

5.1. Zarządzanie czasem w projektach

Czas jest zasobem nieodnawialnym. Z punktu widzenia zarządzania projektami planowanie jest najważniejszym etapem w całym cyklu projektowania. Szczególnie dotyczy to wymiaru czasowo-kosztowego. Każdy projekt w aspekcie czasowym jest niepowtarzalny i każdy jest realizowany w unikalnych warunkach. Przez takie należy rozumieć sytuację makro i mikro ekonomiczną. Prawidłowa realizacja projektu wymaga określenia planu, w jaki sposób projekt będzie realizowany z zachowaniem terminowości¹.

Planowanie ma wpływ na wszystkie etapy realizacji projektu. Pozyskanie odpowiednich informacji wspomagających powyższy proces jest punktem wyjścia do odpowiedniego określenia działań w przedsięwzięciu. Poprzez ocenę sił i środków będących w dyspozycji zarządzającego projektem – planowanie odgrywa znaczącą rolę w efektywnym wykorzystaniu zasobów. Tabela 5.1. przedstawia najważniejsze zalety i wady etapu planowania.

Tabela 5.1. Zalety i wady planowania

ZALETY	WADY/ BARIERY
Celowe działanie	Wydatki
Podstawa sterowania	Nakłady czasu
Możliwość delegacji uprawnień	Ograniczenie elastyczności
Oszczędność	Jednorazowe zdarzenia
Unikanie błędów	Niepewne prognozy

Źródło: opracowanie własne, na podstawie M. Trocki, B. Grucza, K. Ogonek, *Zarządzanie projektami*, PWE, Warszawa 2003, s. 53.

Jak przedstawiono w rozdziale pierwszym, każdy projekt ma swoją złożoność. Im wyższy poziom złożoności, tym więcej powstaje możliwości eksponowania zalet planowania, ale też uzewnętrznia się wiele różnych barier i ograniczeń. Stąd realizacja projektu wymaga wykonawstwa wielu zadań cząstkowych, w których można sukcesywnie wydobywać istotne dla projektu wartości. Każde działanie odnosi się bowiem do konkretnego obiektu materialnego (artefaktu). Zadania wymagają więc wykorzystania różnych zasobów potrzebnych do ich realizacji w określonym czasie oraz w przestrzeni. Dlatego też planowanie wymaga analizy:

- a. zadań dla celów cząstkowych projektu,
- b. czynności wymaganych do zrealizowania zadań,

¹ Statystyka wskazuje na coraz niższy poziom/ stopień przekraczania zaplanowanego czasu, ale liczba projektów niekończących się w wyznaczonym czasie wciąż rośnie.

- c. obiektów działania,
- d. zasobów,
- e. czasowego przebiegu projektu,
- f. przestrzennego (geograficznego) przebiegu projektu.

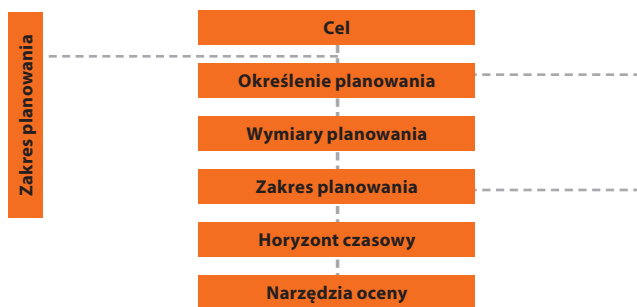
Każdy plan realizacji projektu powinien eksponować jasno określony cel, którego osiągnięcie potwierdzi słuszność wykonywanych działań. Na podstawie precyzyjnie określonego nadrzędnego celu projektu można wyznaczyć szczegółowe cele niższego poziomu, składające się na cel główny. Na osiągnięcie celu nadrzędnego składa się realizacja celów podrzędnych, zaś od wyniku tejże realizacji zależy ocena całego projektu. Poprawnie sformułowany cel powinien być zgodny z koncepcją SMART, która definiuje cechy szczegółowe wytyczonych celów projektu na każdym etapie projektowania, przy czym akronim SMART pochodzi od angielskich słów, definiujących cel jako:

1. S: *Specific* – konkretny, szczegółowy,
2. M: *Measurable* – mierzalny,
3. A: *Acceptable* – akceptowalny (*achievable* – osiągalny, *available* – osiągalny, *appropriate* – właściwy, *ambitious* – ambitny, *accurate* – dokładny),
4. R: *Relevant* – istotny (*realistic* – realistyczny),
5. T: *Time based* – określony w czasie.

Zgodnie z tą koncepcją, cel profilujący zakres i tryb realizacji powinien być łatwy do zrozumienia, jednoznacznie sformułowany i możliwy do określenia w sposób mierzalny. Naprzeciw temu wychodzą wybrane cechy/ kryteria systemowe realizacji celu (w tym atrybuty ekonomiczne, techniczne, technologiczne itp.). Ambitne podejście do określenia celu powinno być jednocześnie ograniczone przez jego osiągalność. Zbyt wygórowane wymagania mogą negatywnie wpłynąć na motywację pracowników. Cel powinien być określony w czasie, a co za tym idzie mieć dokładnie określony czasowy horyzont jego osiągnięcia. Na każdym etapie realizacji poszczególnego celu powinna być możliwość określenia poziomu jego realizacji w sposób względnie mierzalny i porównywalny (patrz analiza wartości). W przypadku naruszenia planu, bieżące monitorowanie projektu musi umożliwić wprowadzanie poprawek do planu realizacji tak, aby nastąpił powrót na właściwą ścieżkę wykonania.

W procesie planowania podczas wytyczania celów brane są pod uwagę poniższe czynniki, co przedstawia rysunek 5.1.:

1. horyzont planowania,
2. zakres planowania,
3. wymiary planowania,
4. określenie procedur planowania,
5. narzędzia oceny planu.



Rys. 5.1. Wytyczanie celu
Źródło: opracowanie własne.

W przypadku określenia procedur planowania mówimy o określeniu przedmiotowym i podmiotowym. Formułując cel określa się obszar funkcjonalny oraz adresata. Określenie odpowiedniego horyzontu czasowego jest istotnym elementem planowania ze względu na wyznaczenie czasu potrzebnego na osiągnięcie poszczególnych celów. Ostatnim elementem są narzędzia potrzebne do oceny etapu realizacji zadań podrzędnych, których wyniki współtworzą cel nadrzędny. Monitorowanie postępów prac jest możliwe za pomocą wcześniej określonych miar, dzięki którym można wykorzystać wymiary jakościowe i ilościowe. Precyzja w tym przypadku odgrywa kluczową rolę, gdyż nie wszystkie procesy czy działania w zarządzaniu projektami są łatwe do oszacowania. Szczegółowe określenia miar pozwala na efektywną kontrolę oraz daje możliwość podejmowania szybkich decyzji, w przypadku gdy potrzebne są korekty w bieżącej działalności.

W procesie planowania jednym z najważniejszych etapów jest określenie przebiegu projektu. W ramach tego działania należy powiązać elementy struktury projektu z czasem i miejscem realizacji. W pierwszej kolejności należy określić czas trwania czynności tworzących strukturę projektu. W przypadku przedsięwzięć typowych, mających odniesienie do projektów realizowanych w przeszłości, określenie czasu trwania jest możliwe na podstawie analogii i znanych danych historycznych oraz modeli statystycznych. W przypadku przedsięwzięć o nowatorskich rozwiązaniach, należy posłużyć się danymi mającymi odniesienie do realizowanych działań cząstkowych w projekcie i na ich podstawie określić czas trwania całego projektu. Ryzyko błędnego oszacowania czasochłonności jest wtedy dużo wyższe. Wykorzystuje się w tych sytuacjach dość często rachunek prawdopodobieństwa, aby możliwie najdokładniej (najbliżej rzeczywistości, minimalizacja odchylenia standardowego) określić czas trwania.

Kolejnym elementem w planowaniu przebiegu projektu jest określenie czasu trwania w ustalonych jednostkach czasu. W początkowym etapie terminy są ustalane w ujęciu względnym, np. 10 jednostek to odpowiednio 10 dni/ miesiący. W ostatecznym planowaniu czasowym należy wartości względne (czasochłonność) odwzorować

w jednostkach kalendarzowych². Planowanie przebiegu projektu różni się zasadniczo w zależności od struktury organizacyjnej podmiotu wykonawczego – hierarchicznej bądź kooperacyjnej³. Planowanie przebiegu przedsięwzięcia w strukturze hierarchicznej przeprowadzane jest ogólnikowo. Głównym zadaniem planowania w strukturze hierarchicznej jest zapewnienie, aby realizacja celów podrzędnych nie wpływała na przekroczenie czasu realizacji celu głównego. W krytycznych sytuacjach następuje przekierowanie zasobów potrzebnych do wykonania zadania w wyznaczonym terminie.

Wyznaczenie terminów realizacji dla wszystkich zadań podrzędnych skutkuje określeniem czasu rozpoczęcia i zakończenia całego projektu. Podczas tej procedury zostają wyznaczone także zapasy czasu dla poszczególnych czynności, co jest pomocne przy definiowaniu krytycznych zadań w projekcie z tzw. rezerwą czasową. Krytycznymi zadaniami określamy takie czynności, których wykonanie jest niezbędne do realizacji celów w przedsięwzięciu. W związku z dużą liczbą czynności wykonywanych podczas realizacji przedsięwzięcia monitorowanie jest utrudnione. Dzięki czynnościom krytycznym, wyznaczającym często tzw. „kamienie milowe” na wykresie Gantta, można stosunkowo łatwo określić punkty kontrolne. W takim przypadku monitoring przebiegu realizacji może być skuteczniejszy.

W procesie zarządzania czasem projektu i planowania jego czasowego przebiegu podstawową determinantą jest przygotowanie zasobów, niezbędnych do realizacji projektu. Ma to ścisły związek z planowaniem kosztów potrzebnych na wykonanie projektu i wiąże się z:

- a. ustaleniem zapotrzebowania na zasoby na poziomie zadań podrzędnych,
- b. planowaniem zasobów ludzkich i materialnych,
- c. planowaniem kosztów,
- d. planowaniem finansowania,
- e. budżetowaniem,
- f. zatwierdzeniem zasobów na poziomie kierowniczym,
- g. postanowieniem o realizacji projektu.

Każdy projekt jako działanie niepowtarzalne wymaga zróżnicowanych zasobów typu:

- a. materiały (półprodukty),
- b. zasoby ludzkie,
- c. narzędzia (technologie), infrastruktura techniczna (maszyny, urządzenia),
- d. środki finansowe,
- e. procedury działania.

2 Należy pamiętać o tym, iż 10 jednostek nie przekłada się bezpośrednio na jednostki kalendarzowe, gdyż mogą być odwzorowane tylko np. dni robocze. Trzeba uwzględnić dni wolne od pracy, takie jak weekendy czy święta. Dla osób zatwierdzających przebieg projektu określenie terminu w jednostkach kalendarzowych jest obligatoryjne, gdyż jest to realny termin wykonania prac składających się na dane przedsięwzięcie.

3 M. Trocki, B. Grucza, K. Ogonek, *Zarządzanie projektami*, wyd. cyt., s. 55.

Każdy zasób powinien mieć określony poziom wartości (kosztów) i jakości. Poziom ten bezpośrednio wpływa na czas realizacji projektu. W pierwszym etapie planowania zasobów ustalane jest zapotrzebowanie na zasoby ludzkie i materialne. Przypisuje się zwykle minimalną ilość zasobów potrzebnych do realizacji poszczególnych czynności. W wyniku uwzględniania dyspozycyjności (dostępności) zasobów może zająć konieczność dokonania zmian w planie przebiegu projektu. Stąd planowanie kosztów powinno bezpośrednio korespondować z szacunkowym kosztem wyliczonym podczas definiowania projektu. Jeżeli różnica jest zbyt duża, to należy uwzględnić efektywność projektu w kontekście realności czasowej realizacji projektu. Planowanie finansowania przedsięwzięć projektowych wymaga przede wszystkim wskazania źródeł, z których wymienione środki mają zostać pozyskane. Budżet jest elementem kontroli wydatków w czasie rzeczywistym, zgodnym z harmonogramem realizacji projektu.

Realizację każdego projektu ograniczają zmienne globalne oraz lokalne⁴. Podstawowym ograniczeniem jest budżet, w którym określa się nakład finansowy zainwestowany w realizację projektu (wyznaczany zwykle planowanym poziomem kosztów). Innym elementem ograniczającym są dostępne (przydzielone lub pozyskane) zasoby adekwatne do zakresu (i złożoności) projektu. Na tym tle można dopiero budować harmonogram projektu, w którym ustala się ramy czasowe, jakie wyznacza się dla realizacji projektu. Warto tu jednak przypomnieć, że czas realizacji może być głównym źródłem ryzyka powiązanych z innymi zmiennymi globalnymi i lokalnymi, warunkującymi sukces projektu. Podejmowane w projekcie ryzyko może mieć negatywne lub pozytywne skutki. Zarządzanie ryzykiem jest dążeniem do eksponowania pozytywnych skutków i minimalizowania skutków negatywnych.

Elementem scalającym cały proces zarządzania projektem, a w tym zarządzanie czasem projektu jest kryterium jakości, określające stopień doskonałości rezultatu projektu lub zgodność realizacji celów projektu z wymaganiami określającymi potrzeby użytkownika.

5.2. Identyfikacja kosztów i czasu projektowania

W szacowaniu kosztów istotny jest poziom złożoności projektu i jego zakres. Estymacja kosztów i ich prognozowanie bazują na doświadczeniu oraz faktycznych wartościach wynikających z analizy kosztów wykorzystywanych w zarządzaniu projektami oraz efektach rozpatrywanych przypadków. Koszt wyraża wartość zużycia składników majątku trwałego i obrotowego, usług obcych i nakładów pracy.

Planowane koszty można więc klasyfikować w różnych aspektach działalności (rys. 5.2.).

⁴ Patrz: *Project Management Triangle*, <http://en.wikipedia.org/wiki/File:TripleConstraint.jpg>.



Rys. 5.2. Klasyfikacja kosztów

Źródło: opracowanie własne.

Pierwszym kryterium podziału kosztów jest podział ze względu na jego naturę, co związane jest z zakresem projektu i jego elementów składowych. Podział kosztów ze względu na funkcję odnosi się do funkcji realizowanej w systemie projektowym. Kolejny sposób jest związany z identyfikowalnością kosztów bezpośrednich i pośrednich, które są podstawą podziału układu kalkulacyjnego. Układ ten pełni funkcje informacyjne oraz analityczne, dzięki którym jednostka może swobodnie planować procesy wykonania, jak również obserwować i kontrolować poziom rentowności. Analizy kosztów w układzie kalkulacyjnym określają dynamikę poszczególnych elementów projektu. Następnym podziałem kosztów jest stałość, co oznacza, że poziom tych kosztów nie zmienia się wraz ze zmianami wykonania. Koszt zmienny to różnica pomiędzy kosztami całkowitymi, a kosztami stałymi podczas całego procesu projektowo-wytwórczego. Podział ze względu na kontrolowalność wynika z potrzeby wpływania kierownika projektu stosownie do zmian sytuacji makro i mikro ekonomicznej w kontekście przyjętej w projekcie polityki jakości. Dobrym odniesieniem do oceny poziomu kosztów są wskaźniki rentowności (zyskowności, stopy zwrotu). Osiągane wyniki powinny być porównywane z poprzednimi okresami, z planem realizacji oraz z innymi projektami. Elementem niezbędnym jest analiza przyczynowa.

Graniczny próg rentowności obrazuje w planowaniu opłacalność projektu z punktu widzenia jego zakresu i złożoności oraz tempa narastania kosztów projektu i jego wartości rynkowej. Warto tu także wspomnieć o zasadzie maksymalnego wykorzystania zasobów i tzw. koszcie krańcowym⁵, obrazującym możliwość wykonania dodatkowych przedsięwzięć w ramach ponoszonych już nakładów. Określenie proggu rentowności pozwala z większym prawdopodobieństwem ocenić ryzyko podejmowania decyzji wpływających na wielkość i złożoność przedsięwzięć projektowych.

Spełnianie potrzeb klientów po możliwie najniższym koszcie, a także w najbardziej adekwatnym momencie, definiowane jest przez jakość. Osiągnięcie wymaganej jakości wiąże się z jej kosztami, które są sumą wszystkich kosztów operacyjnych. Ich identyfikacja umożliwi ilościową ocenę efektywności działania systemów mających

⁵ Przykładowo, w procesach wytwórczych koszt krańcowy jest skutkiem zwiększenia produkcji o jednostkę, co oznacza, że jest to koszt wyprodukowania kolejnej jednostki dobra, wykonania dodatkowej czynności lub świadczenia usługi.

zapewnić w przedsiębiorstwie odpowiedni poziom jakości. Na etapie projektowania jakość potencjalnego produktu można przedstawić za pomocą relacji kosztów i korzyści ponoszonych z tytułu jakości. Im wyższy poziom jakości, tym bardziej zauważalny wzrost kosztów w stosunku do korzyści. Jednakże w pewnym momencie następuje odwrócenie ról i zależności te potwierdzają również wartość projektu. Dla użytkownika końcowego/ klienta oznacza to możliwie najwyższą jakość po najniższej możliwej cenie. Z punktu widzenia producenta najlepsza sytuacja to taka, w której iloraz korzyści i kosztów jest jak największy.

Wprowadzenie działań dążących do polepszenia jakości sprawia znaczny wzrost wydatków ponoszonych na szkolenia, planowanie i doskonalenie procesów projektowo-wytwórczych. Działania te jednak z czasem przynoszą efekt w postaci redukcji kosztów oceny, kosztów braków wewnętrznych i zewnętrznych oraz utraconych możliwości.

Szacowanie poziomu kosztów ma bezpośredni związek z szacowaniem czasochłonności i odgrywa kluczową rolę w określaniu czasu trwania projektu. Jest także podstawą do wykonania optymalizacji czasowo-kosztowej w przedsięwzięciach projektowo-wdrożeniowych i wytwórczych.

5.3. Szacowanie czasu i harmonogramowanie

Harmonogram projektu jest zaplanowanym rozkładem zadań w czasie. Powinien zostać wyznaczony na podstawie rzeczywistych zależności pomiędzy zadaniami w każdym przedsięwzięciu projektowym. Uwzględnienie czasu trwania zadań oraz zbilansowanie zasobów projektu jest nieodłącznym elementem harmonogramu realizacji projektu. Datę początkową i końcową planu terminarzowego projektu określa *de facto* tzw. ścieżka krytyczna projektu, która jest sekwencją zadań projektu bez rezerw czasowych.

Harmonogram projektu tworzymy w celu określenia potrzeb w zakresie zasobów w całym cyklu realizacji projektu. Na rysunku 5.3. widoczna jest lista zadań potrzebna do zrealizowania przykładowego projektu, jakim jest System Rejestracji Czasu Pracy, wraz z podziałem na podzadania, ich względnym czasem trwania oraz odniesieniem do kalendarza realizacji.

Harmonogramowanie w projekcie jest istotnym elementem realizacji przedsięwzięcia. Dzięki korzystaniu z harmonogramu łatwo i szybko można sprawdzić priorytety czynności, czy też przypisane do nich zasoby, zarówno materialne, jak i ludzkie. Harmonogram pomaga w określeniu zakresu działań, a także zależności między nimi. Korzystanie z harmonogramu pozwala na monitorowanie realizacji czynności i wczesne wykrywanie zagrożeń dla przedsięwzięcia.

Pomocną w tworzeniu harmonogramu projektu i szacowaniu czasu realizacji przedsięwzięć może być struktura podziału pracy, tzw. WBS (*Work Breakdown Structure*), jako technika określania zakresu przedsięwzięcia, poprzez wskazanie zadań do wykonania w procesie projektowania. Struktura ta może być przedstawiona za pomocą hierarchicznej konstrukcji drzewa. WBS jest szczególnie przydatna do planowania projektu i odpowiada na pytanie, co projekt ma dostarczyć? (a nie kto, jak, kiedy, dlaczego). WBS posiada wiele zalet takich, jak np.:

- pomoc w określeniu zakres projektu,
- może być podstawą do określenia czynności realizacyjnych przedsięwzięcia,
- przydatność do estymowania czasu realizacji projektu,
- pomoc w określaniu odpowiedzialności za poszczególne czynności w projekcie,
- pomaga mierzyć postęp prac podczas realizacji przedsięwzięcia.

	Tryb zadani	Nazwa zadania	Czas trwania	Rozpoczęcie	Zakończenie	Poj
1		- System rejestracji czasu pracy	113 dn	pon, 12-10-29	śro, 13-04-03	
2		- Stworzenie dokumentu inicjującego projekt	3 dn	pon, 12-10-29	śro, 12-10-31	
3		Opis projektu	2 dn	pon, 12-10-29	wto, 12-10-30	
4		Określenie wymagań	1 dzień	śro, 12-10-31	śro, 12-10-31	3
5		Opracowanie projektu logicznego	4 dn	czw, 12-11-01	wto, 12-11-06	2
6		Opracowanie projektu fizycznego	8 dn	śro, 12-11-07	pią, 12-11-16	5
7		- Instalacja sprzętu dla platformy RCP	10 dn	pon, 12-11-19	pią, 12-11-30	6
8		Instalacja bramek wejścia/wyjścia	1 dzień	pon, 12-11-19	pon, 12-11-19	
9		Instalacja centrum kontroli	4 dn	wto, 12-11-27	pią, 12-11-30	
10		Instalacja oprogramowanie dla platformy RCP	2 dn	pon, 12-12-03	wto, 12-12-04	7
11		Integracja systemu rejestracji wejść/wyjść	2 dn	śro, 12-12-05	czw, 12-12-06	10
12		- Integracja systemu rozliczania godzin pracy	31 dn	pią, 12-12-07	pią, 13-01-18	11
13		Pobieranie informacji o wejściach/ wyjściach z bazy danych	31 dn	pią, 12-12-07	pią, 13-01-18	
14		Porównanie pobranych danych z harmonogramem	31 dn	pią, 12-12-07	pią, 13-01-18	
15		Rozliczenie godzin pracy	31 dn	pią, 12-12-07	pią, 13-01-18	
16		- Budowa systemu raportowania	12 dn	pon, 13-01-21	wto, 13-02-05	12
17		Pobieranie informacji z bazy danych	12 dn	pon, 13-01-21	wto, 13-02-05	
18		Wykonanie raportów na podstawie pobranych danych	12 dn	pon, 13-01-21	wto, 13-02-05	
19		Integracja systemu zarządzania bazą pracowników	5 dn	śro, 13-02-06	wto, 13-02-12	16
20		Budowa systemu archiwizacji	4 dn	śro, 13-02-13	pon, 13-02-18	19
21		Wykonanie programu testów platformy RCP	20 dn	wto, 13-02-19	pon, 13-03-18	20
22		Uruchomienie platformy RCP	12 dn	wto, 13-03-19	śro, 13-04-03	21

Rys. 5.3. Przykładowy harmonogram projektu

Źródło: opracowanie własne.

Stworzenie struktury podziału pracy warto zaczynać od burzy mózgów w zespole projektowym. Pozwala to na zebranie wszystkich potrzebnych informacji o projekcie i wytyczeniu celów. Za pomocą WBS można określić i zorganizować zakres projektu. Odpowiednio zaprojektowana struktura sprawia, że cele można wyznaczyć z dużą dokładnością, poprzez przypisanie ich do poszczególnych „liści” drzewa projektu (czynności elementarnych odzwierciedlających szerokość projektu).

Diagram Gantta i „kamienie milowe” mogą być technikami pomocniczymi w kalkulacji czasowej projektu, umożliwiając śledzenie związków między zasobami, a czasem realizacji poszczególnych przedsięwzięć. Wykres Gantta jest graficznym sposobem planowania i monitorowania w celu zharmonizowania przebiegu działań. Za jego pomocą można zaplanować czynności zarówno wielopodmiotowe czy zespołowe, jak i grupowe. Wykres Gantta obrazuje kolejno wykonywane działania w projekcie, jednocześnie uwzględniając czynności realizowane równolegle. Korzyścią płynącą z jego zastosowania jest możliwość monitorowania oraz kontrolowania realizacji działań w przedsięwzięciu.

Identyfikacja i ustalenie „kamieni milowych” jako listy istotnych zdarzeń, będących punktami kontrolnymi w przedsięwzięciu, umożliwiają etapową kontrolę wykonanych zadań, bądź wyników całej fazy realizacji projektu. „Kamienie milowe” to kluczowe zda-

rzenia w przedsięwzięciu, które są łatwe do rozpoznania. Mogą być nimi: podpisanie dokumentu, otrzymanie wyniku, ważne spotkanie, zatwierdzenie pracy itp. Sprecyzowanie „kamieni milowych” wiąże się z dalszymi decyzjami dotyczącymi projektu. Na wykresie Gantta kamienie milowe oznaczamy punktem (najczęściej jest to kwadrat obrócony o 45°).

W zarządzaniu czasem w projekcie odwołujemy się często do technik pozwalających na skrócenie harmonogramu. Zalicza się do nich:

1. Fast tracking – polega na szybszym rozpoczęciu następnych zadań, bez oczekiwania na koniec zadań poprzednich. Wiąże się to z ryzykiem, ponieważ klient może wprowadzić zmiany, co wygeneruje dodatkowe koszty.
2. Crashing – przyspieszenie realizacji działań za pomocą zwiększenia zasobów potrzebnych do realizacji. Przykładem może być zwiększenie liczby programistów.
3. Redukcja zakresu – ograniczenie realizowanych zadań do tych, które są niezbędne.
4. Zdjęcie zadań ze ścieżki krytycznej i przez to skrócenie czasu trwania zadań krytycznych.
5. Zmiana kalendarza – wykorzystanie zasobów ludzkich po godzinach pracy. Zwiększenie ilości dni roboczych poprzez pracę ludzi w weekendy i po godzinach.

Stworzenie agresywnego harmonogramu, w którym zakłada się usunięcie buforów z każdego zadania i dodanie ich po odpowiednim przeliczeniu do całego projektu. Wykorzystanie tej metody może spowodować skrócenie czasu trwania przedsięwzięcia do 75% całości. Niestety, takie działanie może być obciążone także znaczącym ryzykiem.

Szacowanie czasu realizacji projektu, jak wcześniej wspomniano, jest zwykle obciążone dużym błędem. Stąd stosuje się tutaj wiele różnych metod ogólnych i branżowych. Jedną z nich jest metoda delficka. Polega ona na powtarzalnych badaniach ankietowych, skierowanych do specjalistów, w celu uzyskania zgodnych opinii co do przyszłego rozwoju zjawisk i procesów w badanym problemie. Eksperti pracują niezależnie i nie wiedzą o sobie, a wyniki poprzedniego badania są przekazywane jako wskazanie do sprecyzowania problemu i proponowanego rozwiązania. Badanie składa się z kilku faz, a kończy się uzyskaniem jasnych i zgodnych opinii. Organizacje działające w burzliwym otoczeniu wykorzystują metodę delficką poprzez skonstruowanie narzędzia zwanego QUEST. Istotą tej metody jest korzystanie z pomocy ekspertów, którzy mają za zadanie oszacować trendy w otoczeniu, wykorzystując metodę kolejnych przybliżeń. Dzięki temu określa się wstępnie:

- a. tendencje zmian w otoczeniu (w tym dotyczące zmian w sposobie realizacji zadań i ich charakterystyk czasowych),
- b. czynniki krytyczne determinujące, np. czas realizacji i prawdopodobieństwo ich wystąpienia.

Metoda delficka wykorzystuje techniki analityczne o charakterze statystycznym. Dość często stosuje się tzw. technikę delficką uśredniającą, która bazuje na odrzucaniu skrajnych wartości i informowaniu ekspertów (ich reprezentatywną liczbę) o uzyskanej wartości średniej, np. szacowanego czasu przedsięwzięcia przed kolejną fazą szacowania.

Przykładem metody branżowej jest tzw. metoda COCOMO, bazująca na wielu rzeczywistych przedsięwzięciach przy uwzględnieniu określonych czynników oraz ogólnej postaci zależności pojawiających się w tym modelu. Przy wykorzystaniu COCOMO zakłada się określenie liczby instrukcji⁶ (oprogramowanie użytkowe), z których stworzony zostanie system informatyczny. Znając nakład pracy można oszacować czas wykonania projektu, w powiązaniu z przybliżoną wielkością zespołu potrzebnego do realizacji przedsięwzięcia.

Wśród najbardziej rozpowszechnionych metod szacowania czasu (wg zasady SMART) wykorzystuje się metodę tzw. trzech punktów:

$$t_e = (t_o + 4t_m + t_p) / 6 \quad (5.1)$$

gdzie:

- t_e – czas oczekiwany,
- t_o – czas optymistyczny,
- t_m – czas najbardziej prawdopodobny,
- t_p – czas pesymistyczny.

Oznacza to, że do szacowania przyjmuje się zbiór wartości statystycznych (statystycznie uśrednionych dla danej klasy projektów), dotyczących sytuacji optymistycznych realizacji tej klasy projektów/ przedsięwzięć/ zadań oraz pesymistycznych i najbardziej prawdopodobnych. Bazując na rozkładzie normalnym wyznacza się czas oczekiwany – operując sumą wag równą sześć (6).

Każde przedsięwzięcie projektowe warunkowane jest czynnikami wewnętrznymi i zewnętrznymi. Stąd istnieje potrzeba modyfikacji przyjętych oszacowań dla realnego uwzględnienia tych czynników. Zmodyfikowany czas (wkład) pracy może wówczas przyjąć wartość wyznaczaną zależnością:

$$t_z = (\text{standardowy_czas_pracy}) \cdot [100/(100 - CPP)] \cdot [100/(100 - CPC)] \cdot CU \quad (5.2)$$

gdzie:

standardowy_czas_pracy może oznaczać np. wyznaczony czas oczekiwany *te*

lub czas normatywny, np. wg normy branżowej dla tej klasy zadania,

CPP – czynniki przerywające pracę (spotkania, przestoje, komunikacja, najczęściej 30%),

CPC – czynniki pracy czasowej (inne dodatkowe projekty równolegle wykonywane, współczynnik = 10%, gdy jeden projekt;

15%, gdy dwa projekty;

20%, gdy trzy projekty),

CU – czynniki umiejętności (ekspert – nowicjusz;

przykładowo ze zbioru wartości = [0.5-2]).

6 Aby oszacować liczbę osobogodzin, należy najpierw oszacować, z ilu „linijek” kodu lub punktów funkcyjnych będzie się składać gotowy projekt.

Czas zmodyfikowany może być zobiektywizowaną miarą dostępności/ dyspozycyjności i kompetencji (sprawności profesjonalnej) wybranych typów zasobów. Analiza danych historycznych z własnych doświadczeń realizacji różnych projektów ma jednak zasadnicze znaczenie dla wiarygodności oszacowania czasu dla konkretnej sytuacji projektowej.

Harmonogramowanie (wykresy Gantta) połączone jest bezpośrednio z wyznaczaniem czasu realizacji poszczególnych przedsięwzięć i stanowi bardzo ważny aspekt ewaluacji i walidacji każdego projektu⁷. Dzięki odpowiedniej synchronizacji wykorzystywanych zasobów na tle ich dostępności można wpływać na czas realizacji. Połączenie tych dwóch aspektów eksponuje tzw. koncepcja/ strategia zarządzania bazująca na czasie, czyli TBM.

5.4. Strategia TBM⁸

Identyfikacja kosztów oraz czasu i ich wzajemnych relacji w organizacji projektowej pozwala na podjęcie problemu optymalizacji wykorzystania zasobów, ze szczególnym uwzględnieniem kryterium czasowo-kosztowego. Praktyka procesu projektowania produktów (wytworów/ usług) wskazuje na silne powiązanie ponoszonych wydatków z czasem realizacji przedsięwzięć projektowych czy świadczenia usług. Zwiększenie czasu jego realizacji najczęściej przyczynia się do wzrostu kosztów całkowitych (w przypadku projektu mogą to być koszty niewywiązania się z umowy pomiędzy podmiotami). W innych aspekcie, obniżka wydatków może determinować spadek ogólnej jakości wytwarzanych produktów (rozumianej zarówno w sensie *ex-post*, jak i *ex-ante*).

Organizacje projektowe (przedsiębiorstwa) poszukują ciągle nowych koncepcji i metod zarządzania w obszarze czasu realizacji oraz kosztów wykonania procesów. Na uwagę zasługuje tu strategia TBM, zakładająca, że czas jest podstawowym czynnikiem, determinującym wzrost wartości systemu projektowego. W tym kontekście zarządzanie czasem to nie tylko optymalizacja procesu, ale również umiejętność trafnego dostosowania się do wymagań płynących z otoczenia. W implementacji TBM, zaznacza się znaczące oddziaływanie na jej skuteczność technologii informatycznych, pozwalających na sterowanie funkcjonowaniem i doskonaleniem procesu, integrację funkcji w aspekcie terminowości ich realizacji oraz automatyzację procesów decyzyjnych (*know how*)⁹.

Czas staje się atutem strategicznym organizacji projektowych i jego właściwe wykorzystanie pozwala przede wszystkim na dostarczenie klientowi produktu w odpowiednim terminie (*Just in Time*). To z kolei przekłada się na osiągnięcie wartości dodanej przez organizację, dzięki zastosowaniu 5 fundamentalnych założeń TBM, do których zalicza się w szczególności¹⁰:

7 Zaletą tworzenia wykresów Gantta jest również możliwość identyfikowania czynności, które przebiegają równolegle. Może to być istotna wskazówka także dla potrzeb zarządzania niezawodnością.

8 *Time Based Management*.

9 A. Bitkowska, *Zarządzanie procesami biznesowymi w przedsiębiorstwie*, VIZJA PRESS & IT, Warszawa 2009.

10 K. Zimniewicz, *Współczesne koncepcje i metody zarządzania*, PWE, Warszawa 2009, s. 66.

- orientacja na czynnik czasu (czas jest tu zasobem mierzalnym, lecz nieodnawialnym),
- orientacja na skok ilościowy (sukces organizacji zależy od działań na dużą skalę, usprawnianych poprzez wprowadzanie szybkich i skutecznych innowacji),
- orientacja na proces (optymalizacja czasowa procesów, poprzez ustalenie miejsc ich krzyżowania z funkcjami),
- orientacja na wartości (likwidowanie bądź usprawnianie działań, które nie przynoszą wartości dodanej, co jest istotne z punktu widzenia założeń organizacji procesowej),
- orientacja na zespół (tylko praca zespołowa przyczynia się do rozwiązywania problemów pojawiających się na styku procesów z funkcjami).

Warto tu zaznaczyć, że jednym z podstawowych filarów TBM jest orientacja na procesy realizowane w ramach całego przedsięwzięcia projektowego. Oznacza to, że wciąż ważny jest problem ich doskonalenia poprzez eliminowanie obszarów z najmniejszą wydajnością i zdolnością projektowo-wytwórczą. Zależy to również w dużej mierze od kontaktów w zespołach roboczych (komórkach zadaniowych), których poprawność przyczynia się do skrócenia czasu realizacji procesów projektowych (biznesowych). *Time Based Management* jest więc koncepcją zarządzania przedsiębiorstwem, nastawioną na redukcję czasu realizacji działań na poziomie operacyjnym i strategicznym. Ma stanowić przewagę konkurencyjną organizacji projektowej/ zespołu/ firmy, wyrażoną takimi parametrami jak: szybkość, punktualność, innowacyjność i zgodność z oczekiwaniami klienta¹¹.

Praktyka zarządzania pokazuje¹², że implementowanie TBM w strukturę organizacji niesie za sobą wiele korzyści:

- a. pozwala zoptymalizować czas reakcji na wymagania płynące z otoczenia, poprzez skrócenie pętli sprzężenia zwrotnego;
- b. dzięki decentralizacji umożliwia podejmowanie decyzji bezpośrednio w miejscu powstawania problemów, przez co szybsza jest reakcja odnośnie ich urzeczywistnienia;
- c. na skutek wdrożenia informatycznych systemów zarządzania pozwala na skrócenie czasu obiegu informacji, przez grupowanie danych we wspólnym repozytorium (bazach danych opisu projektu);
- d. zauważa się silny związek TBM z innymi koncepcjami, takimi jak benchmarking (porównywanie procesów do przyjętych wzorców działania), *Reengineering* (gruntowna restrukturyzacja procesów/zadań) oraz *X – Engineering* (wspólna platforma technologii informatycznych w funkcjonowaniu organizacji dla integracji organizacji rozproszonych).

11 M. Czerska, A.A. Szpitter, *Koncepcje zarządzania. Podręcznik akademicki*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2010, s. 184.

12 Zakłady H. Forda jako pierwsze z sukcesem wprowadziły technikę „dostaw na czas” (*Just in Time*), propagowaną po dzień dzisiejszy przez koncern Toyota Motor Company.

Tabela 5.2. Fazy wdrożeniowe koncepcji Time Based Management

FAZA	DZIAŁANIA
Ustalenia wstępne	Powołanie zespołu projektowego; przeprowadzenie benchmarkingu; sformułowanie celów; przedstawienie projektu działania.
Zrozumienie systemu	Zrozumienie i analiza procesów projektowo-biznesowych; podział funkcji na główne i pomocnicze; diagnoza stanu obecnego; ustalenie czasu podlegającego redukcji.
Opracowanie rozwiązań	powiększanie zespołu projektowego (alternatywy rozwiązań); utworzenie zespołu przełomowego; radykalna zmian rozwiązań w projekcie (<i>Reengineering</i>).
Zmiana systemu	Implementacja nowego systemu; przełamanie barier (<i>X – Engineering</i>).
Wyniki	Pozyskiwanie informacji od użytkowników/ klientów na temat zmian

Źródło: opracowanie własne, na podstawie: M. Czerska, A.A. Szpitter, *Koncepcje zarządzania. Podręcznik akademicki*, wyd. cyt., s. 184.

Zarządzanie czasem, w myśl *Time Based Management*, wymaga jednakże przejścia przez pewien proces wdrożeniowy (tabela 5.2.). Jest to ważne, ponieważ nie każda organizacja posiada strukturę przystosowaną do jej implementacji. Trudności wynikają przede wszystkim z nadmiernej centralizacji decyzji projektowych oraz niechęci pracowników wobec zmian, co szczególnie uwidacznia się w strukturach typowo hierarchicznych. TBM jest zatem koncepcją skuteczną, gdy wprowadzana jest w organizacjach procesowych o strukturach zadaniowych (np. struktura macierzowa). Odnosząc się do trójkąta projektu, warto wskazać również strategie, które usprawniają przebieg procesów w aspekcie zarządzania kosztami.

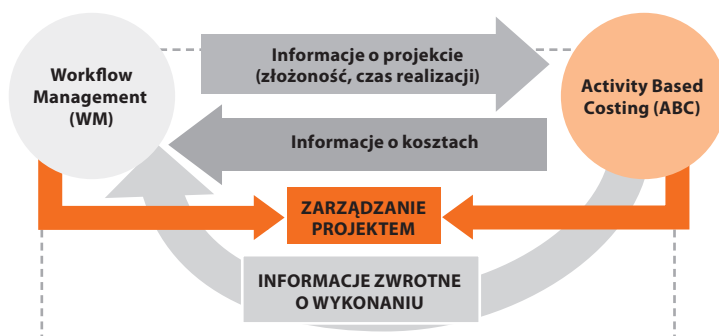
Do takich koncepcji zalicza się współcześnie *Activity Based Management (ABM)*, która powszechnie wykorzystuje technikę *Activity Based Costing (ABC)*, stanowiącą tzw. rachunek kosztów działania¹³. Opiera się on w istocie na podejściu procesowym (eksponującym dynamikę projektu/ działań w organizacji projektowej), gdyż umożliwia osiąganie takich samych wyników przy użyciu mniejszej ilości zasobów i przy obniżonych kosztach. Jak wiadomo, proces składa się w określonej liczby aktywności/ operacji. Każda z nich generuje pewnego rodzaju koszty, a zatem jest „nośnikiem kosztów”. W odniesieniu do tego, procesowy rachunek kosztów powinien przebiegać według ściśle sprecyzowanych etapów i obejmuje¹⁴:

- a. identyfikację czynności kluczowych, które kreują wartość dodaną w projekcie,
- b. wyznaczenie miar i zasad pomiaru dla każdego działania,
- c. wyznaczenie kosztów każdego określonego działania w określonym czasie,
- d. rozliczenie kosztów poszczególnych działań.

¹³ A. Bitkowska, K. Kolterman, G. Wójcik, K. Wójcik, *Zarządzanie procesami w przedsiębiorstwie. Aspekty teoretyczno-praktyczne*, Difin, Warszawa 2011.

¹⁴ Tamże, s. 78.

Activity Based Management umożliwia analizę i pomiar wartości wyników poszczególnych czynności, składających się na większe procesy/ przedsięwzięcia (drzewo projektu). ABC traktuje się jako główne źródło informacji o projekcie poprzez zdolność przypisywania kosztów konkretnym działaniom. Prowadzona za pomocą rachunku kosztów analiza procesów pozwala na odzwierciedlenie ich faktycznej struktury oraz wpływu na wytwarzany rezultat¹⁵. Informacje ABC wykorzystywane są głównie w tzw. zarządzaniu przepływem pracy (*Workflow Management*, WM). Powiązanie narzędzia ABC z *Workflow Management* jest szczególnie istotne dla zapewnienia przejrzystej i szczegółowej struktury każdego procesu w realizacji projektu. Zasada sprzężenia zwrotnego powoduje, że WM jest źródłem informacji odnośnie fizycznych uwarunkowań realizacji każdego procesu (np. czasu), natomiast ABC kształtuje wysokość kosztów uwzględnianych w analizie *Workflow* (rys. 5.4.).



Rys. 5.4. Powiązanie Activity Based Costing z Workflow Management

Źródło: A. Bitkowska, K. Kolterman, G. Wójcik, K. Wójcik, *Zarządzanie procesami w przedsiębiorstwie*.

Aspekty teoretyczno-praktyczne, wyd. cyt., s. 81.

Warto tu podkreślić, że *Activity Based Costing* zakłada kompleksowe wsparcie procesu ewidencjonowania (jako ważnej funkcji współczesnego zarządzania), analizy oraz zarządzania kosztami. Ponadto przyczynia się do poprawy efektywności działania organizacji, ponieważ pozwala na monitorowanie kosztów pośrednich, ponoszonych w ramach każdego etapu realizacji procesu projektowania. ABC może być więc przydatna w zarządzaniu kosztami na poziomie strategicznym oraz operacyjnym.

Aspekt operacyjny dotyczy optymalizowania działań związanych z dostarczaniem we właściwym czasie i miejscu poszczególnych grup zasobów dla określonego systemu projektowania.

Aspekt strategiczny związany jest z takim planowaniem zasobów projektu, aby w ujęciu całościowym, produktywność uzyskiwana w całym projekcie była jak największa.

15 W. Kowalczewski, J. Nazarko, *Instrumenty zarządzania współczesnym przedsiębiorstwem*, Difin, Warszawa 2006.

Wspieranie procesów w zakresie ich optymalizacji czasowej i kosztowej, oprócz umiejętności wdrażania koncepcji bazowych, wymaga również systematycznego wspierania działalności organizacji na szeregu narzędziach i technikach dotyczących tych obszarów zarządzania. Prym w tej dziedzinie wiodą tzw. techniki harmonogramowania oraz techniki sieciowe, do których zalicza się w szczególności technikę CPM, PERT oraz CPM – COST¹⁶.

5.5. Techniki sieciowe

Techniki sieciowe bazują ogólnie na teorii grafów i służą do planowania i kontroli złożonych przedsięwzięć, które wymagają wcześniejszej identyfikacji działań (drzewo czynności) i ich wzajemnych zależności. W klasycznie rozumianej sieci czynności wyróżnia się takie elementy podstawowe, jak:

- a. węzły, które w niektórych notacjach można interpretować jako zdarzenia,
- b. łuki, które w niektórych notacjach można interpretować jako czynności.

Ważną zaletą wykresów sieciowych jest to, że umożliwiają określenie priorytetów na podstawie analizy szacowanego czasu realizacji poszczególnych działań. Zadania, których opóźnienie zagraża terminowemu wykonaniu projektu, wyodrębnia się jako krytyczne i mogą być uszeregowane pod względem stopnia krytyczności. Techniki sieciowe w zarządzaniu projektami znalazły zastosowanie ze względu na kilka istotnych cech:

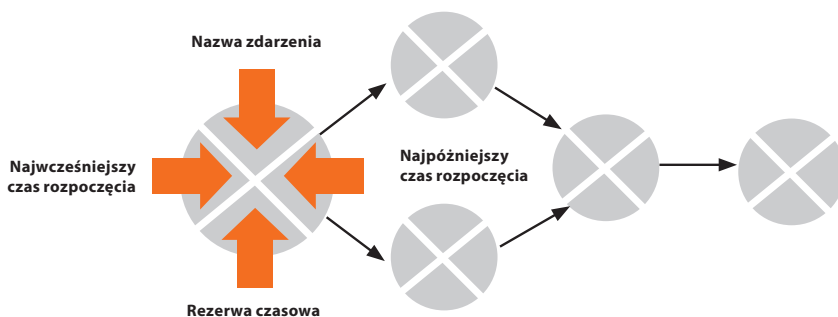
- a. pozwalają na identyfikowanie związków pomiędzy poszczególnymi czynnościami w planowanym procesie,
- b. identyfikują terminy tych czynności i zapotrzebowanie na określone zasoby (czas zależny od wartości zasobów, np. zmodyfikowany czas realizacji czynności),
- c. stają się cennym źródłem informacji odnośnie aktywności znajdujących się w ostrych reżimach czasowych i wskazują na właściwy przebieg tych informacji.

Klasyczną już dziś, ale wciąż użyteczną, jest technika CPM¹⁷, która należy do grupy tzw. deterministycznych narzędzi planowania sieciowego. Jej istotę stanowi konstrukcja szczególnego rodzaju grafu (przedstawiającego czynności lub zdarzenia składające się na proces) i dokonywanie obliczeń na podstawie tego grafu¹⁸. W tzw. „sieci” uwzględnia się przede wszystkim nazwy poszczególnych czynności, najwcześniejszy (analiza do „przodu”, według zasady maksymalnego czasu dla zbioru czynności kończących się w danym węźle) oraz najpóźniejszy (analiza do „tyłu”, według zasady minimalnego czasu dla zbioru czynności rozpoczynających się w danym węźle) czas ich rozpoczęcia, jak również tzw. rezerwę czasową. Zdarzenia, dla których rezerwa nie istnieje (jest równa 0) wyznaczają ścieżkę krytyczną grafu, która podlega w zarządzaniu projektem stałemu monitorowaniu i kontroli. Przykład struktury sieciowej w technice CPM wraz z opisem poszczególnych elementów grafu zaprezentowano na rys. 5.5.

16 Stosować można również takie techniki jak PERT – COST, GERT czy MPM, szerzej w: M. Trocki, B. Grucza, K. Ogonek, *Zarządzanie projektami*, wyd. cyt.

17 CPM – *Critical Path Method*.

18 M. Trocki, B. Grucza, K. Ogonek, *Zarządzanie projektami*, wyd. cyt., s. 161.



Rys. 5.5. Odzworowanie struktury sieciowej w technice CPM

Źródło: opracowanie własne.

W wielu sytuacjach projektowych technikę CPM uzupełnia się **techniką PERT**¹⁹, której istota opiera się na szacowaniu czasu oczekiwanego realizacji zadań na podstawie najwcześniejszego i najpóźniejszego czasu rozpoczęcia (patrz pkt. 3). W technice tej wykorzystuje się krzywą Gaussa oraz właściwości rozkładu normalnego. Umożliwia to określenie, z jakim prawdopodobieństwem dany proces zostanie zrealizowany na czas. W technice PERT, czas oczekiwany realizacji czynności, określa się z zależności:

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6} \quad (5.3)$$

gdzie:

t_o – czas optymistyczny,
 t_m – czas najbardziej prawdopodobny,
 t_p – czas pesymistyczny.

Znając czas oczekiwany możliwe staje się oszacowanie, jakie prawdopodobne odstępstwa terminowe będą towarzyszyły czynnościom **leżącym na ścieżce krytycznej**. Wielkość tę określa się jako odchylenie standardowe i wyznacza z zależności:

$$\sigma_{cz,i} = \frac{t_p - t_o}{6} \quad (5.4)$$

Przedmiotem analizy dokonywanej tą techniką jest tylko i wyłącznie ścieżka krytyczna, gdyż *de facto* czynności na niej leżące są determinantą terminowej realizacji całego procesu/ projektu. W związku z tym, znając wielkości określone powyższą zależnością możliwe jest oszacowanie odchylenia standardowego całej ścieżki jako pierwiastka z sumy wariancji poszczególnych zadań leżących na tej ścieżce:

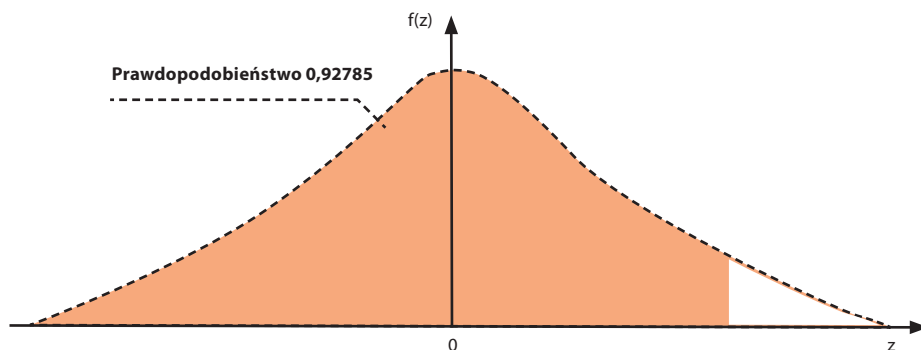
$$\sigma_{ścieżki\ krytycznej} = \sqrt{\sum \sigma_{cz,i}^2} \quad (5.5)$$

19 PERT – Program Evaluation and Review Technique.

Kolejne kroki metody PERT opierają się na szacowaniu prawdopodobieństwa na podstawie wskazanego pewnego (żądanego) czasu T_z , określanego np. przez właściciela procesu (zleceniodawcę projektu). Znając czas oczekiwany (T_e) realizacji całego procesu (wyznaczony np. metodą CPM na podstawie czasów oczekiwanych poszczególnych czynności $\{t_e\}$ w tym procesie) należy wyznaczyć parametr charakterystyczny „z” (zmienną losową dla analizowanego procesu) i na tej podstawie dokonać odczytu konkretnej wartości z tablic rozkładu normalnego (dystrybuanty):

$$z = \frac{\text{czas żądany} - \text{czas oczekiwany}}{\text{odchylenie standardowe}} = \frac{T_z - T_e}{\sigma_{\text{ścieżki krytycznej}}} \quad (5.6)$$

Wielkość „z”, a raczej wartość odpowiadająca jej w tablicy dystrybuanty, będzie odpowiedzią na pytanie, jakie jest prawdopodobieństwo realizacji procesu w żądanym terminie (patrz rys. 5.6.).



Rys. 5.6. Dystrybuanta rozkładu normalnego²⁰

Źródło: M. Trocki, B. Grucza, K. Ogonek, *Zarządzanie projektami*, wyd. cyt., s. 209.

W innej technice, zwanej **CPM – COST**, zakłada się, że czynności mają określone kombinacje czasów trwania i kosztów ich realizacji. Podobnie jak w metodzie CPM oraz PERT, pierwszym krokiem analizy jest budowa sieci zależności. W kolejnych krokach wyznacza się tzw. czas oraz koszt graniczny dla poszczególnych działań, jak również szacuje się normalny czas trwania czynności oraz odpowiadający mu najniższy koszt realizacji. Pozwala to w konsekwencji na wyznaczenie tzw. gradientu kosztów, który określa przyrost kosztu wykonania danej czynności, spowodowany skróceniem czasu trwania czynności o jednostkę²¹. Czasy na ścieżce krytycznej skraca się do momentu,

20 Zakładając np., że żądany czas wykonania wszystkich czynności wynosi 110 min, czas oczekiwany 103,5 min, natomiast odchylenie standardowe całej ścieżki kształtuje się w na poziomie 4,55 min, obliczona wartość parametru „z” równa jest 1,43. Z tabeli dystrybuanty rozkładu normalnego wartości tej odpowiada prawdopodobieństwo 0,92785, a zatem szansa realizacji procesu w czasie 110 minut wynosi 93%.

21 M. Trocki, B. Grucza, K. Ogonek, *Zarządzanie projektami*, wyd. cyt., s. 254.

aż nie osiągną przyjętych/ możliwych wartości granicznych. Technika CPM – COST jest niewątpliwie skutecznym uzupełnieniem techniki CPM, jednak niekiedy mogą występować trudności z określeniem wymienionych powyżej wartości.

Analiza czasowo-kosztowa dla techniki CPM-COST zakłada, że czynności mają określone kombinacje czasów trwania i kosztów realizacji. Ponadto przyjmuje się, że zależność kosztów realizacji czynności od czasu trwania przyjmuje postać rosnącej funkcji liniowej. Najniższe koszty realizacji czynności K_n odpowiadają normalnemu czasowi trwania czynności t_n . Graniczny czas trwania czynności t_{gr} to najkrótszy możliwy do uzyskania ze względów technicznych i technologicznych czas realizacji czynności przy kosztach granicznych K_{gr} realizacji czynności. Średni gradient kosztu S to współczynnik, który określa przyrost kosztu wykonania danej czynności spowodowany skróceniem czasu trwania powyższej czynności o jednostkę:

$$S = \frac{K_{gr} - K_n}{t_n - t_{gr}} \quad (5.7)$$

gdzie:

S – gradient kosztów,

K_n – koszt normalny,

K_{gr} – koszt graniczny,

t_n – czas normalny,

t_{gr} – czas graniczny.

Analizę czasowo-kosztową w technice CPM-COST można zilustrować etapami:

1. Wyznaczenie ścieżki krytycznej na sieci zależności według czasu oczekiwanego (normalnego) przy założonym (oszacowanym) koszcie realizacji poszczególnych czynności w tempie tzw. normalnym (w czasie oczekiwanym).
2. Wyznaczenie na podstawie doświadczenia i ograniczeń technicznych oraz technologicznych czasu granicznego t_{gr} , a także kosztu granicznego K_{gr} dla poszczególnych czynności składających się na projekt. Obliczenie średniego gradientu kosztów S dla poszczególnych czynności.
3. Rozpoczęcie procesu skracania czasów trwania czynności leżących na ścieżce krytycznej od czynności o najniższym gradiencie kosztów S . Należy skracać czas trwania czynności o możliwie największą liczbę jednostek. Trzeba przy tym uwzględnić ograniczenia wynikające z czasu granicznego poszczególnych czynności t_{gr} i z pojawienia się nowej ścieżki krytycznej (która nastąpi, jeżeli zniknie zapas czasu w ciągu czynności niekrytycznych).
4. W przypadku wystąpienia dwóch lub więcej ścieżek krytycznych należy skracać czas trwania czynności o tę samą liczbę jednostek na wszystkich ścieżkach krytycznych.
5. Gdy wszystkie czynności leżące na dowolnej ścieżce krytycznej osiągną czasy graniczne, dalsze skracanie czasu realizacji projektu jest niemożliwe. Uzyskuje się wówczas najkrótszy termin wykonania projektu.

6. Na każdym etapie można obliczyć koszty przyspieszenia realizacji projektu (iloczyn gradientu kosztów S dla danej czynności i liczby jednostek czasu, o które skrócono daną czynność krytyczną). Łączne koszty to suma kosztów poniesionych na kolejnych etapach.
7. Uzupełnienie techniki CPM przez zastosowanie analizy czasowo-kosztowej CPM-COST jest użyteczne dla kierownika projektu. Istnieje jednak pewne ryzyko związane z wykorzystywaniem powyższej metody, ponieważ zależność między kosztem, a czasem przyspieszenia konkretnego działania nie zawsze ma charakter liniowy. Ponadto dość istotnym źródłem ryzyka jest możliwość przeszacowania kosztów, w wyniku czego pojawiają się nieprecyzyjne obliczenia, a co za tym idzie, możliwy jest nieoczekiwany wzrost kosztów realizacji projektu.

Skracanie czasu trwania projektu stało się czynnością nieodłączną dla efektywnej realizacji. Działania wiążące się z użyciem dodatkowych środków i zasobów nie zawsze są ekonomicznie uzasadnione, gdyż wymagają poniesienia większych kosztów wobec ograniczeń wynikających z wielkości budżetu projektu. W przypadku gdy niewywiązanie się z terminu realizacji projektu skutkuje wypłatą wysokiego odszkodowania, bądź gdy realizacja łączy się z dużymi kosztami stałymi, skorzystanie przykładowo z dodatkowych pracowników i sprzętu staje się uzasadnione. W celu znalezienia metody skrócenia czasu projektu minimalnym kosztem stworzona została technika PERT-COST. Określenie czynności możliwych do skrócenia, kosztów oraz wpływu skrócenia na ewentualność wcześniejszego zakończenia realizacji projektu to zadania stawiane przed powyższą metodą. Za pomocą tej techniki wyznacza się optymalny czas skrócenia realizacji projektu w sieci PERT z uwzględnieniem kryterium najniższego kosztu tej operacji.

Skracanie czynności powinno następować w taki sposób, by największe możliwe skrócenie czasu przypadało na te czynności, dla których koszt skrócenia jest najniższy (patrz gradient kosztów). Prowadzi to do określenia optymalnego terminu wykonania przedsięwzięcia. Wśród założeń metody PERT-COST wyróżniamy liniowy przebieg zależności czasu trwania zadania w stosunku do kosztów wykonania. Ponadto relacje czasów poszczególnych czynności powinny być stałe zarówno dla czasu normalnego jak i granicznego. Analiza czasowo-kosztowa w technice PERT-COST obejmuje następujące etapy:

1. Wyznaczenie czasów normalnych/ oczekiwanych dla poszczególnych czynności według metody trójpunktowej (czas optymistyczny, pesymistyczny i najbardziej prawdopodobny).
2. Wyznaczenie końcowego terminu oraz ścieżki krytycznej wg czasu normalnego.
3. Obliczenie gradientów kosztów dla zestawionych czynności krytycznych.
4. Usunięcie z zestawienia czynności, dla których nie istnieje średni gradient kosztów, czyli przypadki kiedy $t_{gr} = t_n$.
5. Skracanie czynności krytycznych w kolejności od posiadającej najniższy gradient kosztów.
6. Skracanie czasu trwania projektu o jak największą ilość czasu, biorąc pod uwagę następujące ograniczenia:

- a. graniczny czas trwania danej czynności t_{gr} ,
 - b. wykorzystanie zapasu czasu na ciągu czynności niekrytycznych, a co za tym idzie, pojawienie się nowej ścieżki krytycznej.
7. W przypadku pojawienia się większej liczby ścieżek krytycznych należy skracać czas równoważnie na wszystkich ścieżkach.
 8. Uzyskanie najkrótszego czasu trwania projektu jest możliwe poprzez osiągnięcie czasów granicznych t_{gr} dla wszystkich czynności leżących na którejkolwiek ścieżce krytycznej.
 9. Na każdym etapie możliwe jest obliczenie kosztów przyspieszenia jako iloczynu gradientu kosztów i liczby jednostek czasu, o które dana czynność została skrócona. Całkowity koszt przyspieszenia realizacji projektu to suma kosztów poniesionych na poszczególnych etapach.

Warto również zauważyć, że w metodzie PERT-COST są stałe relacje²² (współczynniki) dla czasu pesymistycznego i optymistycznego realizacji poszczególnych czynności, tj. między wartością tego czasu, a czasem normalnym/ oczekiwanym, oraz takie same relacje między granicznym czasem optymistycznym i pesymistycznym, a przyjętym czasem granicznym. Można wówczas wyznaczyć wartość odchylenia standardowego skróconego czasu realizacji danej czynności i ocenić prawdopodobieństwo wykonania całej sieci w skróconym czasie.

Techniki, służące procesowi zarządzania czasem i optymalizacji czasowej, związane są ściśle z technikami zarządzania kosztami z uwzględnieniem szacowania kosztów, określania budżetu oraz kontrolą kosztów (tabela 5.3.).

Tabela 5.3. Wybrane techniki i narzędzia wspierające zarządzanie kosztami

FAZA	NARZĘDZIA I TECHNIKI
SZACOWANIE KOSZTÓW	Opinie ekspertów; szacowanie porównawcze (wykorzystanie określonych parametrów z projektów realizowanych w przeszłości); szacowanie parametryczne (zależności statystyczne pomiędzy zmiennymi); szacowanie oddolne (szacowanie komponentów prac); oszacowanie trypunktowe (określenie kosztów najbardziej prawdopodobnych optymistycznych i pesymistycznych w kontekście metody PERT); analiza rezerw pieniężnych; analiza ofert od dostawców.
OKREŚLANIE BUDŻETU	Agregacja (sumowanie kosztów z procesów cząstkowych, aż do kosztu całkowitego projektu); analiza rezerw finansowych; opinie ekspertów; uzgodnienie limitów finansowania; zależności archiwalne (tworzenie modeli matematycznych oszacowania kosztów).
KONTROLOWANIE KOSZTÓW	Zarządzanie wartością wypracowaną (Earned Value Management), prognozowanie wydatków, wskaźnik wykonania do ukończenia (TCPI), przeglądy wykonania (analiza odchylenia, analiza trendów, wykonanie wartości wypracowanej), oprogramowanie wspomagające zarządzanie procesami.

Źródło: *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, 4th ed., MT&DC, Warszawa 2009, s. 173-198.

22 M. Trocki, B. Grucza, K. Ogonek, *Zarządzanie projektami*, wyd. cyt., s. 212.

Realizacja projektu w wyznaczonym wymiarze czasowym ma bezpośredni związek z kosztami, jakością oraz zasobami. Czas, jako zasób nieodnawialny, jest najmniej elastycznym parametrem, dlatego też dążenie do zaspokojenia wymagań klientów powinno być celem strategicznym działań projektowych. Ważne znaczenie może tu mieć minimalizacja przerw w realizacji projektu, przez co zwiększa się efektywność pracy (organizacje macierzowe). Dlatego też podstawą współczesnych organizacji jest umiejętność właściwego wdrażania TBM oraz innych koncepcji zarządzania, z uwzględnieniem relacji czas-koszt, jak również wiedza na temat wykorzystywania podstawowych narzędzi i technik oraz technologii informatycznych.

Ponadto w optymalizacji czasowo-kosztowej należy jednak uwzględnić tzw. prawo Brooksa²³, w którym zawarte jest stwierdzenie, że zwiększanie nakładów (np. liczności zespołu projektowego) w późnym stadium realizacji projektu nie przyspieszy prac, a raczej może być przyczyną opóźnień. Zespół projektowy zwykle składa się z wyselekcjonowanych osób, mających na celu wykorzystanie swoich kwalifikacji i doświadczeń do realizacji projektu. Gdy przedsięwzięcie przykładowo jest w 60% ukończone, dodanie nowej osoby do zespołu projektowego tylko opóźni projekt, zamiast przyspieszyć jego wykonanie. Wiąże się to z czasem potrzebnym na wdrożenie nowego pracownika do zespołu projektowego. Istotne jest więc odpowiednie oszacowanie zasobów ludzkich potrzebnych do realizacji przedsięwzięcia przed rozpoczęciem działań związanych z jego realizacją.

5.6. Studium przypadku optymalizacji czasowo-kosztowej w projekcie RCP

Przykładem będzie pewien model optymalizacji czasowo-kosztowej dla firmy A, w której zarząd firmy zajmującej się tworzeniem oprogramowania RCP (Rejestracji Czasu Pracy), wyznaczył zespołowi projektowemu zadanie ukończenia systemu dla klienta przed oczekiwanym terminem oddania do użytku. W ramach przyspieszonej realizacji przeznaczono większe środki na ukończenie projektu. Jednocześnie przekazano zespołowi projektowemu informację, iż połowa z puli przeznaczonej na szybszą realizację trafi na ich konta. Podjęto decyzję o wykorzystaniu analiz optymalizacji czasowo-kosztowej w celu skrócenia czasu trwania projektu możliwie najniższym kosztem.

W przykładzie posłużono się zestawem uproszczonego zbioru czynności. W pierwszej kolejności wybrano metodę CPM – COST. Na podstawie danych określających czasy oraz koszty, normalne i graniczne, wyznaczono średni gradient kosztów dla poszczególnych czynności w sieci zależności. Podsumowano także koszty realizacji całego projektu w czasie normalnym, a także w czasie granicznym. Widoczne jest to w tabeli 5.4., gdzie pokazano oszacowany czas oczekiwany/ normalny realizacji poszczególnych czynności oraz czasy graniczne i koszty związane z ich realizacją odpowiednio dla sytuacji normalnej (t_n, K_n) oraz dla przyspieszonej realizacji (t_{gr}, K_{gr}), a także ich gradient S.

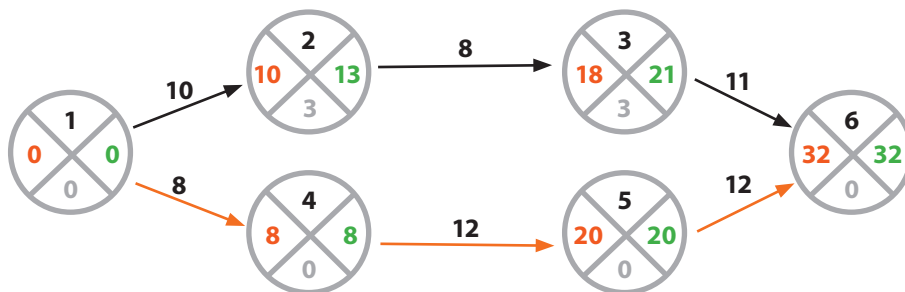
23 Fred Brooks w swojej książce *Mythical Man-Month* opisuje, iż dodanie osoby do projektu wydłuży, a nie skróci czas potrzebny do ukończenia projektu, a jako przykład podaje, że dziewięć kobiet nie urodzi dziecka w jeden miesiąc.

Tabela 5.4. Dane o wybranym zakresie projektu RCP dla firmy A

Czynności (i,j)	NAZWA CZYNNOSCI	t_n	t_{gr}	K_n	K_{gr}	S
1,2	Opracowanie projektu logicznego	10	8	280	370	45
1,4	Instalacja sprzętu	8	8	300	300	-
2,3	Opracowanie projektu fizycznego	8	7	250	280	30
3,6	Testowanie	11	9	300	360	30
4,5	Instalacja oprogramowania	12	6	260	500	40
5,6	Dokumentowanie	12	10	400	450	25
	Suma kosztów			1790	2260	

Źródło: opracowanie własne.

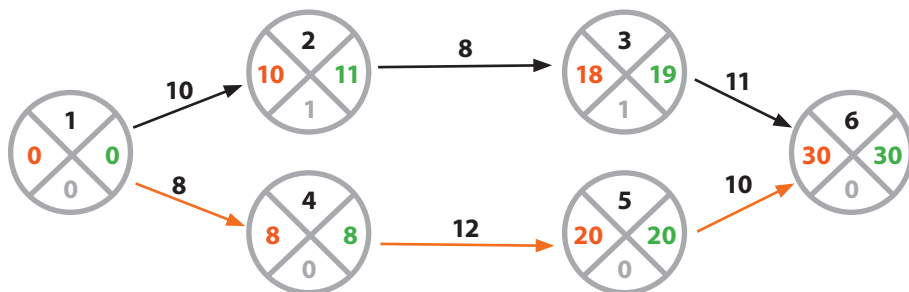
Na początek należy zbudować sieć czynności obrazującą realizację przedsięwzięcia i wyznaczyć ścieżkę krytyczną (rys. 5.7.).

**Rys. 5.7.** Wyznaczenie ścieżki krytycznej

Źródło: opracowanie własne.

Ścieżka krytyczna na rysunku 5.7. została oznaczona na czerwono i przebiega przez węzły 1-4-5-6. W wyniku ustalania ścieżki krytycznej wyznaczany jest także czas trwania całego projektu, który w tym wypadku wynosi 32 dni. Kolejną czynnością jest ustalenie rezerwy czasowej dla ciągu czynności niekrytycznych, który wynosi 3 dni.

W kroku drugim (rys. 5.8.) przeprowadzone zostanie skrócenie czynności na węzłach 5-6 (minimalny gradient S).



Rys. 5.8. Skrócenie czynności 5-6

Źródło: opracowanie własne.

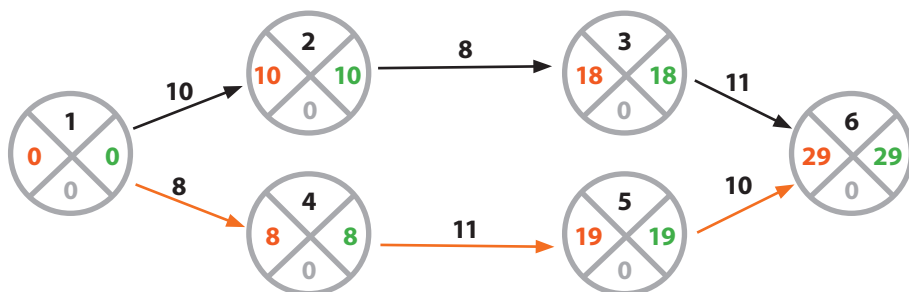
Na rysunku 5.8. widać, że czynność na węźle 5-6 skrócono o dwa dni. W wyniku tego skrócenia czas trwania projektu zmniejszył się do 30 dni. Nastąpił jednak także wzrost kosztów:

$$K_1 = S \cdot \Delta t = 25 \cdot (12 - 10) = 50 \quad (5.8)$$

Do obliczeń skrócenia kosztów dla wszystkich wymaganych węzłów wykorzystano dane zawarte w tabeli 5.4.

W kolejnym kroku przeprowadzone zostanie skrócenie czynności na węzłach 4-5, co przedstawiono na rysunku 5.9., gdzie widać, że czynność na węźle 4-5 skrócono o jeden dzień, w związku z ograniczeniem na ciągu czynności niekrytycznych (zapas/ rezerwa 1 dzień). W wyniku tego skrócenia czas trwania projektu zmniejszył się do 29 dni (powstały dwie ścieżki krytyczne), ale nastąpił wzrost kosztów:

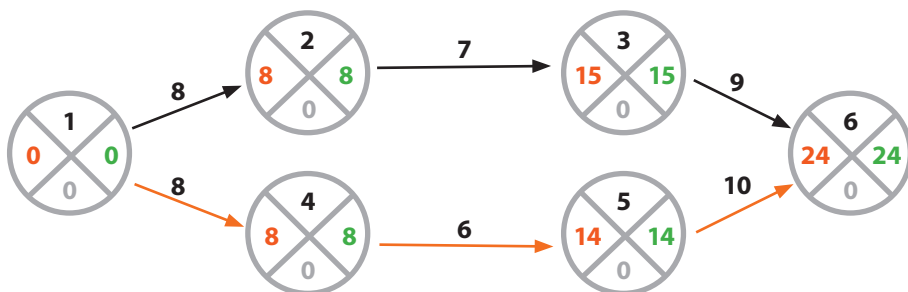
$$K_2 = S \cdot \Delta t = 40 \cdot (12 - 11) = 40 \quad (5.9)$$



Rys. 5.9. Skrócenie czynności 4-5

Źródło: opracowanie własne.

W kolejnym kroku przeprowadzone zostanie ponowne skrócenie czynności na węzłach 4-5. W tym celu należy także skrócić także drugą ścieżkę. Oba kroki zostały przedstawione na rysunku 5.10.



Rys. 5.10. Skrócenie ostateczne

Źródło: opracowanie własne.

Czynność na węźle 4-5 została skrócona o pięć dni. Skrócone zostały także czynności na węzłach 1-2, 2-3 oraz 3-6, łącznie o okres pięciu dni. W wyniku tych operacji czas trwania projektu zmniejszył się do 24 dni. Nastąpił wzrost kosztów:

$$\text{Węzeł 4-5} = S \cdot \Delta t = 40 \cdot (11 - 6) = 200 \quad (5.10)$$

$$\text{Węzeł 1-2} = S \cdot \Delta t = 45 \cdot (10 - 8) = 90 \quad (5.11)$$

$$\text{Węzeł 2-3} = S \cdot \Delta t = 30 \cdot (8 - 7) = 30 \quad (5.12)$$

$$\text{Węzeł 3-6} = S \cdot \Delta t = 30 \cdot (11 - 9) = 60 \quad (5.13)$$

$$K_3 = 200 + 90 + 30 + 60 = 380 \quad (5.14)$$

Całkowity koszt skrócenia czasu trwania projektu wyniósł:

$$K = K_1 + K_2 + K_3 = 50 + 40 + 380 = 470 \quad (5.15)$$

Optymalizacja czasowo-kosztowa umożliwiła wpływanie na czas realizacji poprzez dobór odpowiednich zasobów do realizacji projektu.

5.7. Podsumowanie

Czas jako zasób nieodnawialny podlega w zarządzaniu projektami szczególnej pielęgnacji. Ewaluacja czasowa projektu związana jest bezpośrednio z jego ewaluacją kosztową. Stąd w zarządzaniu projektami planowanie przebiegu projektu wymaga lo-

gicznego uporządkowania procesu projektowania w bezpośredniej korelacji z oceną zasobów projektowych. Budowa sieci czynności jest więc faktycznym obrazem następstwa czasowo-logicznego poszczególnych zadań z uwzględnieniem dyspozycyjności (dostępności) zasobów projektowych. Można to uznać za najważniejszy etap w całym cyklu projektowania. Dotyczy to bowiem wymiaru czasowo-kosztowego, determinowanego niepowtarzalnymi i unikalnymi warunkami realizacji każdego projektu.

Planowanie czasu i kosztów realizacji projektu ma wpływ na wszystkie etapy realizacji projektu. dobór metod i technik szacowania czasu oraz posiłkowanie się różnymi standardami oceny dostępnych zasobów materialnych, ludzkich i finansowych może sprzyjać urealnieniu planów realizacji projektu. Pozyskanie odpowiednich informacji wspomagających powyższy proces jest punktem wyjścia do odpowiedniego określenia działań w przedsięwzięciu. Właściwe oszacowanie parametrów czasowo-kosztowych projektu wzmacnia celowość stosowania metod i technik optymalizacji czasowo-kosztowej. Metody te mają sens tylko wówczas, gdy operujemy rzetelną informacją o pracołłonności poszczególnych przedsięwzięć projektowych.

5.8. Literatura

- [1] *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, 4th ed., MT&DC, Warszawa 2009
- [2] Bank J.: *Zarządzanie przez jakość*, Gebethner i S-ka, Warszawa 1996
- [3] Bitkowska A., Kolterman K., Wójcik G., Wójcik K., *Zarządzanie procesami w przedsiębiorstwie. Aspekty teoretyczno-praktyczne*, Difin, Warszawa 2011
- [4] Bitkowska A., *Zarządzanie procesami biznesowymi w przedsiębiorstwie*, VIZJA PRESS & IT, Warszawa 2009
- [5] Gaspars H., *Analiza czasowo-kosztowa (CPM-COST). Algorytm a model optymalizacyjny*, <http://www.orduser.pwr.wroc.pl/dbfiles/446-1-publish.pdf>
- [6] Geethapriya R., *PERT COST Analysis*, <http://www.csbd.in/econtent/opt/ch9/net4.htm>
- [7] Kowalczewski W., Nazarko J., *Instrumenty zarządzania współczesnym przedsiębiorstwem*, Difin, Warszawa 2006
- [8] Łabuda W., *Metodyki zarządzania projektami*, Wykłady WWSI
- [9] Lock D.: *Podstawy zarządzania projektami*, PWE, Warszawa 2003
- [10] Mathis M., *Work Breakdown Structure: Purpose, Process and Pitfalls*, <http://www.projectsmart.co.uk/work-breakdown-structure-purpose-process-pitfalls.html>
- [11] Patan M., *Analiza czasowo-kosztowa sieci CPM-COST*, http://www.uz.zgora.pl/~mpatan/materialy/bo/wyklady/druk_6d.pdf
- [12] *Próg rentowności*, http://www.empi2.pl/OBUDOWA/SLOWNIK/FILES/PROG_RENTOWNOSCI.JPG
- [13] *Project Management Triangle*, <http://en.wikipedia.org/wiki/File:TripleConstraint.jpg>
- [14] *Technika CPM-COST*, http://www.sciaga.pl/tekst/59457-60-technika_cpm_cost
- [15] Trocki M., Grucza B., Ogonek K., *Zarządzanie projektami*, PWE, Warszawa 2003

- [16] Walczuk D., *Optymalizacja czasowo-kosztowa w projektach informatycznych*, praca magisterska w WWSI, pod kier. P.Zaskórskiego, Warszawa 2013
- [17] Wilczewski S.: *MS Project 2007 i MS Project Server 2007. Efektywne zarządzanie projektami*, Helion, Gliwice 2008
- [18] Wrycza S., Marcinkowski B., Wyrzykowski K., *Język UML 2.0 w modelowaniu systemów informatycznych*. HELION, Gliwice 2005
- [19] Zaskórski P., Woźniak J., Szwarc K., Tomaszewski Ł., *Zarządzanie projektami w ujęciu systemowym*, WAT, Warszawa 2013
- [20] Zaskórski P., *Systemowe aspekty zarządzania projektami*, <http://projektyefs.wwsi.edu.pl/upload/list/wszechnicait/materiały/Wszechnica%202.12.2010.pdf>
- [21] Zaskórski P., *Asymetria informacyjna w zarządzaniu procesami*, WAT, Warszawa 2012