

A07h

122/2001

**Instytut Badań Systemowych PAN**

**Raport IBS PAN/PMK i I/01/2001**

**O pewnych wynikach badawczych  
będących rezultatem projektów KBN  
realizowanych przez IBS PAN**

Pod redakcją Jana Studzińskiego

**Warszawa 2001**

**Instytut Badań Systemowych PAN**

**Raport IBS PAN/PMK i I/01/2001**

**O pewnych wynikach badawczych  
będących rezultatem projektów KBN  
realizowanych przez IBS PAN**

Pod redakcją Jana Studzińskiego

**Warszawa 2001**



*W Raporcie przedstawiono dwa artykuły będące wynikiem projektów badawczych KBN realizowanych przez Instytut w 2001 r.*

*Pierwszy artykuł (autorstwa R. Kulikowskiego, L. Krusia i J. Studzińskiego) dotyczy metodologii oceny projektów innowacyjnych. Metodologia została opracowana przez Romana Kulikowskiego i Lecha Krusia i w pierwotnej wersji przeznaczona do ilościowych szacunków ryzyka, optymalnych kosztów i czasu trwania oraz spodziewanych zysków z realizacji dużych przedsięwzięć gospodarczych o charakterze innowacyjnym, jako pomoc dla potencjalnych wykonawców i inwestorów tych przedsięwzięć. W przedstawionym artykule ta metodologia została zaadoptowana do oceny wniosków projektów celowych KBN, na przykładzie projektu pn. Komputerowy system modelowania, projektowania i sterowania siecią wodociągową w Rzeszowie, który był realizowany przez IBS PAN i wdrażany w Miejskim Przedsiębiorstwie Wodociągów i Kanalizacji w Rzeszowie.*

*Artykuł był prezentowany na konferencji pn. Komputerowe Systemy Wielodostępne KSW'2001 w Ciechocinku w br. i został zamieszczony w książce pt. Rozwój i Zastosowania Technologii i Systemów Informatycznych, wydanej przez IBS PAN pod redakcją J. Studzińskiego, L. Drelichowskiego i O. Hryniewicza.*

*Drugi artykuł (autorstwa J. Łomotowskiego, M. Rojka i J. Studzińskiego) omawia pewną koncepcję archiwizowania danych pomiarowych zbieranych przez automatyczne systemy monitoringu. Systemy takie generują ogromne ilości danych, które są gromadzone i rzadko wykorzystywane praktycznie z powodu ich nadmiaru i braku przejrzystości. Koncepcja archiwizowania przedstawiona w artykule polega na tworzeniu modeli matematycznych dla standardowych składowych przebiegów pomiarowych i nie rejestrowaniu pomiarów, które mogą być odtworzone za pomocą tych modeli. W rezultacie zapamiętuje się mniejsze zbiory danych i jednocześnie dokonuje się ilościowej i jakościowej oceny gromadzonych pomiarów.*

*Artykuł powstał w wyniku projektu badawczego pn. Opracowanie systemu archiwizacji danych pochodzących z monitoringu meteorologicznego z wykorzystaniem szeregów czasowych, realizowanego przez Akademię Rolniczą we Wrocławiu i IBS PAN, i został zamieszczony w książce pt. Problematyka Pomiarów i Opracowań Elementów Meteorologicznych, wydanej przez Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie pod redakcją J. Wojtanowicza i B.M. Kaszewskiego.*

## Spis treści

1. Metodologia oceny projektów innowacyjnych na przykładzie projektu celowego zrealizowanego MPWiK w Rzeszowie (*R. Kulikowski, L. Kruś, J. Studziński*)..... 1
2. Metody archiwizacji danych pochodzących z automatycznych stacji meteorologicznych (*J. Fomotowski, M. Rojek, J. Studziński*).....14

—

# **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

# 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 obarczona 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 (stała 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:

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

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  $\Delta T$  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:  $g_l(z) = q_l (1 - q_l)^z$ ,  $z = 0, 1, 2, \dots$ ,  $0 < q_l < 1$ , a wartość oczekiwana wyniesie  $E_l(z) = (1 - q_l) / q_l$ .

Wartość  $\Delta T$  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 przez prawdopodobieństwo sukcesu  $q_l$  i  $q_k$ , przy tym samym podstawowym okresie  $\Delta T$ . Prawdopodobieństwo sukcesu wykonania szeregowego 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  $T_{lk} = x \Delta T$  można wyznaczyć z zależności:

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

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

$$R^u(T) = (P_l(T, T_l) - P_0(T))/P_0(T).$$

W przypadku porażki, stopa zwrotu wyniesie  $R^d(T) = -I$ , 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:

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

Pojęcie poziomu bezpieczeństwa (ang. *safety index*) oraz parametru  $\kappa$  zostało szeroko wyjaśnione w wyżej wymienionych pracach. W szczególności parametr  $\kappa$  ma charakter kwantyla rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej, którą stanowi stopa zwrotu. Wartość  $Y(T) = P_0(T)[R(T) - \kappa \sigma(T)]$  określa zwrot nakładów finansowych w najgorszym przypadku analizowanym przez decydenta, która to wartość może być porównywana z wartością oczekiwanego zwrotu określonego przez  $Z(T) = P_0(T)R(T)$ . Parametrowi  $\kappa$  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  $VaR(T) = P_{\alpha}(T)\kappa\alpha(T)$ . Można również rozpatrywać komplementarne pojęcie "wartości bezpiecznej" *VaS* (ang. *Value at Safety*), która przyjmie postać

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

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 wynikać z realizacji projektu, nie będzie większa od wartości określonej przez *VaR* z pewnym, stosunkowo dużym (np. 0,95) prawdopodobieństwem, określonym przez zakładaną wartość parametru  $\kappa$ . 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  $\kappa$ ,  $\beta$  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 wodociagową 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 wodociagowej, 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



#### 4. Wyniki obliczeń i ocena wyników

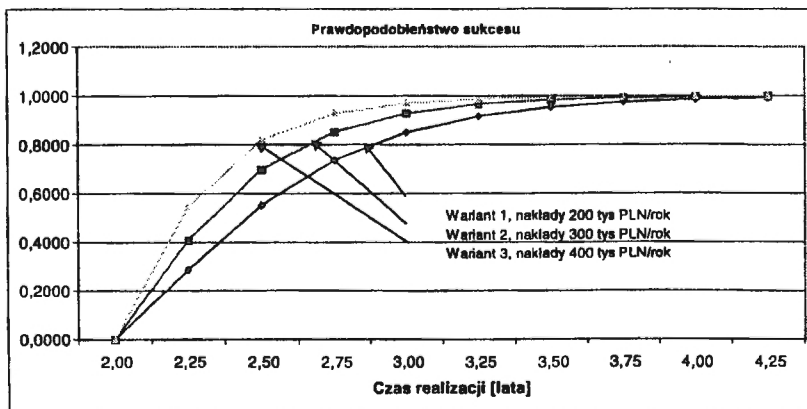
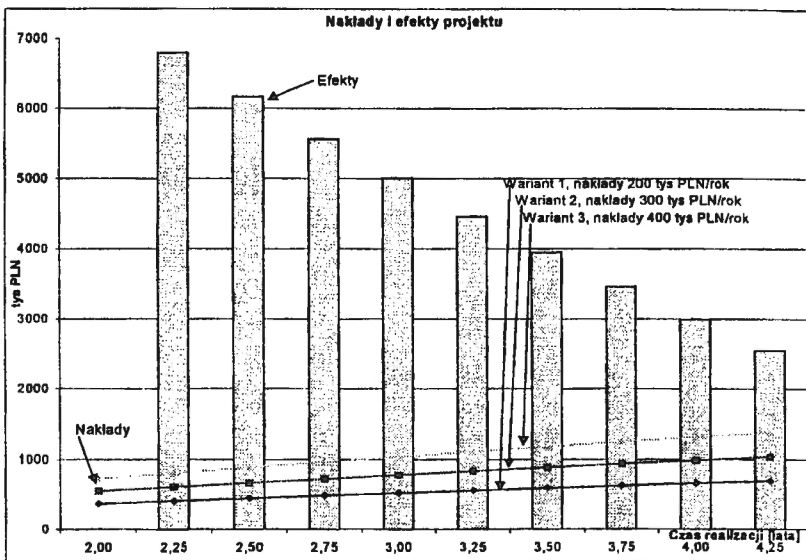
W celu analizy projektu z wykorzystaniem metod omówionych w punkcie 2, opracowano algorytmy obliczeniowe i eksperymentalny system komputerowy. System ten umożliwia wieloscenariuszową analizę wielkości charakteryzujących wykonanie projektu, a w szczególności porównanie efektów finansowych i miar ryzyka 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  $r_a = 0,2$ . Ten ostatni parametr uwzględnia jednocześnie stopę dyskonta oraz efekt starzenia się rezultatów projektu w czasie  $(T, T, j)$ . Horyzont oceny efektów projektu przyjęto  $T_j = 6$  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 dłuższych 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 ( $R = -1$ ).

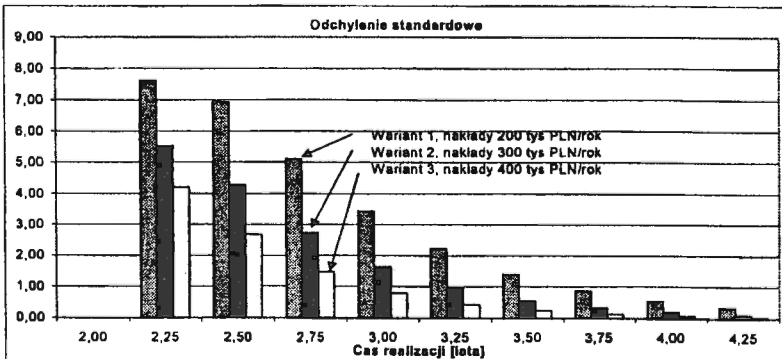
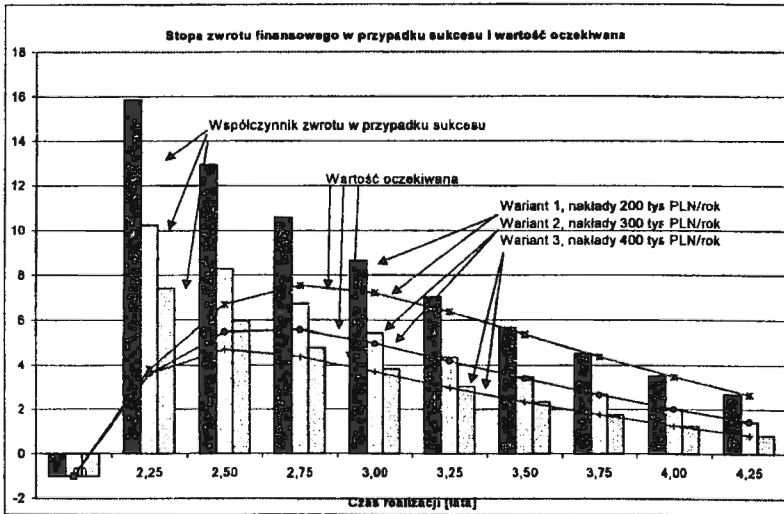
Rys. 2. Nakłady, efekty, prawdopodobieństwo sukcesu projektu w zależności od czasu realizacji.

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	680,17	8171,81	5673,71	5004,97	4483,96	3949,34	3459,82	2994,17	2551,24
1	Prawdopodob. Sukcesu	1-p(T)	0,0000	0,2854	0,5521	0,7367	0,8503	0,9183	0,9535	0,9742	0,9857	0,9920
2	Prawdopodob. Sukcesu	1-p(T)	0,0000	0,4081	0,6975	0,8534	0,9300	0,9694	0,9836	0,9919	0,9959	0,9979
3	Prawdopodob. Sukcesu	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.

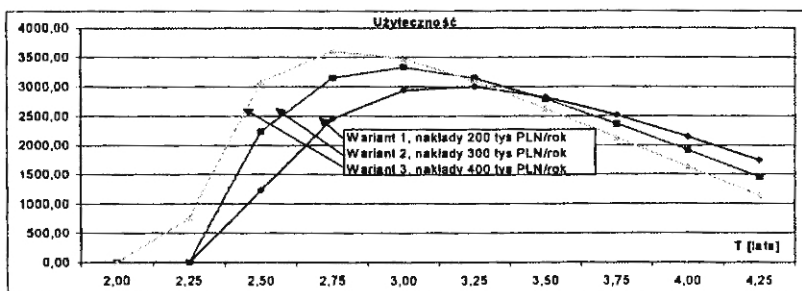
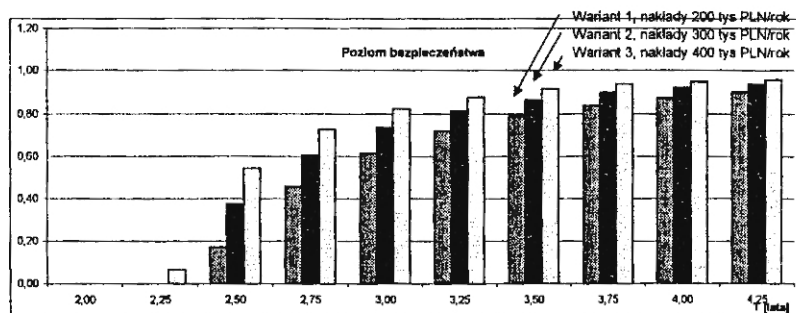
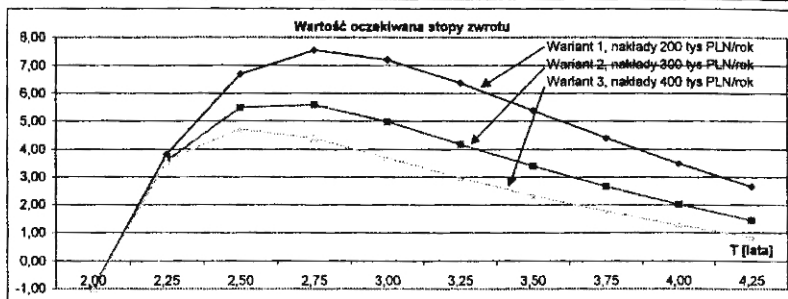
Wariant	Czas realizacji [lata]	T	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25
1	Stopa zwrotu (sukces)	$R_u(T)$	-1,00	15,66	12,66	10,56	8,66	7,04	5,66	4,53	3,54	2,66
2	Stopa zwrotu (sukces)	$R_d(T)$	-1,00	10,25	8,30	6,73	5,44	4,36	3,46	2,66	2,03	1,46
3	Stopa zwrotu (sukces)	$R_L(T)$	-1,00	7,44	5,66	4,60	3,63	3,02	2,34	1,77	1,27	0,84
1	Oczekiwana stopa zwrotu	$R(T)$	-1,00	3,62	6,70	7,54	7,21	6,37	5,36	4,36	3,46	2,66
2	Oczekiwana stopa zwrotu	$R(T)$	-1,00	3,56	5,46	5,56	4,66	4,16	3,36	2,66	2,01	1,46
3	Oczekiwana stopa zwrotu	$R(T)$	-1,00	3,61	4,72	4,36	3,63	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	0,86	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	0,16	0,11
3	Odchylenie standardowe	$\Sigma(T)$	0,00	4,20	2,66	1,46	0,81	0,44	0,25	0,14	0,06	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	F(T)	-1,00	3,62	6,70	7,54	7,21	6,33	5,38	4,38	3,48	2,66
2	Oczekiwana stopa zwrotu	F(T)	-1,00	3,98	5,48	5,99	4,99	4,18	3,39	2,65	2,01	1,45
3	Oczekiwana stopa zwrotu	F(T)	-1,00	3,60	4,74	4,39	3,68	2,97	2,33	1,78	1,27	0,84
1	Poziom bezpieczeństwa	S(T)	0,00	0,00	0,17	0,46	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	0,00	0,55	0,73	0,83	0,88	0,92	0,94	0,95	0,96
1	Wartość cf-ji użyteczności	U(T)	0,00	0,00	1233,10	2454,31	2897,66	3000,51	2823,19	2516,37	2144,81	1744,99
2	Wartość cf-ji użyteczności	U(T)	0,00	0,00	2236,44	3149,91	3327,24	3143,24	2791,13	2386,18	1914,77	1499,99
3	Wartość cf-ji użyteczności	U(T)	0,00	0,00	755,57	3081,99	3600,69	3473,98	3099,94	2827,99	2129,99	1629,79



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 większa 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.





