

Ellsberg stelde allereerst vast dat de respondenten indifferent waren tussen het gokken op een rode en het gokken op een zwarte bal, beide getrokken uit de eerste urne: de deelnemers kennen dus een gelijke subjectieve kans toe aan elk van deze gebeurtenissen. Verder prefereerden de deelnemers het trekken van een rode bal uit de tweede urne (loterij B) boven het trekken van een rode bal uit de eerste urne (loterij A). Eenzelfde voorkeur werd vastgesteld bij het trekken van een zwarte bal.

Dit is in strijd met de principes van de verwachte nutstheorie aangezien $B \succ A$ en $D \succ C$ op basis van deze theorie respectievelijk

(10) $P(\text{rood in urne 1}) < P(\text{rood in urne 2}) = \frac{1}{2}$,

en

(11) $P(\text{zwart in urne 1}) < P(\text{zwart in urne 2}) = \frac{1}{2}$,

impliceren, en dus

(12) $P(\text{rood in urne 1}) + P(\text{zwart in urne 1}) < 1$.

Vergelijking (12) is echter in strijd met de essentiële beginselen van de kanstheorie. Bij het maken van hun keuze hebben de deelnemers zich niet gedragen zoals voorspeld en vooropgesteld door de verwachte nutstheorie aangezien dit aanleiding geeft tot A~B en C~D.[7]

In een tweede experiment (Figuur 3b) maakte Ellsberg nogmaals gebruik van een urne, ditmaal gevuld met 30 rode en 60 zwarte en gele ballen. De juiste verhouding zwarte/gele ballen is niet gekend. Opnieuw diende de kleur voorspeld te worden van een willekeurig getrokken bal uit deze urne: een juiste gok levert ook hier $100 op, een verkeerde niets.

Ellsberg stelde allereerst vast dat de respondenten loterij A (gok op rood) prefereerden boven loterij B (gok op zwart). Tegelijkertijd constateerde hij dat diezelfde deelnemers loterij D (gok op 'zwart of geel') verkozen boven loterij C (gok op 'rood of geel'). Dit is opnieuw in tegenstrijd met de verwachte nutstheorie aangezien

(13) $A \succ B \Leftrightarrow p(\text{rood}) > p(\text{zwart})$,

terwijl

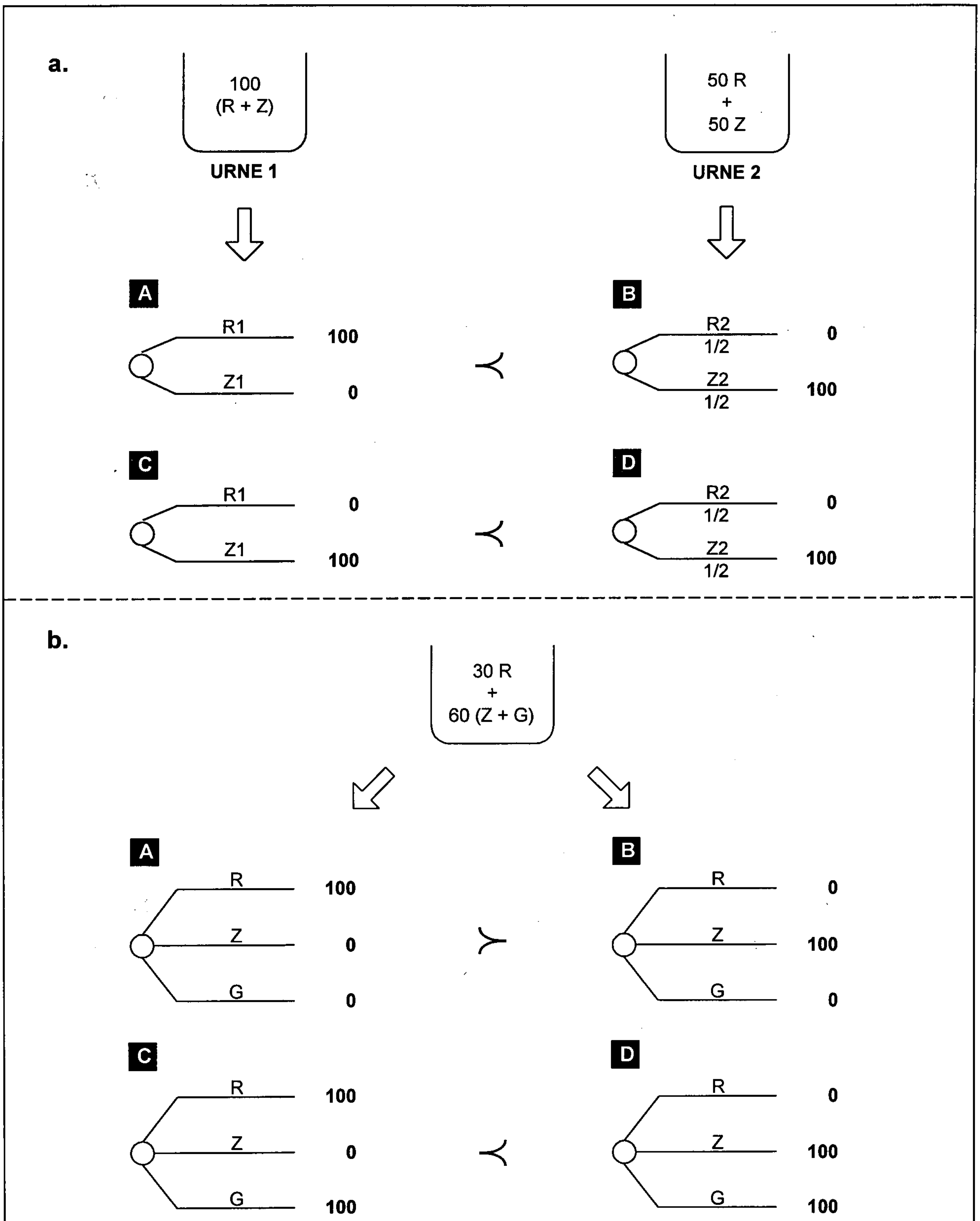
(14) $D \succ C \Leftrightarrow p(\text{zwart}) + p(\text{geel}) > p(\text{rood}) + p(\text{geel}) \Leftrightarrow p(\text{zwart}) > p(\text{rood})$.

Het 'sure-thing' principe - impliciet aanwezig in de verwachte nutstheorie - wordt hier rechtstreeks geschonden. Dit principe stelt dat toestanden die zich met dezelfde kans voordoen in twee loterijen en er bovendien in dezelfde opbrengsten resulteren, kunnen

---

[7] Ellsberg deed hetzelfde experiment over waarbij hij de respondenten eerst een steekproef (vb. 4 ballen) liet nemen uit de eerst urne. De bekomen resultaten bleven echter ongewijzigd.

verwaarloosd worden bij het vergelijken van deze loterijen. Aangezien loterij A en C, en B en D enkel van elkaar verschillen in het toekennen van opbrengsten indien de toestand 'geel' optreedt, zou op basis van dit principe A $\succ$ B resulteren in C $\succ$ D.

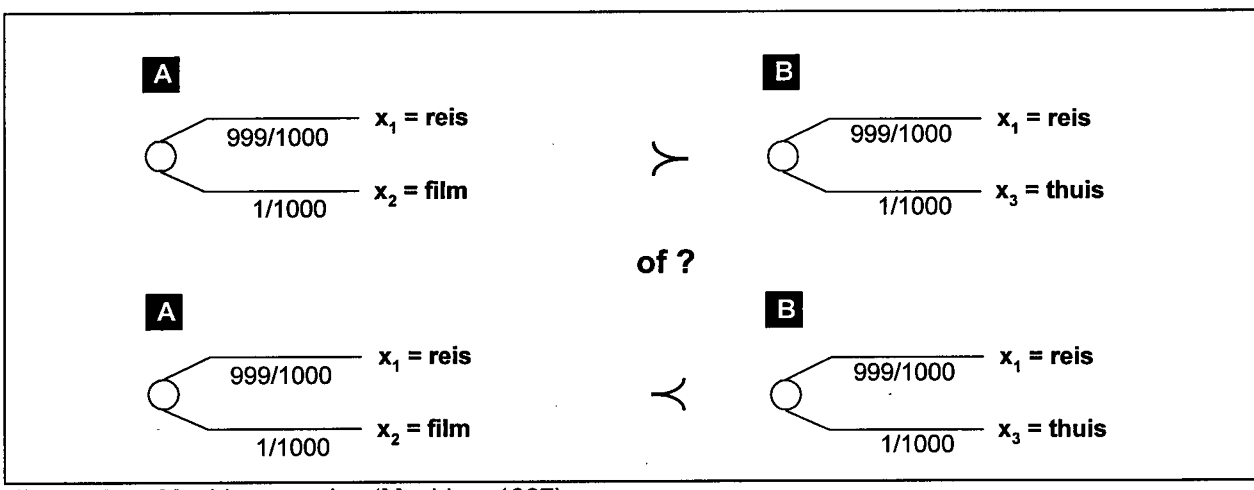


Figuur 3. Eerste paradox (a) en tweede paradox (b) van Ellsberg (Ellsberg, 1961).

De reden voor dit inconsistent gedrag kan volgens Ellsberg gevonden worden in de ambiguïteit van de informatie over de relatieve kans dat een bepaalde gebeurtenis zich zal voordoen. Deze ambiguïteit is afhankelijk van de hoeveelheid, aard, betrouwbaarheid en unanimiteit van de verkregen informatie, en bepaalt in welke mate de beslissingsnemer vertrouwen heeft in de eigen subjectieve inschatting van deze kansen: hij gokt liever op gekende dan op ongekende kansen. Ambiguïteit situeert zich tussen onzekerheid en risico, en treedt op in situaties waarbij men enerzijds de kansen op een bepaalde toestand niet precies kan inschatten, maar er anderzijds toch wel enige - zij het vage - informatie beschikbaar is met betrekking tot deze kansen.

2.3 Machina paradox

Veronderstel volgende drie uitkomsten: x_1 = 'een trip naar Venetië', x_2 = 'het bekijken van een film over Venetië', x_3 = 'thuis blijven', waarbij $x_1 \succ x_2 \succ x_3$. Veronderstel vervolgens (Figuur 4) dat een keuze moet gemaakt worden tussen loterij A (x_1, 0.999; x_2, 0.001) en loterij B (x_1, 0.999; x_3, 0.001). Op basis van het 'sure-thing' principe[8] zal volgens de klassieke theorie van het verwacht nut loterij A geprefereerd worden. Nochtans kan het rationeel zijn om loterij B te prefereren indien de beslissingsnemer anticipeert dat zijn preferenties over x_2 en x_3 zullen wijzigen ($x_2 \succ x_3 \rightarrow x_3 \succ x_2$) in het geval achteraf zou blijken dat hij de reis naar Venetië niet gewonnen heeft: hij kan zo teleurgesteld[9] zijn door het niet winnen van de reis dat hij volledig zou wegkwijnen bij het bekijken van de film, en bijgevolg prefereert om thuis te blijven (Mass-Colell, Whinston en Green, 1995).[10]



Figuur 4. Machina paradox (Machina, 1987).

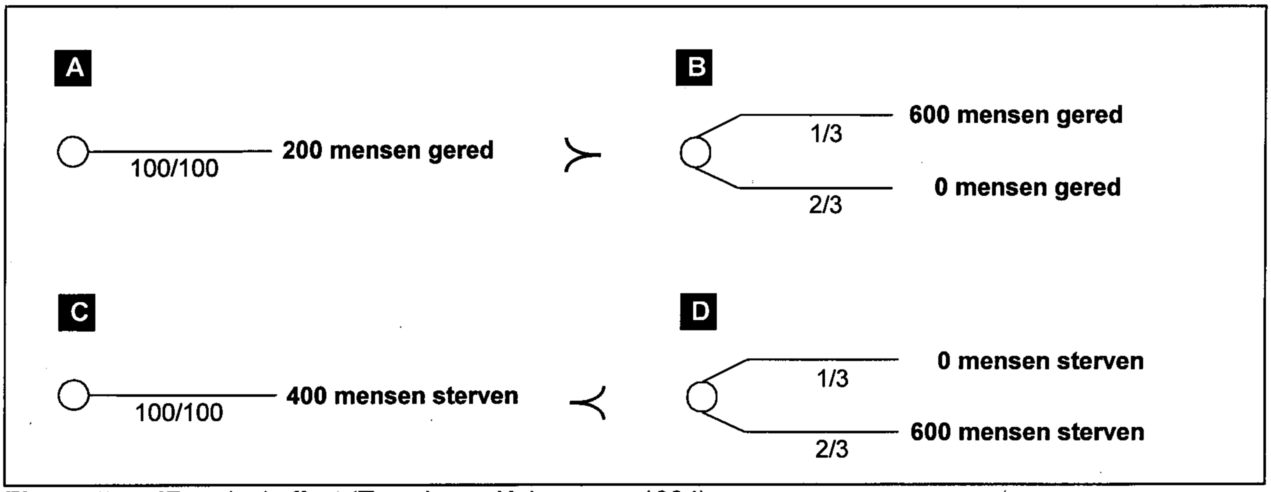
[8] Zie de eerste paradox van Ellsberg.

[9] Dit gevoel van teleurstelling (disappointment) is nauw verwant met, maar toch verschillend van het gevoel van spijt (regret). Teleurstelling verwijst naar de situatie waarbij de beslissingnemer ex post nadenkt over wat de uitkomst van zijn actie had kunnen geweest zijn indien een meer gunstige toestand had opgetreden. Spijt daarentegen verwijst naar de situatie waarbij de beslissingnemer ex post nadenkt over wat de uitkomst bij de opgetreden toestand had kunnen geweest zijn indien hij een andere beslissing had genomen.

[10] Voor bijkomende voorbeelden van deze paradox, zie Machina (1989).

2.4 'Framing' effect

Tversky en Kahneman (1986) veronderstelden in een experiment dat er een zeldzame ziekte dreigde uit te breken waardoor 600 mensen zullen sterven. Een eerste groep van deelnemers werd gevraagd hun voorkeur uit te spreken voor één van twee alternatieve programma's A en B om deze ziekte te bestrijden. Indien programma A uitgevoerd wordt, zullen 200 mensen met zekerheid gered worden. Indien programma B uitgevoerd wordt, bestaat er één derde kans dat alle 600 mensen zullen gered worden en twee derde kans dat niemand zal gered worden (Figuur 5). Het merendeel van de respondenten prefereerde het zekere programma A boven het risicovolle programma B.



Figuur 5. 'Framing' effect (Tversky en Kahneman, 1984).

Een tweede groep van deelnemers werd geconfronteerd met dezelfde beslissingscontext, maar met een keuze tussen programma's C en D. In geval programma C uitgevoerd wordt, zullen 400 mensen met zekerheid sterven. Indien programma D uitgevoerd wordt, bestaat er daarentegen één derde kans dat niemand zal sterven, en twee derde kans dat alle 600 mensen zullen sterven (Figuur 5). Tversky en Kahneman stelden nu vast dat er een duidelijke voorkeur bestond voor het risicovolle programma D boven het zekere programma C.

Dit keuzegedrag is inconsistent aangezien programma's A en C equivalent zijn, evenals programma's B en D. In het eerste geval waren de uitkomsten van beide programma's uitgedrukt in positieve termen (geredde levens) en bleken de respondenten risico-avers; in het tweede geval waren de uitkomsten uitgedrukt in negatieve termen (verloren levens) en bleken de respondenten risico-zoekend.

3. Alternatieve nutstheorieën

Mede omwille van de hierboven beschreven inconsistenties, werd gezocht naar andere, volledigere nutstheorieën om het individueel beslissingsgedrag onder risico te beschrijven. In wat volgt geven we de basisideeën weer van een aantal belangrijke stromingen in de economische literatuur.

Volgens de klassieke nutstheorie, wordt het verwacht nut EU van een loterij bekomen als de som van het ex post nut u(•) van elk van de mogelijke uitkomsten van de loterij, gewogen met de respectievelijke kans p(•) op voorkomen van deze uitkomst:

(1') $EU = \sum_{i=1}^{n} p(s_i) \cdot u(x_i)$.

De alternatieve nutstheorieën die we in wat volgt bespreken, worden ingedeeld naargelang ze van (1') afwijken op het vlak van de ex post nutsfunctie u(•) (sectie 3.1), op het vlak van de wegingsfactoren p(•) (sectie 3.2), of op beide vlakken u(•) en p(•) (sectie 3.3). Sectie 3.4 geeft een samenvattend overzicht.

3.1 Niet-traditionele ex post nutsfunctie u(•)

Bij de klassieke theorie van het verwacht nut, is het nut $u(x_i)$ toegekend aan een bepaalde uitkomst x_i van een loterij enkel afhankelijk van deze uitkomst x_i zelf. In een eerste categorie van alternatieve nutstheorieën is dit niet langer het geval.

3.1.1 'State-dependent' nut

Het nut $u(x_i)$ van een uitkomst x_i zal in bepaalde omstandigheden niet enkel afhankelijk zijn van deze uitkomst x_i zelf, maar eveneens van de toestand (state) s_i waarbinnen deze uitkomst optreedt. Veronderstel als twee mogelijke toestanden in de natuur bv. 'in leven zijn' versus 'dood zijn'. Het nut van het bezitten van een bepaalde hoeveelheid geld zal in het eerste geval hoger ingeschat worden dan in het tweede geval. Gelijkaardige overwegingen zijn van toepassing in het geval van 'ziekte' versus 'gezondheid', 'gevangenschap' versus 'vrijheid', enz. (zie o.a. Karni et al. 1983).

Het state-dependent verwacht nut SDEU is in dergelijke omstandigheden gegeven door

(15) $SDEU = \sum_{i=1}^{n} p(s_i) \cdot u(x_i, s_i)$,

met

$p(s_i)$ de kans dat toestand s_i zich voordoet;
$u(x_i, s_i)$ het ex post nut van gevolg x_i indien toestand s_i optreedt;
n het aantal mogelijke toestanden in de natuur.

Een belangrijk toepassingsgebied van deze nutstheorie situeert zich op het vlak van verzekeringen m.b.t. onvervangbare goederen (zoals bv. het leven). Wij beperken ons hier tot een illustratief voorbeeld ontleend aan Hirshleifer en Riley (1995).[11]

Veronderstel dat het nut van een bepaalde hoeveelheid inkomen x voor een ouder eveneens afhankelijk is van het feit of zijn enige kind nog in leven is ($u_L(x) = u(x, \text{'leven'})$) of niet ($u_D(x) = u(x, \text{'dood'})$).[12] Veronderstel verder dat het kind momenteel in leven is en dat het huidig inkomen van de ouder $\overline{x}$ bedraagt. Een verzekeringsmakelaar biedt de ouder 2 actuarieel faire[13] contracten aan. Enerzijds kan de ouder het leven van zijn kind laten verzekeren: zijn inkomen indien het kind sterft (x_D) zal dan toenemen, terwijl zijn inkomen tijdens het in leven zijn van het kind (x_L) afneemt ($x_L < \overline{x} < x_D$). Anderzijds kan de ouder een annuïteit afsluiten op het leven van het kind: zijn inkomen tijdens het in leven zijn van het kind (x_L) zal hierdoor toenemen; zodra het kind sterft zal zijn inkomen (x_D) afnemen ($x_D < \overline{x} < x_L$).

---

[11] Voor een meer gedetailleerde bespreking zie o.a. Cook en Graham (1977) en Marshall (1984).

[12] Uiteraard zal voor elke 'liefhebbende' ouder het nut van een bepaalde hoeveelheid inkomen groter zijn bij het in leven zijn van zijn kind: $u_L(x) > u_D(x), \forall x$.

[13] In geval van een actuarieel fair contract is het verwachte inkomen na het afsluiten van het contract gelijk aan het huidig inkomen $\overline{x}$ (cfr. voetnoot 4).

Onder de vereenvoudigende assumptie dat de kans op overlijden p_D gelijk is aan de kans p_L op het in leven zijn van het kind ($p_D = p_L = 1/2$), kunnen de optimale inkomens van de ouder tijdens het in leven zijn van het kind (x_L) en daarna (x_D) gevonden worden uit

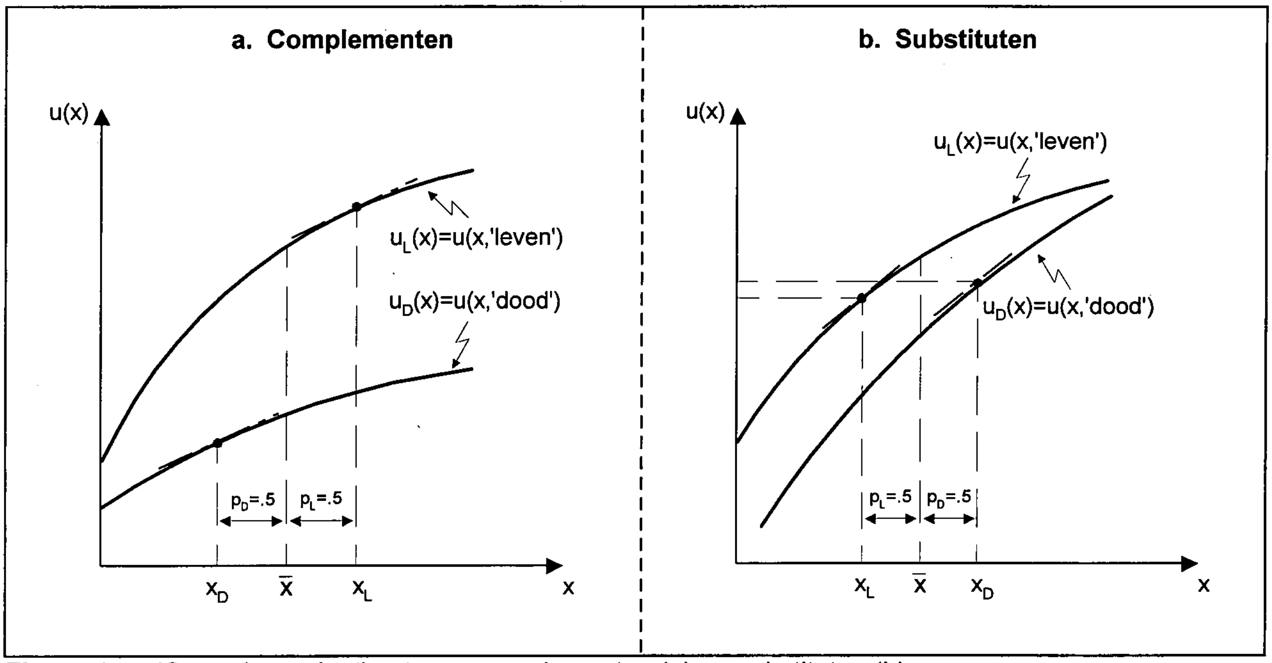
(16) $u_L'(x_L) = u_D'(x_D)$,

met

$u_L'(x_L)$ het marginaal nut van inkomen indien het kind in leven is, bij een inkomen x_L;

$u_D'(x_D)$ het marginaal nut van inkomen indien het kind niet in leven is, bij een inkomen x_D.

Immers, indien $u'_L(x_L) > u'_D(x_D)$ kan de ouder zijn verwacht nut verder verhogen door een kleinere verzekering of grotere annuïteit af te sluiten. Indien $u'_L(x_L) < u'_D(x_D)$ geldt het tegenovergestelde: de ouder heeft er baat bij het leven van zijn kind zwaarder te verzekeren of een kleiner annuïteitscontract af te sluiten. Enkel wanneer aan (16) is voldaan is een optimale inkomensverdeling bereikt.



Figuur 6. 'State-dependent' nut voor complementen (a) en substituten (b).

De optimale actie van de ouder is afhankelijk van zijn visie op de verhouding tussen 'inkomen' en 'het leven van zijn kind'.

Veronderstel allereerst dat hij beide 'goederen' beschouwt als complementen[14] (Figuur 6a): het marginaal nut van inkomen $u_L'(x)$ bij leven van het kind, is steeds groter dan het overeenkomstige marginaal nut van inkomen $u_D'(x)$ in het geval het kind niet langer in leven is, voor elk inkomen x. Dit is bijgevolg ook het geval bij het huidig inkomen $\bar{x}$: $u_L'(\bar{x}) > u_D'(\bar{x})$. Aangezien het marginaal nut van inkomen daalt in beide gevallen naarmate dit inkomen toeneemt (risico-aversie), kan het niet anders dan dat het optimaal contractueel over een te komen inkomen in geval van leven (x_L) groter is dan het inkomen in geval van overlijden van het kind (x_D). De ouder zal het leven van zijn kind niet laten verzekeren, maar daarentegen kiezen voor een annuïteitscontract dat resulteert in hogere inkomsten tijdens het in leven zijn er van.

[14] De ouder gebruikt zijn inkomen bv. (gedeeltelijk) om aan de behoeften van zijn kind te voldoen.

Veronderstel nu echter dat hij beide 'goederen' beschouwt als substituten[15] (Figuur 6b): het marginaal nut van inkomen $u_L'(x)$ in het geval het kind in leven is, is in dit geval kleiner dan het overeenkomstige marginaal nut van inkomen $u_D'(x)$ in het geval het kind niet langer in leven is, voor elk inkomen x. Aangezien dit eveneens het geval is bij het huidig inkomen $\bar{x}$ ($u_L'(\bar{x}) > u_D'(\bar{x})$) en het marginaal nut van inkomen opnieuw daalt in beide gevallen naarmate dit inkomen toeneemt (risico-aversie), zal het optimaal contractueel over een te komen inkomen in geval van leven (x_L) kleiner zijn dan het inkomen in geval van overlijden van het kind (x_D). De ouder zal het leven van zijn kind laten verzekeren en hiervoor een premie betalen tijdens het in leven zijn er van.[16]

Merk op dat de ouder onder de 'state-dependent' nutstheorie een faire loterij in beide gevallen aanvaardt, ook al is hij risico-avers! Bij de klassieke theorie van het verwacht nut was dit niet het geval.

3.1.2 'Regret' theorie

Veronderstel dat een actie enkel optimaal is wanneer achteraf welbepaalde toestanden optreden in de natuur, maar dat andere acties optimaal zijn bij de overige toestanden.[17] Bij het beslissen tot deze actie kan de beslissingsnemer reeds rekening houden met de hoeveelheid spijt (regret) die hij verwacht te zullen hebben wanneer zich ex post één van deze laatste toestanden zou realiseren (en hij dus vaststelt een suboptimale actie gekozen te hebben).

Het nut van de uitkomst x_i van de gekozen actie indien toestand s_i zich achteraf voordoet, is in dit geval niet enkel afhankelijk van deze uitkomst x_i, maar eveneens van de uitkomsten van alle andere mogelijke acties bij deze toestand s_i (Bell, 1982; Loomes en Sugden, 1987). Op basis van de 'regret' theorie is het verwacht nut RTEU van een bepaalde actie j uit een set van m mogelijke acties gegeven door

$$(17) \quad \mathrm{RTEU} = \sum_{i=1}^{n} p(s_i) \cdot u(x_{ij}, \overline{X}_{ij}),$$

met

$p(s_i)$ de kans dat toestand s_i zich voordoet;

$u(x_{ij}, \overline{X}_{ij})$ het nut van gevolg x_{ij}, indien actie j gekozen wordt en toestand s_i optreedt, gegeven de gevolgen $\overline{X}_{ij} = (x_{i1}, \ldots, x_{i(j-1)}, x_{i(j+1)}, \ldots, x_{im})$ van alle andere mogelijke acties bij toestand s_i;

n het aantal mogelijke toestanden in de natuur.

3.2 Niet-traditionele kansen p(•)

In de klassieke theorie van het verwacht nut worden de uitkomsten van een loterij getranformeerd in nut d.m.v. de ex post nutsfunctie u(•), die concaaf, convex of lineair is al naargelang de houding van de beslissingsnemer t.o.v. risico. De kans p(•) waarmee elk van deze uitkomsten zich zal realiseren wordt echter niet omgevormd: de kans-transformatiefunctie wordt lineair verondersteld. De niet-verwachte nutstheorieën vormen

---

[15] Het kind ondersteunt de (gepensioneerde) ouder bv. financieel.

[16] In sommige extreme situaties (cfr. Figuur 6b) kan de ouder het leven van zijn kind zo zwaar verzekeren dat hij er uiteindelijk voordeel bij heeft indien zijn kind zou sterven: $u_D(x_D) > u_L(x_L)$. Nochtans kan deze ouder nog steeds als 'liefhebbend' bestempeld worden aangezien $u_L(x) > u_D(x)$, $\forall x$.

[17] Indien dit niet het geval is en één welbepaalde actie optimaal is ongeacht de toestand die achteraf zal optreden, domineert deze actie alle andere acties en is er bijgevolg geen beslissings'probleem'.

een tweede belangrijke categorie van alternatieve nutstheorieën, die zich concentreert op het bestaan van niet-lineariteiten in deze kansen $p(\bullet)$.[18] Deze theorieën verklaren het beslissingsgedrag van de respondenten in de experimenten van Allais en en Ellsberg[19].

3.2.1 Subjectief verwacht nut[20]

Bij het bepalen van het verwacht nut van een actie kunnen beslissingsnemers een gewicht $\Pi(p(s_i))$ toekennen aan het ex post nut dat deze actie oplevert in elke mogelijke toestand s_i die optreedt met kans $p(s_i)$. Dit gewicht $\Pi(p(s_i))$ geeft de impact weer van toestand s_i op de wenselijkheid van een actie. Onder andere tengevolge van ambiguïteit in de beschikbare informatie, kan het gewicht $\Pi(p(s_i))$ toegekend aan toestand s_i verschillen van de (objectieve of subjectieve) kans $p(s_i)$ op het optreden van deze toestand (Edwards, 1962).

Het subjectief verwacht nut SEU is bijgevolg gegeven door

$$(18) \quad SEU = \sum_{i=1}^{n} \Pi(p(s_i)) \cdot u(x_i),$$

met

$\Pi(p(s_i))$	het gewicht toegekend aan het resulterend ex post nut in toestand s_i, gegeven de kans $p(s_i)$ op het optreden van deze toestand;
$u(x_i)$	het ex post nut van uitkomst x_i;
n	het aantal mogelijke toestanden in de natuur.

Figuur 7 (Kahneman en Tversky, 1979; Kahneman en Tversky, 1986) geeft een voorbeeld van een wegingsfunctie $\Pi(\bullet)$, waarbij meer gewicht wordt toegekend aan gebeurtenissen die zich met een zeer kleine kans voordoen, en minder gewicht aan gebeurtenissen met een middelmatige of grote bijbehorende waarschijnlijkheid. De houding van de beslissingsnemer t.o.v. risico wordt bepaald door de vorm van de ex post nutsfunctie $u(\bullet)$ én de vorm van de wegingsfunctie $\Pi(\bullet)$.[21]

3.2.2 Subjectief gewogen nut[22]

In tegenstelling tot wat verondersteld werd in de subjectieve verwachte nutstheorie (cfr. 3.2.1), stelde Karmarkar (1978) vast dat het gewicht toegekend aan het nut van een welbepaalde gebeurtenis niet enkel afhangt van de kans op deze specifieke gebeurtenis, maar ook van de totale kansverdeling over alle mogelijke gebeurtenissen.

Het subjectief gewogen nut SWEU wordt dan bepaald als

[18] De kansen $p(\bullet)$ worden getransformeerd via een niet-lineaire transformatiefunctie zodat het resulterend nut niet langer een echte 'verwachte waarde' is. Vandaar: niet-verwachte nutstheorieën (non-expected utility theories).

[19] ... maar kunnen in sommige omstandigheden eveneens nieuwe inconsistenties doen ontstaan wanneer aan bepaalde voorwaarden niet is voldaan. Voor een bespreking, zie Machina (1987; 1989).

[20] De benaming 'subjective expected utility' is verwarrend, en zelfs misleidend: Savage (1954) maakte tevoren reeds gebruik van deze benaming om naar beslissingssituaties te verwijzen waarbij geen objectieve, maar subjectieve kansen worden toegekend aan de mogelijke gebeurtenissen.

[21] Dit is het gevolg van de niet-lineariteiten in de wegingsfunctie $\Pi(\bullet)$, en dus het geval voor alle nutstheorieën behandeld in sectie 3.2 en 3.3.

[22] Subjectively weighted utility.

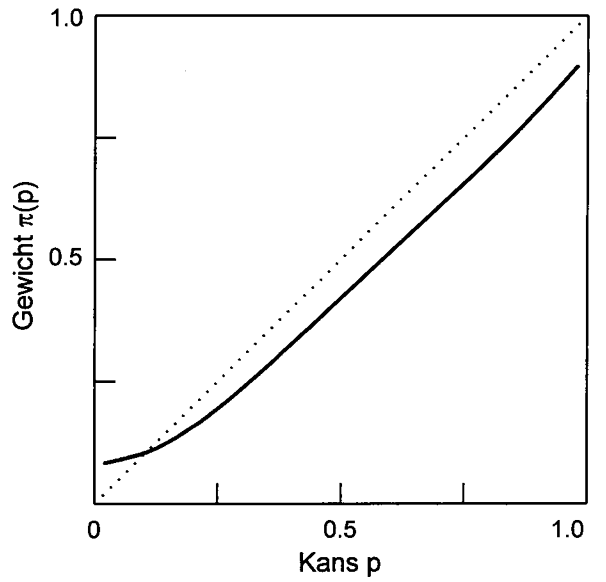
$$(19)\quad SWEU = \left[\sum_{i=1}^{n} \Pi(p(s_i)) \cdot u(x_i)\right] \Big/ \left[\sum_{i=1}^{n} \Pi(p(s_i))\right],$$

met

$\Pi(p(s_i)) \Big/ \sum_{i=1}^{n} \Pi(p(s_i))$ het gewicht toegekend aan het resulterend ex post nut in toestand s_i, gegeven de kansen op de verschillende toestanden;

$u(x_i)$ het ex post nut van uitkomst x_i;

n het aantal mogelijke toestanden in de natuur.



Figuur 7. Voorbeeld van een wegingsfunctie.

3.2.3 'Rank-dependent' nut

In het kader van een beslissingsanalyse op basis van de 'rank-dependent' nutstheorie (Quiggin, 1982; Yaari, 1987) dienen eerst de mogelijke uitkomsten van een bepaalde actie onder de verschillende toestanden in de natuur geordend te worden van minst geprefereerde uitkomst tot meest geprefereerde uitkomst, d.w.z. $x_1 \preceq x_2 \preceq \ldots \preceq x_n$. Het 'rank-dependent' verwacht nut RDEU kan vervolgens bepaald worden als

$$(20)\quad RDEU = \sum_{i=1}^{n} \Pi_i[p(s_1),\ldots,p(s_n)] \cdot u(x_i),$$

met

$\Pi_i[p(s_1),\ldots,p(s_n)]$ het gewicht toegekend aan het ex post nut van de i-de minst geprefereerde uitkomst, gegeven de kans op voorkomen van elke toestand;

$u(x_i)$ het ex post nut van de i-de minst geprefereerde uitkomst;

n het aantal toestanden in de natuur;

en

$$(21)\quad \Pi_i[p(s_1),\ldots,p(s_n)] = f\left(\sum_{j=1}^{i} p(s_j)\right) - f\left(\sum_{j=1}^{i-1} p(s_j)\right),$$

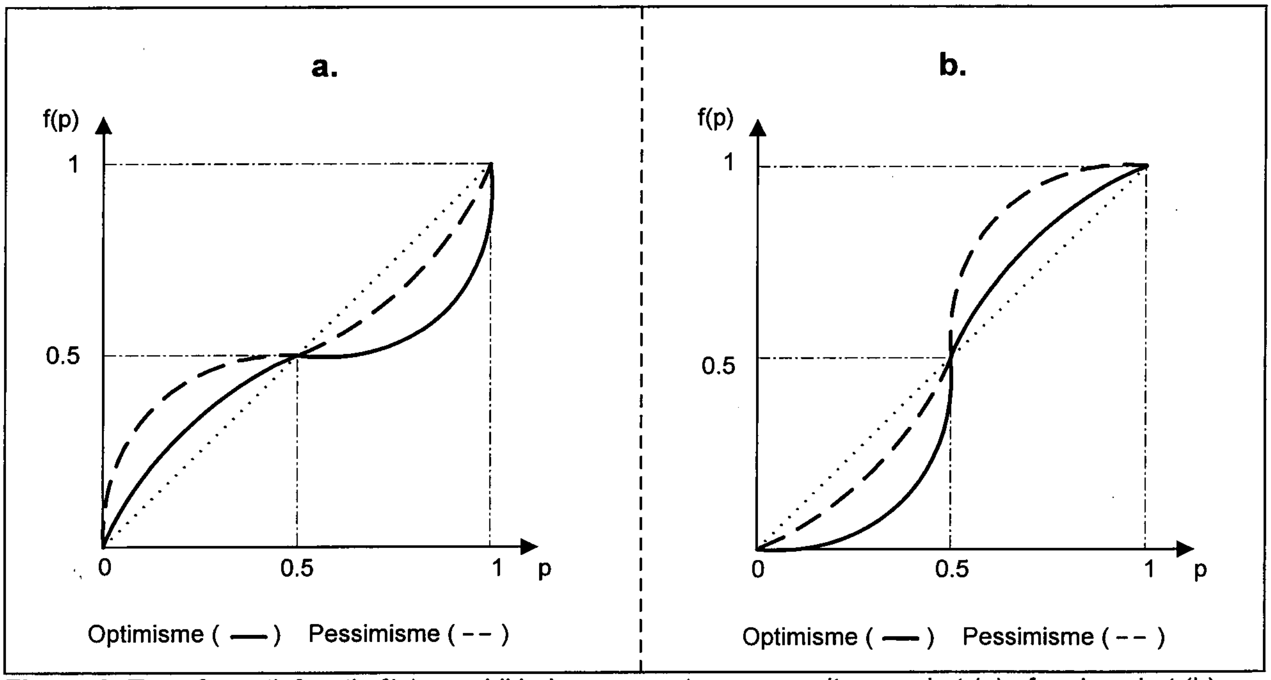
waarbij de functie f(p) gegeven is door

(22) $f(p) = \Pi_1(p, p-1)$.

Hieruit blijkt dat het gewicht toegekend aan een bepaalde uitkomst opnieuw (cfr. 3.2.2) afhankelijk is van de totale kansverdeling over de verschillende toestanden. Bovendien hangt dit gewicht af van de positie van de uitkomst binnen de preferentie-ordening van de uitkomsten in de verschillende mogelijke toestanden.[23] Dit betekent m.a.w. dat niet noodzakelijk hetzelfde gewicht zal worden toegekend aan uitkomsten van een loterij die een gelijke kans op voorkomen hebben (zoals verondersteld werd in 3.2.1 en 3.2.2).

De houding van de beslissingsnemer t.o.v. de kans op het optreden van elke toestand - lineair verondersteld in de verwachte nutstheorie - wordt volledig bepaald door de functie f(p) (Figuur 8):

- de beslissingsnemer overschat (onderschat) de invloed van extreme gebeurtenissen met een zeer kleine kans op voorkomen indien de functie f(p) concaaf (convex) is in het interval $[0, \frac{1}{2}]$, en convex (concaaf) in het interval $[\frac{1}{2}, 1]$;
- de beslissingsnemer is optimistisch indien $\forall p$: $f(p) \leq 1 - f(1-p)$, en pessimistisch indien $\forall p$: $f(p) \geq 1 - f(1-p)$.[24]



Figuur 8. Transformatiefunctie f(p) waarbij belang van extremen wordt overschat (a) of onderschat (b).

Omwille van de ingebouwde flexibiliteit in de functie f(p), is de 'rank-dependent' nutstheorie uitermate geschikt in beslissingsomstandigheden waarbij er een zeer kleine kans bestaat op extreme gevolgen.

[23] Vandaar: 'rank-dependent' nut.

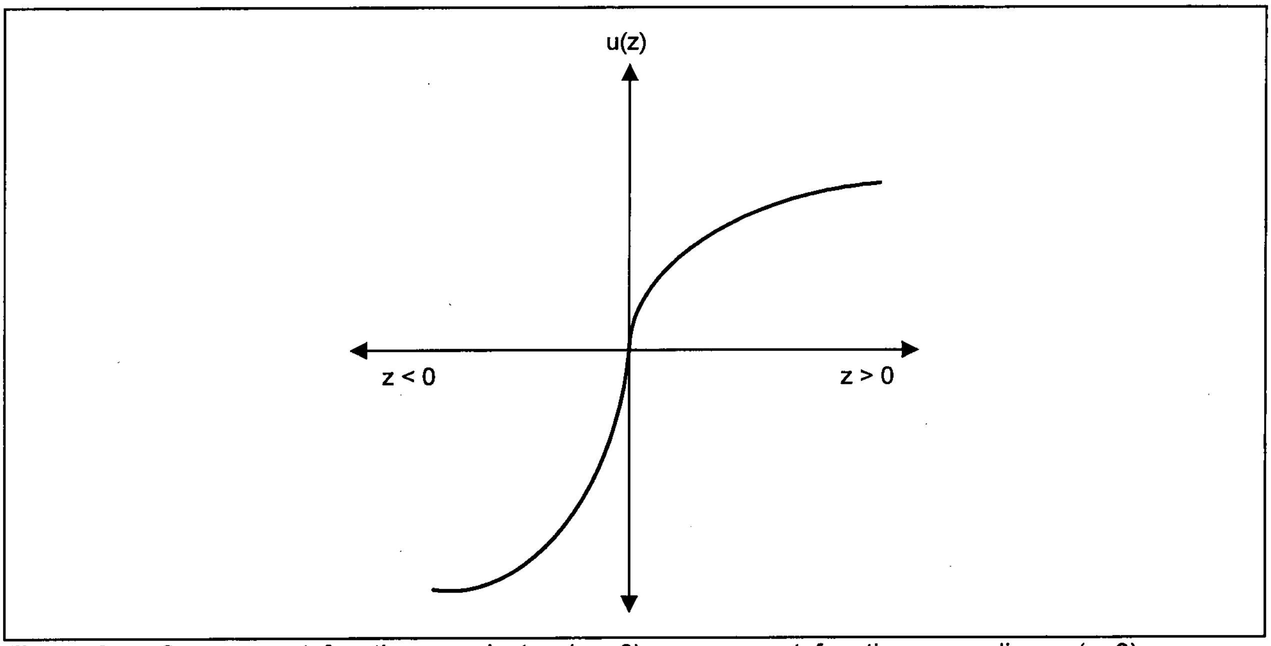
[24] Een optimistisch beslissingsnemer overschat (onderschat) het belang van gunstige (nadelige) toestanden; een pessimistisch beslissingnemer onderschat (overschat) het belang van gunstige (nadelige) gevolgen. Een gelijkaardige benadering van 'optimistisch' versus 'pessimistisch' beslissingsgedrag kan gevonden worden in Hey (1984).

3.3 Niet-traditionele ex post nutsfunctie u(•) en kansen p(•)

Een derde stroming binnen de alternatieve nutstheorieën maakt zowel gebruik van een niet-traditionele ex post nutsfunctie, als van een niet-lineaire kans-transformatiefunctie. Naast de paradoxen van Allais en Ellsberg, verklaren deze theorieën eveneens 'framing' effecten.

3.3.1 'Prospect' theorie

'Prospect' theorie (Kahneman en Tversky, 1979; Tversky en Kahneman, 1986) vertrekt allereerst van de vaststelling dat de werkelijke drager van nut niet zozeer de finale rijkdom van de beslissingsnemer is in elk van de mogelijke toestanden van de natuur (cfr. voetnoot 3), maar wel de positieve (winsten) of negatieve afwijkingen (verliezen) in elk van deze toestanden t.o.v. de huidige situatie. De nutsfunctie $u(z_i)$ wordt concaaf (risico-avers) verondersteld voor winsten ($z_i>0$) en convex (risico-zoekend) voor verliezen ($z_i<0$). Bovendien worden verliezen zwaarder gepenaliseerd dan winsten gevaloriseerd (Figuur 9).



Figuur 9. Concave nutsfunctie voor winsten (z > 0), convexe nutsfunctie voor verliezen (z<0).

Daarnaast wordt de kans $p(s_i)$ op het optreden van een welbepaalde toestand s_i getransformeerd aan de hand van een niet-lineaire functie $\Pi(p(s_i))$, die enkel afhankelijk is van de kans op deze toestand: de eigenschappen van deze functie zijn sterk gelijkend op de kans-transformatiefunctie beschreven in sectie 3.2.1.

Het verwacht nut PTEU is in het kader van de 'prospect' theorie gegeven door

$$(23)\quad PTEU = \sum_{i=1}^{n} \Pi(p(s_i)) \cdot u(z_i),$$

met

$\Pi(p(s_i))$ het gewicht toegekend aan het resulterend ex post nut in toestand s_i, gegeven de kans $p(s_i)$ op het optreden van deze toestand;

$u(z_i)$ het ex post nut van winst ($z_i > 0$) of verlies z_i ($z_i < 0$);

n het aantal mogelijke toestanden in de natuur.

3.3.2 'Cumulative prospect' theorie

Bij de 'cumulative prospect' theorie (Tversky en Kahneman, 1992; Tversky en Wakker, 1995) wordt de nutsfunctie nog steeds gedefinieerd in termen van winsten en verliezen t.o.v. de huidige toestand (cfr. prospect theorie). Het gewicht toegekend aan het nut dat resulteert indien toestand s_i optreedt, is echter niet enkel afhankelijk van de kans $p(s_i)$ op deze toestand, maar van de totale kansverdeling over de verschillende toestanden, evenals van de rangorde van de uitkomst in toestand s_i binnen de preferentie-ordening van de verschillende uitkomsten.

Het verwachte nut CPTEU van de loterij (z_1, $p(s_1)$; ...; z_n, $p(s_n)$), met $z_1 \leq ... \leq z_k \leq 0 \leq z_{k+1} \leq ... \leq z_n$, in het kader van de 'cumulative prospect' theorie is gegeven door

$$(24)\quad \mathrm{CPTEU} = \sum_{i=1}^{k} \Pi_i^-(p(s_1),\ldots,p(s_n))\cdot u(z_i) + \sum_{i=k+1}^{n} \Pi_i^+(p(s_1),\ldots,p(s_n))\cdot u(z_i),$$

met

$\Pi_i^-(p(s_1),\ldots,p(s_n))$	het gewicht toegekend aan het resulterend ex post nut in de i-de minst geprefereerde toestand s_i, gegeven dat deze toestand leidt tot een verlies en gegeven de kans op alle andere toestanden;
$\Pi_i^+(p(s_1),\ldots,p(s_n))$	het gewicht toegekend aan het resulterend ex post nut in de i-de minst geprefereerde toestand s_i, gegeven dat deze toestand leidt tot een winst en gegeven de kans op alle andere toestanden;
$u(z_i)$	het ex post nut van het i-de minst geprefereerde resultaat (verlies: $z_i < 0$, winst: $z_i > 0$);
n	het aantal mogelijke toestanden in de natuur;

waarbij

$$(25)\quad \Pi_i^- = w^-\left(\sum_{j=1}^{i} p(s_j)\right) - w^-\left(\sum_{j=1}^{i-1} p(s_j)\right),$$

en

$$(26)\quad \Pi_i^+ = w^+\left(\sum_{j=i}^{n} p(s_j)\right) - w^+\left(\sum_{j=i+1}^{n} p(s_j)\right).$$

De gewichtsfuncties voor verliezen Π^- (25) en winsten Π^+ (26) zijn sterk gelijkend op deze beschreven bij de 'rank-dependent' nutstheorie (cfr. (21)).

3.4 Samenvatting

Tabel 1 geeft een samenvattend overzicht van de verschillende nutstheorieën, behandeld in deze sectie. Een meer volledig overzicht kan gevonden worden in Machina (1987; 1989) en Quiggin en Wakker (1994). Een vergelijking van de verschillende theorieën op basis van hun empirische relevantie tenslotte is opgenomen in Harless en Camerer (1994) en Hey en Orme (1994).

<table>
<tr><th></th><th>traditionele nutsfunctie</th><th>niet-traditionele nutsfuntie</th></tr>
<tr><td rowspan="2">lineaire kansen</td><td rowspan="2">VERWACHT NUT
$$EU = \sum_{i=1}^{n} p(s_i) \cdot u(x_i)$$
Auteurs
■ Von Neumann & Morgenstern (1944)
■ Savage (1954)
■ Luce en Raiffa (1957)</td><td>'STATE-DEPENDENT' NUT
$$SDEU = \sum_{i=1}^{n} p(s_i) \cdot u(x_i, s_i)$$
Auteurs
■ Cook & Graham (1977)
■ Marshall (1984)
■ Hirschleifer & Riley (1995)</td></tr>
<tr><td>'REGRET' THEORIE
$$RTEU = \sum_{i=1}^{n} p(s_i) \cdot u(x_{ij}, \overline{X}_{ij})$$
Auteurs
■ Bell (1982)
■ Loomes & Sugden (1987)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">niet lineaire kansen</td><td>SUBJECTIEF VERWACHT NUT
$$SEU = \sum_{i=1}^{n} \Pi(p(s_i)) \cdot u(x_i)$$
Auteurs
■ Edwards (1962)</td><td>'PROSPECT' THEORIE
$$PTEU = \sum_{i=1}^{n} \Pi(p(s_i)) \cdot u(z_i)$$
Auteurs
■ Kahneman & Tversky (1979)
■ Tversky & Kahneman (1986)</td></tr>
<tr><td>SUBJECTIEF GEWOGEN NUT
$$SWEU = \left[\sum_{i=1}^{n} \Pi(p(s_i) \cdot u(x_i)\right] \Big/ \left[\sum_{i=1}^{n} \Pi(p(s_i))\right]$$
Auteurs
■ Karmarkar (1978)</td><td></td></tr>
<tr><td>'RANK-DEPENDENT' NUT
$$RDEU = \sum_{i=1}^{n} \Pi_i[p(s_1), \ldots, p(s_n)] \cdot u(x_i)$$
Auteurs
■ Quiggin (1982)
■ Yaari (1987)</td><td>'CUMULATIVE PROSPECT' THEORIE
$$CPTEU = \sum_{i=1}^{k} \Pi_i^-(p(s_1), \ldots, p(s_n)) \cdot u(z_i) + \sum_{i=k+1}^{n} \Pi_i^+(p(s_1), \ldots, p(s_n)) \cdot u(z_i)$$
Auteurs
■ Tversky & Kahneman (1992)
■ Tversky & Wakker (1995)</td></tr>
</table>

Tabel 1. Overzichtstabel van behandelde nutstheorieën.

Conclusie

In de praktijk worden dikwijls beslissingen genomen waarvan de resultaten a priori niet met zekerheid gekend zijn, maar afhangen van een aantal oncontroleerbare gebeurtenissen die zich ex post met een welbepaalde kans kunnen voordoen. Het meest verspreide beslissingscriterium bij het nemen van dergelijke beslissingen onder risico bestaat uit het maximeren van het verwacht nut. Dit verwacht nut is de gewogen som van het resulterend ex post nut van een actie onder elke mogelijke gebeurtenis, waarbij de (objectieve of subjectieve) kansen op het optreden van deze gebeurtenissen fungeren als wegingsfactoren.

Experimentele studies stelden echter belangrijke inconsistenties vast (paradoxen van Allais, Ellsberg en Machina, 'framing' effecten) tussen het gedrag dat op basis van dit beslissingscriterium wordt verwacht, en de werkelijk geobserveerde beslissingen. Deze vastgestelde tekortkomingen van de theorie van het verwacht nut als descriptief model voor het nemen van beslissingen onder risico, heeft aanleiding gegeven tot een aantal belangrijke uitbreidingen van, en aanpassingen aan deze traditionele nutstheorie.

In dit artikel werd een gestructureerd overzicht gegeven van een aantal van deze alternatieve nutstheorieën in de economische literatuur. Een onderscheid werd hierbij gemaakt naargelang van de traditionele theorie van het verwacht nut werd afgeweken op het vlak van de ex post nutsfunctie ('state-dependent' nut, 'regret' theorie), op het vlak van de wegingsfactoren (subjectief verwacht nut, subjectief gewogen nut, 'rank-dependent' nut) of op beide vlakken ('prospect' theorie, 'cumulative prospect' theorie).

Referenties

Allais, M., "Le Comportement de l'Homme Rationnel devant le Risque: Critique des Postulats et Axiomes de l'Ecole Américaine", *Econometrica* 21(4), 503-546 (1953).

Bell, D., "Regret in Decision Making under Uncertainty", *Operations Research* 30(5), 961-981 (1982).

Cook, P.J. en D.A. Graham, "The Demand for Insurance and Protection: the case of Irreplaceable Commodities", *Quarterly Journal of Economics* 91(1), 143-156 (1977).

Edwards, W., "Subjective Probabilities Inferred from Decisions", *Psychological Review* 69(2), 109-135 (1962),.

Ellsberg, D., "Risk, Ambiguity and the Savage Axioms", *Quarterly Journal of Economics* 75, 643-669 (1961).

Harless, D.W. en C.F. Camerer, "The Predictive Utility of Generalized Expected Utility Theories", *Econometrica* 62(6), 1251-1289 (1994).

Hey, J.D., "The Economics of Optimism and Pessimism. A Definition and some Applications", *KYKLOS* 37(2), 181-205 (1984).

Hey, J.D. en C. Orme, "Investigating Generalizations of Expected Utility Theory using Experimental Data", *Econometrica* 62(6), 1291-1326 (1994).

Hirshleifer, J. en J.G. Riley, *The Analytics of Uncertainty and Information* (Cambridge, Cambridge University Press, 1995).

Kahneman, D. en A. Tversky, "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk", *Econometrica* 47(2), 263-291 (1979).

Karmarkar, U.S., "Subjectively Weigthed Utility: A Descriptive Extension of the Expected Utility Model", *Organisational Behavior and Human Performance* 21, 61-72 (1978).

Karni, E., D. Schmeidler en K. Vind, "On State Dependent Preferences and Subjective Probabilities", *Econometrica* 51(4), 1021-1031 (1983).

Loomes, G. en R. Sugden, "Some Implications of a More General Form of Regret Theory", *Journal of Economic Theory* 41(2), 270-287 (1987).

Luce, R.D. en H. Raiffa, *Games and Decisions* (New York, Wiley, 1957).

Machina, M., "Choice under Uncertainty: Problems Solved and Unsolved", *Journal of Economic Perspectives* 1(1), 121-154 (1987).

Machina, M., "Dynamic Consistency and Non-Expected Utility Models of Choice under Uncertainty", *Journal of Economic Literature* 27(4), 1622-1668 (1989).

Marshall, J.M., "Gambles and the Shadow Price of Death", *American Economic Review* 74(1), 73-86 (1984).

Mass-Colell, A., M.D. Whinston en J.R. Green, *Microeconomic Theory* (New York, Oxford, Oxford University Press, 1995).

McKenna, C.J., *The Economics of Uncertainty* (Brighton, Sussex, Wheatheaf Books, 1986).

Quiggin, J., "A Theory of Anticipated Utility", *Journal of Economic Behaviour and Organization* 3(4), 323-343 (1982).

Quiggin, J. en P. Wakker, "The Axiomatic Basis of Anticipated Utility: A Clarification", *Journal of Economic Theory* 64(2), 486-499 (1994).

Savage, L.J., *The Foundations of Statistics* (New York, Wiley, 1954).

Tversky, A. en D. Kahneman, "Rational Choice and the Framing of Decisions", *Journal of Business* 59(4), S251-S278 (1986).

Tversky, A. en D. Kahneman, "Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty", *Journal of Risk and Uncertainty* 5(4), 297-323 (1992).

Tversky, A. en P. Wakker, "Risk Attitudes and Decision Weights", *Econometrica* 63(6), 1255-1280 (1995).

Von Neumann, J. en O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior* (Princeton, Princeton University Press, 1944).

Yaari, M.E., "The Dual Theory of Choice under Risk", *Econometrica* 55(1), 95-115 (1987).

Summary

Decision makers often have to take decisions without knowing for sure the outcomes of these decisions in advance, as they may crucially depend on a number of uncontrollable events subsequently taking place in nature with a particular probability. The traditional decision criterion for such decisions under risk consists in maximising the expected utility. However, experimental studies found important inconsistencies between the decisions that could (should) be expected based on this decision criterion on the one hand, and the observed decisions on the other hand. This article provides a structured overview of some interesting developments in alternative utility theories that extend or adjust the expected utility framework, and as such omit some of the discrepancies encountered when using the latter.