



POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

**ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA
TECHNOLOGII I SYSTEMÓW
INFORMATYCZNYCH**

pod redakcją:

Jana Studzińskiego

Ludostawa Drelichowskiego

Olgierda Hryniewicza



**ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII
I SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH**

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

Seria: BADANIA SYSTEMOWE
tom 28

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. Jakub Gutenbaum

Warszawa 2001

ROZWÓJ I ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII I SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH

pod redakcją

Jana Studzińskiego, Ludosława Drelichowskiego
i Olgierda Hryniewicza

Wydano z wykorzystaniem dotacji KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH

Książka zawiera wybór artykułów poświęconych omówieniu aktualnego stanu badań w kraju w zakresie rozwoju technologii, modeli i systemów informatycznych oraz ich zastosowań w różnych dziedzinach gospodarki narodowej. Wyodrębnioną grupę stanowią artykuły aplikacyjne omawiające wyniki projektów badawczych i celowych KBN.

Recenzenci artykułów:

Dr hab. inż. Ryszard Budziński, prof. US

Prof. dr hab. inż. Janusz Kacprzyk

Dr hab. Adam Kopiński, prof. AE we Wrocławiu

Doc dr hab. inż. Marek Libura

Prof. dr hab. inż. Andrzej Straszak

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2001

ISBN 83-85847-59-6

ISSN 0208-8028

Rozdział 6

**Modele, metody i systemy
informatyczne będące wynikiem
prac badawczych KBN**

METODOLOGIA OCENY PROJEKTÓW INNOWACYJNYCH NA PRZYKŁADZIE PROJEKTU CELOWEGO REALIZOWANEGO W MPWIK W RZESZOWIE

Roman Kulikowski, Lech Kruś, Jan Studziński
Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania
Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa
krus@ibspan.waw.pl

In the paper a new method supporting the evaluation of innovative research projects is presented. The projects considered are evaluated in respect to the estimated risk of success of realisation, to the costs needed for their realisation and to the financial benefits that are expected in the future. Some numerical algorithms and a computer program for the quantitative estimation of the above parameters are proposed. The method has been tested on the example of a real research project that has been realised in the waterworks in Rzeszów. The positive results reached from this exemplary application create the hope that the method could be used as a supporting tool by the evaluation and qualification of research projects that are considered in KBN (Scientific Research Ministry).

1. Wprowadzenie

Praca dotyczy ilościowego szacowania ryzyka powodzenia i przewidywanych efektów finansowych związanych z realizacją złożonych przedsięwzięć innowacyjnych. Przedsięwzięcia takie charakteryzują się następującymi cechami: ze względu na innowacyjny charakter, ich realizacja jest obciążona dużym ryzykiem niepowodzenia; koszty realizacji są stosunkowo wysokie; czas realizacji jest stosunkowo długi – zwykle kilkuletni; w przypadku sukcesu realizacji można oczekiwać dużych dochodów związanych ze sprzedażą produktów projektu. W obecnej rzeczywistości gospodarki rynkowej uruchomienie złożonych projektów innowacyjnych wymaga zwykle również zaangażowania kilku podmiotów prawnych mających różne cele i pozostających wobec siebie w stosunku partnersko-konkurencyjnym. Te podmioty, to strona finansująca projekt (np. bank), realizator projektu (np. jednostka naukowo-badawcza) i odbiorca produktu końcowego (np. przedsiębiorstwo lub rynek). Celem strony finansującej projekt jest minimalizacja kosztów i maksymalizacja oczekiwanych zysków. Celem realizatora jest maksymalizacja kosztów i wydłużanie czasu realizacji. Celem odbiorcy produktu końcowego jest minimalizacja czasu realizacji i maksymalizacja spodziewanych korzyści ekonomicznych lub eksploatacyjnych. Ta wzajemna rywalizacja celów powoduje, że ostateczna organizacja

projektu jest rezultatem zwykle długiego procesu negocjacyjnego między przyszłymi partnerami, a ustalone ostatecznie parametry projektu (koszty, czas realizacji, spodziewane korzyści) są kompromisowym wynikiem tych negocjacji. Autorom artykułu wydaje się, że nie było dotychczas metodologii umożliwiającej dokonywanie dokładnych ilościowych oszacowań wyżej wymienionych parametrów projektów innowacyjnych z uwzględnieniem ryzyka. Prowadzone w takich sytuacjach procesy negocjacyjne mają przede wszystkim charakter jakościowy, ale ustalane w ich wyniku parametry projektów są już wartościami liczbowymi, określanymi zgrubnie na podstawie doświadczenia uczestników negocjacji. Nie jest to sytuacja poprawna szczególnie w przypadku projektów innowacyjnych, gdy z założenia brakuje odpowiedniego doświadczenia, a koszty projektów są wysokie. Dlatego w Instytucie Badań Systemowych PAN opracowano metodologię (Kulikowski, 2000, 2001), (Kruś, 2000) ilościowego szacowania ryzyka powodzenia i przewidywanych efektów finansowych, związanych z realizacją złożonych przedsięwzięć innowacyjnych. Jednocześnie postanowiono sprawdzić jej skuteczność na konkretnym przykładzie już zrealizowanego projektu celowego KBN. Przedstawia się do rozważenia ideę zastosowania opracowanej metodologii właśnie w KBN, jako narzędzia wspomagającego ocenę i uruchamianie dużych projektów badawczych o charakterze innowacyjnym.

2. Podstawy metodologiczne

2.1. Założenia

Projekt badawczy oceniany jest w danym horyzoncie czasowym T_1 . W ramach tego horyzontu czasu rozpatrujemy okres inwestowania $[0, T]$, oraz okres $(T, T_1]$, w którym już zrealizowany projekt przynosi efekty. W celu porównania nakładów i efektów należy sprowadzić ich wartość do chwili obecnej. Zakładając, że strumień inwestycji ma wartość P_0 PLN/rok (stałą w okresie inwestowania), przy założonej, stałej stopie dyskonta r , wartość nakładów inwestycyjnych sprowadzoną do chwili początkowej (ang. *present value*), zależną od czasu trwania realizacji projektu, można wyznaczyć z zależności:

$$P_0(T) = \int_0^T P_0 e^{-rt} dt,$$

Przewidywane efekty projektu sprowadzone do chwili początkowej (*present value*) przyjmą wartość:

$$P_1(T, T_1) = \int_T^{T_1} P_1 e^{-r_a t} dt,$$

gdzie P_1 oznacza obecnie szacowane roczne efekty, a parametr r_a uwzględnia stopę dyskonta oraz efekt starzenia się projektu w czasie.

Projekt może przynieść szacowane wyżej efekty, jeśli jego realizacja się powiedzie. Istnieje jednak ryzyko, że projekt nie zostanie zakończony w założonym

czasie T . W celu analizy ryzyka powodzenia projektu proponujemy metodę oszacowania prawdopodobieństwa sukcesu projektu w założonym czasie T .

2.2. Ocena prawdopodobieństwa sukcesu projektu

Projekt obejmuje pewną liczbę zadań – etapów. Etapy te są wykonywane szeregowo, t.j. w pewnej kolejności jeden po drugim, lub równolegle. Zakłada się, że pojedynczy etap l jest realizowany w wyniku pewnej liczby niezależnych prób – testów, z których każdy zajmuje pewien podstawowy okres czasu ΔT i jest charakteryzowany przez prawdopodobieństwo osiągnięcia sukcesu w tym czasie q_l . Prawdopodobieństwo uzyskania sukcesu etapu l po z nieudanych próbach można wyznaczyć z zależności Bernoulliego: $q_l(z) = q_l (1 - q_l)^z$, $z = 0, 1, 2, \dots$, $0 < q_l < 1$, a wartość oczekiwana wyniesie $E_l(z) = (1 - q_l)/q_l$.

Wartość ΔT przyjmowana jest wspólnie dla całego projektu, a wartości q_l są szacowane niezależnie dla każdego etapu przez ekspertów. Oznaczmy przez $p_l(T_l)$ prawdopodobieństwo porażki realizacji etapu l w czasie T_l , gdzie $T_l = \Delta T x$, $x = 1, 2, \dots$, przyjmuje wartości dyskretne. Prawdopodobieństwo sukcesu realizacji etapu l w czasie $[0, T_l]$ wynosi:

$$1 - p_l(\Delta T x) = \sum_{i=1}^x q_l (1 - q_l)^{i-1}$$

W pracy (Kruś, 2001) podano algorytm umożliwiający wyznaczenie prawdopodobieństw sukcesu złożonych kompleksów operacji, składających się z wielu etapów wykonywanych szeregowo lub równolegle. Rozpatrzmy w szczególności dwa kolejne etapy podstawowe l i k , z których każdy jest scharakteryzowany odpowiednio przez prawdopodobieństwo sukcesu q_l i q_k , przy tym samym podstawowym okresie ΔT . Prawdopodobieństwo sukcesu wykonania szeregowo obu etapów w danym czasie $T_{lk} = x \Delta T$, gdzie $x = 1, 2, \dots$, wyniesie:

$$1 - p_{lk}(T_{lk}) = 1 - p_{lk}(\Delta T x) = \sum_{i=1}^x (q_l (1 - q_l)^{i-1} \sum_{j=1}^{x-i} q_k (1 - q_k)^{j-1}).$$

Rozpatrzmy dwa szeregowo wykonywane etapy złożone l i k (składające się z kilku etapów podstawowych, wykonywanych szeregowo lub równolegle), dla których są dane prawdopodobieństwa porażki $p_l(\Delta T x)$ i $p_k(\Delta T x)$. Można pokazać (Kruś, 2001), że prawdopodobieństwo sukcesu wykonania obu etapów w okresie $T_{lk} = x \Delta T$, gdzie $x = 2, 3, \dots$, wyniesie:

$$1 - p_{lk}(T_{lk}) = 1 - p_{lk}(\Delta T x) = \sum_{i=1}^{x-1} (p_l(\Delta T i) - p_l(\Delta T(i-1)))(p_k(\Delta T(x-i)) - 1)$$

gdzie $p_l(\Delta T i) = 1$ dla $i = 0$.

W przypadku równoległych etapów l i k , prawdopodobieństwo sukcesu ich łącznego wykonania w danym czasie $T_{llk} = x \Delta T$ można wyznaczyć z zależności:

$$1 - p_{llk}(T_{llk}) = 1 - p_{llk}(\Delta T x) = (1 - p_l(T_{llk}))(1 - p_k(T_{llk})).$$

Korzystając z powyższych zależności, można wyznaczyć w sposób algorytmiczny, prawdopodobieństwo sukcesu realizacji w założonym czasie T całego projektu, składającego się z wielu równoległych lub szeregowych etapów.

2.3. Analiza finansowa z uwzględnieniem ryzyka

Przedmiotem analizy jest stopa zwrotu nakładów inwestycyjnych oraz miary ryzyka powodzenia projektu, traktowane jako funkcje względem okresu realizacji projektu T . Rozpatrujemy dwa scenariusze: sukcesu i porażki wykonania projektu w danym okresie T . Przyjmijmy, że dane jest prawdopodobieństwo $p(T)$ porażki wykonania projektu w tym czasie.

Prawdopodobieństwo, że projekt zostanie zakończony z sukcesem w czasie T wynosi $1 - p(T)$. Stopa zwrotu zainwestowanego kapitału wyniesie

$$R^u(T) = (P_i(T, T_i) - P_o(T)) / P_o(T).$$

W przypadku porażki, stopa zwrotu wyniesie $R^d(T) = -1$, a prawdopodobieństwo porażki jest, jak wspomniano, $p(T)$.

Mając oszacowania prawdopodobieństwa $p(T)$ porażki wykonania projektu w założonym czasie T oraz stopy zwrotu $R^u(T)$ i $R^d(T)$, można wyznaczyć wartość oczekiwaną stopy zwrotu zainwestowanego kapitału oraz miary ryzyka powodzenia projektu.

Wartość oczekiwana stopy zwrotu $R(T)$ i wariancja $\sigma^2(T)$ wyniosą odpowiednio:

$$R(T) = [1 - p(T)] R^u(T) + p(T) R^d(T)$$

$$\sigma^2(T) = p(T) [1 - p(T)] [R^u(T) - R^d(T)]^2.$$

W pracach (Kulikowski, 2000, 2001) wprowadzono i przedyskutowano pojęcie poziomu (współczynnika) bezpieczeństwa jako miary ryzyka powodzenia projektu. Poziom bezpieczeństwa jest określony zależnością:

$$S(T) = 1 - \kappa \sigma(T) / R(T).$$

Pojęcie poziomu bezpieczeństwa (ang. *safety index*) oraz parametru κ zostało szeroko wyjaśnione w wyżej wymienionych pracach. W szczególności parametr κ ma charakter kwantyla rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej, którą stanowi stopa zwrotu. Wartość $Y(T) = P_o(T) [R(T) - \kappa \sigma(T)]$ określa zwrot nakładów finansowych w najgorszym przypadku analizowanym przez decydenta, która to wartość może być porównywana z wartością oczekiwanego zwrotu określonego przez $Z(T) = P_o(T) R(T)$. Parametrowi κ można nadać interpretację "ceny strachu" konsekwencji wystąpienia rozpatrywanego najgorszego przypadku.

W analizie finansowej uwzględniającej ryzyko szeroko stosuje się pojęcie “wartości zagrożonej” (ang. *Value at Risk*), oznaczanej skrótem *VaR*. W powyższym przypadku $VaR(T) = P_{\alpha}(T)\kappa\sigma(T)$. Można również rozpatrywać komplementarne pojęcie “wartości bezpiecznej” *VaS* (ang. *Value at Safety*), która przyjmie postać

$$VaS(T) = P_{\alpha}(T)R(T)(1 - \kappa\sigma(T)/R(T)) = P_{\alpha}(T)R(T)S(T),$$

gdzie $S(T)$ oznacza wprowadzony wyżej współczynnik bezpieczeństwa. Zauważmy, że suma $VaR(T) + VaS(T) = P_{\alpha}(T)R(T)$, czyli odpowiada oczekiwanej wartości zwrotu. Wartość zagrożona i wartość bezpieczna są liczone w jednostkach pieniężnych. Ich interpretacja jest następująca. Strata, która może wyniknąć z realizacji projektu, nie będzie większa od wartości określonej przez *VaR* z pewnym, stosunkowo dużym (np. 0,95) prawdopodobieństwem, określonym przez zakładaną wartość parametru κ . Analogicznie, efekty projektu nie będą mniejsze niż *VaS* z tym określonym prawdopodobieństwem.

Przedmiotem analizy decyzyjnej w sytuacji ryzyka powodzenia projektu są oczekiwany zwrot finansowy oraz miara ryzyka reprezentowana przez “wartość bezpieczną”. Stosując podejście funkcji użyteczności zakłada się, że użyteczność decydenta może być oszacowana przez funkcję zależną od tych wielkości. W szczególności jako oszacowanie przyjęto postać funkcji użyteczności:

$$U(T) = (P_{\alpha}(T)R(T))^{\beta}VaS(T)^{1-\beta} = P_{\alpha}(T)R(T)S(T)^{1-\beta}.$$

Parametry κ , β są zależne od preferencji decydenta.

3. Parametry zrealizowanego projektu celowego

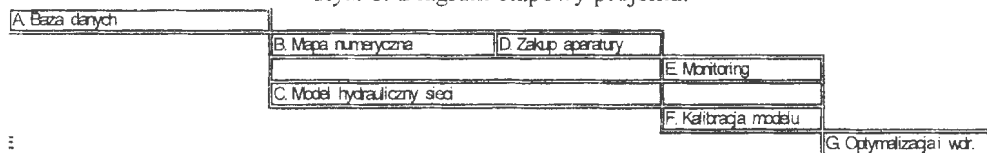
Pomysł testowania opracowanej metodologii oceny projektów innowacyjnych na przykładzie już zrealizowanego projektu celowego miał na celu sprawdzenie poprawności przyjętej koncepcji obliczeń, weryfikację parametrów projektu, ustalonych wcześniej w KBN bez użycia tej metodologii oraz ocenę możliwości stosowania metodologii i opracowanych na jej podstawie programów obliczeniowych w praktyce KBN. Wybrany do badań projekt celowy Nr 8 T11C 017 97 C/3703 dotyczył opracowania komputerowego systemu modelowania, projektowania i sterowania siecią wodociągową w Rzeszowie (Studziński, 2001), planowany czas realizacji wynosił 3 lata od 1998 do 2001 r., planowane koszty projektu w zakresie prac badawczo-rozwojowych wynosiły 530.000 PLN. Realizatorem projektu był Instytut Badań Systemowych PAN, odbiorcą wyników było Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Rzeszowie, prace badawczo-rozwojowe były finansowane do wysokości 300.000 PLN przez KBN a w pozostałym zakresie przez MPWiK. Charakter projektu był innowacyjny, ponieważ jego celem było zrealizowanie pierwszego w kraju komputerowego systemu wspomagania decyzji operatora sieci wodociągowej, działającego w oparciu o współpracujące ze sobą 3 bazowe moduły systemu: mapę numeryczną, monitoring i model hydrauliczny sieci. Realizacja projektu obejmowała wykonanie w określonej kolejności pewnej liczby zadań (etapów) o planowanych okresach trwania. Na Rys. 1 przedstawiono schemat określający kolejność – następstwo czasowe wykonywania etapów. Trzy z wymienionych etapów, tj. opracowanie bazy danych, zakup

aparatury i wykonanie monitoringu sieci, miały charakter rutynowy. W związku z tym przyjęto, że ich wykonanie nie jest obciążone ryzykiem. Natomiast etapy dotyczące opracowania mapy sieci przy wykorzystaniu systemu GIS, budowy modelu hydraulicznego sieci, kalibracji modelu, optymalizacji i wdrożenia systemu miały charakter nowatorski i ich wykonanie wiązało się z ryzykiem. Na podstawie ocen eksperckich przyjęto trzy warianty realizacji, różniące się strumieniem nakładów finansowych, dla których oszacowano podstawowe prawdopodobieństwa wykonania tych etapów w ciągu jednego kwartału. Okres jednego kwartału przyjęto jako czas bazowy, tzn. $\Delta T=0,25$ roku. Wyniki tych oszacowań podaje Tab. 1. W tabeli tej wymieniono także etapy nie obciążone ryzykiem, dla których określony jest czas ich realizacji liczony w liczbie kwartałów.

Opracowana metodologia wymaga dodatkowo oszacowania spodziewanych rocznych efektów finansowych w wyniku realizacji projektu zakończonej sukcesem. Oszacowanie to jest następujące:

- sprzedaż wykonanego oprogramowania (programu obliczeń hydraulicznych i optymalizacji w cenie 50.000 PLN/szt) 150.000 PLN/rok
- zmniejszenie kosztów eksploatacji sieci wodociągowej (zmniejszenie pracochłonności o 1 etat) 30.000 PLN/rok
- zmniejszenie liczby awarii sieci o 30% (zmniejszenie pracochłonności związanej z usuwaniem awarii o 1 etat) 30.000 PLN/rok
- zmniejszenie strat wody, obecnie na poziomie 30% przy produkcji dziennej 35.000 m³ i cenie wody 1,5 PLN/ m³, o 50% 3.800.000 PLN/rok

Rys. 1. Diagram etapowy projektu.



Tab. 1. Oszacowania prawdopodobieństw bazowych wykonania etapów w zależności od strumienia nakładów finansowych.

Etap	Ryzyko realizacji	Czas realizacji [l. kwart.]	Prawdopodobieństwo sukcesu realizacji etapu w czasie 1 kwartału		
			wariant 1	wariant 2	wariant 3
A Baza danych	nie	3			
B Mapa numeryczna	tak		0,5	0,6	0,7
C Model hydrauliczny sieci	tak		0,4	0,45	0,5
D Zakup aparatury	nie	2			
E Monitoring	nie	2			
F Kalibracja modelu	tak		0,7	0,8	0,9
G Optymalizacja i wdrożenie.	tak		0,8	0,85	0,9
Nakłady tys. [PLN/kwartał]			50	75	100

4. Wyniki obliczeń i ocena wyników

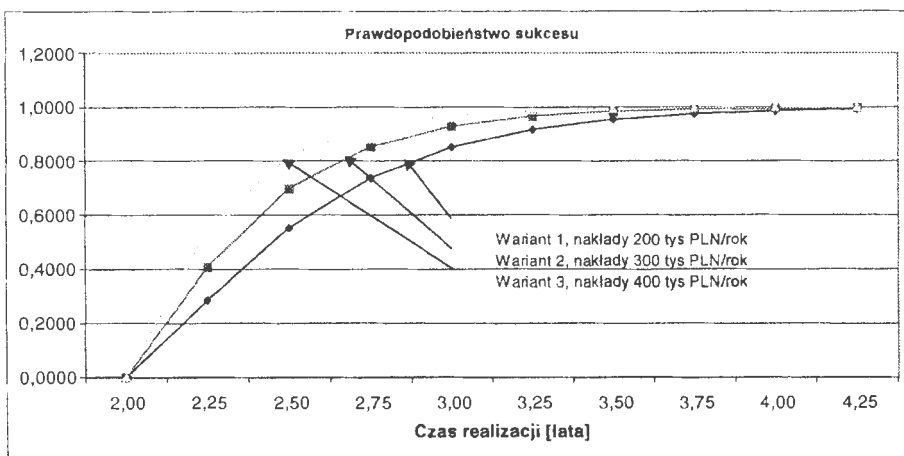
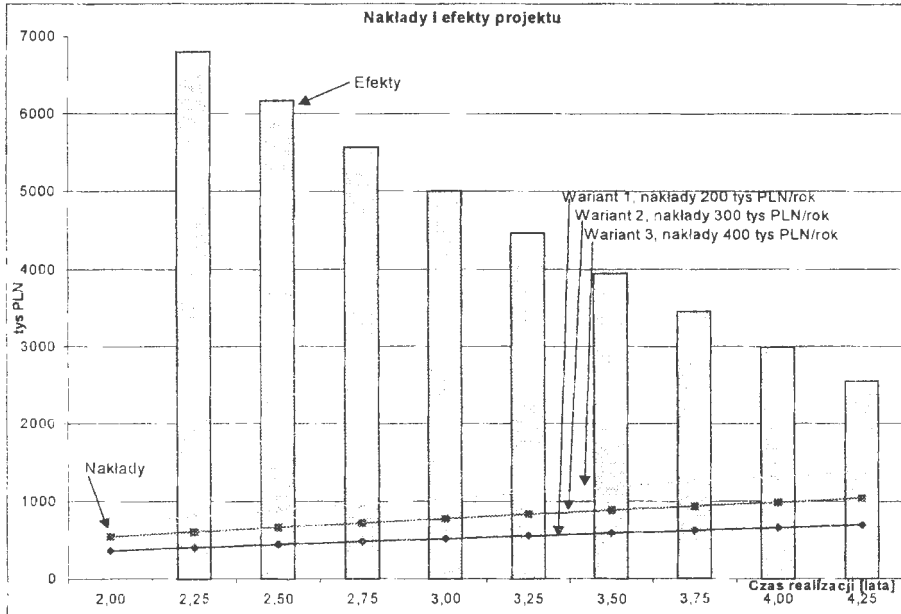
W celu analizy projektu z wykorzystaniem metod omówionych w punkcie 2, opracowano algorytmy obliczeniowe i eksperymentalny system komputerowy. System ten umożliwia wieloscenariuszową analizę wielkości charakteryzujących wykonanie projektu, a w szczególności porównanie efektów finansowych i miar ryzyka wymienionych w Punkcie 2.3, a także poszukiwanie rozwiązania maksymalizującego “użyteczność” decydenta. Ponieważ preferencje decydenta mają charakter subiektywny, poszukiwanie takiego optymalnego rozwiązania musi odbywać się w sposób interakcyjny. Wykonano obliczenia dla trzech wariantów realizacji finansowej projektu, różniących się strumieniem nakładów finansowych. Zauważmy, że zgodnie z ocenami eksperckimi w Tab. 1, przy większym strumieniu nakładów wzrasta prawdopodobieństwo bazowe wykonania etapów obciążonych ryzykiem. W modelu opisującym nakłady finansowe w okresie realizacji projektu $[0, T]$ przyjęto stopę dyskonta $r = 0,1$ rocznie, a parametr $r_u = 0,2$. Ten ostatni parametr uwzględnia jednocześnie stopę dyskonta oraz efekt starzenia się rezultatów projektu w czasie $(T, T_1]$. Horyzont oceny efektów projektu przyjęto $T_1 = 6$ lat. Czas realizacji projektu T jest traktowany jako wielkość zmienna, stanowiąca przedmiot analizy. Wybrane wyniki przeprowadzonych obliczeń zamieszczono na Rys. 2 – 4.

Na Rys. 2 pokazano, jak zależą wymagane nakłady na realizację projektu oraz potencjalne efekty (przychody i oszczędności uzyskiwane w wyniku wdrożenia) w przypadku jego realizacji zakończonej sukcesem, w zależności od czasu realizacji dla trzech wymienionych wariantów. Wielkości te należy analizować łącznie z przedstawionym na dolnym wykresie prawdopodobieństwem sukcesu realizacji. Ze względu na swoją strukturę, projekt nie może być zrealizowany w okresie do 2 lat. Niskie nakłady i wysokie potencjalne efekty wiążą się z krótkimi okresami realizacji (2,25 – 2,5 roku), natomiast prawdopodobieństwo sukcesu jest wtedy stosunkowo niewielkie. Przy długich okresach (4 lata) prawdopodobieństwo sukcesu jest bliskie 1, ale wiąże się z wyższymi nakładami i niskimi efektami finansowymi.

Wykresy zamieszczone na Rys. 3 pozwalają porównać wielkość stopy zwrotu finansowego nakładów w przypadku sukcesu projektu oraz wartość oczekiwaną tej stopy i jej odchylenie standardowe. Zauważmy, że istnieje optimum wartości oczekiwanej ze względu na czas realizacji (2,5 do 2,75 roku w zależności od wariantu), przy czym odchylenie standardowe maleje w przybliżeniu wykładniczo do zera ze wzrostem czasu T . Próba realizacji projektu w czasie 2 lat jest z góry skazana na porażkę ($R = -1$).

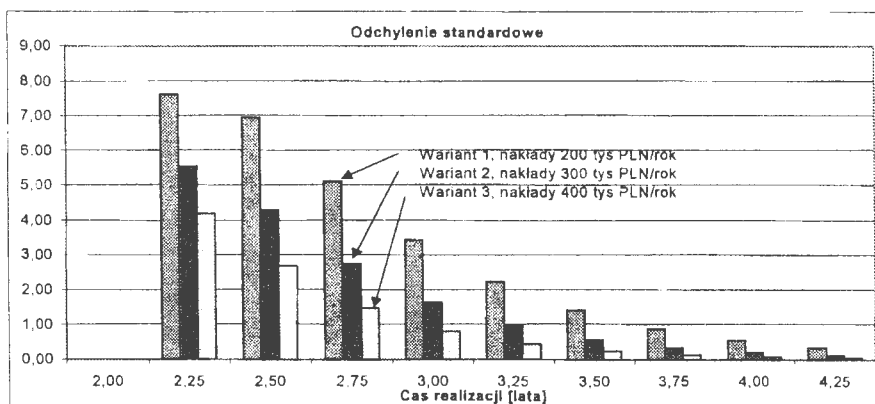
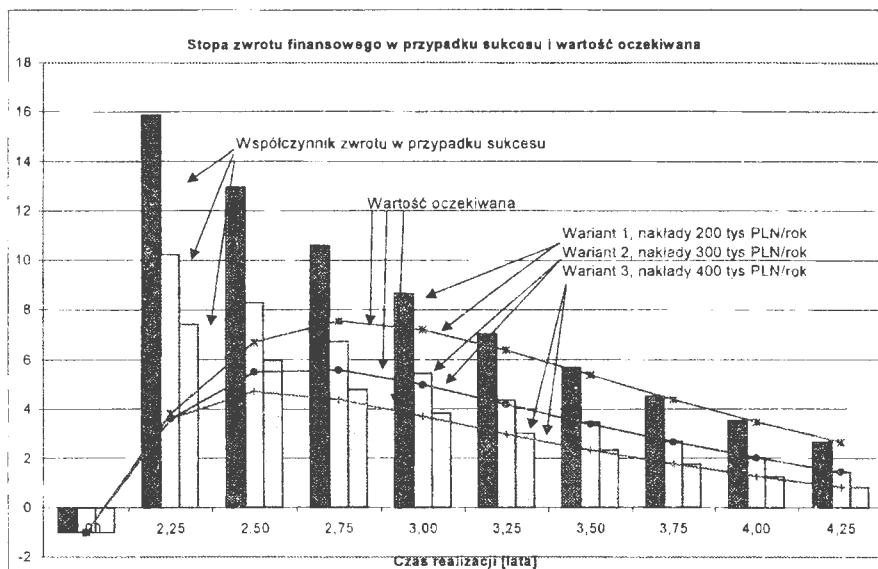
Rys. 2. Nakłady, efekty, prawdopodobieństwo sukcesu projektu w zależności od czasu realizacji.

Wariant	Czas realizacji [lata]	T	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25
1	Nakłady [tys PLN]	Po(T)	362,54	402,97	442,40	480,86	518,36	554,95	590,62	625,42	659,36	692,46
2	Nakłady	Po(T)	543,81	604,45	663,60	721,28	777,55	832,42	885,94	938,13	989,04	1038,69
3	Nakłady	Po(T)	725,08	805,94	884,80	961,71	1036,73	1109,89	1181,25	1250,84	1318,72	1384,92
	Efekty [tys PLN]	P1(T, T1)	0,00	6800,17	6171,61	5573,71	5004,97	4463,96	3949,34	3459,82	2994,17	2551,24
1	Prawdopodob. Sukces	1-p(T)	0,0000	0,2854	0,5521	0,7367	0,8503	0,9163	0,9535	0,9742	0,9857	0,9920
2	Prawdopodob. Sukces	1-p(T)	0,0000	0,4081	0,6975	0,8534	0,9300	0,9664	0,9836	0,9919	0,9959	0,9979
3	Prawdopodob. Sukces	1-p(T)	0,0000	0,5457	0,8197	0,9292	0,9713	0,9878	0,9945	0,9975	0,9988	0,9994



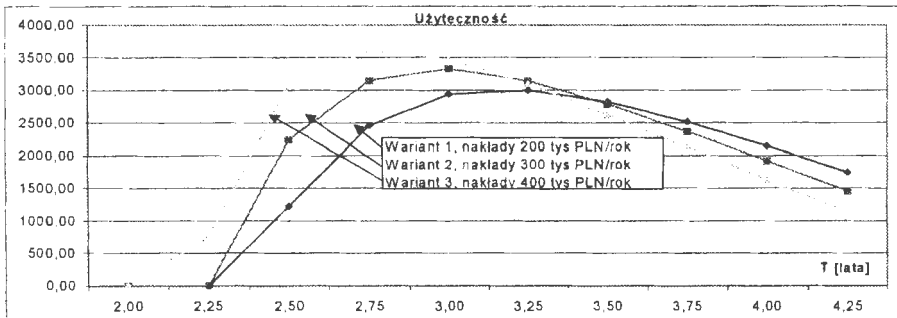
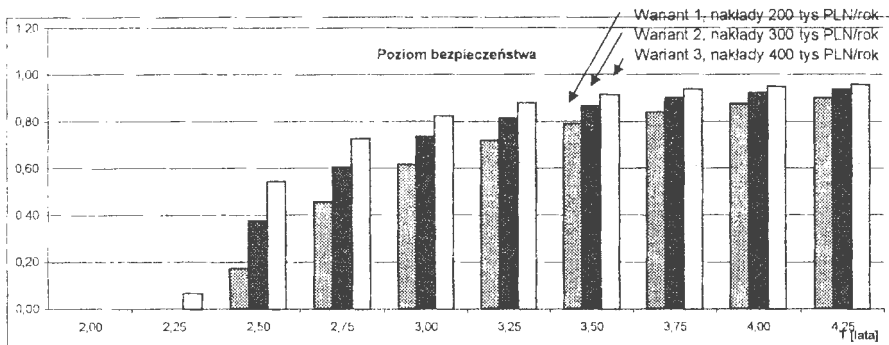
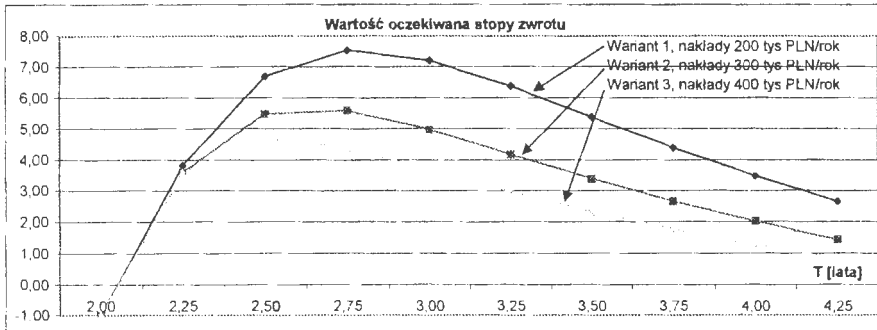
Rys. 3. Stopa zwrotu finansowego, wartość oczekiwana i odchylenie standardowe w zależności od czasu realizacji.

Wariant	Czas realizacji [lata]	T	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25
1	Stopa zwrotu (sukces)	$R_u(T)$	-1,00	15,88	12,96	10,58	8,68	7,04	5,69	4,53	3,54	2,68
2	Stopa zwrotu (sukces)	$R_u(T)$	-1,00	10,25	8,30	6,73	5,44	4,36	3,46	2,69	2,03	1,46
3	Stopa zwrotu (sukces)	$R_u(T)$	-1,00	7,44	5,96	4,80	3,83	3,02	2,34	1,77	1,27	0,84
1	Oczekiwana stopa zwrotu	$R(T)$	-1,00	3,82	6,70	7,54	7,21	6,37	5,36	4,39	3,48	2,66
2	Oczekiwana stopa zwrotu	$R(T)$	-1,00	3,58	5,48	5,59	4,99	4,18	3,36	2,66	2,01	1,45
3	Oczekiwana stopa zwrotu	$R(T)$	-1,00	3,60	4,72	4,34	3,66	2,97	2,33	1,76	1,27	0,84
1	Odchylenie standardowe	$\Sigma(T)$	0,00	7,62	6,94	5,10	3,44	2,23	1,41	0,88	0,54	0,33
2	Odchylenie standardowe	$\Sigma(T)$	0,00	5,53	4,27	2,73	1,64	0,97	0,57	0,33	0,19	0,11
3	Odchylenie standardowe	$\Sigma(T)$	0,00	4,20	2,68	1,49	0,81	0,44	0,25	0,14	0,08	0,04



Rys. 4. Wartość oczekiwana stopy zwrotu, poziom bezpieczeństwa, użyteczność.

Wariant	Czas realizacji [lata]	T	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25
1	Oczekiwana stopa zwrotu	R(T)	-1,00	3,82	6,70	7,54	7,21	6,37	5,38	4,38	3,48	2,65
2	Oczekiwana stopa zwrotu	R(T)	-1,00	3,59	5,49	5,58	4,99	4,18	3,38	2,65	2,01	1,49
3	Oczekiwana stopa zwrotu	R(T)	-1,00	3,60	4,72	4,38	3,68	2,97	2,33	1,76	1,27	0,84
1	Poziom bezpieczeństwa	S(T)	0,00	0,00	0,17	0,45	0,62	0,72	0,79	0,84	0,88	0,90
2	Poziom bezpieczeństwa	S(T)	0,00	0,00	0,38	0,61	0,74	0,82	0,87	0,90	0,92	0,94
3	Poziom bezpieczeństwa	S(T)	0,00	0,07	0,55	0,73	0,83	0,88	0,92	0,94	0,95	0,95
1	Wartość-f-gj użyteczności	U(T)	0,00	0,00	1229,10	2454,31	2897,66	3000,51	2823,15	2516,37	2144,80	1744,99
2	Wartość-f-gj użyteczności	U(T)	0,00	0,00	2238,44	3149,91	3327,22	3143,25	2791,13	2366,16	1914,77	1459,59
3	Wartość-f-gj użyteczności	U(T)	0,00	755,57	3081,95	3600,65	3473,98	3098,94	2627,55	2129,58	1629,79	1199,91



Wyniki podane na Rys. 4 umożliwiają analizę realizacji projektu, uwzględniając oczekiwaną wartość stopy zwrotu, poziom (współczynnik) bezpieczeństwa związany z realizacją projektu, oraz osiąganą użyteczność rozwiązania. Użyteczność wyznaczano przyjmując parametry $\kappa = 0,8$, $\beta = 0,5$. Jak wspomniano, wartość oczekiwana stopy zwrotu finansowego ma swoje maksimum i maleje dla czasów realizacji powyżej 2,75 roku. Poziom bezpieczeństwa przyjmuje wartości 0 dla $T=2$ i rośnie asymptotycznie do wartości 1 dla długich okresów realizacji. Wykresy przedstawiające użyteczność mają swoje maksima. Zauważmy, że przy nakładach rzędu 200 tys. PLN rocznie optymalny planowany czas realizacji projektu wynosi 3,25 roku. Zwiększenie nakładów do 400 tys. PLN rocznie wiąże się ze skróceniem optymalnego planowanego czasu realizacji do 2.75 roku i zwiększa użyteczność z 3 mln. PLN do ponad 3,6 mln. PLN.

Uwagi końcowe

Przedmiotem referatu jest nowa metoda oceny projektów badawczych. Projekty są oceniane z uwzględnieniem oszacowania ryzyka sukcesu ich realizacji, wymaganych nakładów i spodziewanych korzyści finansowych. Zaproponowano odpowiednie algorytmy i oprogramowanie (system komputerowy) do ilościowej oceny wymienionych oszacowań. Metoda została przetestowana na przykładzie konkretnego projektu celowego zrealizowanego w wodociągach miejskich w Rzeszowie. Uzyskane pozytywne rezultaty zastosowania metody pozwalają mieć nadzieję, że będzie ona mogła zostać zastosowana jako narzędzie wspomagające ocenę i kwalifikację projektów badawczych rozpatrywanych w Komitecie Badań Naukowych.

Literatura

- Studziński J. (2001) Raport końcowy z realizacji projektu celowego Nr 8 T11C 017 97 C/3703. IBS PAN, Warszawa.
- Kruś L. (2000) *A System Supporting Financial Analysis of an Innovation Project in the Case of Two Negotiating Parties*, Report, IBS PAN, Warszawa.
- Kruś L. (2001) Algorytm wyznaczania prawdopodobieństwa realizacji kompleksów operacji. Raport IBS PAN, Warszawa.
- Kulikowski R. (2001); *URS Methodology - a tool for simulation of economic growth by innovations*. Bulletin of Polish Academy of Sciences, Ser. Technical Sciences, 2001 (forthcoming)., also: Report, Systems Research Institute, Polish Academy of Sciences, Warsaw.
- Kulikowski R. (2000), *Optimum Safety/return Principle and Applications*. Bulletin of Polish Academy of Sciences, Ser. Technical Sciences, Vol. 48, No 2, Warsaw.

ISSN 0208-8028
ISBN 83-85847-59-6

**W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy
prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 837-35-78 w. 241 e-mail: bibliote@ibspan.waw.pl**