

XV Krajowa Konferencja Automatyki

Tom I



**Redaktorzy:
Zdzisław Bubnicki
Roman Kulikowski
Janusz Kacprzyk**

XV Krajowa Konferencja Automatyki Tom I



Redaktorzy:
Zdzisław BUBNICKI
Roman KULIKOWSKI
Janusz KACPRZYK

ORGANIZATOR

Komitet Automatyki i Robotyki Polskiej Akademii Nauk
Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk

WSPÓŁORGANIZATORZY

Politechnika Warszawska

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

Polskie Stowarzyszenie Pomiarów, Automatyki i Robotyki

ORGANIZATOR

Komitet Automatyki i Robotyki Polskiej Akademii Nauk
Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk

WSPÓLORGANIZATORZY

Politechnika Warszawska
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów
Polskie Stowarzyszenie Pomiarów, Automatyki i Robotyki

KOMITET PROGRAMOWY

Przewodniczący
Zastępca Przewodniczącego

Zdzisław BUBNICKI
Roman KULIKOWSKI

CZŁONKOWIE

Stanisław BAŃKA
Mikołaj BUSŁOWICZ
Ryszard GESSING
Jakub GUTENBAUM
Stanisław KACZANOWSKI
Janusz KACPRZYK
Józef KORBICZ
Krzysztof KOZŁOWSKI
Krzysztof KUŹMIŃSKI
Krzysztof MALINOWSKI
Antoni NIEDERLIŃSKI
Tadeusz PUCHAŁKA
Stanisław SKOCZOWSKI
Jerzy ŚWIĄTEK
Ryszard TADEUSIEWICZ
Krzysztof TCHOŃ
Jan WĘGLARZ

Michał BIAŁKO
Władysław FINDEISEN
Henryk GÓRECKI
Jerzy JÓZEFczyk
Tadeusz KACZOREK
Jerzy KLAMKA
Zbigniew KOWALSKI
Juliusz L. KULIKOWSKI
Kazimierz MALANOWSKI
Wojciech MITKOWSKI
Władysław PEŁCZEWSKI
Leszek RUTKOWSKI
Roman SŁOWIŃSKI
Andrzej ŚWIERNIAK
Piotr TATJIEWSKI
Leszek TRYBUS
Andrzej P. WIERZBICKI

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący
Zastępcy Przewodniczącego

Roman KULIKOWSKI
Janusz KACPRZYK
Stanisław KACZANOWSKI
Tadeusz KACZOREK
Krzysztof MALINOWSKI
Roman OSTROWSKI
Tadeusz PUCHAŁKA
Dariusz WAGNER
Jan STUDZIŃSKI
Jan W. OWSIŃSKI

Członkowie

Sekretarze naukowci

ISBN 83-89475-00-6

Copyright © Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk
All rights reserved

Druk: ARGRAF, Warszawa

REFERATY PLENARNE

WSPOMAGANIE ZARZĄDZANIA GOSPODARKĄ OPARTĄ NA WIEDZY SYSTEMOWEJ I TEORII STEROWANIA Z UWZGLĘDNIENIEM RYZYKA[†]

Roman KULIKOWSKI

Instytut Badań Systemowych PAN

ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa, e-mail: ibs@ibspan.waw.pl

Streszczenie: Praca dotyczy wspomaganie decyzji organów zarządzających różnymi kapitałami (fiskalnym, naturalnym, ludzkim, intelektualnym) z uwzględnieniem różnych form ryzyka (rynkowego, kredytowego, operacyjnego, itp.). Korzyści wynikające z zainwestowania kapitału w rozważane opcje rozwojowe są oceniane przy pomocy dwuczynnikowej funkcji użyteczności. Pierwszy czynnik wyraża oczekiwany zysk, w oparciu o estymowane prawdopodobieństwo sukcesu, zaś drugi – zysk najgorszego przypadku, gwarantujący przeżycie i uniknięcie ryzyka bankructwa. Rozważane są problemy zarządzania inwestycjami w rozwoju długofalowym i przestrzennym oraz zarządzanie rezerwami kapitałowymi.

Słowa kluczowe: Funkcja użyteczności, ryzyko, inwestycje rozwojowe, prawdopodobieństwo sukcesu.

1. WSTĘP

Głównym wyzwaniem rozwojowym obecnych czasów, związanym z przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej, jest oparcie rozwoju gospodarczego na wiedzy umożliwiającej usprawnienie zarządzania firmami i organizacjami społeczno-ekonomicznymi. Wyzwanie to związane ze wspomaganie decyzji, dotyczących opracowania strategii rozwojowych i sterowania procesami rozwojowymi, stanowi również ważne zadanie dla nauk systemowych, a zwłaszcza teorii sterowania optymalnego i adaptacyjnego.

Wyzwanie to związane jest zwłaszcza z koniecznością opracowania metodologii wspomaganie procesów decyzyjnych, które stanowią podstawę planowania i wyboru strategii rozwojowej, a także procesów zarządzania kapitałami w organizacjach. Wypada przy tym zauważyć, iż zgodnie z nowymi pojęciami kapitału oprócz pojęcia tradycyjnego kapitału fiskalnego (monetarnego), naturalnego (ziemia, zasoby naturalne) i wytworzonego (budowle, maszyny, towary) stosuje się również pojęcie kapitału ludzkiego i intelektualnego.

W świetle tzw. termodynamicznej wizji rozwoju świata [14] kapitały są odpowiednikami energii zaś ziemia zakątkiem wszechświata, w którym koegzystują cha-

otyczne procesy destrukcyjne (miarą których jest entropia) oraz procesy kreatywne, które przez wykonaną pracę prowadzą do koncentracji kapitałów oraz wprowadzenie porządku. Pojęciu kapitału ludzkiego odpowiada energia potencjalna, która może być zamieniona na pracę (wprowadzającą uporządkowanie i koncentrację kapitału) będącą iloczynem mocy i czasu pracy. Moc jest odpowiednikiem efektywności kapitału ludzkiego zaś ilość rozwiązywanych problemów w jednostce czasu charakteryzuje poziom kapitału intelektualnego. Uposażenie, będące ceną wynajmu kapitału ludzkiego jest miarą kosztów pracy ludzi zatrudnionych o danych kwalifikacjach, uzyskiwanych przez proces edukacji oraz doświadczenia produkcyjne. Zwiększenie kapitału ludzkiego można też osiągnąć przez wydłużenie okresu zdolności do pracy drogą inwestycji w ochronę zdrowia tj. profilaktykę i ubezpieczenia zdrowotne.

Podstawowym problemem związanym ze wspomaganie zarządzania kapitałami jest sformułowanie użyteczności, będącej miarą korzyści, jakie przynosi zaangażowanie dysponowanych zasobów kapitałowych w możliwe działania produkcyjne oraz sprzedaż wytworzonych produktów gwarantujących zyski, czyli przyrost posiadanych zasobów. Oprócz korzyści wynikających z przyrostu kapitałów użyteczność winna być również miarą stopnia bezpieczeństwa, tj. przeżycia sytuacji kryzysowych, związanych z ryzykiem utraty kapitałów. Przyjęta koncepcja użyteczności winna także umożliwić ocenę własnego i cudzego prestiżu (kwalifikacji i reputacji) oraz korzyści wynikających z kooperacji i przynależności do organizacji społeczno-ekonomicznych. Określenie funkcji użyteczności nie jest sprawą prostą gdyż zależy w znacznym stopniu od subiektywnych postaw decydentów. Aksjomatyczną koncepcję oczekiwanej użyteczności (EU zaproponowanej przez Bernoulliego) przedsięwzięć obarczonych danym prawdopodobieństwem sukcesu p lub ryzykiem niepowodzenia $1-p$ opracowali J. von Neumann i O Morgenstern [15]. Następnie L.J. Savage [16] wprowadził (w oparciu o nową aksjomatykę) koncepcję subiektywnej użyteczności (SEU) opartą na subiektyw-

nym prawdopodobieństwie sukcesu $s(p)$. Słuszność tej koncepcji potwierdziły badania eksperymentalne psychologów A. Tverskiego i D. Kahneman'a [17], twórców tzw. „prospekt theory”, zgodnie z którą $s(p)$, zwana ważonym prawd. sukcesu, zależy od uwarunkowań decyzyjnych (zwanym „framing of decisions”).

Wykorzystując koncepcję UTR w pracach [6-12] rozpatrywano wspomaganie procesów planowania tj. opracowanie optymalnych strategii i sterowanie rozwoju systemów społeczno-ekonomicznych. Proces planistyczny polega bowiem na selekcji strategicznych celów oraz programów działalności taktycznej (operacyjnej) w oparciu o porównanie oczekiwanych efektów (użyteczności) poszczególnych opcji ze zbioru możliwych alternatyw. Strategie, podejmowane zwykle na wyższych poziomach struktur zarządzania, dotyczą zwłaszcza alokacji kapitałów (budżetu i zatrudnienia) z długookresowym (np. rocznym) horyzontem czasowym. Procesy zarządzania taktycznego (zachodzące zwykle na niższych szczeblach struktury organizacyjnej) mają na celu sterowanie bieżące rozdziałem zasobów kapitałowych w oparciu o podjęte i realizowane decyzje strategiczne.

Sterowanie bieżące zarówno w systemach technicznych jak i biologicznych i społecznych, zgodnie z cybernetyczną koncepcją N. Wiener'a, zachodzi w oparciu o tzw. system informatyczny ze sprzężeniem zwrotnym. W systemie tym zauważone błędy (odchylenia) w realizacji celów inicjują działania korekcyjne (kontrolne).

Należy także zauważyć, iż dla zwiększenia użyteczności zarządzania (przez wspomaganie wyboru optymalnych decyzji strategicznych i taktycznych) konieczna jest redukcja ryzyka przez pobór informacji i zmniejszenie niepewności, która warunkuje procesy decyzyjne drogą edukacji i samouczenia.

W przypadku zarządzania taktycznego można tu zwłaszcza wykorzystać metodologię sterowania adaptacyjnego, w której informacje o zmiennych losowo parametrach obiektu sterowanego są oceniane w oparciu o tzw. miarę informacji R. Fisher'a [1], a także metodologię opisaną w pracach Z. Bubnickiego [2], dotyczącą zarządzania kompleksami operacji uwzględniającej niepewność (uncertainty) oceny parametrów w kompleksie operacji.

W niniejszej pracy rozważane są też problemy zarządzania kapitałami w rozwoju długofalowym i przestrzennym (co staje się ważne w warunkach globalizacji). Rozważane są tu też problemy zarządzania rezerwami kapitałowymi przez finansowanie działań edukacyjnych oraz prewencyjnych, których celem jest redukcja zagrożeń i strat kapitałowych. Dla oceny tych strat wprowadzono funkcję nieużyteczności (disutility) rozwojowej. W oparciu o tą funkcję możliwe jest wspomaganie decyzji dotyczących podziału rezerw kapitałowych na działalność prewencyjno-ubezpieczeniową redukującą możliwe straty kapitałowe.

Tworzona w powyższy sposób metodologia wspomagania zarządzania kapitałami przedsiębiorstw i organizacji

winna przyczynić się do wdrażania wiedzy, wspomaganie innowacyjności i konkurencyjności gospodarki oraz wzrostu dobrobytu kraju w ramach UE.

2. UŻYTECZNOŚĆ TRWAŁEGO ROZWOJU

Funkcja użyteczności trwałego rozwoju $U(x) = F[Zx, Y]$, wprowadzona w pracy [5], zależy od dwóch czynników:

1. $Zx = PRx$, gdzie $R = E\{\tilde{R}\}$ jest oczekiwaną stopą zwrotu w danym okresie (1 roku) zainwestowanego kapitału I , tj. $R = (P_m - I) : I$, $I = xP$ jest częścią posiadanych zasobów kapitałowych inwestora P , \tilde{R} zmienną losową z wariancją $Var[\tilde{R}] = \sigma^2$.
2. $Y = Z - \kappa\sigma P$ reprezentuje zysk najgorszego przypadku, gdzie κ jest parametrem określającym subiektywną wagę jaką inwestor przypisuje ryzyku (wyrażonym przez σ).

Zmienne Zx , Y są wyrażone w jednostkach monetarnych. Aby wartość U nie uległa zmianie przy zmianie jednostek (np. zamianie zł na 100 gr) funkcja F musi być jednorodna (tzw. „constant return to scale”). Typową funkcją tego typu jest funkcja Cobb-Douglas'a, tj.

$$U(x) = F[Zx, Y] = PRS^{1-\beta} x^\beta, \quad \beta \in [0,1] \quad (1)$$

gdzie parametr

$$S = 1 - \kappa \frac{\sigma}{R} \quad (2)$$

jest zwany indeksem bezpieczeństwa, zaś β subiektywnym parametrem charakteryzującym wewnętrzną motywację czyli przedsiębiorczość inwestora.

Dla oceny R i S można wykorzystać prosty (dwupunktowy) model rozkładu prawdopodobieństwa sukcesu:

$$\tilde{R} = R_u \text{ z prawdopodobieństwem } p,$$

$$\tilde{R} = R_d = 0 \text{ z prawdopodobieństwem } 1 - p.$$

Zgodnie z tym modelem

$$R = pR_u, \quad S = 1 - \kappa \sqrt{\frac{1}{p} - 1}. \quad (3)$$

Określenie subiektywnych parametrów κ i β wymaga zastosowania procedury zwanej skalowaniem użyteczności. Zgodnie z procedurą skalowania określenie parametru κ wymaga oceny dolnej granicy prawdopodobieństwa sukcesu \bar{p} (koniecznego dla przeżycia najgorszego przypadku) w którym oczekiwany zysk $PR_u \bar{p}$ przy $x=1$ oraz rezerwy kapitałowe A wystarczają na pokrycie minimalnych potrzeb i zobowiązań inwestora (np. spłaty zaciągniętych pożyczek) tj. $PR_u \bar{p} + A = L_m$. Skąd

$$\bar{p} = \lambda/R_u, \quad \lambda = \frac{L_m - A}{P}. \quad (4)$$

Wartość \bar{p} umożliwia również określenie dolnej granicy indeksu $S \triangleq S_o$; $S_o = 1 - \kappa \sqrt{1/p} - 1$. Zakładając, iż dla $p = \bar{p}$ obniżona użyteczność

$$U_o(x) = PR_u \bar{p} S_o^{1-\beta} x^\beta$$

jest równoważna inwestycji z minimalnym zwrotem R_F i $S=1$, tj. ryzykiem równym zero (jaką posiadają obligacje skarbowe) czyli

$$U_o(x) = U_F(x) = PR_F x^\beta$$

mamy

$$S_o = \left(R_F / \lambda \right)^\gamma, \quad \gamma = \frac{1}{1-\beta}, \quad (5)$$

oraz

$$\kappa(\lambda) = (1 - S_o) : \sqrt{1/p} - 1 = \left[1 - \left(R_F / \lambda \right)^\gamma \right] \sqrt{\frac{\lambda}{R_u - \lambda}}, \quad (6)$$

$$S = 1 - \kappa(\lambda) \sqrt{1/p} - 1. \quad (7)$$

Identyfikacja subiektywnego parametru β jest możliwa w oparciu o dwie zasady:

1. Ekwivalent pewności: lokata kapitału xP w działalność obciążoną ryzykiem winna mieć równoważną użyteczność do lokaty $x_F P$ w obligacje skarbowe, czyli

$$PRS^{1-\beta} = PR_F X_F^\beta,$$

skąd

$$\frac{x_F}{x} = S^{\frac{1-\beta}{\beta}} \left(R / R_F \right)^{1/\beta}. \quad (8)$$

2. Optymalizacja retencji h : tj. podział przyrostu dochodów ΔP na działalność produkcyjną z ryzykiem i

$$U(h) = \Delta PRS^{1-\beta} h^\beta, \quad h = \Delta I / \Delta P,$$

oraz rezerwę (w obligacje skarbowe) z $U_F(1-h) = \Delta PR_F (1-h)^\beta$, w ten sposób by osiągnąć

$$\begin{aligned} \max_h [U(h) + U_F(1-h)] &= \\ &= \max_h \Delta P [RS^{1-\beta} h^\beta + R_F (1-h)^\beta] \end{aligned}$$

Optymalną strategię h określa równanie

$$\frac{h}{1-h} = S \left(R / R_F \right)^{\frac{1}{1-\beta}}. \quad (9)$$

Jeśli x_F/x oraz $h/(1-h)$ są określone intuicyjnie to z (8) i (9) wynika iż

$$\beta = \left[1 + \frac{\ln \frac{x_F/x}{h}}{\ln \frac{h}{1-h}} \right]^{-1}. \quad (10)$$

Jak wynika z (8) oraz (9) x_F/x oraz $\frac{h}{1-h}$ rosną wraz z

S . Gdy decydent uważa, iż $x_F/x = \frac{h}{1-h}$, to jego

$\beta = 1/2$. Gdy powiększa się zagrożenie strat kapitału decydent uważa, iż retencja rezerw winna być większa.

Wtedy $h/(1-h)$ oraz β maleją. W przypadku gdy decydent uważa, iż powstają korzyści produkcyjne $h/(1-h)$ oraz β rosną. Zatem gdy intuicyjne odczucia decydenta powodują iż $x_F/x \geq h/(1-h)$ to $\beta \leq 1/2$.

Przedstawiając funkcję użyteczności (1) w postaci $U(x) = s(p) PR_u x^\beta$, wartość $s(p) = pS^{1-\beta}$ można nazwać prawdopodobieństwem subiektywnym lub prawdopodobieństwem ważonym. Należy też zauważyć iż:

dla dużych p i λ wartość $S < 1$ zaś $s(p) < p$,

dla małych p i λ wartość $S > 1$ zaś $s(p) > p$,

co jest zgodne z teorią prospektu A. Tverskiego i D. Kahneman'a [17].

Znajomość $s(p)$ umożliwia decydom wspomaganie decyzji dotyczących zarządzania posiadanymi kapitałami. Umożliwia także doradcom finansowym (maklerom giełdowym) wspomaganie decyzji swoich klientów, zgodnie z ich odczuciami, pod warunkiem, iż są w stanie zidentyfikować ważne subiektywnie prawdopodobieństwa $s(p)$ klientów.

Przedstawiona powyżej koncepcja użyteczności dotyczy głównie tzw. ryzyka rynkowego (związanego z losowym charakterem \tilde{P}_m o wartości oczekiwanej $P_m = E\{\tilde{P}_m\}$). W pracy [11] przedstawiono rozszerzenie tej koncepcji na tzw. ryzyko operacyjne, które charakteryzują losowo zmienne koszty działalności firm i przedsiębiorstw. Ryzyko operacyjne zależy również od powstających konfliktów wewnątrz przedsiębiorstwa (np. strajków wynikających z niesprawiedliwego podziału obowiązków i wynagrodzeń wśród członków załogi).

Z powyższych względów w pracy [11] wyznaczono optymalne strategie podziału obowiązków i wynagro-

dzeń. Stosując omawianą metodologię w pracach [11, 12] wyznaczono również optymalne strategie kooperacji z partnerami zewnętrznymi. Chodzi bowiem zwykle o negocjowany podział zysków pomiędzy kooperującymi jednostkami (np. instytutem badawczym i przedsiębiorstwem przy opracowaniu i wdrażaniu projektów innowacyjnych).

Przedstawiona powyżej metodologia pozwala również określić użyteczność rozwoju długofalowego w czasie i przestrzeni.

Z badań dynamiki rozwoju przestrzennego (por. np. R. Domański [4]) wynika iż możliwe opcje rozwojowe charakteryzują się zwykle dwoma okresami (fazami) rozwoju.

Pierwsza faza, zwana wzrostem wykładniczym w czasie $[0, t_0]$, jest wspomagana przez tzw. korzyści skali (synergii), czyli obniżanie jednostkowych kosztów produkcji, wynikające ze wzrostu rozmiarów produkcji oraz ze wzrostu popytu na nowe produkty.

Wzrost wykładniczy nie może zwykle ciągnąć się w nieskończoność, gdyż pojawiają się ujemne korzyści skali, wynikające z nadmiernej koncentracji (zatłoczenia, zanieczyszczenia środowiska itp.), zwane też barierami wzrostu.

Barierę tę powodują zmniejszenie tempa wzrostu zaś wykładnicza faza rozwoju przechodzi w fazę opisaną krzywą logistyczną S - kształtną.

Aby opisać powyższą dynamikę rozwojową założmy, iż w fazie wzrostu wykładniczego przyrost kapitału opisany jest funkcją $y(t)$, $t \in [0, t_0]$, ze stopą zwrotu $R(t) = \frac{\dot{y}(t)}{y(t)} = R_0 = p_0 R_u = const$. Mamy więc

$$y(t) = y(0)e^{R_0 t}, \quad t = 1, 2, \dots, t_0 \quad (11)$$

W drugiej fazie ($t \geq t_0$), w której zanikają korzyści skali, oczekiwaną stopę zwrotu można opisać przez równanie:

$$R(t) = \frac{\dot{y}(t)}{y(t)} = R_0 [1 - ay(t)] \quad (12)$$

gdzie parametr $a < 1/y_0$, ($y_0 = y(t_0)$) określa wielkość barier wzrostu. Rozwiązaniem równania (12) dla $t \geq t_0$ jest funkcja logistyczna

$$y(t) = [a + Ce^{-R_0 t}]^{-1}, \quad C = \left[\frac{1}{y_0} - a \right] e^{R_0 t_0}, \quad (13)$$

zaś

$$R(t) = R_0 [1 + C^* e^{R_0 (t-t_0)}]^{-1}, \quad t \geq t_0 \quad (14)$$

gdzie

$$C^* = \frac{a}{\frac{1}{y_0} - a}$$

Jednym z ważnych problemów przy ocenie dynamiki rozwojowej przy malejącym $R(t)$ jest określenie okresu opłacalnej produkcji (T_1), tj. czasu w którym prawdopodobieństwo sukcesu $p(T_1)$ nie spada poniżej dolnej granicy \bar{p} . Z warunku $R(T_1) = R_u \bar{p}$ mamy

$$T_1 = \frac{1}{R_0} \ln \frac{R_0 / R_u \bar{p} - 1}{C^*} + t_0 \quad (15)$$

Wartość użyteczności dla całego okresu $[0, T_1]$ można ocenić dyskontując strumień dochodów (oceniany przez $U_1(x)$) ze stopą dyskontową k . Wartość k można określić przyrównując wartość obecną PV_1 (present value) zysków za jeden okres tj.

$$PV_1 = \frac{PR_u P_0}{1+k}$$

do wartości

$$U_1(1) = PR_u P_0 S^{1-\beta}$$

Skąd $S^{1-\beta} = \frac{1}{1+k}$. Zatem stopa dyskontowa

$$k = \frac{1}{S^{1-\beta}} - 1. \quad (16)$$

Przy wzroście wykładniczym PV_{t_0} dla strumienia zysków w okresie $[1, t_0]$ wynosi

$$PV_{t_0} = \sum_{t=1}^{t_0} \frac{PR_u P_0}{(1+k)^t}$$

więc wartość zdyskontowanej w okresie $[1, t_0]$ użyteczności

$$U_{t_0}(x) = \sum_{t=1}^{t_0} \frac{U_1(x)}{(1+k)^{t-1}} = U_1(x) \sum_{t=1}^{t_0} [S^{1-\beta}]^{t-1}. \quad (17)$$

3. NIEUŻYTECZNOŚĆ OCZEKIWANYCH STRAT I ZAGROŻEŃ

Analizowane powyżej problemy zarządzania posiadanym kapitałem P dotyczyły działalności w sferze produkcyjno-rozwojowej, których miarą jest użyteczność (1). Uzyskiwana w ramach tej działalności część dochodu $\Delta P(1-h)$ jest przeznaczana na powiększanie kapitału rezerwowego, który oznaczamy przez K_r . Zarządzanie kapitałem K_r jest związane z pokryciem strat i działań prewencyjno-ubezpieczeniowych, które są wywołane przez naturalne siły destrukcyjne (np. pożary,

powodzie, huragany), awarie i katastrofy systemów, choroby, kradzieże majątku itp.

Dla oszacowania oczekiwanych strat kapitałowych można wprowadzić dwuczynnikową funkcję nieużyteczności $D(x_i)$ (disutility of losses):

$$D(x_i) = F[K_r R_i x_i; K_r R_i + \kappa_i \sigma] = K_r R_i S_i^{1-\beta} x_i^\beta, \quad (18)$$

$$x_i = \frac{K_e}{K_r}$$

gdzie K_e - wartość kapitału zagrożonego (endangered capital), którą przy $x_i \leq 1$ są w stanie pokryć posiadane rezerwy K_r .

Aby umożliwić minimalizację nieużyteczności łącznej (dla N zagrożeń) opisanej przez $D_i(x_{ii})$, gdzie $\sum_{i=1}^N x_{ii} = 1$, zakładamy, iż funkcje $D_i(x_{ii})$ są wypukłe, czyli $\beta > 1$.

Oczekiwaną stopę strat R_i określamy zgodnie z modelem rozkładu dwupunktowego:

$$R_i^u = 1 - \frac{\bar{K}_e}{K_e} > 0, \text{ z prawdopodobieństwem strat } p_i,$$

$$R_i^d = 0, \text{ z prawdopodobieństwem } 1 - p_i,$$

gdzie \bar{K}_e jest wartością K_e po wypadku (jeśli np. po wypadku wartość rozbitego samochodu (\bar{K}_e) jest bliska wartości przed wypadkiem (K_e) to stopa strat R_i^u jest bliska zeru).

Wartość oczekiwanej stopy strat zależy od prawdopodobieństwa p_i , tj.

$$R_i = p_i R_i^u, \quad (19)$$

zaś indeks bezpieczeństwa:

$$S_i = 1 + \kappa_i \sqrt{\frac{1}{p_i} - 1}, \quad \kappa_i = (\bar{S}_i - 1) : \sqrt{\frac{1}{p_i} - 1}, \quad (20)$$

gdzie \bar{p}_i jest górną granicą prawdopodobieństwa strat tj. $p_i \leq \bar{p}_i$.

Wynika stąd, iż S_i rośnie wraz ze spadkiem p_i zaś wartość

$$D(x_i) = K_r \frac{R_i}{S_i^{\beta-1}} x_i^\beta \quad (21)$$

maleje gdy S_i oraz \bar{K}_e rosną.

W pracy [6] opisano procedurę skalowania (identyfikacji) parametrów κ_i i β funkcji $D(x_i)$ oraz metodologię optymalnego podziału kapitału K_r na działalność

prewencyjną i ubezpieczeniową zagrożonych zasobów kapitałowych.

4. WSPOMAGANIE DECYZJI DOTYCZĄCYCH WYBORU UCZELNI I ZATRUDNIENIA

Dla wyrażenia użyteczności wynikającej z zatrudnienia osoby z ukończoną szkołą średnią i wynagrodzeniem w , przy rocznym koszcie utrzymania (traktowanym jako wartość zainwestowanych zasobów) równym m , stopę zwrotu definiujemy jako

$$\tilde{R} = \begin{cases} R_u = \frac{w-m}{m} > 0, & \text{z prawd. sukcesu } p \\ R_d = 0, & \text{z prawd. } 1-p \end{cases}$$

Zatem, zgodnie z koncepcją UTR, użyteczność zatrudnienia

$$U(x) = PRS^{1-\beta} x^\beta, \quad x = m/p,$$

$$R = pR_u; \quad S = 1 - \kappa \sqrt{\frac{1}{p} - 1}, \quad \kappa = (1 - S_o) : \sqrt{\frac{1}{p} - 1}$$

Jeśli zatrudnienie jest kontynuowane aż do emerytury (w czasie T) to użyteczność zdyskontowana (zgodnie z (17)):

$$U_T(x) = PR_u p S_T^{1-\beta} x^\beta, \quad S_T^{1-\beta} = \sum_{t=1}^T S^{(1-\beta)t}. \quad (22)$$

Prawdopodobieństwo zatrudnienia oraz wysokość wynagrodzenia zależy również od specjalizacji i poziomu wykształcenia. Dlatego osoby z wykształceniem średnim rozważają korzyści wynikające z ukończenia szkoły wyższej (po T_o latach studiów z wysokością czesnego równą c). Dla określenia tej użyteczności należy wyznaczyć wartość terażniejszą (PV) strumieni kosztów i dochodów, tj.:

a. utrzymania i kosztów edukacji (ze stopą dyskonta $k = R_F$):

$$PV(m+c) = (m+c) \sum_{t=1}^{T_o} (1+k)^{-t}.$$

b. dochodów, ze stopą zwrotu $R_{ue} = \frac{w_e}{m} - 1$, oraz

$$k = \frac{1}{S}^{1-\beta} - 1$$

$$PV(mR_{ue} p_e) = mR_{ue} p_e \sum_{t=T_o+1}^T (1+k)^{-t} =$$

$$= (w_e - m) p_e (S_T^*)^{1-\beta}$$

gdzie

$$(S_T^*) = \sum_{t=T_o+1}^T S^{(1-\beta)t}.$$

Wartość NPV (net present value) strumienia dochodów po odliczeniu kosztów wynosi

$$NPV = PV(mR_{ue}p_e) - PV(m+c) = \\ = PV(m+c)R_{ue}^*p_e(S_T^*)^{1-\beta},$$

gdzie

$$R_{ue}^* = \frac{w_e - m}{PV(m+c)} - [p_e(S_T^*)^{1-\beta}]^{-1}.$$

Zatem użyteczność zatrudnienia netto (po odliczeniu kosztów)

$$U_T^*(x) = PR_{ue}^*p_e(S_T^*)^{1-\beta}x^\beta, \quad x = \frac{PV(m+c)}{P}. \quad (23)$$

Estymację prawd. sukcesu (p_e) dla rozważanej specjalizacji można dokonać posługując się danymi statystycznymi, określającymi liczbę osób przyjętych na studia, liczbę absolwentów oraz liczbę osób zatrudnionych w rozważanym regionie. Prawdopodobieństwo to określają trzy losowe zdarzenia A (zatrudnienie), B (ukończenie studiów) i C (zdanie egzaminu wstępnego na wyższą uczelnię).

Ponieważ $p(A \cap B \cap C) = p(A|B \cap C)p(B|C)p(C)$, prawd. warunkowe uzyskania zatrudnienia:

$$p(A|B \cap C) = \frac{p(A \cap B \cap C)}{p(B|C)p(C)}$$

gdzie $p(B|C) = \frac{p(B \cap C)}{p(C)}$ jest prawd. warunkowym

uzyskania dyplomu (po zdaniu egzaminu wstępnego). Jako konkretny przykład rozważmy uczelnię wyższą z wydziałem informatyki. Jeśli z danych statystycznych (zebranych przez tzw. biuro karier uczelni) wynika, że 95% kandydatów na studia (którzy uzyskali wysoką ocenę z matematyki na maturze) zdaje egzamin wstępny to $p_1(C) = 0.95$.

Jeśli zatem kandydat o dobrym przygotowaniu z matematyki pragnie określić swoje prawdopodobieństwo ukończenia studiów na wydziale informatyki $p_1(B|C)$ oraz zatrudnienia $p_1(A|B \cap C)$, winien wziąć pod uwagę dane statystyczne, którymi dysponuje biuro karier. Jeśli np. $p_1(B \cap C) = 0.9$ oraz $p_1(A \cap B \cap C) = 0.85$ to może on określić prawd. warunkowe ukończenia studiów $p_1(B|C) = \frac{0.9}{0.95} = 0.947$, oraz prawd. warunkowe w uzyskaniu zatrudnienia

$$p_{e1} = p_1(A|B \cap C) = \frac{0.85}{0.947 \cdot 0.95} = 0.945.$$

Jeśli kandydat na studia bierz także pod uwagę możliwość zatrudnienia w różnych regionach (krajach UE), gdzie $\frac{w_i}{m} = R_{ui} + 1$, musi on pozyskać informację o

wysokości dochodów (w_i) w stosunku do kosztów utrzymania zagranicą (m).

Należy zauważyć, iż od rozwoju systemu edukacyjnego (złożonego z uczelni państwowych i prywatnych) zależy rozwój gospodarki kraju opartej na wiedzy. Dla zwiększenia użyteczności rozwojowej uczelnie winny tworzyć specjalizacje oparte na nowoczesnej wiedzy i popycie na rynku pracy. Dla oceny tych użyteczności należy wprowadzić stopę zwrotu, wynikającą z przyjęcia na studia pojedynczego studenta:

$$\tilde{R} = \begin{cases} R_u = \frac{c}{c_o} - 1 > 0, & \text{z prawd. } p, \\ R_d = 0, & \text{z prawd. } 1-p. \end{cases}$$

gdzie c – wysokość czesnego, c_o – koszty operacyjne przypadające na jedno z n miejsc na uczelni.

Przyjmując dwumianowy model funkcji rozkładu prawdopodobieństwa sukcesu uczelni, którego estymator największej wiarygodności $p = \frac{k}{n}$, gdzie k – liczba oczekiwanych sukcesów (studentów w rozważanym roku akademickim), można także określić $\bar{p} = \frac{\bar{k}}{n}$, gdzie \bar{k} – liczba minimalna studentów umożliwiająca uniknięcia bankructwa. Zatem użyteczność UTR uczelni

$$U(x) = PR_u k S^{1-\beta} x^\beta, \quad x = I/p, \quad I = n c_o. \quad (24)$$

$$S = 1 - (1 - S_o) \sqrt{\left(\frac{n}{k} - 1\right) : \left(\frac{n}{\bar{k}} - 1\right)}, \quad S_o = \left(\frac{R_f}{\bar{p} R_u}\right)^{\frac{1}{1-\beta}}.$$

Aby wyznaczyć użyteczność opcji (specjalizacji) uczelni (oznaczonych przez B_i , $i = 1, 2, \dots, N$), które tworzą układ zupełny zdarzeń w przestrzeni probabilistycznej, prawdopodobieństwo sukcesu (oznaczone przez $p(A)$) wyraża wzór

$$p(A) = \sum_{i=1}^N p(A|B_i)p(B_i),$$

gdzie $p(B_i)$ wyrażają prawdopodobieństwa a priori sukcesu opcji B_i . Wykorzystując twierdzenie Bayes'a można określić prawdopodobieństwo a posteriori sukcesu i -tej opcji

$$p(B_i|A) = \frac{p(A|B_i)p(B_i)}{p(A)}, \quad i = 1, \dots, N).$$

W przypadku, gdy liczba kandydatów (k_i) na rozważanych dwóch specjalizacjach (kierunkach studiów) jest nie w pełni znana można przyjąć $p(B_1) = p(B_2) = 1/2$. Aby obniżyć aprioryczną niepewność (co do wyboru specjalizacji przez studentów) biuro karier uczelni winno zasięgnąć informacji (np. przez portal internetowy) co do liczby zainteresowanych kandydatów. Gdy np. okaże się, iż 60% kandydatów chce studiować B_1 , a

20% B_2 to $p(A|B_1) = 0.6$, $p(A|B_2) = 0.2$. Wykorzystując te dane można wyznaczyć prawdopodobieństwa a posteriori $p(B_1|A)$, $p(B_2|A)$. Ponieważ $p(A) = 0.6 \cdot 0.5 + 0.2 \cdot 0.5 = 0.4$ otrzymujemy

$$p(B_1|A) = \frac{0.6 \cdot 0.5}{0.4} = 0.75,$$

$$p(B_2|A) = \frac{0.2 \cdot 0.5}{0.4} = 0.25.$$

Jeśli w rozważanym regionie z danych statystycznych wynika, iż oczekiwana całkowita liczba kandydatów na studia wyniesie M , to oczekiwane liczby studentów na rozważanych kierunkach studiów wyniosą

$$k_1 = p(B_1|A)p(A)M = 0.3M,$$

$$k_2 = p(B_2|A)p(A)M = 0.1M.$$

Jeśli $k_2 < \bar{k}$ uruchomienie specjalizacji B_2 może nie przynieść korzyści w rozwoju uczelni. Aby zwiększyć k_2 uczelnia winna (na konkurencyjnym rynku edukacyjnym) dążyć do obniżenia czesnego oraz nawiązując kontakty (poprzez biuro karier) z potencjalnymi pracodawcami zwiększać prawdopodobieństwo zatrudnienia absolwentów specjalności B_2 .

Abstract: The paper is concerned with decision support in management of different forms of capital and risk involved. The benefits resulting from capital investment, in different development options, are evaluated by two factors utility function expressing expected profit and safety, i.e. avoidance of bankruptcy risk.

Literatura

- [1] Banek T, Kulikowski R. (2003) Management of intellectual capital. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Sci. Tech.* Vol. 51, No. 2.
- [2] Bubnicki Z. (2002) Teoria i algorytmy sterowania. PWN, Warszawa.
- [3] Francis J.C. (1991) Investments – analysis and management. McGraw-Hill, New York.
- [4] Domański R. (2004) Geografia ekonomiczna. Ujęcie dynamiczne. WPN, Warszawa.
- [5] Kulikowski R. (1998) Portfolio optimization: two factors-utility approach, *Control and Cybernetics*, 27, No 2.
- [6] Kulikowski R. (2002) URS methodology – a tool for stimulation of economic growth by innovations. *Bulletin of Polish Academy of Sciences, Sci. Tech.* 50, No 1.
- [7] Kulikowski R. (2002) Wspomaganie zarządzania przez maksymalizację użyteczności w granicach dopuszczalnego ryzyka. XIV Krajowa Konferencja Automatyki, 24-27.VI.
- [8] Kulikowski R. (2003) Acceleration of economic growth by technological change and knowledge management. *Bulletin of Polish Academy of Sciences, Sci. Tech.* 51, No 3.
- [9] Kulikowski R. On general theory of risk management and decision support systems (ibid).
- [10] Kulikowski R. (2004) *Risk and utility of sustainable development*. In: Grzegorzewski P., Krawczak M., Zadrożny S. (eds). Soft computing – tools, techniques and application.
- [11] Kulikowski R. (2004) *Management support by knowledge using the concept of utility of sustainable development*. In: Proceedings of the 15th International Conference on Systems Science, Wrocław.
- [12] Kulikowski R. (2004) Wspomaganie zarządzania kapitałami z uwzględnieniem Ryzyka. Raport badawczy RB/7/2004, Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa.
- [13] Kruś L. (2004) *Analiza współpracy we wspólnych przedsięwzięciach innowacyjnych*. W: Badania operacyjne i systemowe, 2004. Podejmowanie decyzji. Podstawy metodyczne i zastosowania. EXIT, Warszawa.
- [14] Prigogine J., Stengers. (1990). Z chaosu ku porządkowi. Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa.
- [15] Von Neumann J., Morgenstern O. (1953). Theory of games and economic behaviour. Princeton Univ. Press.
- [16] Savage L.J. (1954). The foundations of statistics. New York, Wiley.
- [17] Tversky A., Kahneman O. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science* 211, 453-480.



**Instytut Badań Systemowych
Polskiej Akademii Nauk**

ISBN 83-89475-02-2