ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2001
Seria: BUDOWNICTWO z. 93 Nr kol. 1514

Michał BĘTKOWSKI*
Politechnika Śląska

OKREŚLANIE RYZYKA KOSZTU REALIZACJI PROCESU BUDOWLANEGO

Streszczenie. Jednym z kluczowych problemów związanych z przygotowaniem procesu budowlanego jest określenie kosztu realizacji zadania. W artykule autor przeprowadził próbę określenia ryzyka związanego z podjęciem realizacji procesu przy założonym poziomie kosztów oraz określenia maksymalnych kosztów przy akceptowalnym poziomie ryzyka.

ESTIMATING RISK OF COST REALIZATION OF CONSTRUCTION PROCESS

Summary. One from the main problems with preparation of construction process is qualification of a cost realization assignment. In this paper the author made an estimation test qualification of risk connected with collection of realization process at founded level of costs and qualifications of maximum costs at acceptable level of risk.

1. Wstęp

W ostatnich latach wiele przedsiębiorstw budowlanych przeżywa trudności z powodu problemów finansowych związanych z błędnym oszacowaniem kosztów przedsięwzięcia oraz ryzyka finansowego zaangażowania się w nie. Ryzyko to może być jednak źródłem sukcesu, jeżeli przedsiębiorstwo będzie w stanie radzić sobie z nim lepiej niż inni [1].

Istotną sprawą związaną z realizacją robót budowlanych jest określenie przewidywanych maksymalnych kosztów przeznaczonych na realizację przedsięwzięcia oraz ryzyka z tym związanego. Z jednej strony rynek wymusza obniżanie ceny wykonanych robót, z drugiej w dużej mierze stochastyczny charakter czynników warunkujących procesy wymaga przewidzenia niekorzystnych zmian wpływających na koszt realizacji procesu budowlanego.

---

* Opiekun naukowy: Prof. dr hab. inż. Janusz Szwabowski.

W artykule przedstawiono próbę rozwiązania tego problemu za pomocą stworzonego modelu symulacyjnego procesu budowlanego.

2. Czynniki ryzyka w produkcji budowlanej

Budownictwo jest dziedziną techniki, w której realizacja poszczególnych procesów technologicznych przebiega w specyficznych warunkach, w porównaniu do innych dziedzin gospodarki [3,5,6]. Do głównych czynników ryzyka można zaliczyć:

- zależność od wpływu czynników atmosferycznych,
- brak dokładnego przedmiaru na etapie planowania robót,
- brak pełnej znajomości warunków gruntowych,
- możliwość zmiany zakresu prac w trakcie ich wykonania, pojawienie się nowych zadań,
- w dużej mierze zależny od losowych czynników rozrzut czasu wykonania procesów budowlanych,
- prototypowy charakter wielu realizacji.

Dlatego w budownictwie mamy często do czynienia z procesami o charakterze stochastycznym zarówno pod względem poniesionych nakładów, jak również ich występowania.

3. Przykładowy proces budowlany

Przeanalizujmy następujący przypadek, w którym mamy określić ryzyko kosztowe związane z realizacją określonego procesu budowlanego. Na przykładowym obiekcie budowlanym inwestor po opinii rzeczoznawcy podjął decyzję o remoncie fundamentów obiektu. Chce on powierzyć wykonawcy kompleksową realizację, obejmującą wykonanie dokumentacji i prac budowlanych za zryczałtowaną cenę. Interesuje nas, jakie będzie prawdopodobieństwo zmieszczenia się poniżej przyjętego przez nas za maksymalny progu kosztów oraz jaki ich maksymalny poziom powinniśmy przyjąć, aby ryzyko było dla nas akceptowalne.

Możemy wyróżnić następujące procesy składowe: wykonanie wstępnego projektu, następnie po zatwierdzeniu, prac wstępnych polegających na częściowym odkryciu fundamentu i na tej podstawie opracowanie szczegółowej dokumentacji. W trakcie opracowywania projektu może zaistnieć potrzeba wykonania dodatkowych badań i ekspertyz. Następnie można przystąpić do odkrycia fundamentu – w zależności od uwarunkowań lokalnych można to wykonać

ręcznie lub częściowo mechanicznie. W przypadku stwierdzenia znacznych odstępstw od zakładanego stanu obiektu nastąpi zmiana projektu, będzie to wymagało zatwierdzenia. Kolejnym etapem jest wykonanie robót budowlanych, obiór, ewentualne wykonanie robót dodatkowych, zasypanie wykopu, obiór końcowy. Koszty wykonania poszczególnych etapów zadania określono na podstawie kalkulacji własnych przedsiębiorstwa, a rozrzuty wartości oraz prawdopodobieństwo wystąpienia danych procesów oparto na doświadczeniach zdobyte przy realizacji podobnych zadań. Wyniki zestawiono w tab.1.

Tabela 1

Koszty poszczególnych elementów składowych

Lp.	Nazwa pozycji	Prawdop. wyst.	Koszt
1.	Koszty ogólne w czasie realizacji zdania	1	10000+/-4000
2.	Wstępne uzgodnienie koncepcji realizacji zadania	1	3000 +/ 1000
3.	Prace przygotowawcze	1	4000 +/- 2000
4.	Opracowanie dokumentacji.	1	5000 +/-1000
5.	Konieczność wykonania dodatkowych badań	0,25	2000 +/- 1500
6.	Prace ziemne		
	Ręczne	0,5	10000+/- 4000
	Częściowo wyk. mechanicznie	0,5	8000 +/- 3000
7.	Ocena adekwatności przyjętych rozwiązań	1	500
8.	Zmiana przyjętych w projekcie rozwiązań	0,2	3000 +/- 2000
9.	Zatwierdzenie zmian	0,85	0
10.	Wykonanie prac bud.	1	45000 +/-15000
11.	Odbiór częściowy prac zanikowych	1	0
12.	Wykonanie poprawek	0,25	3500 +/-2500
13.	Prace ziemne	1	4000 +/- 1500
14.	Odbiór końcowy	1	0
15.	Roboty nieprzewidziane	0,25	5000+/-4000

4. Metoda rozwiązania problemu

Naszym zadaniem jest określenie ryzyka finansowego jakie będzie towarzyszyło przyjęciu określonego poziom kosztów maksymalnych. Na wczesnym etapie planowania na ogół nie dysponujemy kompletem niezbędnych danych do precyzyjnego oszacowania parametrów procesu, a jedynie możemy podać wartości zbliżone i ewentualnie określić rozrzut wartości. Jedną z niewielu metod pozwalających na przeprowadzenie analizy w celu uzyskania żądanej odpowiedzi przy tego typu danych jest metoda symulacji. Symulacja pozwala na badanie

systemów, na których nie można przeprowadzić eksperymentów w naturze lub przeprowadzenie byłoby zbyt kosztowne i długotrwałe. Jest to metoda stosunkowo elastyczna, gdyż pozwala na płynną zmianę parametrów systemu i obserwację jego zachowania na opracowanym modelu. Umożliwia ona badanie zachowania systemu i wyciąganie wniosków dotyczących rzeczywistości [3]. Rozwiązanie problemu za pomocą metody symulacji komputerowej wymaga stosowania podejścia systemowego. Polega ono na ujęciu problemu w postaci systemu, zbudowaniu modelu symulacyjnego i jego oprogramowaniu w celu wykonania eksperymentów z modelem na komputerze [4].

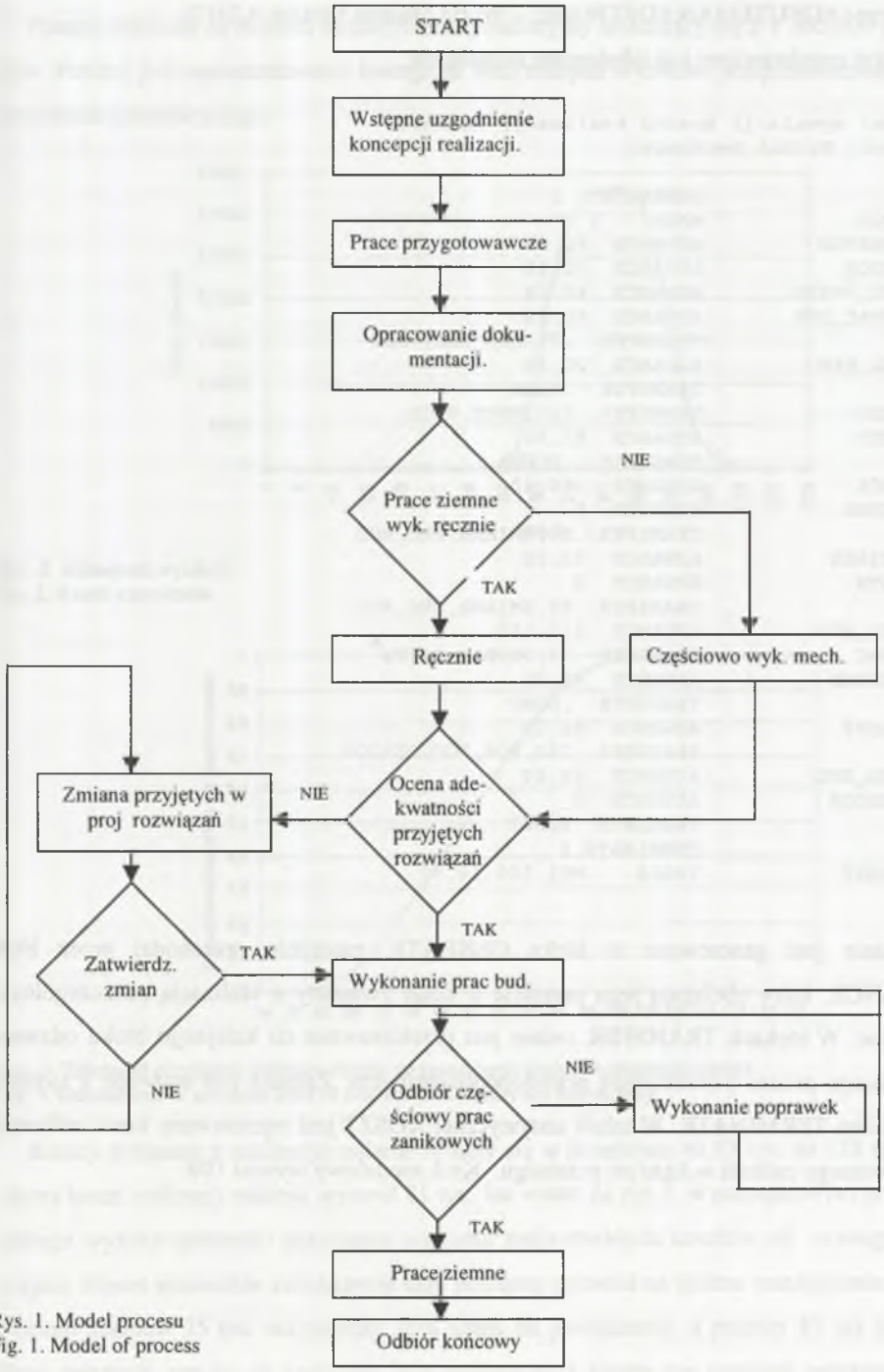
5. Budowa modelu systemu

Systemy produkcyjne w budownictwie są złożonymi obiektami. Zgodnie z zasadami analizy systemowej, mogą być dla celów ich badania rozłożone na poszczególne proste elementy składowe. Zasada dekompozycji pozwala na podział i rozdzielny opis każdego elementu, a następnie w wyniku procesu syntezy łączy się poszczególne elementy w system. Podział systemu na elementy w naszym przypadku wynika z technologii realizacji naszego zadania.

Model systemu składa się z elementów, których realizacja pociąga za sobą koszty z określonym rozrzutem wartości, oraz relacji miedzy nimi, pozwalających przemieszczać się do innych elementów z danym prawdopodobieństwem. Zarówno droga przejścia przez model, jak i koszt poszczególnych procesów ma charakter stochastyczny. Schemat modelu realizacji procesu jest odwzorowany na rys.1. Pokazuje on kolejne etapy przedsięwzięcia i relacje miedzy nimi.

6. Sformułowanie programu komputerowego symulatora

W celu uproszczenia procesu pisania programów symulacji systemów opracowano wiele specjalistycznych języków programowania. Jednym z nich jest GPSS (General Purpose Systems Simulator). Wykorzystuje on metodę śledzenia obiektów opracowana przez IBM. Oparty on jest na schematach blokowych, w których każdy blok przedstawia kolejne działanie. Opis działania systemu dokonuje się przy użyciu podstawowych typów bloków[2].



Rys. 1. Model procesu
Fig. 1. Model of process

Do napisania symulatora wykorzystano implementację języka w wersji GPSS/PC opracowany przez MINUTEMAN SOFTWARE - World Student Version 4.21[7].

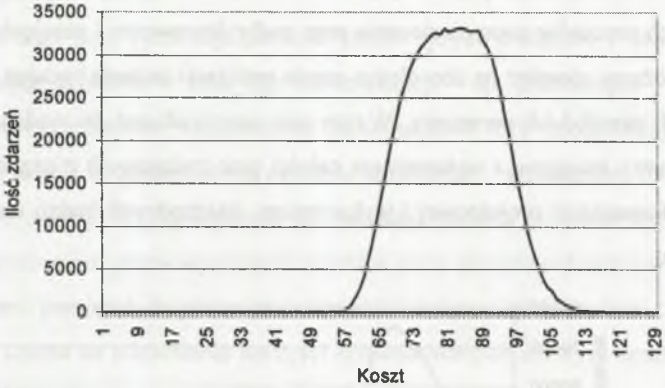
Poniżej przedstawiony jest tabulogram symulatora:

```
*
* Model symulacji kosztu realizacji zadania
* Autor: Michal Betkowski
*
10                  GENERATE   1
20  POCZ            MARK     1
30  KOSZTOG         ADVANCE  80,40
40  UZGOD           ADVANCE  30,10
50  PRC_PRZYG       ADVANCE  40,20
60  OPRAC_DOK       ADVANCE  50,10
70                  TRANSFER  .75,DOD_BAD,RODZ
80  DOD_BAD         ADVANCE  20,15
90                  TRANSFER  ,RODZ
100 RODZ            TRANSFER .500,MECH,RECZ
110 MECH            ADVANCE  80,30
120                 TRANSFER  ,OCENA
130 RECZ            ADVANCE  100,40
140 OCENA           ADVANCE  5
150                 TRANSFER .80,ZMIANA,PRC_BUD
160 ZMIANA          ADVANCE  30,20
170 ZATW            ADVANCE  0
180                 TRANSFER .85,ZMIANA,PRC_BUD
190 PRC_BUD         ADVANCE  450,150
200 ODBC            TRANSFER .75,POPRAW,ZASYP
210 POPRAW          ADVANCE  35,25
220                 TRANSFER  ,ODBC
230 ZASYP           ADVANCE  40,15
240                 TRANSFER .750,ROB_DOD,ODBIOR
250 ROB_DOD         ADVANCE  50,40
260 ODBIOR          ADVANCE  0
270                 TABULATE  KOSZT
280                 TERMINATE 1
290 KOSZT           TABLE    MP1,500,10,80
```

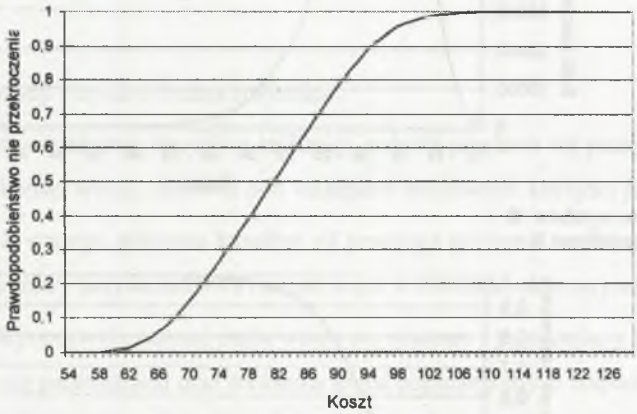
Zadanie jest generowane w bloku GENRATE, następnie przechodzi przez bloki ADVANCE, które obciążają jego przejście o koszt związany z realizacją poszczególnych procesów. W blokach TRANSFER zadnie jest przekierowane do kolejnego bloku odzwierciedlającego proces z określonym prawdopodobieństwem. Zadanie jest usuwane z systemu poleceniem TERMINATE. W tabeli statystycznej KOSZT jest rejestrowany koszt całkowity realizowanego zadania w każdym przebiegu. Krok modelowy wynosi 100.

7. Wykonanie przebiegów symulacyjnych i analiza wyników

Przeprowadzono na modelu eksperyment symulacyjny składający się z 1 000 000 przebiegów. Poniżej jest zaprezentowany histogram otrzymanych wyników przeprowadzonego eksperymentu symulacyjnego:



Rys. 2. Histogram wyników
Fig. 2. Result experiment

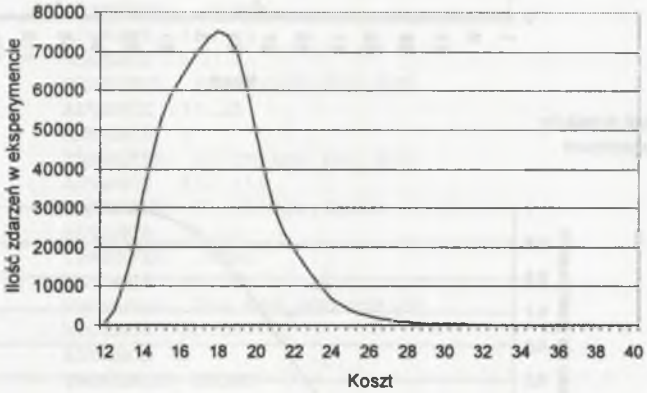


Rys. 3. Zależność przyjętego poziomu kosztu od prawdopodobieństwa nieprzekroczenia
Fig. 3. Dependence of accepted level of cost from credibility not outreaching

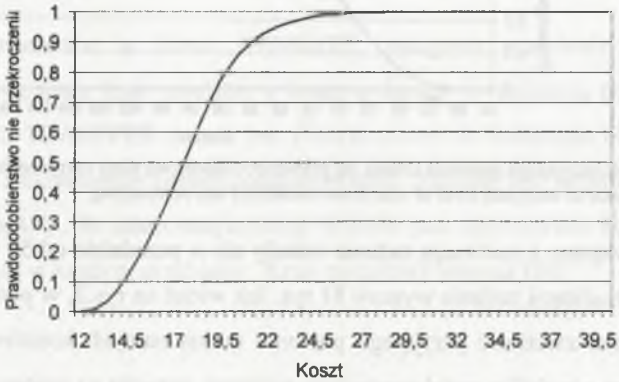
Koszty związane z realizacją zadania wahały się w przedziale od 53 tys. do 128 tys. Przeciętny koszt realizacji zadania wynosił 81 tys. Jak widać na rys.3, w początkowym przedziale istnieje wysoka zależność przyjętego poziomu maksymalnych kosztów od występującego ryzyka. Nawet niewielkie zwiększenie tego poziomu pozwala na istotne zmniejszenie ryzyka. Poziom kosztów 75 tys. ma poniżej 30% szans na powodzenie, a poziom 85 tys już 65%. Przy założeniu ryzyka na poziomie 10% maksymalne koszty nie powinny przekroczyć 94

tys., a przy poziomie ryzyka 5% 97 tys. Od kwoty 103 tys. ryzyko spada poniżej 1%. Zwiększanie bezpieczeństwa od pewnego poziomu poza istotnym wzrostem przewidywanych środków nie niesie istotnej poprawy bezpieczeństwa.

Na posiadanym modelu możemy dokonać wielu dodatkowych badań, np. jak na przewidywany koszt końcowy oraz ryzyko wpłynie zmiana poszczególnych parametrów lub wyłączenie pewnych procesów poprzez zlecenie prac podwykonawcom i przejęcie przez nich części ryzyka. Możemy również na dowolnym etapie realizacji zadania badając rozkłady zmiennych losowych określić ich parametry. W tym celu wprowadzono do modelu procedurę rejestrującą parametry związane z wykonaniem całości prac związanych z uzgodnieniami, opracowaniem dokumentacji projektowej i wykonaniem niezbędnych badań oraz ewentualnych zmian projektu.



Rys. 4. Histogram wyników II
Fig. 4. Result experiment II



Rys. 5. Zależność przyjętego poziomu kosztu od prawdopodobieństwa nieprzekroczenia
Fig. 5. Dependence of accepted level of cost from credibility not outreaching

Na rys.4. został przedstawiony histogram uzyskanych wyników. Koszt przeprowadzenia prac projektowych wahał się w przedziale od 12 do 40 tys. , a przeciętny koszt wynosił 18 tys. z szansami na sukces 64%. Zabezpieczenie kosztów na poziomie 22,5 tys. gwarantowało w 95% powodzenie tego etapu. Zwiększanie zasobów powyżej 25 tys. dawało efekt poprawy bezpieczeństwa poniżej 1 %.

Dokonywanie tego typu symulacji pozwala ocenić ryzyko związane z realizacją danego zadania oraz podjąć działania w celu jego minimalizacji – np. przesunięcie ryzyka na inne podmioty - podwykonawców, dostawców, projektantów, czy modyfikacja technologii i harmonogramu w celu uodpornienia na czynniki zewnętrzne i wewnętrzne mogące zakłócić proces. Końcowa decyzja o przystąpieniu do realizacji zadania powinna być podyktowana maksymalnym poziomem przewidywanych kosztów przy akceptowalnym poziomie ryzyka. Jednocześnie warto pamiętać, że jest to prawdopodobieństwo nieprzekroczenia, czyli odwrotnością jego jest szansa na odniesienie korzyści spowodowanych niższym kosztem niż zakładany poziom maksymalny.

8. Wnioski

Analizując powyższy przykład można stwierdzić:

- Przed podjęciem ostatecznej decyzji o realizacji zadania powinno się przeprowadzić dokładną analizę konsekwencji zarówno pod względem możliwych korzyści jak i strat.
- Wzrost przewidywanego poziomu kosztów od pewnego poziomu środków nie niesie za sobą istotnej poprawy bezpieczeństwa finansowego, a obniża konkurencyjność oferty.
- Metoda symulacji pozwala poznać zachowanie się systemu i jego zmiany spowodowane zmieniającymi się parametrami oraz śledzenie go na poszczególnych etapach realizacji.
- Można za pomocą badań na modelu symulacyjnym określić ryzyko finansowe realizacji procesu budowlanego na podstawie wstępnych danych o charakterze szacunkowym.

LITERATURA

1. Bizon-Górecka J.: Metodyka zarządzania ryzykiem w produkcji budowlanej. Rozprawy nr 89, Bydgoszcz 1998.
2. Gordon G.: Symulacja systemów. WNT, Warszawa 1974 .
3. Jaworski K.M.: Metodyka projektowania realizacji budowy. PWN, Warszawa 1999.
4. Kondradowicz L.: Modelowanie symulacyjne systemów. WNT, Warszawa 1978.
5. Miłosz M., Sobotka A.: Organizacja i zarządzanie w budownictwie, cz. IV, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 1993.
6. Werner W.: Ryzyko w zarządzaniu projektem inwestycyjnym, Ekologia w inżynierii procesów budowlanych, Lublin – Kazimierz Dolny 1998.
7. GPSS World Reference Manual Minuteman Software Holly Springs, NC, USA. 2000.

Recenzent: Dr hab. inż. Andrzej Kosecki

Abstract

One from the main problems with preparation of construction process is qualification of a cost realization assignment. Market forces disinflating of executed job from one part however from other site in many cases random character of conditioning factors of given processes will disadvantageously influencing on changes putting into on cost of realization. In this paper the author made an estimation test qualification of risk connected with collection of realization process at founded level of costs and qualifications of maximum costs at acceptable level of risk.