

Dariusz SKORUPKA*

MODELOWANIE RYZYKA REALIZACJI INWESTYCJI BUDOWLANYCH

Artykuł dotyczy problematyki ryzyka, występującego w procesie budowlanym. Analizowany proces budowlany składa się z pięciu elementów: projekt wstępny, przetarg, prace projektowe, prace budowlane (przygotowawcze, roboty ziemne, montażowe, wykończeniowe) oraz oddanie obiektu do eksploatacji i rozliczenie płatności. Autor dokonał specyfikacji ryzyka, występującego w poszczególnych etapach projektu, a następnie opracował matematyczny model oceny wszystkich rodzajów ryzyka.

W kolejnych etapach pracy (artykułach) przewiduje się badania praktyczne, które będą polegać na zebraniu danych eksperckich dotyczących ryzyka, a ponadto kwantyfikację ryzyka budowlanego oraz budowę systemu ekspertowego, opartego na sieciach neuronowych do analizy ryzyka.

Słowa kluczowe: *ocena ryzyka, zarządzanie projektem budowlanym*

Wstęp

Posługiwanie się modelem obiektu rzeczywistego jest jedną z cech współczesnych badań naukowych. W niektórych wypadkach stosowanie modeli jest niezbędne ze względu na brak możliwości przeprowadzenia innej formy eksperymentu. Model jest odwzorowaniem fragmentu rzeczywistości, a stosowanie go umożliwia uniwersalizację różnych procesów oraz badanie nieograniczonego zbioru obiektów. Formalne ujęcie rzeczywistości stwarza ponadto warunki do prowadzenia szerokich badań nad interesującym nas problemem i w znacznym stopniu zmniejsza koszty procesu badawczego. Często jest to forma, która nie ma alternatyw.

Problem ten dotyczy także inwestycji budowlanych, realizowanych w warunkach ryzyka, które ze względu na swoją złożoność i rozpiętość są obszarami trudnymi do analizy bezpośredniej. Z drugiej strony, formalizacja oraz strukturalizacja wiedzy dotyczącej możliwości zarządzania ryzykiem w procesach budowlanych pozostaje

* Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. gen. Tadeusza Kościuszki, ul. Czajkowskiego 109, 51-150 Wrocław, e-mail: darek.skorupka@lanet.wroc.net

ciągłe w sferze rozważań naukowych oraz niedoskonałych zastosowań praktycznych. Warto zatem poświęcić temu problemowi więcej uwagi.

W artykule przedstawiono propozycję wykorzystania modelu ideograficznego i matematycznego do opisu ryzyka w inwestycjach budowlanych. Modele są w całości propozycją autorską.

1. Model ideograficzny ryzyka realizacji przedsięwzięcia budowlanego

Do analizy przyjęto pięć zasadniczych etapów w procesie budowlanym: prace przygotowawcze, przetarg, prace projektowe, prace budowlane (przygotowawcze, roboty ziemne, montażowe, wykończeniowe, przekazanie obiektu) oraz oddanie obiektu do eksploatacji i rozliczenie płatności [2, 3].

W procesie badawczym założono możliwość dokonania dezagregacji ryzyka budowlanego na pięć wymienionych etapów (rys. 1). Takie założenie ułatwia analizę i ustalenie hierarchii obszarów ryzyka.



Rys. 1. Ideogram występowania ryzyka w procesie budowlanym

Źródło: Opracowanie własne.

Specyfikację i dokładny opis każdego z obszarów ryzyka przedstawiono w rozdziale 2.

2. Specyfikacja ryzyka realizacji przedsięwzięcia budowlanego

Prace przygotowawcze – decydują o dalszym zainteresowaniu projektem.

Ryzyko towarzyszące temu etapowi należy do grona ryzyka, które przedsiębiorstwo musi ponieść. Możemy tutaj wyróżnić:

- ryzyko źle rozpoznanej konkurencji;

- ryzyko źle rozpoznanych preferencji inwestora (zależy od kultury oraz preferencji estetycznych);
- ryzyko przeszacowania kosztów realizacji projektu (zbyt drogi projekt na możliwości inwestora);
- ryzyko złej samooceny.

Przetarg – wygranie przetargu jest warunkiem niezbędnym rozpoczęcia realizacji projektu. Ten oczywisty fakt determinuje potrzebę szczególnego podejścia do tego etapu procesu budowlanego. Etap ten jest obciążony następującymi rodzajami ryzyka:

- ryzyko korupcji;
- ryzyko unieważnienia przetargu;
- ryzyko złej kalkulacji ceny projektu (określenie granicy opłacalności);
- ryzyko stosowania cen dumpingowych przez konkurencję;
- ryzyko poniesienia zbyt dużych kosztów (lub zbyt małych) na marketing i lobbying;
- ryzyko związane z rzetelnością zleceniodawcy.

Prace projektowe – to etap, od którego zależy koszt i ostateczny kształt projektu. Wyróżniamy tutaj następujące obszary ryzyka:

- ryzyko złego doboru zespołu projektantów;
- ryzyko przeszacowania kosztów projektu;
- ryzyko spadku poziomu estetycznego (wymaga znajomości preferencji inwestora);
- ryzyko złego doboru technologii (rodzaj konstrukcji, materiały);
- ryzyko złego harmonogramu prac.

Prace budowlane – nadają określony kształt realizowanemu projektowi. Do obszarów ryzyka, związanego z realizacją prac budowlanych, możemy zaliczyć:

- ryzyko protestów (ekologów, miejscowej ludności);
- ryzyko źle rozpoznanej struktury gruntu (kurzawka);
- ryzyko awarii sprzętu;
- ryzyko absencji pracowników (choroba, strajk);
- ryzyko kwalifikacji pracowników (wydajność pracownika);
- ryzyko złego zarządzania zasobami materiałowymi, eksploatacyjnymi i ludzkimi;
- ryzyko terminowości dostarczania materiałów budowlanych i eksploatacyjnych;
- ryzyko jakości materiałów budowlanych;
- ryzyko nieutrzymania standardów;
- ryzyko niedostatecznej kontroli;
- ryzyko rozszerzenia zakresu prac;
- ryzyko złej organizacji prac.

Oddanie obiektu do eksploatacji i rozliczenie płatności – to obszar objęty bardzo dużym ryzykiem. Zaliczamy do niego:

- ryzyko destabilizacji politycznej kraju;

- ryzyko destabilizacji gospodarczej kraju;
- ryzyko wzrostu inflacji;
- ryzyko niewłaściwego planu kosztów;
- ryzyko dekonunktury w branży;
- ryzyko wiarygodności zleceniodawcy;
- ryzyko precyzji umowy (zmianę założeń w trakcie realizacji projektu, brak precyzyjnych założeń wstępnych, źle określony zakres prac i przedmiot odbioru);
- ryzyko przestrzegania i egzekwowania prawa.

3. Model matematyczny ryzyka realizacji przedsięwzięcia budowlanego

W modelu założono, że poszczególne zdarzenia są niezależne. Potwierdzeniem trafności takiego podejścia jest praktyka budowlana i teoria związana z planowaniem przedsięwzięć budowlanych. Na przykład w powszechnie stosowanej metodzie PERT (wykonanie harmonogramów budowlanych), przy określaniu prawdopodobieństwa dotrzymania terminu dyrektywnego stosuje się zasadę niezależności zdarzeń, związanych z realizacją poszczególnych operacji w całym przedsięwzięciu. Autor nie wyklucza jednak, że w toku prowadzonych badań niektóre elementy modelu ulegną weryfikacji.

Prace przygotowawcze – rozpatrzmy zdarzenia:

$A_{11} = \{\text{źle rozpoznana konkurencja}\};$

$A_{12} = \{\text{źle rozpoznana preferencja inwestora}\};$

$A_{13} = \{\text{przeszacowanie kosztów realizacji projektu}\};$

$A_{14} = \{\text{zła samoocena}\}.$

Wtedy zdarzenie

$$B_1 = \{A_{11} \cup A_{12} \cup A_{13} \cup A_{14}\} \quad (1)$$

– strata nakładów poniesionych na jego realizację.

Przez pojęcie ryzyka będziemy rozumieć prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia B_1 .

$$\begin{aligned} P(B_1) &= P\{A_{11} \cup A_{12} \cup A_{13} \cup A_{14}\} = 1 - \overline{P\{A_{11} \cup A_{12} \cup A_{13} \cup A_{14}\}} \\ &= 1 - P\{\bar{A}_{11} \cap \bar{A}_{12} \cap \bar{A}_{13} \cap \bar{A}_{14}\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Kiedy A_{11} , A_{12} , A_{13} , A_{14} są zdarzeniami niezależnymi, wtedy

$$P(B_1) = 1 - P\{\bar{A}_{11}\} \times P\{\bar{A}_{12}\} \times P\{\bar{A}_{13}\} \times P\{\bar{A}_{14}\}, \quad (3)$$

gdzie

$$\begin{aligned} P(\bar{A}_{11}) &= 1 - P\{A_{11}\}; & P(\bar{A}_{12}) &= 1 - P\{A_{12}\}; & P(\bar{A}_{13}) &= 1 - P\{A_{13}\}; \\ P(\bar{A}_{14}) &= 1 - P\{A_{14}\}. \end{aligned} \quad (4)$$

Przetarg – rozpatrzmy zdarzenia:

A_{21} = {korupcja};

A_{22} = {unieważnienie przetargu};

A_{23} = {zła kalkulacja ceny projektu};

A_{24} = {stosowanie cen dumpingowych przez konkurencję};

A_{25} = {poniesienie zbyt dużych kosztów (lub zbyt małych) na marketing i lobbing};

A_{26} = {rzetelność zleceniodawcy}.

$$B_2 = \{A_{21} \cup A_{22} \cup A_{23} \cup A_{24} \cup A_{25} \cup A_{26}\} \quad (5)$$

– strata nakładów poniesionych na jego realizację.

Analogicznie jak poprzednio przez pojęcie ryzyka będziemy rozumieć prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia B_2 .

$$\begin{aligned} P(B_2) &= P\{A_{21} \cup A_{22} \cup A_{23} \cup A_{24} \cup A_{25} \cup A_{26}\} \\ &= 1 - P\{\bar{A}_{21} \cap \bar{A}_{22} \cap \bar{A}_{23} \cap \bar{A}_{24} \cap \bar{A}_{25} \cap \bar{A}_{26}\} \\ &= 1 - P\{\bar{A}_{21} \cap \bar{A}_{22} \cap \bar{A}_{23} \cap \bar{A}_{24} \cap \bar{A}_{25} \cap \bar{A}_{26}\}. \end{aligned} \quad (6)$$

Kiedy A_{21} , A_{22} , A_{23} , A_{24} , A_{25} , A_{26} są zdarzeniami niezależnymi, wtedy

$$P(B_2) = 1 - P\{\bar{A}_{21}\} \times P\{\bar{A}_{22}\} \times P\{\bar{A}_{23}\} \times P\{\bar{A}_{24}\} \times P\{\bar{A}_{25}\} \times P\{\bar{A}_{26}\}, \quad (7)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} P(\bar{A}_{21}) &= 1 - P\{A_{21}\}; & P(\bar{A}_{22}) &= 1 - P\{A_{22}\}; & P(\bar{A}_{23}) &= 1 - P\{A_{23}\}; \\ P(\bar{A}_{24}) &= 1 - P\{A_{24}\}; & P(\bar{A}_{25}) &= 1 - P\{A_{25}\}; & P(\bar{A}_{26}) &= 1 - P\{A_{26}\}. \end{aligned} \quad (8)$$

Prace projektowe – rozpatrzmy zdarzenia:

A_{31} = {zły dobór zespołu projektantów};

A_{32} = {przeszacowanie kosztów projektu};

$A_{33} = \{\text{spadek poziomu estetycznego}\};$

$A_{34} = \{\text{zły dobór technologii}\};$

$A_{35} = \{\text{zły harmonogram prac}\}.$

$$B_3 = \{A_{31} \cup A_{32} \cup A_{33} \cup A_{34} \cup A_{35}\}$$

– strata nakładów poniesionych na jego realizację.

Analogicznie jak poprzednio przez pojęcie ryzyka będziemy rozumieć prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia B_3 .

$$\begin{aligned} P(B_3) &= P\{A_{31} \cup A_{32} \cup A_{33} \cup A_{34} \cup A_{35}\} = 1 - \overline{P\{A_{31} \cup A_{32} \cup A_{33} \cup A_{34} \cup A_{35}\}} \\ &= 1 - P\{\bar{A}_{31} \cap \bar{A}_{32} \cap \bar{A}_{33} \cap \bar{A}_{34} \cap \bar{A}_{35}\}. \end{aligned} \quad (9)$$

Gdy $A_{31}, A_{32}, A_{33}, A_{34}, A_{35}$ są zdarzeniami niezależnymi, wtedy

$$P(B_3) = 1 - P\{\bar{A}_{31}\} \times P\{\bar{A}_{32}\} \times P\{\bar{A}_{33}\} \times P\{\bar{A}_{34}\} \times P\{\bar{A}_{35}\}, \quad (10)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} P(\bar{A}_{31}) &= 1 - P\{A_{31}\}; & P(\bar{A}_{32}) &= 1 - P\{A_{32}\}; & P(\bar{A}_{33}) &= 1 - P\{A_{33}\}; \\ P(\bar{A}_{34}) &= 1 - P\{A_{34}\}; & P(\bar{A}_{35}) &= 1 - P\{A_{35}\}. \end{aligned} \quad (11)$$

Prace budowlane – rozpatrzmy zdarzenia:

$A_{41} = \{\text{protesty ekologów, miejscowej ludności}\};$

$A_{42} = \{\text{źle rozpoznana struktura gruntu}\};$

$A_{43} = \{\text{awarie sprzętu}\};$

$A_{44} = \{\text{absencja pracowników}\};$

$A_{45} = \{\text{złe kwalifikacje pracowników}\};$

$A_{46} = \{\text{złe zarządzanie zasobami materiałowymi, eksploatacyjnymi i ludzkimi}\};$

$A_{47} = \{\text{nieterminowe dostarczanie materiałów budowlanych i eksploatacyjnych}\};$

$A_{48} = \{\text{zła jakość materiałów budowlanych}\};$

$A_{49} = \{\text{nieutrzymanie standardów}\};$

$A_{410} = \{\text{niedostateczna kontrola}\};$

$A_{411} = \{\text{rozszerzenie zakresu prac}\};$

$A_{412} = \{\text{zła organizacja prac}\}.$

$$B_4 = \{A_{41} \cup A_{42} \cup A_{43} \cup A_{44} \cup A_{45} \cup A_{46} \cup A_{47} \cup A_{48} \cup A_{49} \cup A_{410} \cup A_{411} \cup A_{412}\} \quad (12)$$

– strata nakładów poniesionych na jego realizację.

Tak jak poprzednio przez pojęcie ryzyka będziemy rozumieć prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia B_4 .

$$\begin{aligned} P(B_4) &= P\{A_{41} \cup A_{42} \cup A_{43} \cup A_{44} \cup A_{45} \cup A_{46} \cup A_{47} \cup A_{48} \cup A_{49} \cup A_{410} \cup A_{411} \cup A_{412}\} \\ &= 1 - P\{\overline{A_{41}} \cap \overline{A_{42}} \cap \overline{A_{43}} \cap \overline{A_{44}} \cap \overline{A_{45}} \cap \overline{A_{46}} \cap \overline{A_{47}} \cap \overline{A_{48}} \cap \overline{A_{49}} \cap \overline{A_{410}} \cap \overline{A_{411}} \cap \overline{A_{412}}\} \\ &= 1 - P\{\overline{A_{41}} \cap \overline{A_{42}} \cap \overline{A_{43}} \cap \overline{A_{44}} \cap \overline{A_{45}} \cap \overline{A_{46}} \cap \overline{A_{47}} \cap \overline{A_{48}} \cap \overline{A_{49}} \cap \overline{A_{410}} \cap \overline{A_{411}} \cap \overline{A_{412}}\}. \end{aligned} \quad (13)$$

Gdy $A_{41}, A_{42}, A_{43}, A_{44}, A_{45}, A_{46}, A_{47}, A_{48}, A_{49}, A_{410}, A_{411}, A_{412}$ są zdarzeniami niezależnymi, wtedy

$$\begin{aligned} P(B_4) &= 1 - P\{\overline{A_{41}}\} \times P\{\overline{A_{42}}\} \times P\{\overline{A_{43}}\} \times P\{\overline{A_{44}}\} \times P\{\overline{A_{45}}\} \times P\{\overline{A_{46}}\} \\ &\quad \times P\{\overline{A_{47}}\} \times P\{\overline{A_{48}}\} \times P\{\overline{A_{49}}\} \times P\{\overline{A_{410}}\} \times P\{\overline{A_{411}}\} \times P\{\overline{A_{412}}\}, \end{aligned} \quad (14)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} P(\overline{A_{41}}) &= 1 - P\{A_{41}\}; & P(\overline{A_{42}}) &= 1 - P\{A_{42}\}; & P(\overline{A_{43}}) &= 1 - P\{A_{43}\}; \\ P(\overline{A_{44}}) &= 1 - P\{A_{44}\}; & P(\overline{A_{45}}) &= 1 - P\{A_{45}\}; & P(\overline{A_{46}}) &= 1 - P\{A_{46}\}; \\ P(\overline{A_{47}}) &= 1 - P\{A_{47}\}; & P(\overline{A_{48}}) &= 1 - P\{A_{48}\}; & P(\overline{A_{49}}) &= 1 - P\{A_{49}\}; \\ P(\overline{A_{410}}) &= 1 - P\{A_{410}\}; & P(\overline{A_{411}}) &= 1 - P\{A_{411}\}; & P(\overline{A_{412}}) &= 1 - P\{A_{412}\}. \end{aligned} \quad (15)$$

Oddanie obiektu do eksploatacji i rozliczenie płatności – rozpatrzmy zdarzenia:

A_{51} = {destabilizacja polityczna kraju};

A_{52} = {destabilizacja gospodarcza kraju};

A_{53} = {wzrost inflacji};

A_{54} = {niewłaściwy plan kosztów};

A_{55} = {dekoniunktura w branży};

A_{56} = {wiarygodność zlecniodawcy};

A_{57} = {precyzja umowy};

A_{58} = {przestrzeganie i egzekwowanie prawa}.

$$B_5 = \{A_{51} \cup A_{52} \cup A_{53} \cup A_{54} \cup A_{55} \cup A_{56} \cup A_{57} \cup A_{58}\} \quad (16)$$

– strata nakładów poniesionych na jego realizację.

Jak poprzednio przez pojęcie ryzyka będziemy rozumieć prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia B_5 .

$$\begin{aligned}
P(B_5) &= P\{A_{51} \cup A_{52} \cup A_{53} \cup A_{54} \cup A_{55} \cup A_{56} \cup A_{57} \cup A_{58}\} \\
&= 1 - \overline{P\{A_{51} \cup A_{52} \cup A_{53} \cup A_{54} \cup A_{55} \cup A_{56} \cup A_{57} \cup A_{58}\}} \\
&= 1 - P\{\bar{A}_{51} \cap \bar{A}_{52} \cap \bar{A}_{53} \cap \bar{A}_{54} \cap \bar{A}_{55} \cap \bar{A}_{56} \cap \bar{A}_{57}\}.
\end{aligned} \tag{17}$$

Gdy $A_{51}, A_{52}, A_{53}, A_{54}, A_{55}, A_{56}, A_{57}, A_{58}$ są zdarzeniami niezależnymi, wtedy

$$\begin{aligned}
P(B_5) &= 1 - P\{\bar{A}_{51}\} \times P\{\bar{A}_{52}\} \times P\{\bar{A}_{53}\} \times P\{\bar{A}_{54}\} \\
&\quad \times P\{\bar{A}_{55}\} \times P\{\bar{A}_{56}\} \times P\{\bar{A}_{57}\} \times P\{\bar{A}_{58}\},
\end{aligned}$$

gdzie:

$$\begin{aligned}
P(\bar{A}_{51}) &= 1 - P\{A_{51}\}; & P(\bar{A}_{52}) &= 1 - P\{A_{52}\}; & P(\bar{A}_{53}) &= 1 - P\{A_{53}\}; \\
P(\bar{A}_{54}) &= 1 - P\{A_{54}\}; & P(\bar{A}_{55}) &= 1 - P\{A_{55}\}; \\
P(\bar{A}_{56}) &= 1 - P\{A_{56}\}; & P(\bar{A}_{57}) &= 1 - P\{A_{57}\}; & P(\bar{A}_{58}) &= 1 - P\{A_{58}\}.
\end{aligned} \tag{18}$$

Na podstawie analizy poszczególnych faz procesu budowlanego można policzyć ryzyko dla całej inwestycji.

Przez pojęcie ryzyka dla całej inwestycji będziemy rozumieć prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia B .

$$\begin{aligned}
P(B) &= P\{B_1 \cup B_2 \cup B_3 \cup B_4 \cup B_5\} \\
&= 1 - \overline{P\{B_1 \cup B_2 \cup B_3 \cup B_4 \cup B_5\}} \\
&= 1 - P\{\bar{B}_1 \cap \bar{B}_2 \cap \bar{B}_3 \cap \bar{B}_4 \cap \bar{B}_5\}.
\end{aligned} \tag{19}$$

Zakładając, że B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 są zdarzeniami niezależnymi, otrzymujemy

$$\begin{aligned}
P(B) &= 1 - P\{\bar{B}_1\} \times P\{\bar{B}_2\} \times P\{\bar{B}_3\} \times P\{\bar{B}_4\} \times P\{\bar{B}_5\} \\
&= 1 - (1 - P(B_1))(1 - P(B_2))(1 - P(B_3))(1 - P(B_4))(1 - P(B_5)).
\end{aligned} \tag{20}$$

Aby symbolikę probabilistyczną ryzyka realizacji przedsięwzięcia budowlanego (przedstawioną powyżej) można było nazwać modelem matematycznym, należy określić prawdopodobieństwo każdego zdarzenia oraz opisać jego rozkład. Autor prowadzi badania, których celem jest rozwiązanie tego problemu. Na obecnym etapie badawczym udowodniono przyporządkowanie rozkładu prawdopodobieństwa dla niektórych zdarzeń, na przykład dla awarii sprzętu (zdarzenie A_{43}). Skrócony opis procesu badawczego przedstawiono w kolejnym zagadnieniu.

4. Dobór rozkładu prawdopodobieństwa dla zdarzenia związanego z awarią sprzętu

Struktura danych

Zbiór danych przyjętych do obliczeń stanowił wyniki badań poligonowych. Dane wejściowe obejmowały wyniki badań 20 ładowarek budowlanych Ł-220 z okresu 21 miesięcy. Dla tego zbioru uzyskano:

- łączny czas badań T_B – 9810 dni, średnio 654 dni na 1 maszynę,
- średni przebieg jednej ładowarki w okresie badań $L = 4786$ km;
- średni czas efektywnej pracy jednej ładowarki $T = 2205$ mtg;
- średni ładunek $Q_s = 1503,5$ ton/100 mtg.

Tabela 1

Dane poligonowe

	Nr_k	R_i	n_i
1	009	436	4
2	011	1062	12
3	013	1842,5	11
4	014	695,5	5
5	015	2315	22
6	019	965	5
7	027	3773,5	59
8	029	643	5
9	030	1295	8
10	036	1211,5	8
11	043	1095,5	7
12	050	1668,5	12
13	053	2091	12
14	054	1596	11
15	055	1065,5	6
16	058	313,5	2
17	061	3068,5	23
18	081	561	5
19	086	2820,5	17
20	091	884	8

k – liczba przykładów,

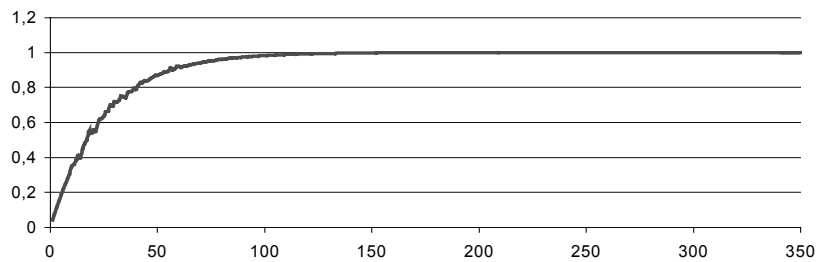
n – ilość danych dla każdego przykładu, $n = \sum_{i=1}^k n_i$,

R_i – ranga każdej próby.

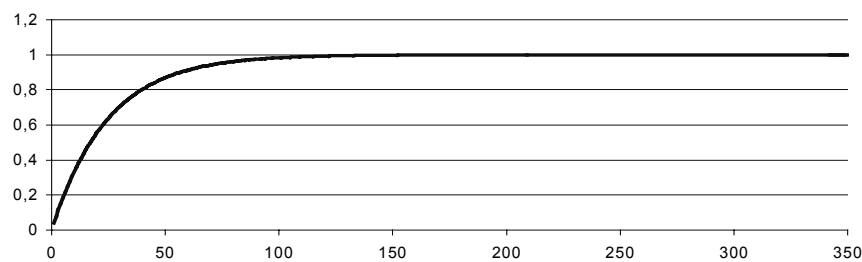
Problem: Sprawdzenie hipotezy wykładniczego rozkładu prawdopodobieństwa dla czasu pracy maszyn bez awarii.

Rozwiązanie: Do sprawdzenia użyto testu Kruskal–Wallis (dokładna analiza danych z użyciem testu zostanie przedstawiona w kolejnym artykule).

Przeprowadzona analiza udowodniła, że do określenia prawdopodobieństwa awarii sprzętu możemy posłużyć się dystrybuantą rozkładu wykładniczego. Na rysunku 2 i 3 znajduje się porównanie rozkładu empirycznego (otrzymanego w wyniku przeprowadzonej analizy) i teoretycznego.



Rys. 2. Empiryczny rozkład prawdopodobieństwa
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 3. Teoretyczny rozkład prawdopodobieństwa
Źródło: Opracowanie własne.

Szczegóły odnoszące się do procesu badawczego oraz dowód dotyczący dobranego rozkładu zostaną przedstawione w kolejnym artykule.

Podsumowanie

Obecnie prowadzone są badania ankietowe wśród specjalistów w dziedzinie budownictwa (kadry menedżerskiej oraz pracowników naukowych), których celem jest

zdobycie wiedzy eksperckiej, dotyczącej ilościowego opisu ryzyka. Wyniki badań posłużą do kwantyfikacji pozostałych obszarów ryzyka realizacji przedsięwzięć budowlanych. Budowany jest także system ekspercki, oparty m.in. na sieciach neuronowych, który będzie przeznaczony do analizy ryzyka, a w późniejszej fazie badań – do wspomagania zarządzania ryzykiem projektu budowlanego.

Bibliografia

- [1] BROWN E.M., CHONG Y.Y., *Managing Project Risk*, Person Education Limited, London 2000.
- [2] SKORUPKA D., *Ryzyko realizacji tymczasowych obiektów mostowych*, Sympozjum Naukowe, Opole 2003.
- [3] SKORUPKA D., *Risk management in building projects' realization*, The 47 th Annual Meeting of the Association for the Advancement of Cost Engineering in Orlando, USA 2003.

Modelling of risk in the building projects

The paper is concerned with the process of risk modelling in the building projects. Using a model of real object is one of the features of the present research works. In some cases, that method is necessary to carry out some forms of experiments. A model is a copy of reality. Modelling enables automation of the various processes and research of unlimited set of objects. Moreover, formal depiction of reality creates conditions for carrying out broad studies of a given problem and reduces the cost of research process. It often happens that there are no alternatives to the above.

The author puts emphasis on the possibilities of risk assessment in the building project delivery. A proposal of specification and modelling of risk areas in the building process is put forward. There are five main phases in the building process: initial project, tender, project work, building work (initial work, groundwork, installation, finish work), commissioning and payment settlement. In research process, it is assumed that the building risk is distributed across those five phases. Such an assumption makes the analysis easier and helps to assign priority to the risk areas.

A proposal of usage of an ideograph and mathematical models to formal description of the delivery risk in the building projects is outlined. The mathematical model is entirely the author's own conception.

Currently, the opinion polls are carried out among the specialists of civil engineering (management staff and research workers), which are aimed to gain an expert knowledge of a quantitative description of risk. The outcome will be used for the quantification of risk in the building projects. There is also developed an expert computer system (based on the neurone networks) for analysis of risk, and in the following phases, for research of the risk management in the building process.

Keywords: *risk assessment, construction project management*