

Jerzy Zemke*

Pomiar ryzyk projektu

Wstęp

Projekt w planach rozwoju przedsiębiorstwa określa zakres oraz zasoby, przy użyciu których będzie realizowany. Zasoby różnicuje rodzaj projektu, przez co zasoby mają niejednorodną strukturę, jednakże zbiór ten zawiera pewne elementy stałe, niezależne od rodzaju projektu, mianowicie: zasoby czasu, zasoby ludzkie, finansowe, intelektualne. Potencjał dostępnych zasobów poddawany jest wpływowi warunków otoczenia realizowanego projektu. Ich zmienność w tym okresie może być przyczyną opóźnień terminu zakończenia realizacji projektu, wzrostu kosztów, niedostatecznej jakości czy ograniczenia zakresu realizowanego projektu.

Czym jest ryzyko projektu, jak rozumieć to pojęcie w kontekście zarządzania jego realizacją? Należy je postrzegać w czterech wymiarach: czasu, finansów, jakości oraz zakresu realizacji. Oznacza to, że ryzyko w przypadku realizacji projektu ma naturę wielowymiarową, spowodowaną zmianami istotnych dla realizowanego projektu warunków otoczenia w relacji do przyjętych w założeniach projektowych. Niepewność skutków realizacji projektu w kontekście czasu, kosztów, jakości i zakresu, wymaga stałego monitoringu stanu niepewności, co do zgodności realizowanych etapów projektu z przyjętym w planie harmonogramie prac.

Celem artykułu jest opracowanie metodologii pomiaru stanu niepewności realizacji projektu. Miarą stanu niepewności jest ryzyko, zatem pomiar ryzyka stanowi jądro metodologii. Wymaga to realizacji celów częściowych: identyfikacji źródeł ryzyka, budowy modelu i pomiaru ryzyka.

1. Projekt, otoczenie, struktura

Strategia rozwoju organizacji gospodarczej jest zbiorem projektów realizowanych w zróżnicowanym horyzoncie czasu: w długim – projekty strategiczne organizacji, średnim – projekty taktyczne, cele realizowane w krótkim, rocznym okresie – projekty operacyjne.

* Prof. UG dr hab., Katedra Ekonometrii, Wydział Zarządzania, Uniwersytet Gdański, ul. Armii Krajowej 101, 81-824 Sopot, jerzy.zemke@ug.edu.pl

Niezależnie od horyzontu czasu projekt jest opisem celów i zadań określających zakres pracy i środowisko projektu (szczególnie opis wyłączeń, czyli czego projekt nie obejmuje), listę produktów i kryteria ich akceptacji, strategię realizacji i podejście do testowania (szczególnie odpowiedzialność za testy), strukturę organizacyjną zespołu i zadania (odpowiedzialność) poszczególnych jednostek organizacyjnych, z jednoznacznym określeniem zobowiązań wykonawców i odbiorców, wszelkie założenia projektowe.

1.1. Otoczenie realizacji projektu

Otoczenie realizowanego projektu nie jest jednorodne. Teoria zarządzania wyróżnia otoczenie bliższe organizacji gospodarczej – mikrootoczenie – oraz dalsze – makrootoczenie, które może ograniczać się do kraju – bądź mieć zasięg międzynarodowy, a nawet globalny. W skład tych dwóch zasadniczych czynników otoczenia wchodzi następujące elementy:

I. Mikrootoczenie:

- A. Zasoby własne: kompetencje, poziom zależności kosztów produkcji od stopnia wykorzystania potencjału, efektywność korzyści skali w produkcji, logistyce i marketingu, dominujący kanał dystrybucji, tempo zmian stosowanych technologii, relacje pomiędzy doświadczeniem zasobu pracowniczego a skalą produkcji, plany sprzedaży.
- B. Dostawcy (planowanie zaopatrzenia).
- C. Konkurencja: techniki, technologie wytwarzania, wielkość rynku mierzona skalą popytu na produkty sektora, dynamika i kierunek zmian popytu w sektorze, zasięg konkurencji w sektorze (krajowy, międzynarodowy), stopień koncentracji popytu, ceny sprzedaży, możliwości integracji pionowej w sektorze funkcjonowania, poziom barier wejścia na rynek, stopień zróżnicowania produktów konkurujących w sektorze.

II. Makrootoczenia, krajowe i międzynarodowe:

- A. Polityczne, prawne.
- B. Krajowe regulacje prawne: normy prawa pracy, podatkowe, ochrony własności intelektualnej, normy ochrony środowiska, normy techniczne, normy międzynarodowe obowiązujące w kraju.
- C. Funkcje państwa oraz organizacji społecznych: stopień oddziaływania administracji państwa na decyzje gospodarcze, udział własności państwa w gospodarce narodowej, obszary koncesjo-

nowania działalności gospodarczej, zakres i formy ulg podatkowych, procedury zamówień publicznych, subwencji, zakres i formy działań organizacji finansowanych przez budżet państwa wspierających działalność gospodarczą.

D. Ekonomiczne:

- organizacja oraz sprawność funkcjonowania instytucji infrastruktury,
- tendencje i tempo zmian strukturalnych,
- wielkość i tempo wzrostu PKB, poziom i zmiany stóp procentowych, zmiany kursów walut, poziom inflacji, stopa konsumpcji, oszczędności, poziom zadłużenia wewnętrznego, zagranicznego, poziom bezrobocia, wydajność pracy, produktywność zasobów, nakłady inwestycyjne, amortyzacja majątku produktywnego, polityka monetarna i fiskalna państwa.

E. Społeczne i kulturowe cechy otoczenia:

- poziom cywilizacyjny – poziom kultury materialnej, stopień opanowania środowiska naturalnego, stopień nagromadzenia instytucji społecznych (stopień rozbudowy sfery usług publicznych, poziom oświaty i wykształcenia społeczeństwa, stan zdrowotny społeczeństwa, programy opieki społecznej),
- postawy społeczne, wzorce konsumpcji, świadomość ekologiczna, wzorce zachowań rynkowych, tendencje w zmianach organizacji wolnego czasu, relacje pomiędzy pracodawcami a pracownikami,
- demograficzne – liczba ludności kraju, struktura oraz gęstość zaludnienia, przyrost naturalny, struktura wiekowa ludności, struktura etniczna, intensywność i kierunki migracji, poziom aktywności zawodowej, struktura zawodowa, wielkość i struktura gospodarstw domowych, rozkład dochodów w grupach zawodowych.

F. Technologiczne, techniczne i przyrodnicze:

- otoczenie technologiczne, techniczne – kierunki zmian postępu technologicznego i technicznego, cykl życia technologii oraz produktów, jakość techniczna substytutów, skala i obszar badań nad nowymi technologiami,

- otoczenie przyrodnicze – stan, dostępność zasobów naturalnych, uwarunkowania środowiskowe wpływające na koszty funkcjonowania, zmiany stanu środowiska naturalnego.

1.2. Struktura projektu

Projekt jest pojęciem obszernym znaczeniowo, realizowanym w celu tworzenia nowych obiektów, ale także skierowanym na modernizację już funkcjonujących. Niniejsze opracowanie jest także pewnym projektem, mającym wymiar niematerialny, co nie oznacza, że niemającym wymiaru ilościowego, jak: czas realizacji, nakłady finansowe, jakość czy zakres. Wymienione parametry są na tyle ogólne, że każdy projekt można poddać analizie jego właściwości, niezależnie od obszaru, z którym jest związany, ta unifikacja jest skutkiem braku różnic w strukturze projektów [Kisielnicki, 2014, s. 13].

Celem pracy jest opracowanie metodologii pomiaru ryzyk projektu. Hipotetyczny projekt powinien mieć strukturę na tyle ogólną, by metodologia pomiaru ryzyk projektu nie stanowiła jakichkolwiek ograniczeń procesu pomiaru ryzyk dowolnego, jednoznacznie określonego projektu. Jak zdefiniować formalnie projekt, by spełnił przyjęte założenie metodologii gwarantujące szeroko pojętą uniwersalność rozwiązania?

Definicja może brzmieć następująco: Struktura projektu P jest zbiorem zadań elementarnych Z oraz relacji następstw R pomiędzy nimi.

$$P(Z, R),$$

$$Z = \{ Z_i \}; Z_i - \text{zadania elementarne projektu } i = 1, 2, \dots, n,$$

$$R = \{ R_{ij} \}, R_{ij} - \text{relacja następstw pomiędzy } i - \text{tym oraz } j - \text{tym zadaniem elementarnym projektu, gdzie } i \neq j = 1, 2, \dots, n.$$

Model projektu jest odwzorowaniem struktury projektu, umożliwiającym identyfikację jego zadań krytycznych. Cechą wyróżniającą ten podzbiór zadań jest brak zapasu czasu – równy zero – zdarzeń rozpoczęcia i zakończenia zdarzeń elementarnych projektu¹. Ścieżka krytycz-

¹ W roku 1958 firma DuPont opracowała Critical Path Method (CPM) – metodę ścieżki krytycznej stosowanej w zarządzaniu projektami. Metoda ta pozwala na graficzną prezentację kolejnych czynności wykonywanych w ramach projektu, z zaznaczeniem szacowanego czasu trwania tych czynności, oraz z zachowaniem ich sekwencji. Metoda stosowana jest, gdy znane są czasy trwania oraz zależności logiczne między poszczególnymi czynnościami. Ścieżka krytyczna będąca najdłuższą sekwencją czynności niezbędnych do wykonania projektu wyznacza jednocześnie najkrótszy czas realizacji projektu. Składa się z czynności krytycznych, w przypadku realizacji których zapas czasu jest zerowy. Grafy metody CPM składają się z połączonych ze sobą węzłów i krawędzi. Każdy węzeł ilustruje początek jednego z zadań wykonywanego w ramach projektu, natomiast każda krawędź jest graficzną prezentacją przebiegu zadania.

na projekcie jest zbiorem zadań elementarnych, dla których zapas czasu zdarzeń rozpoczęcia i zakończenia jest równy zero. Czas realizacji projektu jest sumą czasów realizacji zadań elementarnych tworzących ścieżkę krytyczną.

Równie istotną kategorią, co czas realizacji projektu, jest jego koszt. Koszt projektu jest sumą nakładów na realizację wszystkich zadań elementarnych projektu.

Problemem zespołu projektowego jest brak jednoznacznej definicji jakości. Najstarszą znaną definicją jakości jest określenie przypisywane Platonowi, który pojmował jakość jako „pewien stopień doskonałości”. Inna definicja sformułowana przez J. Juran określa jakość jako zgodność z wymaganiami. Doskonałość i wymagania są pojęciami subiektywnymi, trudnymi do jednoznacznego zdefiniowania. Sam Juran twierdził, że „spełnianie standardów, zgodność z oczekiwaniami są niewystarczające, ponieważ jakość należy postrzegać jako uwalnianie produktu od wszelkich niedostatków związanych z projektem i wykonaniem, należy je rozumieć bardzo zwięźle, jako przydatność użytkową” [Juran, 1992, s. 68–71].

W. E. Deming definiuje jakość jako „przewidywany stopień jednorodności i niezawodności, przy możliwie niskich kosztach i dopasowaniu do wymagań rynku” [Deming, 1982]. I w tym przypadku jakość może być różnie postrzegana, bezpośredni wykonawca jest usatysfakcjonowany wykonaniem pracy, a właściciel czerpie satysfakcję z osiągnięcia celu². Oznacza to, że zrealizowane cele wykonawcy i inwestora mogą się różnić, bowiem wykonawca koncentruje się na osiągnięciu celu i jakość w jego przypadku pozostaje w tle celu, w przeciwieństwie do oczekiwań inwestora, który „wpisuje” jakość w realizowany cel.

A. W. Shewart wyraża pogląd, że jakość ma dwa aspekty, subiektywny określany poprzez oczekiwania klienta, i obiektywny, wyznaczany przez właściwości produktu niezależne od oczekiwań klienta. Istot-

² Deming uważał, że 94% wszystkich problemów jakościowych powstaje z winy kierownictwa, które musi zaangażować się w zarządzanie jakością i zapewnienie jakości. Zarząd jednak powinien pamiętać, że decyzje w tych sprawach powinny być podejmowane razem z pracownikami. Był zdecydowanym wrogiem kontroli, a swoje podejście do jakości totalnej określił w czternastu tezach. Był także wrogiem amerykańskich metod zarządzania, określanych jako zarządzanie przez cele czy zarządzanie przez wyniki i krytykował je na każdej wypowiedzi na temat jakości. Według niego do efektywnego zarządzania jakością potrzebne jest myślenie statystyczne, czyli poznanie metod statystycznych, zastosowanie tych metod oraz formułowanie poprawnych wniosków.

nym wymiarem jakości jest wartość otrzymywana w zamian za cenę sprzedaży, przy czym poziom standardów jakości można wyrazić za pomocą mierzalnych cech produktu [Shewart, 1931].

Niejednoznaczność sformułowań pojęcia jakości pogłębia wątpliwości dotyczące wyboru definicji jakości projektu, są one spowodowane często dużą liczbą zadań elementarnych oraz różnorodnością ich cech.

Jakość realizacji projektu jest relacją zgodności z wymaganiami określonych normatywnie. Jakość projektu oparta na definicji Jurana uzasadnia praktyczny aspekt, jaki otwiera możliwość porównania zrealizowanych cech projektu z przyjętym w założeniach zbiorem norm.

Zakłócenia realizacji harmonogramu czasowego realizowanego projektu są zwykle przyczyną zwiększenia nakładów finansowych. Przekroczenie czasu realizacji niektórych zadań elementarnych projektu połączone jest najczęściej z koniecznością uruchomienia dodatkowego potencjału wykonawczego. Wydłużenie czasu realizacji oraz zwiększenie budżetu projektu mogą wpłynąć na przyjęty zakres projektu, który może zostać ograniczony z braku perspektyw na pozyskanie dodatkowych środków finansowych na zrealizowanie całego pierwotnie założonego zakresu projektu. W takim przypadku zarządzający projektem powinien odpowiedzieć na pytanie, które z zadań elementarnych (jeśli to możliwe) pominąć, a jednocześnie zapewnić zachowanie funkcji projektu w ograniczonym akceptowalnym przez inwestora zakresie.

2. Ryzyka realizacji projektu

Założenia projektu określają cztery istotne zasoby: czas, nakłady finansowe, jakość oraz zakres realizacji. Procesy zarządzania projektem realizowane są w warunkach niepewności, wynikającej z nieprzewidywalnych zmian uwarunkowań otoczenia, stąd prawdopodobieństwo realizacji projektu jest zwykle nieznanne. Procesy decyzyjne realizowane w makro- oraz mikrootoczeniu poddawane są dynamicznym zmianom uwarunkowań, co może powodować znaczące odchylenia – niekiedy nieodwracalne – od założeń przyjętych w planach projektu. Praktyka zarządzania potwierdza konieczność monitorowania realizowanych procesów zarządzania, poprzez zdefiniowane zmienne kontrolne, których pomiar z określoną w planie projektu częstotliwością informuje zarządzających o stopniu zgodności realizacji projektu z przyjętym planem. Różnice pomiędzy założeniami planu i realizacją są skutkiem podjętego ryzyka, towarzyszącego realizowanym procesom decyzyjnym.

2.1. Ryzyko niedotrzymania terminu realizacji projektu

Czas realizacji projektu określa łączny czas wykonania zadań krytycznych projektu. Zakładając, że czas realizacji zadań elementarnych projektu jest zmienną losową, można oszacować wariancję czasu realizacji całego projektu. Założenie, że czas realizacji projektu jest czasem realizacji zadań ścieżki krytycznej powiększonym o błąd oszacowania czasu krytycznego umożliwia sformułowanie definicji ryzyka niedotrzymania terminu realizacji projektu. Ryzyko niedotrzymania terminu zakończenia projektu jest stanem procesu jego realizacji, który wskazuje na przekroczenie akceptowalnego łącznego czasu realizacji wszystkich zadań elementarnych ścieżki krytycznej.

2.2. Ryzyko przekroczenia budżetu finansowego projektu

Budżet finansowy jest ściśle powiązany ze zbiorem zadań projektu. Definicja kosztu realizacji jest jednoznaczna, nakazuje zsumować koszty realizacji wszystkich jego zadań elementarnych. Zwiększenie kosztu realizacji może być wynikiem niekorzystnych zmian w otoczeniu decyzyjnym realizowanego projektu, przede wszystkim wzrostu kosztów pracy, wzrostu cen zaopatrzeniowych czy niekorzystnych zmian opłat środowiskowych. W założeniach projektu określany jest dopuszczalny wzrost kosztów jego realizacji, który inwestor uznaje za akceptowalny, zatem ryzyko z tym związane uwzględnia akceptowalny poziom kosztu. Ryzyko przekroczenia budżetu finansowego projektu jest stanem procesu jego realizacji, który wskazuje na przekroczenie akceptowalnego wzrostu kosztów jego realizacji.

2.3. Ryzyko jakości wykonania projektu

Ocena jakości wykonania projektu stwarza pewne problemy wynikające z niejednoznaczności definicji pojęcia spowodowanej subiektywnym jego pojmowaniem. Poza tym kryteria oceny, ze względu na jakościowy ich charakter, stanowić mogą istotne utrudnienie w sformułowaniu wiarygodnej oceny jakości. Założenia projektu określają normy jakościowe wykonania zadań elementarnych projektu. To zbiór norm stanowi poziom odniesienia, w odniesieniu do którego dokonywany jest pomiar ryzyka wykonania.

Można sformułować definicję, według której ryzyko jakości wykonania projektu jest stanem procesu jego realizacji, który nie dotrzymuje akceptowalnych norm jakości wykonania projektu.

2.4. Ryzyko ograniczenia zakresu realizowanego projektu

W przypadkach znacząco niekorzystnych odchyłeń od przyjętych założeń, które powodują, iż projekt realizowany jest w stanie ryzyka niedotrzymania terminu realizacji, przekroczenia budżetu bądź ryzyka jakości wykonania, względnie wszystkich trzech ryzyk jednocześnie, zarządzający projektem musi odpowiedzieć na pytanie, czy należy kontynuować jego realizację w wymiarze określonym w założeniach projektowych, czy też ograniczyć jego zakres, czy nawet zaniechać dalszej kontynuacji projektu?

Ryzyko ograniczenia zakresu realizowanego projektu jest stanem, w którym proces realizowany jest w warunkach niedotrzymania terminu zakończenia, przekroczenia budżetu bądź zagrożenia norm jakości.

W przypadku zagrożenia terminu zakończenia zarządzający projektem powinien odpowiedzieć na pytanie, które z zadań elementarnych w obecnej fazie realizacji mogą zostać pominięte bez wpływu na jego funkcjonalność.

Ten sam problem należy rozwiązać w przypadku przekroczenia zakładanego budżetu projektu. Realne staje się zagrożenie braku możliwości pozyskania dodatkowych środków finansowych na dokończenie projektu. Także i w tym przypadku zarządzający musi odpowiedzieć na pytanie, czy możliwe jest funkcjonowanie przerwanego w tej fazie projektu z perspektywą jego dokończenia w przyszłości z przychodów uzyskanych z funkcjonowania projektu.

Zagrożenie jakości wykonania projektu łączy się z wątpliwościami, czy produkty, wyroby, względnie usługi, znajdą na rynku odbiorców, czy też projekt z uwzględnieniem zadań elementarnych niespełniających norm jakościowych należy kontynuować ze świadomością utraty pozycji konkurencyjnej, względnie przewidując w określonym horyzoncie czasu wymianę elementów zrealizowanego projektu niespełniających norm jakościowych.

3. Model ryzyka projektu

Zmiany uwarunkowań otoczenia decyzyjnego skłaniają zarządzających projektem do oszacowania stanu niepewności związanej z oddziaływaniem zmian na realizowany cel projektowy. Miarą stanu niepewności jest miara podjętych ryzyk związanych z projektem. Definicje ryzyk projektu są punktem wyjścia do budowy modelu zdefiniowanych ryzyk.

Ryzyko, jako stan niepewności związany z realizowanym projektem, postrzegane jest poprzez zmienność zmiennych kontrolnych umoż-

liwiających monitorowanie procesów realizacji projektu. Czy zatem ta informacja ma na tyle istotne znaczenie, iż można tę wiedzę wykorzystać do budowy modelu ryzyka umożliwiającą jego pomiar?

3.1. Zmienne kontrolne procesów realizacji projektu

Zmienne kontrolne zgodności realizowanego projektu z przyjętymi założeniami są elementami otoczenia decyzyjnego bądź są zmiennymi zdefiniowanymi przy użyciu uwarunkowań otoczenia w następujący sposób:

A. Zmienne mikrootoczenia:

zasoby własne inwestora $Z = \{Z_w\}$, $k=1,2,\dots,p(1)$,

zasoby konkurencji $K = \{K_o\}$, $o=1,2,\dots,p(2)$,

B. Struktura makrootoczenia, obszary:

polityczny $P = \{P_a\}$, $a=1,2,\dots,p(3)$,

prawny $P_r = \{P_r_b\}$, $b=1,2,\dots,p(4)$,

ekonomiczny $E = \{E_c\}$, $c=1,2,\dots,p(5)$,

społeczny $S = \{S_d\}$, $d=1,2,\dots,p(6)$,

kulturowy $K_u = \{K_u_e\}$, $e=1,2,\dots,p(7)$,

demograficzny $D = \{D_f\}$, $f=1,2,\dots,p(8)$,

technologiczny $T = \{T_g\}$, $g=1,2,\dots,p(9)$,

techniczny $T_e = \{T_e_h\}$, $h=1,2,\dots,p(10)$,

przyrodniczy $P_e = \{P_e_i\}$, $i=1,2,\dots,p(11)$,

gdzie – $p(x)$, liczba zmiennych kontrolnych obszarów otoczenia decyzyjnego, $x=1,2,\dots,11$.

3.2. Wektor losowy

Podstawą budowanego modelu ryzyka są elementy należące do otoczenia decyzyjnego – zmienne kontrolne. Zmienność uwarunkowań otoczenia jest źródłem ryzyka, a ich łączny wpływ na czas, koszty, jakość oraz zakres realizowanego projektu opisuje wektor losowy, którego składowe identyfikowane ze zmiennymi kontrolnymi procesów zarządzania projektu.

Wektor losowy – model ryzyka:

$$R(Z_w^{p(1)}, K^{p(2)}, P^{p(3)}, P_r^{p(4)}, E^{p(5)}, S^{p(6)}, K_u^{p(7)}, D^{p(8)}, T^{p(9)}, T_e^{p(10)}, P_e^{p(11)})$$

o składowych:

$$Z_w^{p(1)} \subseteq Z_w, K^{p(2)} \subseteq K, P^{p(3)} \subseteq P, P_r^{p(4)} \subseteq P_r, E^{p(5)} \subseteq E, S^{p(6)} \subseteq S,$$

$K_u^{p(7)} \subseteq K_u, D^{p(8)} \subseteq D, T^{p(9)} \subseteq T, T_e^{p(10)} \subseteq T_e, P_e^{p(11)} \subseteq P_e$, nie są jednocześnie zbiorami pustymi.

3.3. Założenia definicji miar ryzyka

Projekt określa zbiór zmiennych przyjmujących akceptowalny poziom wartości uwarunkowań – zmiennych kontrolnych w momencie t_o , które gwarantują jego realizację w założonym czasie, określonym budżecie, zgodnie z przyjętymi normami jakościowymi oraz jednoznacznie określonym zakresie. Przyjęte założenie definiuje zbiór uwarunkowań, na podstawie których realizowany jest projekt, przyjmujemy, że:

A. Składowe wektora ryzyk w momencie t_o przyjmują wartości:

$$\begin{aligned} Z_w^{p(1)} &= \{z_{w, t_o}^{p(1)}\}, K_o^{p(2)} = \{k_{o, t_o}^{p(2)}\}, P_a^{p(3)} = \{p_{a, t_o}^{p(3)}\}, P_r_b^{p(4)} = \{pr_{b, t_o}^{p(4)}\}, \\ E_c^{p(5)} &= \{e_{c, t_o}^{p(5)}\}, S_d^{p(6)} = \{s_{d, t_o}^{p(6)}\}, Ku_e^{p(7)} = \{ku_{e, t_o}^{p(7)}\}, D_f^{p(8)} = \{d_{f, t_o}^{p(8)}\}, \\ T_g^{p(9)} &= \{t_{g, t_o}^{p(9)}\}, Te_h^{p(10)} = \{te_{h, t_o}^{p(10)}\}, Pe_i^{p(11)} = \{pe_{i, t_o}^{p(11)}\}, \end{aligned}$$

realizacje składowych wektora ryzyka w dowolnym momencie t :

$$\begin{aligned} Z_{k,t}^{p(1)} &= \{z_{k,t}^{p(1)}\}, K_t^{p(2)} = \{k_{o,t}^{p(2)}\}, P_t^{p(3)} = \{p_{a,t}^{p(3)}\}, \\ P_r_b^{p(4)} &= \{pr_{b,t}^{p(4)}\}, E_t^{p(5)} = \{e_{c,t}^{p(5)}\}, S_t^{p(6)} = \{s_{d,t}^{p(6)}\}, Ku_t^{p(7)} = \{ku_{e,t}^{p(7)}\}, \\ D_t^{p(8)} &= d_{f,t}^{p(8)}, \\ T_t^{p(9)} &= \{t_{g,t}^{p(9)}\}, Te_t^{p(10)} = \{te_{h,t}^{p(10)}\}, Pe_t^{p(11)} = \{pe_{i,t}^{p(11)}\}. \end{aligned}$$

B. Funkcja gęstości rozkładu prawdopodobieństwa wektora losowego w momencie t określona jest na iloczynie kartezjańskim zbiorów $I \times II \times III$, gdzie:

$$I: \{ \{z_{w, t_o}^{p(1)}, z_{w, t}^{p(1)}\}, \{k_{o, t_o}^{p(2)}, k_{o, t}^{p(2)}\}, \{p_{a, t_o}^{p(3)}, p_{a, t}^{p(3)}\}, \\ \{pr_{b, t_o}^{p(4)}, pr_{b, t}^{p(4)}\}, \{e_{c, t_o}^{p(5)}, e_{c, t}^{p(5)}\} \},$$

$$II: \{ \{s_{d, t_o}^{p(6)}, s_{d, t}^{p(6)}\}, \{ku_{e, t_o}^{p(7)}, ku_{e, t}^{p(7)}\}, \{d_{f, t_o}^{p(8)}, d_{f, t}^{p(8)}\} \times \\ \{t_{g, t_o}^{p(9)}, t_{g, t}^{p(9)}\}, \{te_{h, t_o}^{p(10)}, te_{h, t}^{p(10)}\} \},$$

$$III: \{ \{pe_{i, t_o}^{p(11)}, pe_{i, t}^{p(11)}\} \}.$$

W przypadku projektów powtarzalnych, gdy zarządzający projektem dysponuje bazą rozkładów gęstości prawdopodobieństwa, możliwa jest definicja miary ryzyka w przestrzeni dyskretnej, w przypadku przeciwnym należy przyjąć hipotetyczny rozkład gęstości prawdopodobieństwa. Miary wektora ryzyka R w momencie t :

- 1) prawdopodobieństwo $p(R_t)$ zdarzenia, że składowe wektora ryzyka – zmienne kontrolne procesu zarządzania projektem w momencie $t \in [1, n]$ przyjmą wartości należące do zbioru $I \times II \times III$.
- 2) wektor wartości oczekiwanej ryzyka $E(R_t)$.
- 3) wektor wariancji ryzyka $Var(R_t)$.

3.4. Stan ryzyka

Procesom zarządzania projektem towarzyszy niepewność kierunku oraz dynamiki zmian uwarunkowań otoczenia, w którym jest realizowany. Istotną zawartość informacyjną mają rezultaty monitoringu zmian miar ryzyka w przedziale czasu, w którym następują zmiany uwarunkowań otoczenia projektu. Zmiany informują o zmianach stanu ryzyk $\Delta(R_t)$ w przedziale $[t_o, t]$ realizowanego projektu.

Stan ryzyka realizacji projektu w dowolnym momencie czasu $t \in T$, (T jest okresem realizacji projektu) jest wektorem postaci:

$$\Delta(R_t) = \{ \rho_1(p(R_{t_o}) - p(R_t)), \rho_2(E(R_{t_o}), E(R_t)), \rho_3(Var(R_{t_o}), Var(R_t)) \}$$

gdzie: $\{p(R_{t_o}), E(R_{t_o}), Var(R_{t_o})\}$ są składowymi wektora ryzyka oszacowanymi dla akceptowalnych wartości zmiennych kontrolnych ryzyka w momencie t_o , przyjętych w założeniach projektu, a składowe $\{p(R_t), E(R_t), Var(R_t)\}$ są oszacowanymi składowymi wektora ryzyka w momencie t .

- A. Relacja ρ_1 mierzy zmiany prawdopodobieństwa zdarzeń przyjęcia przez zmienne kontrolne wartości ze zbioru $I \times II \times III$.
- B. Relacja ρ_2 mierzy zmiany położenia wektora $E(R_t)$ względem wektora $E(R_{t_o})$, miarą jest zmiana odległości pomiędzy wektorami w przestrzeni wektorowej, bądź zmiana kąta nachylenia pomiędzy wektorami.
- C. Relacja ρ_3 mierzy zmiany położenia wektora $Var(R_t)$ względem wektora $Var(R_{t_o})$, miarą jest zmiana odległości pomiędzy wektorami w przestrzeni wektorowej bądź zmiana kąta nachylenia pomiędzy wektorami.

Zmiany składowych wektora $\Delta(R_{t+\Delta t})$ w przedziale $[t_0, t + \Delta t]$, gdzie Δt jest okresem, w którym obserwowane są zmiany wartości zmiennych kontrolnych wobec zmian składowych wektora $\Delta(R_t)$ mają istotną zawartość informacyjną dla zarządzającego projektem. W takim przypadku konieczna jest ocena tempa oraz kierunku zmian, w rezultacie możliwa jest ocena procesów zarządzania projektem w warunkach ryzyka w kategoriach „szansa”, „strata”.

Potrzeba pomiaru ryzyka projektu wymaga budowy modelu ryzyka. Podstawą konstrukcji jest uznany w teorii zarządzania monitoring procesu realizacji celów – projektów, poprzez kontrolę zmiennych kontrolnych tego procesu. Przyjęcie zasady, że ryzyko jest niepodzielne, co należy rozumieć, że stan ryzyka w momencie t jest wynikiem jednoczesnego oddziaływania uwarunkowań otoczenia, umożliwia budowę modelu ryzyka (wektor losowy) o składowych zdefiniowanych na podstawie poniżej sformułowanych założeń:

1. Źródłem ryzyka projektu (terminu zakończenia, przekroczenia budżetu, jakości wykonania) są zmiany uwarunkowań otoczenia, w którym projekt jest realizowany.
2. Fundament modelowania ryzyka projektu (terminu zakończenia, przekroczenia budżetu, jakości wykonania) stanowi założenie, iż źródłem ryzyka są zmiany uwarunkowań otoczenia, rejestrowane w procesie monitorowania zidentyfikowanych zmiennych kontrolnych realizowanego projektu.
3. Modelem ryzyka projektu jest wektor losowy, o składowych należących do przestrzeni zdarzeń elementarnych, będącej zbiorem pomiarów zmiennych kontrolnych realizowanego projektu.

Ocena poziomu zagrożenia realizacji projektu wymagała pomiaru niepewności co do dynamiki i kierunku zmian, istotnych dla projektu uwarunkowań. W pracy zdefiniowano miary ryzyka, które są nośnikami informacji o prawdopodobnym stanie niepewności, co do wpływu istotnych uwarunkowań realizacji projektu. Czy zatem zdefiniowane w pracy pojęcie stanu ryzyka jest tym, które uświadamia zarządzającym projektem istotne elementy przyczyn niepewności? Odpowiedź na te wątpliwości zawierają dwa poniżej sformułowane stwierdzenia:

1. Stan ryzyka realizowanego projektu informuje o skutkach wpływu zmian uwarunkowań otoczenia na termin zakończenia, przekroczenia budżetu, jakości wykonania oraz realizowany zakres projektu.

2. Kierunek oraz dynamika zmian stanu ryzyka projektu stanowi istotny czynnik wyboru instrumentów ochrony celu (celów) projektu przed skutkami ryzyka.

Zarządzanie, w tym także projektem, jest „procesem definiowania oraz redefiniowania w reakcji na zmiany otoczenia” [Krupski, 2005]. Realizacja projektu jest strumieniem monitorowanych decyzji i działań, które prowadzą do zbudowania skutecznej (skutecznych) strategii, służących osiągnięciu planowanych celów, a weryfikacja zgodności realizowanego projektu z przyjętymi założeniami następuje w rezultacie prowadzonego monitoringu zmian, zidentyfikowanych zmiennych kontrolnych postępu prac, na każdym etapie realizacji projektu. Z procesem monitoringu łączone są procesy korekt przy wykorzystaniu instrumentów naprawczych, o doborze których decydują wyniki procesów monitoringu zmian uwarunkowań otoczenia decyzyjnego.

Zakończenie

W pracy podjęto próbę budowy instrumentu oceny poziomu ryzyka projektu. Wiedza i umiejętność takiej oceny jest niezbędna w praktyce zarządzania organizacją gospodarczą i to bez względu na jej wielkość.

Procesy zarządzania mają charakter warunkowy, bowiem uwzględniają uwarunkowania otoczenia decyzyjnego, które zmieniają się dynamicznie według nieznanymi większości decydentów reguł. Zarządzanie w warunkach, gdy decyzje i działania podejmowane są na podstawie założonych w projekcie uwarunkowań, które w toku jego realizacji ulegają zmianom, wymaga dodatkowych informacji o poziomie zagrożenia wynikłego z różnic pomiędzy elementami zbioru założeń projektu, a ich rzeczywistymi wartościami i jakością jakie przyjmują w toku realizacji projektu. Stan niepewności uwarunkowań procesów zarządzania wymaga pomiaru, dającego pogląd o skali zagrożenia projektu. Pojęcie ryzyka związane jest z niepewnością scenariuszy zmian uwarunkowań otoczenia decyzyjnego, a miara ryzyka jest oceną stanu niepewności.

Cel opracowania został zrealizowany. W artykule przedstawiono „domknięte” opracowanie metodologiczne pomiaru ryzyk projektu. Określenie opracowanie „domknięte” użyto w znaczeniu prezentacji skutecznych sposobów dociekania wartości poznawczych dotyczących ryzyka procesów zarządzania projektem oraz pomiaru ryzyka.

Miary ryzyka projektu zostały zdefiniowane w oparciu o zbudowany w opracowaniu model ryzyka projektu. Istotny element konstruk-

cji modelu stanowiły definicje ryzyk projektu, które zidentyfikowano, jako zagrożenia przekroczenia czasu, przekroczenia budżetu, niedotrzymania jakości oraz ograniczeń zakresu realizacji projektu. Wskazanie źródeł ryzyk projektu, w połączeniu z nieodłącznym elementem procesu zarządzania monitoringiem skutków działań, kieruje proces konstrukcji w stronę identyfikacji zmiennych kontrolnych podjętego ryzyka. W rezultacie zdefiniowano model ryzyka, jako wektor losowy, a jego składowe są tożsame ze zmiennymi kontrolnymi procesu realizacji projektu. Tak zdefiniowany model ryzyka nie pozostawia wyboru co do definicji miar ryzyka, są nimi miary statystyczne prawdopodobieństw zdarzenia, że zmienne kontrolne procesu zarządzania projektem w momencie przyjmą wartości należące do zbioru będącego iloczynem kartezjańskim przedziałów zmian (wartości akceptowalne zmiennych kontrolnych, wartości zmiennych kontrolnych w momencie t), wektor wartości oczekiwanej ryzyka, wektor wariancji ryzyka.

Literatura

1. Deming W. E. (1982), *Quality, Productivity and Competitive Position*, MIT, Cambridge.
2. Gołębiowski T. (2001), *Zarządzanie strategiczne. Planowanie i kontrola*, Difin, Warszawa.
3. Hopcroft John E., Motwani R., Ullman Jeffrey D. (2003), *Wprowadzenie do teorii automatów, języków i obliczeń*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
4. Juran J. (1992), *Juran J. on Quality by Design*, New York Free Press.
5. Kisielnicki J. (2014), *Zarządzanie projektami. Ludzie – procedury – wyniki*, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa.
6. Krupski R. (red.), *Zarządzanie przedsiębiorstwem w turbulentnym otoczeniu. Ku super elastycznej organizacji* (2005), PWE, Warszawa.
7. Lock D. (2002), *Podręcznik zarządzania jakością*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
8. Nita B. (2008), *Rachunkowość w zarządzaniu strategicznym przedsiębiorstwem*, Wolters Kluwer Polska, Kraków.
9. Shewart A. W. (1931), *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, D. Van Nostrand Company, Inc., New York.
10. Zemke J. (2009), *Ryzyka zarządzania organizacją gospodarczą*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.

Streszczenie

Opracowanie metodologii pomiaru ryzyk projektu stanowi cel główny opracowania. Jego osiągnięcie wymaga realizacji celów częściowych, bez których cel główny byłby nieosiągalny. Podstawą opracowanej metodologii pomiaru ryzyk projektu jest identyfikacja uwarunkowań otoczenia, w którym realizowany jest projekt. Zmienność uwarunkowań otoczenia decyzyjnego jest źródłem ryzyk projektu: ryzyka terminu realizacji, kosztu, jakości i ryzyka zakresu realizacji. Kolejnym celem częściowym jest budowa modelu ryzyka. W jego strukturę wpisano te uwarunkowania otoczenia, których zmiany wpływają na czas realizacji, koszty, jakość oraz zakres realizacji. Budowa modelu ryzyk projektu umożliwia definicje miar ryzyk, co jest równoznaczne z osiągnięciem czwartego celu częściowego opracowania. Budowa modelu umożliwia realizację piątego celu częściowego pracy, mianowicie sformułowanie definicji stanu ryzyka w dowolnym momencie procesu zarządzania projektem. Stan ryzyka zawiera istotne informacje dla zarządzającego, ilustrując tendencję i dynamikę zmian stanu ryzyka, co nadaje wyraźne, aktywne cechy, procesom zarządzania projektem, uwzględniające zmienność uwarunkowań będących źródłem ryzyka.

Słowa kluczowe

projekt, uwarunkowania otoczenia projektu, ryzyko projektu, model ryzyka projektu, miary ryzyka projektu

Model of the risk of the project (Summary)

Drawing up the methodology of the measurement of risks of the project constitutes the main purpose of the study. Reaching it requires fragmentary achievements of the goals, which the main purpose would be unattainable without. An identification of conditioning of surroundings, in which the project is being carried out is a base of the methodology drawn up of the measurement of risks of the project. The changeability of conditioning of decision-making surroundings is the source of risks of the project: risks of the completion date, cost, quality and the risk of the scope of the accomplishment. He is a next fragmentary purpose there is a model building of the risk, into his structure this conditioning of surroundings was written down, of which changes influence the lead time, costs, the quality and the scope of the accomplishment. The model building of risks of the project enables definitions of measures of risks what is tantamount to achieving the fourth purpose of the fragmentary study. The model building enables the realization of the fifth fragmentary purpose of the work that is formulating a definition of the state of the risk at any moment of process of the PCM. The state of the risk contains the relevant information for managing, illustrating the tendency and dynamics of transitions of the risk

what is granting distinct, active features processes of the PCM, risks taking into account the changeability of conditioning being a source.

Keywords

project, conditioning of surroundings of project, risk of project, model of risk of project, measure of risk of project