

ANALIZA RYZYKA W ZARZĄDZANIU PROJEKTAMI SYSTEMÓW

W artykule przedstawiono ogólną koncepcję zarządzania ryzykiem w nowoczesnej organizacji. Szczególną wagę przywiązuje się do metod analizy i ocen ryzyka w procesie zarządzania projektami systemów (złożonych obiektów technicznych) w ramach działalności innowacyjnej organizacji (przedsiębiorstwa, organizacji badawczo-rozwojowej).

1. Wstęp

Spośród licznych koncepcji organizacji i zarządzania złożonymi przedsięwzięciami na szczególną uwagę zasługują te, które wskazują na innowacje techniczne jako jeden z najważniejszych czynników wzrostu konkurencyjności organizacji (przedsiębiorstw). Konkuruje się oczywiście również ceną, jakością oraz promocją, lecz innowacje i przedsiębiorczość, według Petera F. Druckera, powinny w nowoczesnym społeczeństwie być czymś normalnym, stałym i ciągłym [3].

Wprowadzenie innowacji na rynek jest przedsięwzięciem: złożonym i rozłożonym w czasie (procesem), kosztownym i ryzykownym. Jest to oczywiste, albowiem dzieje się w środowisku dynamicznym i niepewnym, w warunkach rosnącej konkurencji i presji zmieniających się technologii, ale też zmiennych potrzeb rynku.

O globalnym społeczeństwie informacyjnym XXI wieku mówi się, że rozwija się w klimacie niepewności i ryzyka. Klimat ten dostrzega się nie tylko w skali globalnej, lecz dotyczy on również innowacyjnych organizacji. Zarządzanie projektami (przedsięwzięciami) stało się obecnie kluczową dziedziną inżynierii systemów. Z kolei zarządzanie ryzykiem jest warunkiem koniecznym efektywnego zarządzania projektami systemów. A zarządzać ryzykiem to posiadać umiejętność ewaluacji (analizy i oceny) ryzyka oraz zdolność „trzymania w korbach” ryzyka w procesie realizacji projektów systemów.

2. Zarządzanie ryzykiem

Warto wspomnieć, że ryzyko jest pojęciem wieloznacznym i chociażby, dlatego trudno o jedną ścisłą jego definicję. Samo słowo „ryzyko” pochodzi od staro włoskiego „*risicare*”, które oznacza tyle, co „odważyć się”. A zatem ryzyko należy raczej łączyć z wyborem (decyzją) nie zaś z przeznaczeniem [10].

Obecnie pojęciem ryzyka posługujemy się w analizie sytuacji decyzyjnych, w których rezultat, jaki będzie osiągnięty w przyszłości, w wyniku podjętych decyzji,

nie jest znany, lecz istnieją przesłanki dla identyfikacji możliwych i prawdopodobnych stanów rzeczy. W szczególności oznacza to, że znane są prawdopodobieństwa wystąpienia tych stanów. Prowadzi to do konkretnych propozycji miar ryzyka stosowanych w procedurach jego ewaluacji.

Warto zwrócić uwagę na dwa aspekty ryzyka: obiektywny i subiektywny. Pierwszy wyraża się używaniem określonych miar ryzyka, których wartość określana jest na podstawie danych dotyczących np. częstości występowania antycypowanych niekorzystnych zdarzeń oraz dotkliwości ich skutków (wartości strat). Drugi należy natomiast utożsamiać np. z poczuciem zagrożenia bądź awersją lub skłonnością do ryzyka osób podejmujących decyzje. Ponadto ryzyko może być rozpatrywane np. w kontekście niebezpieczeństwa (zagrożeń), niepewności czy hazardu. Rozpatruje się także ryzyko stałe i zmienne, systematyczne (zewnętrzne) i specyficzne (wewnętrzne) oraz wiele innych rodzajów. I tak ryzyko systematyczne może być np. ryzykiem stopy procentowej, walutowym, rynku, siły nabywczej, politycznym itp., zaś ryzyko specyficzne obejmuje np. ryzyko niedotrzymania umowy, zarządzania, biznesu, finansowe, bankructwa, rynkowej płynności, zmiany ceny, reinwestowania, zmienności itp.

Z punktu widzenia działalności organizacji i jej uczestnictwa w rynku kapitałowym istotne znaczenie mają następujące główne kategorie ryzyka [10]:

- ryzyko rynkowe, czyli ryzyko poniesienia straty w wyniku zmiany wartości aktywów będących przedmiotem obrotu i będących w posiadaniu przedsiębiorstwa;
- ryzyko kredytowe, tj. ryzyko straty finansowej z powodu niemożności wywiązania się z zobowiązań finansowych;
- ryzyko operacyjne, czyli ryzyko poniesienia strat w wyniku niesprawności systemów, niewystarczającej kontroli, błędów człowieka lub niewłaściwego zarządzania;
- ryzyko prawne – powstałe w wyniku działalności wykraczającej poza ramy określonych regulacji prawnych i niemożności wyegzekwowania np. warunków kontraktu;
- ryzyko biznesowe – związane z prowadzoną działalnością gospodarczą i powstałe np. w wyniku podjęcia określonych projektów inwestycyjnych.

Wreszcie, **ryzyko projektu** oznacza ryzyko niedotrzymania technicznych i/lub ekonomicznych (finansowych) warunków projektu (przedsięwzięcia).

Czynników wpływających na ryzyko projektów jest bardzo wiele (np. tabela 1,2), natomiast szczególne znaczenie należy przypisać następującym empirycznie zweryfikowanym ogólnym wnioskom:

- im bardziej złożone jest przedsięwzięcie projektowe, tym ryzyko jest większe (czynnik organizacyjny);
- jeżeli użyta technologia jest „nowsza” niż dotychczas stosowana (innovacyjna), co oznacza brak dostatecznych doświadczeń przez stosującą ją zespół, to należy uwzględnić wzrost ryzyka (czynnik technologiczny);
- jeśli konsekwentnie i rygorystycznie przestrzegane są zasady inżynierii systemów, to ryzyko maleje (czynnik metodologiczny);

- jeśli przekroczenie dopuszczalnego poziomu kosztów (nakładów) grozi upadkiem projektu, to ryzyko (poczucie zagrożenia) rośnie (czynnik finansowy);
- im większe jest bezpośrednie zaangażowanie w przedsięwzięcie projektowe zleceniodawcy lub przyszłego użytkownika, tym ryzyko jest mniejsze (czynnik psychologiczny).

Tabela 1 Typowe źródła ryzyka według aspektów

Aspekt ryzyka	Źródło ryzyka	
Techniczny	Własności fizyczne Własności materiałowe Własności radiacyjne Testowanie i modelowanie Integracja i interfejs Architektura oprogramowania Bezpieczeństwo	Zmiany wymogów Wykrywanie błędów Środowisko operacyjne Sprawdzone/niesprawdzone technologie Złożoność systemu Rzadkie lub specjalne zasoby
Programowy	Dostępność materiałów Dostępność personelu Umiejętność personelu Bezpieczeństwo Zabezpieczenia Wpływ środowiskowy Problemy komunikacyjne	Przerwy w pracy Zmiany wymogów Wsparcie polityczne Stabilność kontrahentów Struktura finansowania Zmiany regulacyjne
Obsługowy	Niezawodność i utrzymywalność Szkolenie i wsparcie szkolenia Sprzęt Kwestie dotyczące zasobów ludzkich Bezpieczeństwo systemu Dane techniczne	Udogodnienia Zgodność operacyjna Łatwość transportu Wsparcie zasobów informatycznych Pakowanie, przeładunek, przechowywanie
Kosztowy	Wrażliwość na ryzyko <ul style="list-style-type: none"> – Techniczne – Programowe – Obsługowe 	Wrażliwość na ryzyko harmonogramowe Wielkość kosztów ogólnych i kosztów ogólnego zarządu Błąd szacowania
Harmonogramowy	Wrażliwość na ryzyko <ul style="list-style-type: none"> – Techniczne – Programowe – Obsługowe 	Wrażliwość na ryzyko kosztowe Stopień równoczesności Liczba elementów tworzących ścieżkę krytyczną Błąd szacowania

źródło: Pritchard C., wyd.cyt.

Tabela 2 Kategorie oraz źródła ryzyka

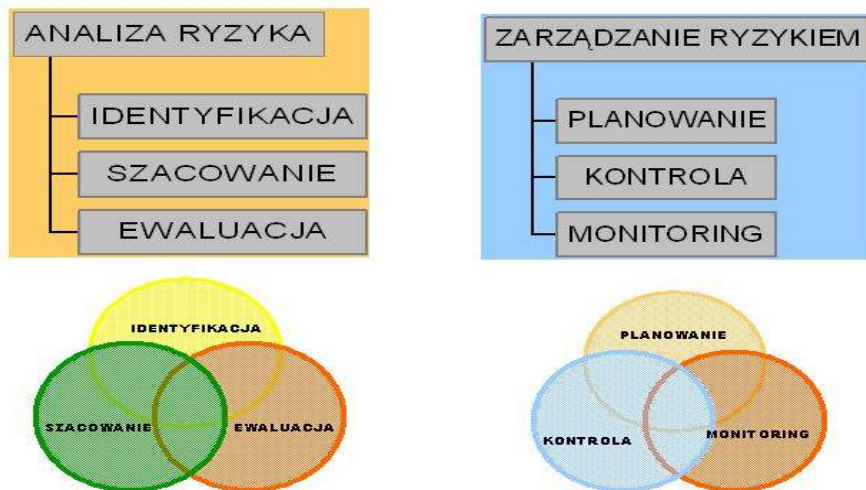
Kategoria ryzyka	Przykładowe rodzaje/źródła ryzyka	
Ryzyko zewnętrzne nieprzewidywalne	Nieoczekiwane zmiany regulacji prawnych Powódź Sabotaż Niepokoje społeczne Zamieszki uliczne	Tworzenie zamkniętych stref lub pozbawianie dostępu Trzęsienie ziemi Chuligaństwo Katastrofy środowiskowe Nieprzewidywany kryzys finansowy
Ryzyko zewnętrzne przewidywalne	Zmiany na rynkach finansowych Zmiany konkurencyjne Inflacja Bezpieczeństwo	Popyt na surowce Wartość produktu/usługi Podatki Regulacje prawne dotyczące zdrowia
Ryzyko wewnętrzne pozatechniczne	Opóźnienia w procesie zaopatrzenia Zmiany kierownictwa Słaba koordynacja zasobów ludzkich Zaburzenia przepływów pieniężnych	Niedoświadczenie członków zespołu Błędy integracyjne Ograniczenia dostępu Spóźnione dostawy
Ryzyko techniczne	Zmiany technologiczne Zmiany wymogów jakościowych Ograniczenia wydajności Zmiany popytu operacyjnego	Nieprecyzyjne wzornictwo Zmiany wymogów Nieprawidłowe wdrożenie Zmiany wymogów dotyczących niezawodności
Ryzyko prawne	Problemy licencyjne Ochrona praw autorskich i patentów Pozwy ze strony klientów	Niedotrzymane kontrakty Pozwy ze strony pracowników Działania rządowe

Źródło: PMBOK Guide, 1987

Oczywiście, wszelkie ogólne zasady lub wnioski są na ogół mało użyteczne w praktyce zarządzania projektami, lecz z pewnością nie należy ich lekceważyć.

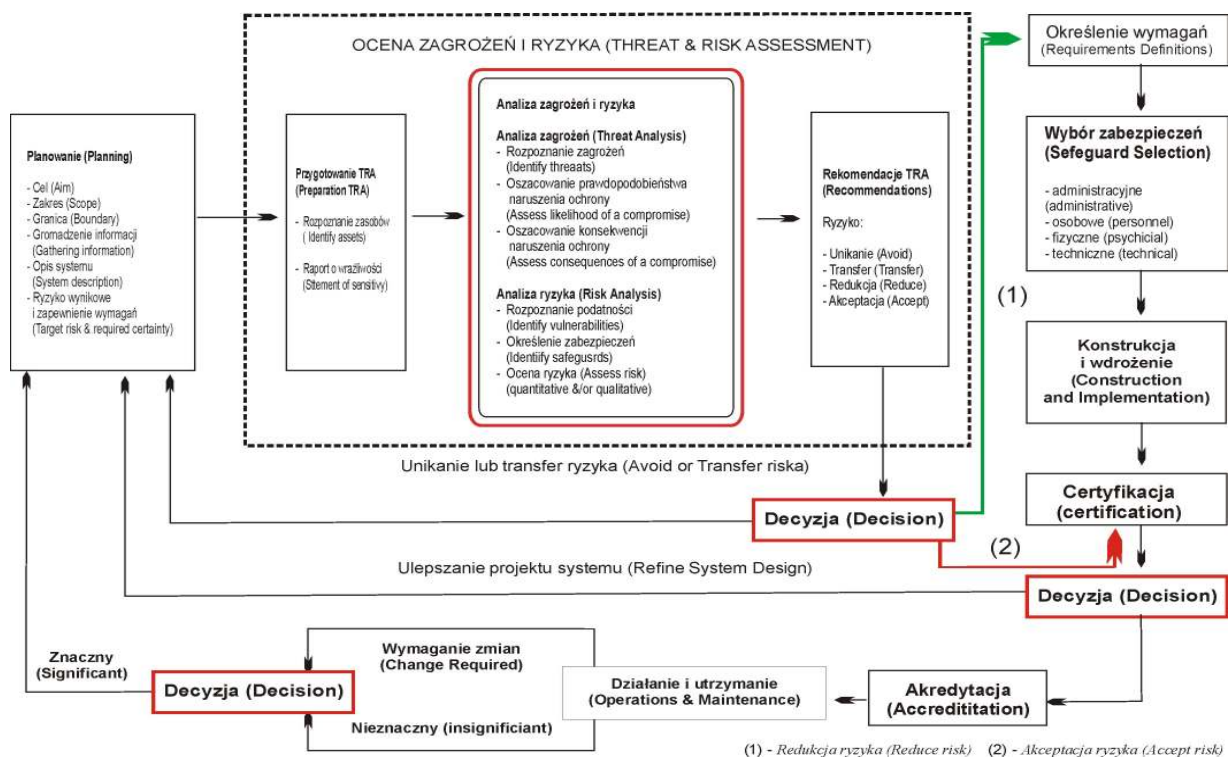
Zarządzanie projektami spełnia następujące podstawowe funkcje (rys. 1):

- funkcje analityczno - ocenowe obejmujące: identyfikację (rozpoznanie) źródeł ryzyka, szacowanie ryzyka (określenie prawdopodobieństwa zagrożeń i dotkliwości ich skutków), ocenę wartości ryzyka;
- funkcje planistyczno-kontrolne, które obejmują: planowanie postępowania wobec ryzyka, kontrole realizacji procedur redukcji ryzyka, monitorowanie zagrożeń dla bezpieczeństwa projektu.



Rys. 1 Funkcje zarządzania ryzykiem

Podstawą dla wyboru strategii postępowania wobec ryzyka jest analiza ryzyka, na podstawie, której planowane są określone przedsięwzięcia organizacyjne i technologiczne (rys. 2).



Rys. 2 Model zarządzania ryzykiem w inżynierii systemów

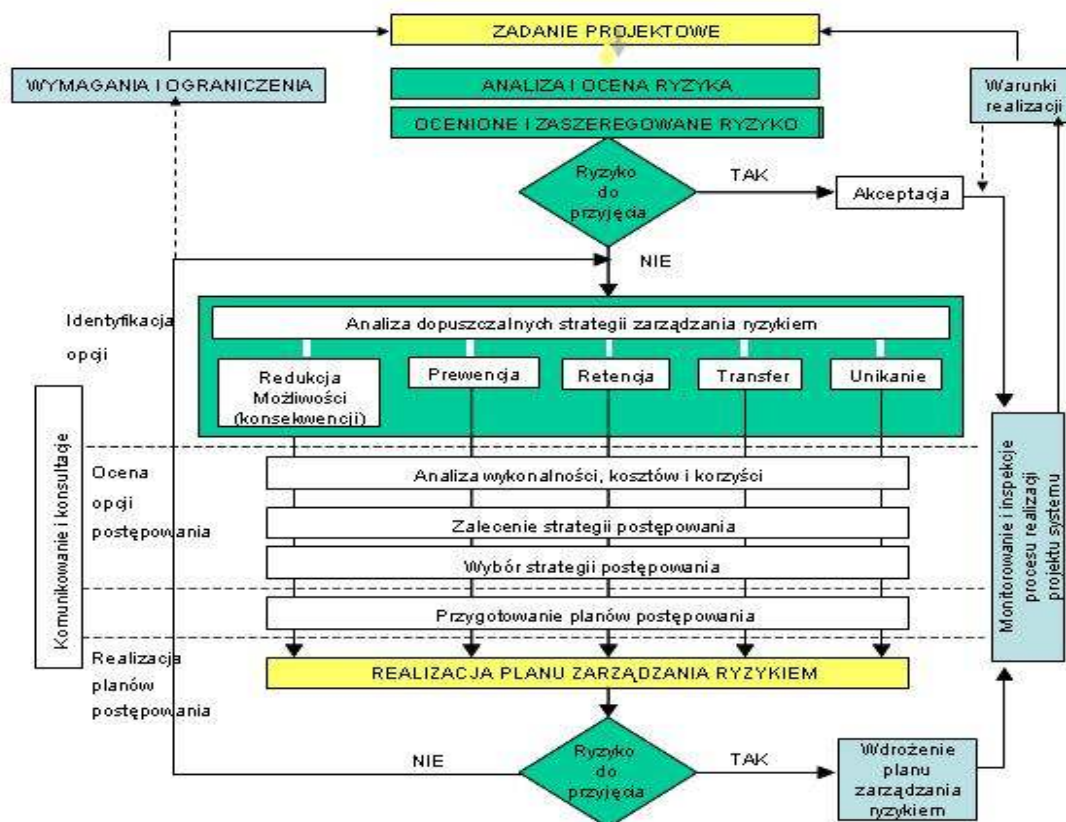
Są to działania zmierzające do:

- izolowania i redukcji ryzyka do poziomu akceptowanego;
- eliminowania ryzyka (jeśli jest to możliwe);
- przygotowanie alternatywnych planów działania;
- określenie rezerw czasowych i finansowych w celu zabezpieczenia się przed ryzykiem.

Aktualnie za podstawowe kompendium wiedzy w zakresie zarządzania projektami przyjmuje się „A Guide to the Project Management Body of Knowledge PMBOK” wydany przez Projekt Management Institute w 2000 roku. Zgodnie z powyższym kompendium zarządzanie ryzykiem jest „metodą zarządzania koncentrującą się na identyfikacji i kontroli obszarów lub zdarzeń, które mogą prowadzić do niepożądanych zmian. To po prostu integralny element zarządzania”[7].

3. Ewaluacja ryzyka

W ogólnym modelu zarządzania ryzykiem projektowym (rys. 3) kluczową pozycję zajmują zagadnienia analizy i oceny zagrożeń i ryzyka, albowiem wiarygodność sformułowanych ocen przesadza często o trafności decyzji w procesie zarządzania projektami. W związku z powyższym, istotne znaczenie ma wybór metody oceny ryzyka. Techniką najczęściej stosowaną jest tzw. technika opisowa (jakościowa) będąca w istocie zastosowaniem metody ocen ekspertów (tabela 3 i rys. 4). Metoda ta (np. *Delphi*, „*brainstorming*”) pozwala na sklasyfikowanie na podstawie danych historycznych (analizy przypadków, symulacji itp.) prawdopodobieństwa wystąpienia niepożądanych zdarzeń oraz stopnia ich dotkliwości. Z kolei, wśród metod ilościowych uwagę zwracają te, które wywodzą się wprost z teorii decyzji. Do nich zalicza się przede wszystkim techniki: drzewa zdarzeń (*Events Tree Analysis*) i drzewa błędów (*Faults Tree Analysis*).



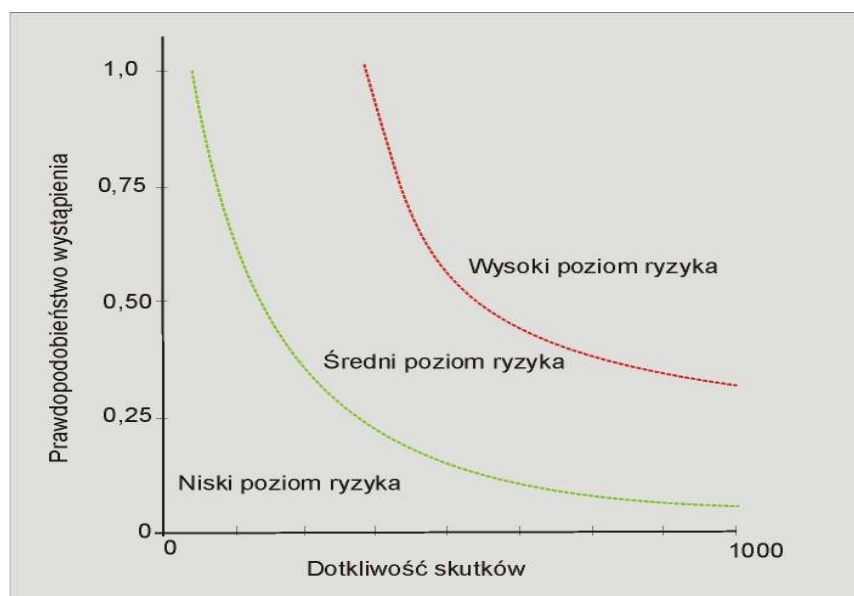
Rys.3 Model zarządzania ryzykiem

Metoda drzewa zdarzeń polega na traktowaniu danego skutku niepożądanego jako wyniku ciągu zdarzeń. Drzewo zdarzeń rozpoczyna się zdarzeniami inicjującymi i przedstawia wszystkie możliwe i prawdopodobne ciągi zdarzeń będące następstwami zdarzenia inicjującego. W różnych miejscach drzewa znajdują się punkty rozgałęzień. Prawdopodobieństwo określonego skutku otrzymuje się w postaci iloczynu prawdopodobieństw wszystkich zdarzeń tworzonych w drzewie, po której dochodzi się do rozpatrywanego skutku. Natomiast drzewo błędów budowane jest w przeciwnym kierunku. Rozpoczyna się od określenia skutku niepożądanego i rozwija się w kierunku zdarzeń poprzedzających dając kombinacje zdarzeń niepożądanych, które mogą doprowadzić do analizowanego skutku.

U podstaw powyższych technik ocenowych legło przekonanie, że jeśli niepomyślnemu skutkowi nie można przypisać prawdopodobieństwa w sposób bezpośredni, to skutek ten da się „rozłożyć” na zbiór zdarzeń „częstkowych”, których prawdopodobieństwa są znane na podstawie doświadczenia lub oszacowań ekspertów.

Tabela 3 Kategorie ryzyka w metodzie opisowej (eksperckiej)

SKUTKI	PRAWDOPODOBIENSTWO		
	Niskie	Umiarkowane	Wysokie
ŁAGODNE SKUTKI	Niskie ryzyko	Niskie ryzyko	Średnie ryzyko
UMIARKOWANE SKUTKI	Niskie ryzyko	Średnie ryzyko	Wysokie ryzyko
DOTKLIWE SKUTKI	Średnie ryzyko	Wysokie ryzyko	Wysokie ryzyko



Rys. 4 Podstawowe obszary ryzyka

Ponadto, stosowano niegdyś techniki szacowania ryzyka bez dekompozycji zdarzeń, zaś w zarządzaniu kryzysowym stosuje się liczne techniki analizy ryzyka

zagrożeń, jak np. „HIZOP” (*Hazard and Operability Reliability*), „*Checklist Analysis*”, „*Human Reliability Analysis* itp. [9].

Stwierdza się jednakże, że większość stosowanych metod analizy i oceny ryzyka odznacza się znacznymi słabościami, takimi jak [4]:

- niepełność kategorii ryzyka;
- brak wystarczających i dokładnych danych;
- niezdolność do analizy awarii o wspólnej przyczynie;
- nieuwzględnianie ryzyka wtórnego;
- nieuwzględnianie zagrożenia spowodowanego rozmyślnie;
- trudność jednoznacznej interpretacji wyników analizy.

Z powyższych powodów istotne znaczenie w zarządzaniu projektami mają aspekty komunikacyjne, a w szczególności konkretyzacja wyników analizy ryzyka w postaci zaleceń (zob. przykład).

PRZYKŁAD

Do: *Zespół projektowy*

Od: *Menedżer projektu*

Dotyczy: *Instrukcja dotycząca oceny skutków ryzyka*

We wszystkich przeglądach projektu oraz w analizie ryzyka zaleca się stosowanie następujących standardów przy określaniu wartości skutków ryzyka oraz przy podawaniu informacji dotyczących skutków ryzyka:

Koszty

- *Dotkliwe* – ponad 25 procent łącznego budżetu rezerwowego
- *Średnie* – 5-25 procent łącznego budżetu rezerwowego
- *Niewielkie* – poniżej 5 procent łącznego budżetu rezerwowego

Harmonogram

- *Dotkliwe* - ponad 25 procent łącznych rezerw harmonogramowych
- *Średnie* - 5-25 procent łącznych rezerw harmonogramowych
- *Niewielkie* - poniżej 5 procent łącznych rezerw harmonogramowych

Wymogi

- *Dotkliwe* – skutki spowodują odstępstwo od wymogów bądź specyfikacji wyraźnie widoczne dla klienta bądź użytkownika końcowego
- *Średnie* - skutki spowodują odstępstwo od wymogów bądź specyfikacji, które wprawdzie nie będzie widoczne dla klienta bądź użytkownika końcowego, ale mimo to będzie odstępstwem od wymogów bądź specyfikacji
- *Niewielkie* – skutki spowodują modyfikację dotychczasowego podejścia do wymogów, ale nie spowodują odstępstwa od specyfikacji/wymogów

Skutki

- *Dotkliwe* – skutki spowodują zajęcie się problemem przez kierownictwo najwyższego szczebla
- *Średnie* – skutki spowodują zajęcie się problemem przez menedżerów funkcyjnych
- *Niewielkie* - skutki spowodują zajęcie się problemem przez menedżera projektu

Znacznie bardziej sformalizowane procedury oceny ryzyka występują w analizach ryzyka kredytowego, w ubezpieczeniach, czy w ocenie projektów gospodarczych (inwestycji). Przykładowo w ocenie projektów inwestycyjnych dokonuje się analizy strumienia wpływów i wydatków pieniężnych służących do obliczania oczekiwanej wartości zdyskontowanej netto NPV (*Net Present Value*), która odnosi realne nakłady inwestycyjne do zdyskontowanych (realnych) przychodów. Projekt jest akceptowany wtedy, jeżeli $NPV > 0$. Alternatywnym wskaźnikiem w stosunku do NPV jest wewnętrzna stopa zwrotu IRR (*Internal Rate of Return*), która jest stałą niezależnie od stopy dyskontowej. Kryterium wyboru projektu jest relacja IRR i kosztu pozyskania kapitału obcego χ (oprocentowanie kredytu): jeżeli $IRR > \chi$, to projekt jest akceptowany. Ponadto projekt jest akceptowany, gdy okres zwrotu PP (*Playback Period*) jest mniejszy od okresu granicznego, a rentowność większa od 100%. Jako miary ryzyka inwestycji przyjmuje się najczęściej: wartość oczekiwaną ($E(NPV)$), wariancję ($V(NPV)$), odchylenie standardowe ($\delta(NPV)$) i współczynnik zmienności ($\delta(NPV)/E(NPV)$).

Najbardziej znaną metodą oceny ryzyka jest analiza wartości zagrożonej VaR (*Value AT Risk*) – metoda rekomendowana przez Komitet Bazylejski ds. Nadzoru Bankowego. VaR jest miarą ryzyka pojmowanego jako strata określona co do kwoty, która może mieć miejsce w danym okresie z prawdopodobieństwem różnym lub wyższym od przyjętego poziomu tolerancji. Przyjmuje się, że dany jest rozkład normalny prawdopodobieństwa zajścia zdarzenia oraz poziomu tolerancji ustalany arbitralnie przez decydenta (np. $\alpha=0,9$ – powszechnie uznawany za progowy w analizach procesów stochastycznych). VaR jest funkcją czasu i poziomu istotności. Tzn. im wyższe prawdopodobieństwo i im dłuższy horyzont, tym większa wartość VaR :

$$p = (V_{t+1} \leq V_t - VaR) = \alpha$$

gdzie: V_t, V_{t+1} – wartość zmiennej odpowiednio w chwilach t i $t+1$,

α - współczynnik tolerancji ($1-\alpha$ jest poziomem ufności).

W najprostszej postaci VaR oblicza się z następującej zależności:

$$VaR = (c * \delta) - \mu * V_t$$

gdzie: c – stała (dla rozkładu normalnego, dla $\alpha=0,9$, $c=1.281$), δ - odchylenie standardowe rozkładu stopy zwrotu, μ - średnia rozkładu stopy zwrotu, V_t – wartość aktualna zmiennej.

Metoda VaR ma następujące wady:

- Zakłada rozkład normalny, któremu przyporządkowano arbitralnie poziom ufności (w niektórych przypadkach uważa się za uzasadnione korzystanie z rozkładu Pareto lub eliminowanie wartości ekstremalnych z szeregów czasowych);
- Konieczność wykorzystania danych historycznych przy szacowaniu parametrów równania (μ, δ). Do szacowania VaR stosuje się ponadto: symulację historyczną, symulację Monte Carlo lub metodę wariancja – kowariancja (np. w modelu wyceny portfela aktywów).

W zarządzaniu ryzykiem istotną operacją jest finansowanie ryzyka („kompensowanie ryzyka”), co oznacza przeznaczenie bieżących lub przyszłych środków finansowych na pokrycie potencjalnych strat realnych lub strat wynikających np. z nie uzyskania oczekiwanych dochodów bądź utraty wartości pieniądza czasie. Wtedy finansowanie ryzyka może mieć charakter wewnętrzny (np. finansowanie z funduszy celowych lub rezerw) lub zewnętrzny (dzięki ubezpieczeniom, transakcjom zabezpieczającym lub terminowym).

4. Zakończenie

Zamiast podsumowania warto być może posłużyć się wnioskami płynącymi z analizy dość szczególnego przypadku, a mianowicie katastrofy promu kosmicznego Challenger w 1986 r. W składzie Komisji Prezydenckiej badającej przyczyny katastrofy znaleźli się m.in. astronauta N. Armstrong, gen. dyw. D. Kutyna i słynny fizyk-noblista R. Feynmann.

Zgodnie z zaleceniami NASA stosowano jakościową ocenę ryzyka, zaś decyzję o misji podejmowano, gdy zagregowany poziom ryzyka pozostawał na akceptowanym poziomie [7]. Feynmann zauważył, że podejmowanie decyzji w NASA: „... przypominało rosyjską ruletkę ... prom latał przy erozji pierścieni i nic się nie działo. To sugerowało, że ryzyko nie jest już tak wysokie dla następnych lotów. Można było obniżyć nieco standardy, ponieważ ostatnim razem jakoś się udało Udało się, ale nie należy tego procesu eksploatować”.

Na podstawie analizy wielu przypadków stwierdza się, że w zarządzaniu projektami najistotniejszą umiejętnością, jaką może posiadać menadżer projektu, jest zarządzanie ryzykiem. Skuteczne zarządzanie ryzykiem wymaga od menadżera aktywnej postawy i gotowości do opracowania planów awaryjnych, aktywnego monitorowania projektu i szybkiego reagowania w sytuacjach zagrożeń dla powodzenia przedsięwzięcia. Efektywne zarządzanie ryzykiem wymaga poświęcenia czasu i pieniędzy.

Literatura:

- [1] Berstein P., *Przeciw bogom. Niezwykłe dzieje ryzyka*. Warszawa 1997.
- [2] Charette P., *Software Engineering Risk Analysis and Management*. Mc Graw – Hill Comp., New York 1989.
- [3] Drucker P., *Myśli przewodnie Druckera*. Warszawa 2002.
- [4] Findeisen W. (red.), *Analiza systemowa*. PWN, Warszawa 1985.
- [5] Kerzner H., *Zarządzanie projektami. Studium przypadków*. Helion, Warszawa 2005.
- [6] Ostrowska E., *Ryzyko projektów inwestycyjnych*. PWE, Warszawa 2002.
- [7] Pritchard C., *Zarządzanie ryzykiem w projektach*. WIG-Press, Warszawa 2001.
- [8] Sienkiewicz P., *Analiza systemowa*. Bellona, Warszawa 1995.
- [9] Sienkiewicz P., *Risk Analysis In Crisis Situations*. WSPiZ im. Kozimińskiego, Warszawa 2004.
- [10] Tarczyński W., Mojsiewicz M., *Zarządzanie ryzykiem*. PWE, Warszawa 2001.