

Dariusz SKORUPKA*

KWANTYFIKACJA I ALOKACJA CZYNNIKÓW RYZYKA W SIECIOWYCH HARMONOGRAMACH BUDOWLANYCH

Wprowadzenie

Plany rzeczowo-finansowe stanowią jeden z podstawowych dokumentów niezbędnych do ubiegania się o realizację inwestycji budowlanej. W przypadku wygrania przetargu przez firmę budowlaną, plan (harmonogram) rzeczowo-finansowy zawiera wiążące wytyczne dla kierownika budowy. Fakty te świadczą o konieczności bardzo rzetelnej analizy i skrupulatności podczas opracowywania harmonogramów [1-6, 11, 12]. Doświadczenia praktyczne dowodzą, że przydatne do takich analiz, szczególnie w zakresie oceny ryzyka, są harmonogramy sieciowe.

Na rynku znajduje się obecnie wiele narzędzi (programów komputerowych) do budowy tego typu harmonogramów. Najbardziej popularne z nich to: *MS Project*, *Plannista*, *Pertmaster*, czy *Risk 4.1 for Project*. Są to programy dobrze opracowane graficznie i oferujące szerokie spektrum metod matematycznych, jednak ich wady to cena i dość skomplikowana obsługa (instrukcja np. *Risk 4.1 for Project* ma 800 stron). Cechy te decydują o tym, że są one wykorzystywane tylko przez duże koncerny budowlane. Ponadto, zdaniem autora, transformacja danych (analiza ryzyka) powinna opierać się na rzetelnej bazie, a tego żaden z wymienionych programów nie gwarantuje. W związku z powyższym opracowano narzędzie (program komputerowy) do modelowania sieciowego przedsięwzięć, bazujące na procedurze analizy opartej na elementach autorskiej metody MOCRA (*Method of Construction Risk Assessment*) [12]. Metoda ta umożliwia kompleksową analizę przedsięwzięcia budowlanego, wraz z oceną ryzyka jego realizacji i możliwością budowy sieciowych harmonogramów budowlanych.

W artykule przedstawiono zasadnicze elementy metody oraz przykład opracowania harmonogramów sieciowych w oparciu o przedsięwzięcie budowlane (szczegóły w zagadnieniu 4.) Podstawowy problem przy ich opracowaniu stanowi analiza ryzyka.

* ppłk dr inż. Dariusz SKORUPKA – Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych

1. Kwantyfikacja ryzyka

W metodzie MOCRA zakłada się analizę ryzyka na trzech poziomach: *poziom makro* (stanowi zbiór czynników ryzyka w otoczeniu dalszym przedsięwzięcia budowlanego), *poziom rynku budowlanego* (stanowi zbiór czynników ryzyka związanych z branżą budowlaną) oraz *poziom projektu* (jest to zbiór czynników ryzyka bezpośrednio związanych z przedsięwzięciem budowlanym). Ze względu na rozmiar modelu przedstawiono jedynie jego fragment. Fragment dotyczy kwantyfikacji ryzyka na poziomie projektu. Oddaje on jednak idę kompleksowej kwantyfikacji ryzyka.

Kwantyfikacja ryzyka na poziomie projektu

Identyfikacja i zestawienia czynników ryzyka

$$A^{rp} = \{a_1^{rp}, a_2^{rp}, \dots, a_i^{rp}, \dots, a_n^{rp}\} \quad (1)$$

gdzie:

- ❖ A^{rp} - zbiór czynników ryzyka (kryteriów oceny ryzyka) na poziomie projektu;
- ❖ a_i^{rp} - i-ty czynnik ryzyka na poziomie projektu.

Oblicz wagę dla poszczególnych czynników ryzyka ze zbioru A^{rp} , wykorzystując metodę Analytic Hierarchy Process (AHP) [1]

$$\sum_{i=1}^f w_i^{rp} = 1 \quad (2)$$

gdzie:

- ❖ w_i^{rp} - i-ta waga na poziomie projektu;
- ❖ f - ilość czynników ryzyka na poziomie projektu.

Określ, które czynniki ryzyka na poziomie projektu są zależne od ryzyka z poziomu rynku budowlanego, a które od ryzyka z poziomu makro.

Ustal wielkość wpływu ryzyka z poziomu makro i rynku budowlanego na poszczególne czynniki ryzyka poziomu projektu. Wykorzystaj metodę Pair Wise Comparison (PWC) [1]

$$0 < \psi_i^{rkp} \leq 1,5 \quad (3)$$

$$0 < \psi_i^{rbp} \leq 1,5 \quad (4)$$

gdzie:

- ❖ ψ_i^{rkp} - współczynnik relacji, określający wpływ całościowego ryzyka poziomu makro na i-ty czynnik ryzyka z poziomu projektu;
- ❖ ψ_i^{rbp} - współczynnik relacji określający wpływ całościowego ryzyka poziomu rynku budowlanego na i-ty czynnik ryzyka poziomu projektu.

Oblicz ryzyko dla poszczególnych czynników ryzyka na poziomie projektu, które nie są w relacji z ryzykiem na poziomie rynku budowlanego oraz ryzykiem na poziomie makro

$$R_i^{rp} = P(a_i^{rp}) \times C(a_i^{rp}) [\%] \quad (5)$$

gdzie:

- ❖ R_i^{rp} - i-te ryzyko związane z wystąpieniem czynnika a_i^{rp} na poziomie projektu, które nie są w relacji z ryzykiem na poziomie rynku budowlanego i makro;
- ❖ $P(a_i^{rp})$ - prawdopodobieństwo wystąpienia czynnika a_i^{rp}
- ❖ $C(a_i^{rp})$ - konsekwencja wystąpienia czynnika a_i^{rp} dla projektu.

Oblicz ryzyko dla poszczególnych czynników ryzyka na poziomie projektu, będących w relacji z ryzykiem na poziomie makro

$$R_{\psi_i}^{rkp} = \psi_i^{rkp} \sum_{i=1}^n R_i^{rk} w_i^{rk} = \psi_i^{rkp} S^{rk} [\%] \quad (6)$$

gdzie:

- ❖ $R_{\psi_i}^{rkp}$ - i-te ryzyko na poziomie projektu będące w relacji z ryzykiem na poziomie makro;
- ❖ R_i^{rk} - i-te ryzyko związane z wystąpieniem czynnika a_i^{rk} na poziomie makro;
- ❖ w_i^{rk} - i-ta waga na poziomie makro.

Oblicz ryzyko dla poszczególnych czynników ryzyka na poziomie projektu, będących w relacji z ryzykiem na poziomie rynku budowlanego

$$R_{\psi_i}^{rbp} = \psi_i^{rbp} \sum_{i=1}^n R_i^{rb} w_i^{rb} = \psi_i^{rbp} S^{rb} [\%] \quad (7)$$

gdzie:

- ❖ $R_{\psi_i}^{rbp}$ - i-te ryzyko na poziomie projektu będące w relacji z ryzykiem na poziomie ryzyka rynku budowlanego;
- ❖ R_i^{rb} - i-te ryzyko związane z wystąpieniem czynnika a_i^{rb} na poziomie rynku budowlanego niebędące w relacji z ryzykiem na poziomie makro;
- ❖ w_i^{rb} - i-ta waga na poziomie rynku.

Oblicz sumę ważoną ryzyka na poziomie projektu

$$S^{rp} = \sum_{i=1}^v \psi_i^{rkp} S^{rk} + \sum_{i=1}^z \psi_i^{rbp} S^{rb} + \sum_{i=1}^c R_i^{rp} w_i^{rp} [\%] \quad (8)$$

gdzie:

- ❖ S^{rp} - kompleksowe, ostateczne ryzyko na poziomie projektu;

- ❖ v - liczba czynników ryzyka projektu będących w relacji z poziomem ryzyka makro;
- ❖ z - liczba czynników ryzyka projektu, będących w relacji z poziomem ryzyka rynku budowlanego;
- ❖ c - liczba czynników ryzyka, , które nie są w relacji z innymi poziomami ryzyka;
- ❖ pozostałe jak wyżej.

Przykład zastosowania powyższego algorytmu.

Tabela 1. Analiza ryzyka na poziomie projektu

Kryteria (1)	Subkryteria (czynniki ryzyka) (2)	Hierarchiczna ocena ryzyka (AHP) (3)	Wpływ ryzyka 1 or 2 ^a (4)	Poziom wpływu (PWC) (5)	Ocena ryzyka (6)	Wagowa ocena (7)
Technologia Umow i sprawy praw- ne	Niekorzystne warunki gruntowe	0.073	—	—	28	2.055
	Możliwość sporów kontrahentów	0.050	—	—	25	1.301
	Problemy w rozstrzygnięciu sporów z powodu prawa w danym kraju	0.039	—	—	50	1.950
Zasoby	Brak wykwalifikowanych pracowników	0.063	2	0.80	44.131	2.780
	Opóźnienia w dostarczaniu materiałów	0.034	2	1.00	55.163	1.875
Projektowanie	Awarie sprzętu	0.065	-		50	3.420
	Opóźnienia w pozwoleniach projektowych	0.089	2	0.80	44.131	3.927
	Wadliwy projekt błędy, dodatkowa praca	0.085	—	—	50	4.250
Jakość	Zła jakość materiałów	0.059	2	1.00	55.163	3.254
	Nierzetelność podwykonawców	0.074	2	1.00	55.163	4.080
Finanse	Problemy z finansowaniem inwestycji z powodów podatkowych lub ograniczeń w przepływie kapitału	0.174	1	0.80	53.880	9.375
	Zmiana cen zasobów materiałowych i eksploatacji	0.077	—	—	50	3.850
Inne	Warunki pogodowe i inne naturalne przyczyny opóźnień	0.062	—	—	50	3.100
	Fizyczne zniszczenie inwestycji lub jej zatrzymanie poprzez zamieszki, demonstracje lub akty terroru	0.054	1	0.80	53.880	2.909
[Suma]	—	1.000	—	—		47.301

Źródło: Opracowanie własne

W metodzie *MOCRA* w wyniku zastosowania strategii zmniejszania ryzyka mamy możliwość opracowania zweryfikowanej listy czynników ryzyka. Możemy to zapisać wzorem:

$$\bar{S}^{rp} = \sum_{i=1}^{v^1} \psi_i^{rkp} S^{rk} + \sum_{i=1}^{z^1} \psi_i^{rbp} S^{rb} + \sum_{i=1}^{c^1} R_i^{rp} w_i^{rp} [\%] \quad (9)$$

gdzie:

- ❖ \bar{S}^{rp} - zweryfikowane (zmniejszone) ryzyko na poziomie projektu;
- ❖ v^1 - liczba, po weryfikacji, czynników ryzyka projektu będących w relacji z poziomem ryzyka makro;
- ❖ z^1 - liczba, po weryfikacji, czynników ryzyka projektu, będących w relacji z poziomem ryzyka rynku budowlanego;
- ❖ c^1 - liczba, po weryfikacji, czynników ryzyka, , które nie są w relacji z innymi poziomami ryzyka;
- ❖ pozostałe jak wyżej.

Przykład zastosowania strategii zmniejszania ryzyka

W wyniku zastosowana „strategii zmniejszenia ryzyka” otrzymano zestawienie “ryzyka pozostającego”.

Tabela 2. Analiza ryzyka „pozostającego”

Kryteria (1)	Subkryteria (czynniki ryzyka) (2)	Wpływ ryzyka		Wagowa ocena ryzyka (5)
		Czas - T (3)	Koszt - K (4)	
Technologia	Niekorzystne warunki gruntowe	T		2.055
Umowv i sprawy prawne	Możliwość sporów kontrahentów Problemy w rozstrzygnięciu sporów z powodu prawa w danym kraju - Laws		K K	1.301 1.950
Zasoby	Opóźnienia w dostarczaniu materiałów	T		1.875
	Awarie sprzętu	T	K	1.600
Projektowanie	Wadliwy projekt błędy, dodatkowa		K	4.250
Jakość	Zła jakość materiałów		K	3.254
Finanse	Problemy z finansowaniem inwestycji z powodów podatkowych lub ograni- czeń w przepływie kapitału Zmiana cen zasobów materiałowych i eksploatacji		K K	9.375 3.850
Inne	Warunki pogodowe i inne naturalne przyczyny opóźnień	T		3.100
[Suma]	—	8,63	25,58	

Źródło: Opracowanie własne

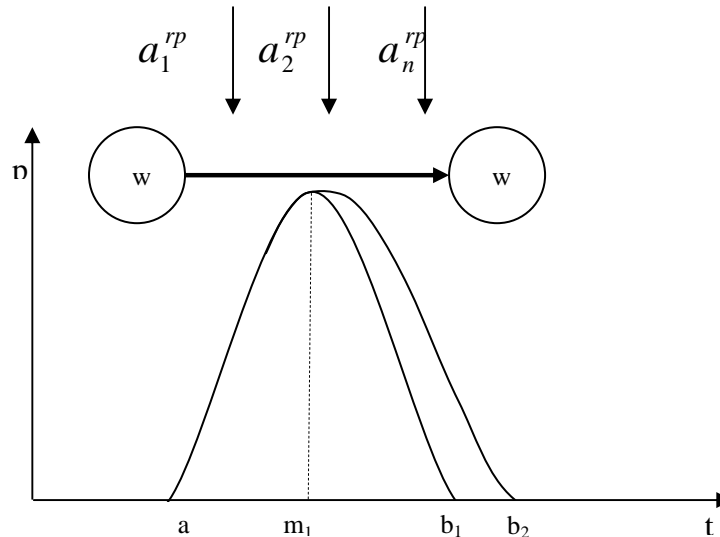
Każdy z przedstawionych czynników ryzyka został określony pod względem jego wpływu na czas i koszt realizowanego przedsięwzięcia. Szerzej na ten temat traktuje literatura [7-10]. Dane te posłużyły do budowy bazy danych określającej potencjalny wzrost

kosztów i czasu dla każdej operacji w realizowanym przedsięwzięciu. Baza danych została wykorzystana do alokacji ryzyka w harmonogramie budowlanym. Alokacje wykonano za pomocą analizy funkcji β , która wykorzystywana jest do opisu rozkładu prawdopodobieństwa w harmonogramach sieciowych (np. w metodzie PERT).

2. Alokacja ryzyka w harmonogramach budowlanych

Jednym z celów autora było opracowanie metody, która pozwoli na „czytelne” i szybkie przeniesienie ryzyka do harmonogramu wykonywanego metodą PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). Przyjęto założenie, że stosunkowo prosta metoda zachęci zespoły planujące realizację przedsięwzięcia budowlanego do jej stosowania. W tym wypadku chodzi zatem o tworzenie „harmonogramów awaryjnych”, a nie budżetów, chociaż istnieje możliwość zastosowania „Metody Analizy Funkcji β ” do minimalizacji kosztów przedsięwzięcia metodą PERT-COST [10].

Idea metody została oparta na założeniu, że skwantyfikowane czynniki ryzyka, które odnoszą się do określonej operacji, można sumować i odnosić bezpośrednio do czasu pesymistycznego tej operacji. Idea przedstawiona jest na rysunku 1.



Rys. 1. Idea alokacji ryzyka (weryfikacji funkcji β)

Źródło: Opracowanie własne

Zmieniając wartość pesymistyczną, zmieniamy, także wartość najbardziej prawdopodobną. Zmiana nie jest tożsama, dlatego musimy znaleźć zależność. Wykorzystujemy do tego funkcje rozkładu beta, która wyraża się wzorem:

$$f(t) = H(t - a)^{p-1} (b - t)^{q-1}, a \leq t \leq b \quad (10)$$

gdzie: a, b, p, q są parametrami rozkładu, a H jest stałą zależną od parametrów [5].

Stąd możemy wyprowadzić równania.

Dla $m = t$, dla których $f'(t) = 0$, gdzie m to najbardziej prawdopodobny czas realizacji operacji,

$$\left((t-a)^{p-1} (b-t)^{q-1} \right)' = 0 \quad (11)$$

$$(p-1)(t-a)^{p-2} (b-t)^{q-1} - (q-1)(t-a)^{p-1} (b-t)^{q-2} = 0 \quad (12)$$

$$(t-a)^{p-2} (b-t)^{q-2} [(p-1)(b-t) - (q-1)(t-a)] = 0 \quad (13)$$

$$(p-1)b - (p-1)t - (q-1)t + a(q-1) = 0 \quad (14)$$

$$t(p-1+q-1) = (p-1)b + a(q-1) \quad (15)$$

$$t = \frac{(p-1)b + a(q-1)}{p+q-2} = m \quad (16)$$

Ostatni wzór pokazuje, jaki jest wpływ zmiany wartości optymistycznej a czasu trwania operacji (lub wartości pesymistycznej b czasu trwania operacji) na wartość najbardziej prawdopodobną m czasu trwania operacji.

Po przeanalizowaniu każdej operacji ustala się wpływ potencjalnego ryzyka na cały harmonogram budowlany.

Przedstawiona analiza pozwala na opracowanie planu kontyngencji, czyli planów zakładających ewentualność zwiększenia czasu i kosztów realizowanych inwestycji o pewne obliczone tą metodą wielkości.

3. Przykład alokacji ryzyka w sieciowych harmonogramach budowlanych

Dla zobrazowania problematyki alokacji ryzyka posłużono się przykładem przedsięwzięcia budowlanego realizowanego przez firmę KARTEL. Zadanie inwestycyjne polegało na wybudowaniu *Centrum Handlowo-Usługowo-Biurowego w Kielcach przy ul. Klonowej*. Termin rozpoczęcia zadania inwestycyjnego zaplanowano na 05.01.2005. Natomiast termin jego zakończenia na 15.07.2005.

Budynek został zaprojektowany jako 2 segmentowy, 4 kondygnacyjny, niepodpiwniczony. Konstrukcja dachu: stropodach niewentylowany o kącie nachylenia min. 3%. Parter przeznaczony został na cele handlowo-usługowe, natomiast pozostałe kondygnacje przeznaczone zostały na pomieszczenia biurowe i usługowe. Komunikacja pionowa poprzez 2 klatki schodowe i 2 windy hydrauliczne zewnętrzne osobowo-towarowe z możliwością przewozu osób niepełnosprawnych. Dostęp na dach w każdym segmencie został zapewniony poprzez klatkę schodową i wyłaz dachowy 140 x 140 cm spełniający równocześnie rolę klapy oddymiającej z dwoma siłownikami wrzecionowymi.

Analiza modelu sieciowego

W celu opracowania planów awaryjnych przedsięwzięcia budowlanego przeprowadzono analizę modelu sieciowego. Dla wariantu pierwszego (WT-I) założono, że asymetryczną funkcję β jako funkcję gęstości rozkładu prawdopodobieństwa czasu trwania operacji, a dla wariantu drugiego (WT – II) założono symetryczną funkcję β jako funkcję gęstości rozkładu prawdopodobieństwa czasu trwania operacji. W tabeli 3 przedstawiono zestawienie elementów skalonych (czynności) do harmonogramu sieciowego.

Tabela 3. Zestawienie elementów scalonych do harmonogramu sieciowego

Lp	Nr operacji	Nazwa operacji
1	1-2	Roboty przygotowawcze
2	2-3	Roboty ziemne
3	3-4	Roboty fundamentowe (etap 1)
4	4-5	Roboty fundamentowe (etap 2)
5	4-6	Parter (etap 1)
6	4-7	Czynność pozorna
7	5-6	Czynność pozorna
8	7-8	Szyb windy (etap 1)
9	8-9	Czynność pozorna
10	9-10	Czynność pozorna
11	6-9	Parter (etap 2)
12	6-10	Piętro I (etap 1)
13	6-11	Czynność pozorna
14	11-12	Szyb windy (etap 2)
15	12-13	Czynność pozorna
16	10-13	Piętro I (etap 2)
17	10-14	Piętro II (etap 1)
18	10-15	Czynność pozorna
19	13-14	Czynność pozorna
20	15-16	Szyb windy (etap 3)
21	16-17	Czynność pozorna
22	14-17	Piętro II (etap 2)
23	14-18	Piętro III (etap 1)
24	14-19	Czynność pozorna
25	17-18	Czynność pozorna
26	19-20	Szyb windy (etap 4)
27	20-21	Czynność pozorna
28	18-21	Piętro III (etap 2)
29	21-22	Odwodnienie dachu nad piętrem III
30	22-23	Czynność pozorna
31	18-23	Dach nad piętrem III

Źródło: Opracowanie własne

Wariant I (WT -I) - funkcja beta asymetryczna

W wyniku przeprowadzonej analizy badawczej opracowano plan awaryjny (rys. 2) dla wariantu -I. Stosując metodę PERT, określono prawdopodobieństwo dotrzymania terminu dyrektywnego (187 dni) przy założonym poziomie ryzyka (tablica 1). Prawdopodobieństwo nie mieści się w zakładanym przedziale $\langle 0,25; 0,6 \rangle$, co zgodnie z założeniami metody PERT powoduje potrzebę zmiany planu wyjściowego.

Dla wariantu WT- I (funkcja β asymetryczna) wynik analizy przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie wyników analizy sieciowej dla wariantu WT- I

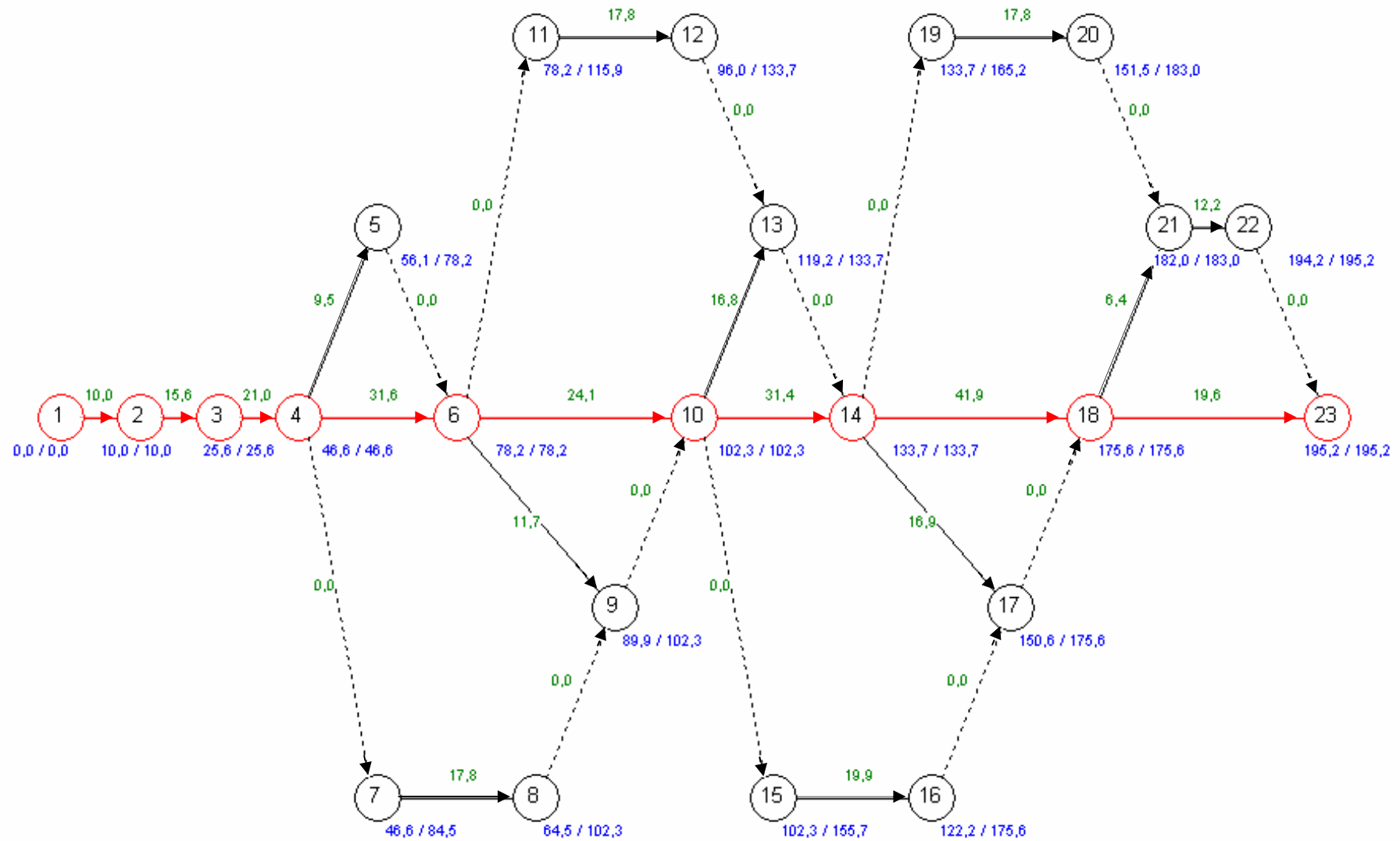
Nr operacji	Czas optymistyczny	Czas najbardziej prawdopodobny	Czas pesymistyczny	Wartość oczekiwana	Wariancja
1-2	9	10	11,24	10,04	0,139
2-3	14	15	19,51	15,58	0,843
3-4	19	20	27,04	21,01	1,796
4-5	7	9	13,94	9,49	1,338
4-6	28	30	41,41	31,57	5,018
4-7	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0
7-8	16	17	22,94	17,82	1,338
8-9	0	0	0	0	0
9-10	0	0	0	0	0
6-9	9	11	16,92	11,65	1,742
6-10	21	23	31,78	24,13	3,228
6-11	0	0	0	0	0
11-12	16	17	22,94	17,82	1,338
12-13	0	0	0	0	0
10-13	14	16	23,01	16,83	2,255
10-14	29	30	39,34	31,39	2,969
10-15	0	0	0	0	0
13-14	0	0	0	0	0
15-16	18	19	25,48	19,91	1,550
16-17	0	0	0	0	0
14-17	14	16	23,10	16,85	2,300
14-18	38	40	53,52	41,92	6,690
14-19	0	0	0	0	0
17-18	0	0	0	0	0
19-20	16	17	22,94	17,82	1,338
20-21	0	0	0	0	0
18-21	4	6	10,19	6,36	1,064
21-22	11	12	14,08	12,18	0,264
22-23	0	0	0	0	0
18-23	18	19	23,43	19,57	0,819

Źródło: Opracowanie własne

Wartości parametrów otrzymanych w wyniku zastosowania analizy sieciowej (WT-I):

- termin najwcześniejszy T_w 195,21,
- termin dyrektywny T_d 187,000
- zmienna standaryzowana $x = -1,77$,
- prawdopodobieństwo dotrzymania terminu dyrektywnego – 0,038.

KWANTYFIKACJA I ALOKACJA CZYNNIKÓW RYZYKA W SIECIOWYCH...



Rys. 2. Plan awaryjny (model sieciowy) realizacji przedsięwzięcia budowlanego (wariant I)

Źródło: Opracowanie własne

Wariant (WT-II) - funkcja beta symetryczna

Na podstawie analizy badawczej opracowano plan awaryjny (rys. 3) dla wariantu WT-II. Podobnie jak poprzednio, stosując metodę PERT, określono prawdopodobieństwo dotrzymania terminu dyrektywnego (187 dni) przy założonym poziomie ryzyka (tablica 1). Prawdopodobieństwo również nie mieści się w zakładanym przedziale $\langle 0,25; 0,6 \rangle$, co zgodnie z założeniami metody PERT powoduje także potrzebę zmiany planu wyjściowego lub wprowadzenia strategii zmniejszania ryzyka.

Dla wariantu WT- II (funkcja β symetryczna) wynik analizy przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie wyników analizy sieciowej dla wariantu WT-II

Nr operacji	Czas optymistyczny	Czas najbardziej prawdopodobny	Czas pesymistyczny z zakłóceniami	Wartość oczekiwana	Wariancja
1-2	9	10,12	11,24	10,12	0,139
2-3	14	16,75	19,51	16,75	0,843
3-4	19	23,02	27,04	23,02	1,796
4-5	7	10,47	13,94	10,47	1,338
4-6	28	34,72	41,41	34,72	5,018
4-7	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0
7-8	16	19,47	22,94	19,47	1,338
8-9	0	0	0	0	0
9-10	0	0	0	0	0
6-9	9	12,96	16,92	12,96	1,742
6-10	21	26,39	31,78	26,39	3,228
6-11	0	0	0	0	0
11-12	16	19,47	22,94	19,47	1,338
12-13	0	0	0	0	0
10-13	14	18,51	23,01	18,51	2,255
10-14	29	34,17	39,34	34,17	2,969
10-15	0	0	0	0	0
13-14	0	0	0	0	0
15-16	18	21,74	25,48	21,74	1,550
16-17	0	0	0	0	0
14-17	14	18,55	23,10	18,55	2,300
14-18	38	45,76	53,52	45,76	6,690
14-19	0	0	0	0	0
17-18	0	0	0	0	0
19-20	16	19,47	22,94	19,47	1,338
20-21	0	0	0	0	0
18-21	4	7,09	10,19	7,09	1,064
21-22	11	12,54	14,08	12,54	0,264
22-23	0	0	0	0	0
18-23	18	20,76	23,43	20,76	0,819

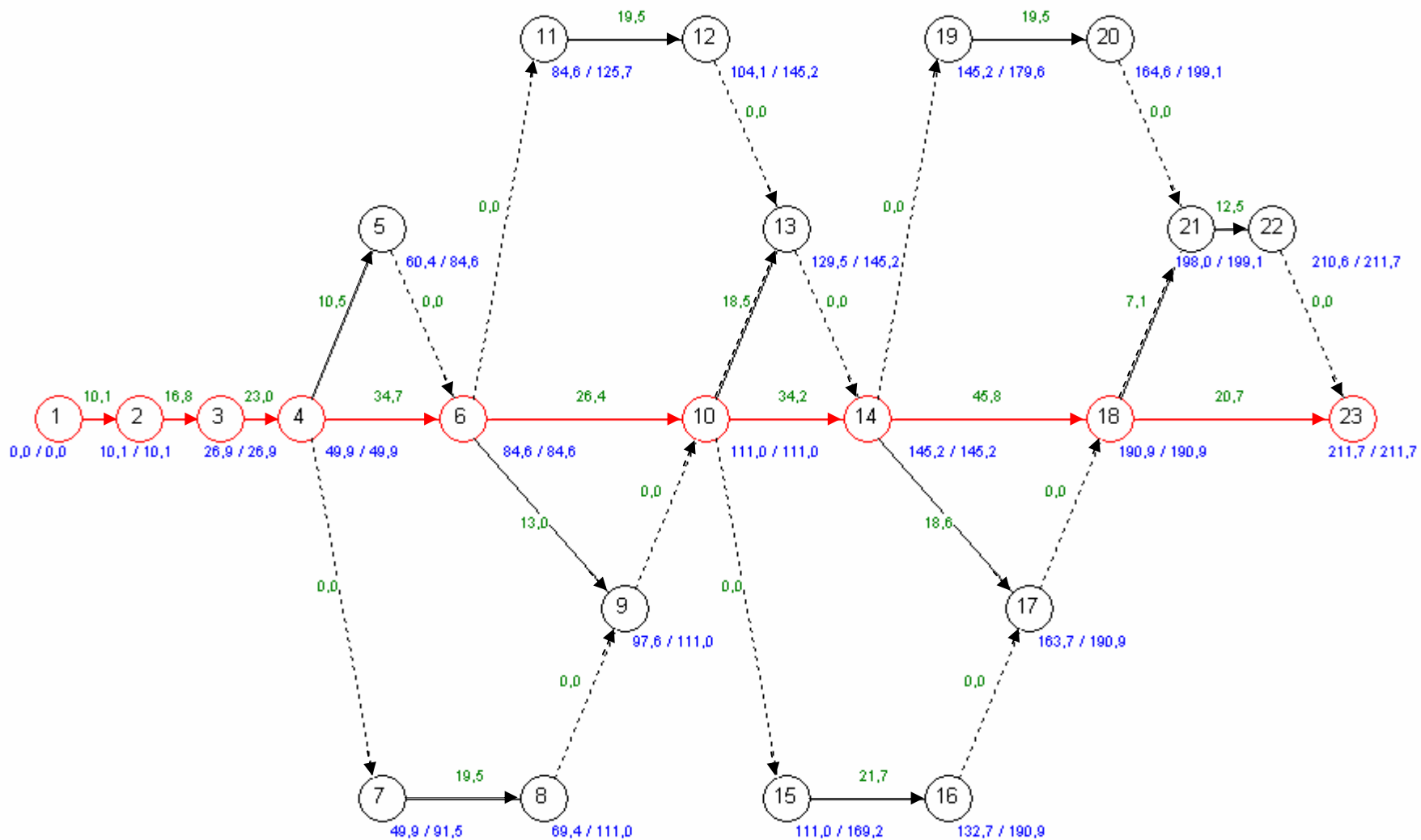
Źródło: Opracowanie własne

Wartości parametrów otrzymanych w wyniku zastosowania analizy sieciowej (WT-II):

- termin najwcześniejszy T_w - 211,65
- termin dyrektywny T_d - 187,00

- zmienna standaryzowana $x = -5,31$
- prawdopodobieństwo dotrzymania terminu – 0,002.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że przy tym poziomie ryzyka dotrzymanie terminu dyrektywnego jest niemożliwe. Aby dotrzymać terminu zapisanego w umowie, należy zmodernizować plan realizacji przedsięwzięcia budowlanego lub radykalnie zredukować poziom ryzyka, stosując np. elementy strategii jego zmniejszania.



Rys. 3. Plan awaryjny (model sieciowy) realizacji przedsięwzięcia budowlanego (warant II)

Źródło: Opracowanie własne

Podsumowanie

Walory użyteczne przedstawionej metody zostały zweryfikowane podczas realizacji obiektów budowlanych wykonywanych przez firmy: *KARTEL*, *DORBUD*, *TRANSKOL*. A priori przyjęto, że celem analizy ryzyka nie jest idealna predykcja ewentualnych niekorzystnych zdarzeń oraz ich wpływu na przedsięwzięcie budowlane. Bowiem, zgodnie z opinią wielu ekspertów, nie ma metody, która mogłaby odgrywać rolę „magicznej skrzynki” udzielającej odpowiedzi na wszystkie pytania. Założono natomiast, że wnikliwa analiza ryzyka poprawi skuteczność procesu planistycznego i decyzyjnego, zmniejszy skutki ewentualnych niekorzystnych zdarzeń oraz przygotowuje wykonawców inwestycji do odpowiedniej reakcji na nie. Doświadczenia praktyczne potwierdzają, że stosowanie harmonogramów sieciowych jest pomocne w osiągnięciu przedstawionych celów.

LITERATURA

- [1]Hastak M., Shaked A., *ICRAM: Model for International Construction Risk Assessment*, Journal of Management in Engineering, American Society of Civil Engineers, Vol. 16, No 1, p. 59 – 69, USA 2000.
- [2]Kaplński O., *Techniki decyzyjne w organizacji i zarządzaniu w budownictwie. Stan wiedzy i problemy komputeryzacji*, Metody Komputerowe w Inżynierii Lądowej, nr 2, t. 4, 1994.
- [3]Kasprowicz T., *Inżynieria przedsięwzięć budowlanych*. Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu. Warszawa 2002.
- [4]Karlsen J. T., Lereim J., *Management of Project Contingency and Allowance*, Cost Engineering, The AACE International Journal of Cost Estimation, Cost/ Schedule Control, and Project Management, Morgantown 2005, 24 – 29.
- [5]Ostrowska E., *Ryzyko projektów inwestycyjnych*, PWE, Warszawa 2002.
- [6]Sean T. Regan, *Risk Management Implementation and Analysis*, 2003 AACE International Transaction, (CSC.10.1– CSC.10.7), The Association for the Advancement of Cost Engineering, USA, Orlando 2003.
- [7]Skorupka D., *Neural Networks in Risk Management of Project*, 2004 AACE International Transaction, (CSC.1.51– CSC.1.57), The Association for the Advancement of Cost Engineering, USA, Washington 2004.
- [8]Skorupka D., *The method of identification and quantification of construction projects risk*, Archives of Civil Engineering , LI, 4, (s. 647-662), Warszawa 2005.
- [9]Skorupka D., Hastak M., *Identification and Analysis of Risk Indicators of an Increase in Construction Project Costs*, Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej – Problemy w budownictwie, (s. 223- 230), Krynica 2006.
- [10] Skorupka D., *Metoda identyfikacji i oceny ryzyka realizacji przedsięwzięć budowlanych*, WAT, Warszawa 2007.
- [11] Tarczyński W., Mojsiewicz M., *Zarządzanie ryzykiem*, PWE, Warszawa 2001.
- [12] Winegard, A., and Warhoe S. P. (2003). *Understanding Risk to Mitigate Changes and Avoid Disputes*. AACE International Transaction, The Association for the Advancement of Cost Engineering. Orlando. 01.1- 01.8.