

WYBRANE ASPEKTY ZARZĄDZANIA PROJEKTAMI INFORMATYCZNYMI ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM KONTROLI REALIZACJI PROJEKTU METODĄ WARTOŚCI WYPRACOWANEJ

Streszczenie

Artykuł bazuje na standardzie PMI® (*Project Management Institute*), w którym opisana jest metoda wartości wypracowanej, jako jedna z technik używanych do kontroli postępu realizacji projektu. Artykuł rozpoczyna krótkie wprowadzenie, po czym następuje przedstawienie metody wartości wypracowanej na tle procesów zarządzania projektami w metodyce PMI®. Dalej przedstawione zostały podstawowe elementy metody wartości wypracowanej używane do szacowania postępu realizacji projektu, podstawowe formuły niezbędne do analizy harmonogramu i kosztów projektu oraz prognozowania jego zakończenia. Artykuł kończy opis zasad praktycznego korzystania z metody wartości wypracowanej, jak również propozycja standardu raportowania. Przedstawiono tutaj również problemy związane z korzystaniem z metody wartości wypracowanej. Artykuł zawiera przykład użycia metody wartości wypracowanej do kontroli postępu realizacji przykładowego projektu.

Abstract

The article is based on the PMI® (Project Management Institute) standard, in which the Earned Value Method is described, as one of the techniques used to control the progress of the project work performed. The article starts with a brief introduction, followed by a presentation of the Earned Value Method on the background of project management processes in PMI® methodology. Then are presented the basic elements of Earned Value Methods used for the progress of the project work performed estimation, the basic formulas necessary to analyze the schedule and project costs and forecasting the project completion. The article ends with a description of the principles of the practical use of the Earned Value Method, as well as the proposed reporting standard. Presented here are also problems associated with the Earned Value Method using. The article contains an example of using the Earned Value Method to control the progress of the project work performed for a sample project.

1 WPROWADZENIE

Metoda wartości wypracowanej umożliwia integrację zarządzania zakresem, harmonogramem oraz kosztami projektu. Stanowi narzędzie analizy stanu projektu, jak również

¹ Dr inż. Waldemar Łabuda jest wykładowcą Warszawskiej Wyższej Szkoły Informatyki.

pozwala na prognozowanie realizacji projektu w przyszłości. Pozwala na uzyskanie odpowiedzi na kluczowe dla sukcesu projektu pytania, na przykład takie jak:

- Czy realizacja projektu wyprzedza planowany harmonogram, czy też projekt jest opóźniony?
- Jak efektywnie zrealizować zadania zaplanowane w harmonogramie projektu?
- Jak efektywnie zrealizować pozostające do wykonania zadania w harmonogramie projektu?
- Czy projekt jest realizowany poniżej, czy też powyżej planowanego budżetu?
- W jaki sposób efektywnie wykorzystać dostępne w projekcie zasoby?
- Jaki będzie prognozowany koszt realizacji projektu?
- Kiedy realizacja projektu może być zakończona?

Jeśli projekt jest opóźniony i/lub realizowany powyżej zaplanowanego budżetu, kierownik projektu może korzystać z metody wartości wypracowanej dla identyfikacji:

- Gdzie pojawiają się problemy?
- Czy są to problemy krytyczne, czy też nie?
- Jakie działania korekcyjne powinny być podjęte?

Przed wprowadzeniem metody wartości wypracowanej kierownicy projektów byli zobowiązani do pomiaru stanu realizowanych przez siebie projektów bazując na diagramie Gantta i analizie ścieżki krytycznej (CPM – *Critical Path Method*), jak również analizie różnic pomiędzy planowanymi a aktualnymi kosztami (brak korelacji pomiędzy tymi sposobami pomiaru postępów projektu). Podczas, gdy reagowanie na problemy pojawiające się podczas realizacji projektu ma kluczowe znaczenie dla jego sukcesu. Szybka identyfikacja, analiza oraz wybór odpowiednich działań korygujących sprawią, że rosna szansa na realizację projektu na czas i w zaplanowanym budżecie.

Metoda wartości wypracowanej (EVM – *Earned Value Method*) stanowi najbardziej efektywne narzędzie pomiaru realizacji projektu, a tym samym kontroli jego realizacji. Korzystanie z metody wartości wypracowanej umożliwi kierownikom projektów zamknięcie cyklu zarządzania projektem według Deminga PDCA (PDCA - *Plan-Do-Check-Act*).

Warunkiem stosowania metody wartości wypracowanej jest przygotowanie przed zainicjowaniem projektu planu kierowania projektem oraz szczegółowego wartościowania zasobów pracy. Każdy projekt, który posiada strukturalny plan pracy (WBS – *Work Breakdown Structure*), zdefiniowaną strukturę kosztów i odpowiedni system zbierania danych, może korzystać z metody wartości wypracowanej. Metoda wartości wypracowanej może być przydatna dla projektów charakteryzujących się następującymi cechami:

- **Posiadają jasno zdefiniowany cel i ścieżkę jego osiągnięcia.** Pomiary postępu realizacji projektu bazują na planie kierowania projektem, który obejmuje realizację projektu od początku do osiągnięcia celu (projekty badawcze nie mogą być szczegółowo zaplanowane z powodu dużego obszaru niepewności, inne korzystają z pojawiających się okazji np. sprzedaży dla podmiotów zewnętrznych). Bez zdefiniowanego planu niemożliwe jest stosowanie metody wartości wypracowanej.
- **Prace cechują się dużą pracochłonnością i realizowane są przez dłuższy czas.** Pomiar postępu realizacji projektu wymaga procesów planowania, monitorowania oraz zbierania i analizy danych. Tygodnie lub miesiące mogą być niezbędne dla uzyskania dokładnych danych. Jeśli czas realizacji projektu jest krótki w porównaniu z cyklem raportowania, wtedy dane do pomiaru postępu realizacji projektu mogą się nie nadawać do bieżącej jego kontroli (mogą posiadać wartość statystyczną i historyczną).
- **Realizowane zadania mają charakter kreatywny.** Projekty innowacyjne, wymagające twórczych działań są najbardziej ryzykowne i narażone na przekroczenie czasu i budżetu. Metoda wartości wypracowanej pozwala na generowanie obiektywnych miar postępu realizacji projektu w niestabilnej sytuacji.
- **Posiadają sformalizowaną strukturę zarządzania.** Zarządzanie metodą wartości wypracowanej, obok planu kierowania projektem, wymaga zdefiniowania ról odpowiedzialnych za wdrożenie planu, za zbieranie danych dotyczących postępu realizacji projektu, za podejmowanie koniecznych działań korygujących.
- **Projekt realizowany jest w ograniczonym czasie i w ramach ograniczonego budżetu.** Termin „zintegrowana kontrola kosztów i harmonogramu” łączy pomiar postępu realizacji projektu z punktu widzenia czasu i kosztów. Jeśli brak w projekcie zintegrowanej kontroli czasu i kosztów, wtedy niemożliwe jest stosowanie metody wartości wypracowanej.

Metoda wartości wypracowanej wymaga szczegółowego planowania oraz zastosowania systemów monitorowania i liczenia kosztów. Poza tym konieczny jest odpowiedni system kontroli oraz odpowiedzialność za osiągnięte cele. Wdrożenie w organizacji metody wartości wypracowanej może wymagać zmiany praktyki działania w większym zakresie niż tylko w zakresie tworzenia raportów. Większa dyscyplina w procesie planowania wymagać będzie skupienia na obiektywnym raportowaniu, integracji między systemami

planowania i systemami księgowymi. Wdrożenie metody wartości wypracowanej może wymagać również zainstalowania odpowiedniego oprogramowania.

Posiadanie informacji o postępie realizacji projektu oraz kierunku, w jakim projekt zmierza umożliwi:

- wczesne ostrzeżenie o pogarszającej się sytuacji projektu, co daje czas na podjęcie działań naprawczych,
- podejmowanie trafnych decyzji podczas realizacji projektu poprzez zastosowanie prognozowania,
- podejmowanie trafnych decyzji związanych z elementami pozostającymi poza granicami projektu, a mającymi wpływ na projekt poprzez zastosowanie prognozowania,
- otwarte i łatwe spojrzenie na stan projektu, co uspokoi i poprawi zaufanie jego interesariuszy.

2 METODA WARTOŚCI WYPRACOWANEJ A PROCESY ZARZĄDZANIA PROJEKTAMI

Skuteczne wykorzystanie metody wartości wypracowanej wymaga, by projekty były realizowane zgodnie ze standardem opisanym w PMBOK® Guide® (metodyka PMI®). Wykorzystanie metody wartości wypracowanej w modelu PMI® przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. EVM a zarządzanie projektami według PMBOK

Obszar wiedzy (PMBOK)	Grupy procesów (PMBOK)				
	Inicjowanie	Planowanie	Realizacja	Kontrola	Zamykanie
Zarządzanie integracją	XXX	EVM	EVM	EVM	XXX
Zarządzanie zakresem		EVM		EVM	
Zarządzanie czasem		EVM		EVM	
Zarządzanie kosztami		EVM		EVM	
Zarządzanie jakością		XXX	XXX	XXX	
Zarządzanie zasobami ludzkimi		XXX	XXX	XXX	
Zarządzanie komunikacją		EVM	EVM	EVM	
Zarządzanie		EVM		EVM	

Obszar wiedzy (PMBOK)	Grupy procesów (PMBOK)				
	Inicjowanie	Planowanie	Realizacja	Kontrola	Zamykanie
ryzykiem					
Zarządzanie zamówieniami		EVM	X	EVM	XXX
EVM – jeden lub więcej procesów, dla których EVM ma zasadnicze zastosowanie XXX – jeden lub więcej procesów, dla których EVM ma niewielkie znaczenie					

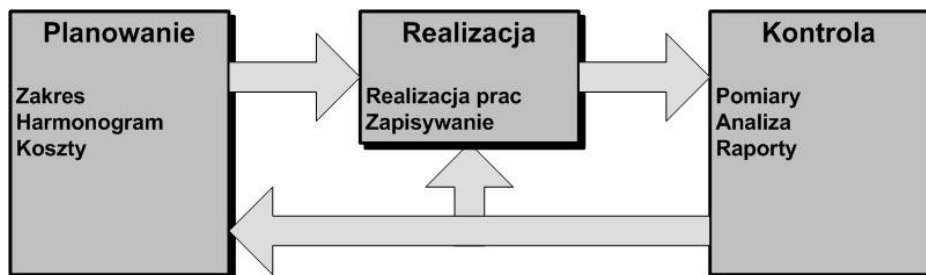
Źródło: opracowanie własne na podstawie [1]

Planowanie projektu według standardu PMI® jest przeważnie sprawą ustalenia [1]:

- zakresu projektu (co jest do zrobienia?) oraz struktury podziału pracy (WBS – *Work Breakdown Structure*),
- kto jest odpowiedzialny za wykonanie prac i zarządzanie realizacją projektu (RAM – *Responsibility Assignment Matrix* – macierz odpowiedzialności),
- kiedy zaplanowane w projekcie prace zostaną wykonane (harmonogram projektu),
- jakie zasoby (praca, materiały) będą wymagane dla wykonania zaplanowanych w projekcie prac (koszty).

Realizacja projektu polega głównie na wykonywaniu planowanej w projekcie pracy i powiadamiania na bieżąco pracowników i kierowników. Kontrola realizacji projektu skupia się przeważnie na monitorowaniu i informowaniu, w jaki sposób wykonywane są plany zarządzania zakresem, harmonogramem i kosztami (w tym plany zarządzania ryzykiem i jakością). Innymi słowy celem kontroli (monitorowania realizacji) projektu jest utrzymanie zgodności bieżącej realizacji projektu z odpowiednimi planami.

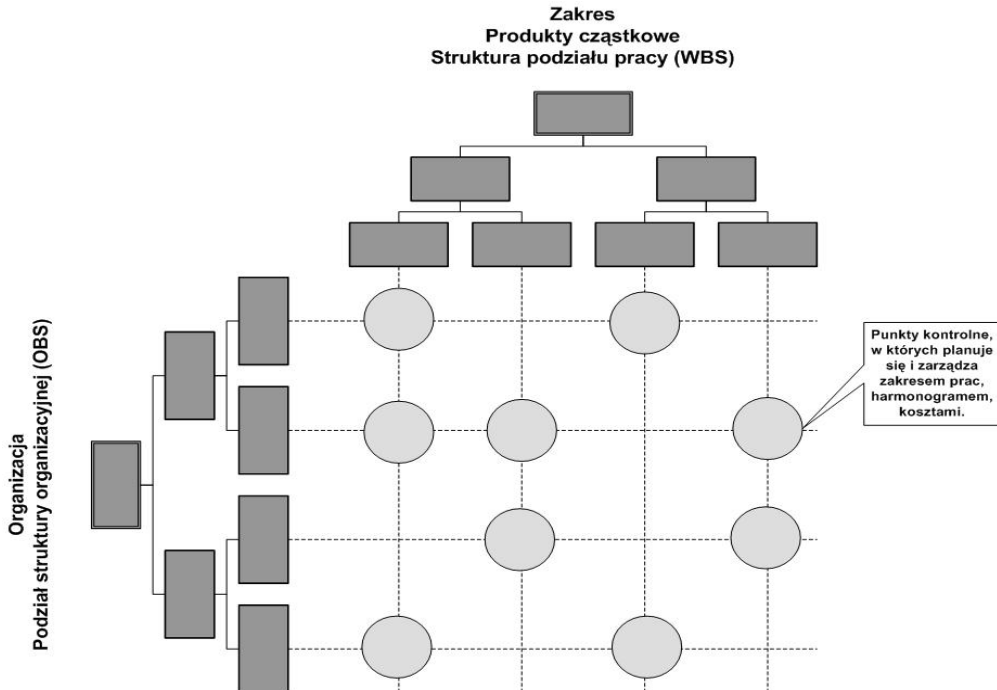
Metoda wartości wypracowanej jest narzędziem kontroli realizacji projektu. Umożliwia mierzenie, analizowanie i prognozowanie stanu realizacji projektu. Zawarty w metodzie wartości wypracowanej zbiór wskaźników pozwala kierownikom projektów na podejmowanie odpowiednich działań korekcyjnych lub naprawczych. Na rysunku 1 przedstawiono metodę wartości wypracowanej na tle procesów zarządzania projektami w metodyce PMI®.



Rys. 1. Metoda wartości wypracowanej a podstawowe procesy zarządzania projektami według PMI®.
Źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

Podczas procesu planowania projektu, metoda wartości wypracowanej wymaga utworzenia linii odniesienia pomiaru (PMB – *Performance Measurement Baseline*). Ten wymóg wzmacnia znaczenie zasad projektów planistycznych, szczególnie tych powiązanych z zakresem, harmonogramem i kosztami. Względem tej linii odniesienia pomiaru będą rejestrowane odchylenia podczas realizacji projektu.

Produkt końcowy projektu powinien być zdekomponowany na zadania niezbędne do jego wytworzenia. W ten sposób powstaje SPP - Struktura Podziału Pracy (ang. *WBS – Work Breakdown Structure*), która stanowi element planu zarządzania zakresem projektu. Ważna jest struktura organizacyjna podmiotu, którego pracownicy realizują projekt (*OBS – Organization Breakdown Structure*). Zgodnie z dobrymi praktykami zarządzania projektami zasobom dostępnym w strukturze organizacyjnej są przydzielane w pierwszej kolejności odpowiednie role w strukturze podziału pracy. W ten sposób powstają punkty kontrolne, w których następuje planowanie i zarządzanie zakresem, harmonogramem i kosztami projektu. Sytuację tę przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Macierz kontroli zadań.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

Wszystkie prace w projekcie zgodnie z WBS (*Work Breakdown Structure*) powinny być dokładnie zaplanowane (harmonogram projektu). Do każdego zadania znajdującego się w strukturze podziału pracy - (WBS) powinny być przydzielone odpowiednie zasoby - praca i materiały. Wszystko to umożliwi opracowanie planu zarządzania kosztami.

Przygotowane w ten sposób plany zarządzania zakresem - WBS (*Work Breakdown Structure*), zarządzania harmonogramem, jako elementem składowym planu zarządzania czasem oraz plan zarządzania kosztami należy zapisać. Zapisane plany, nazywane w metodyce PMI® planami bazowymi, będą stanowić linię odniesienia pomiaru (PMB – *Performance Measurement Baseline*) dla metody wartości wypracowanej. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono linię odniesienia pomiaru dla przykładowego projektu w metodzie wartości wypracowanej.

Dane dotyczące rzeczywistej (codziennej, cotygodniowej, miesięcznej itd.) realizacji projektu zbierane i analizowane są w postaci odpowiednich raportów. Raporty te przygotowywane są przez kierowników zespołów dla kierownika projektu oraz przez kierownika projektu dla strategicznego szczebla zarządzania projektem. Dane są analizowane przez kierownika projektu. Na podstawie tej analizy kierownik projektu podejmuje odpowiednie działania korygujące. Ważny w metodzie wartości wypracowanej jest rzetelny pomiar realizacji projektu (wykonanie zaplanowanych prac, poniesione koszty).

3 PODSTAWOWE ELEMENTY METODY WARTOŚCI WYPRACOWANEJ

Podstawą pomiarów postępu realizacji projektu w metodzie wartości wypracowanej są [3,4]:

- budżetowy koszt pracy zaplanowanej do wykonania według harmonogramu projektu (BCWS – *Budgeted Cost of Work Scheduled*) - oznaczany również, jako PV (*Planned Value*),
- budżetowy koszt pracy wykonanej do daty raportowania postępu realizacji projektu (BCWP – *Budgeted Cost of Work Performed*) – zwany również EV (*Earned Value*),
- rzeczywisty koszt pracy wykonanej do daty raportowania postępu realizacji projektu (ACWP – *Actual Cost of Work Performed*) – zwany również AC (*Actual Cost*).

Warunkiem stosowania metody wartości wypracowanej jest przygotowanie przed zainicjowaniem projektu:

- planu kierowania projektem,
- szczegółowego wartościowania zasobów pracy.

Każdy projekt, który posiada strukturalny plan pracy, zdefiniowaną strukturę kosztów i odpowiedni system zbierania danych, może korzystać z metody wartości wypracowanej.

4 KONTROLA REALIZACJI PROJEKTU PRZY ZASTOSOWANIU METODY WARTOŚCI WYPRACOWANEJ

Użycie metody wartości wypracowanej w procesie kontroli postępu realizacji projektu wymaga od wszystkich kierowników udziału w procesie kontroli poprzez: raportowanie pracy, którą zatwierdzili, ocenę wielkości postępu oraz kontrolowanie podjętych działań.

Obliczanie dokładnej wartości BCWP (*Budgeted Cost of Work Performed*), inaczej EV jest jedną ze spornych kwestii procesu kontroli projektu przy pomocy metody wartości wypracowanej. Raportowanie BCWP (EV) powinno być obiektywne i łatwe do zweryfikowania. Istnieje kilka metod szacowania wartości BCWP. Można je podzielić na następujące kategorie [4]:

- szacowanie subiektywne,
- szacowanie bazujące na obserwacji pomiarów,
- szacowanie oparte na praktyce („reguła kciuka”),
- szacowanie pośrednie.

4.1 Subiektywne szacowanie BCWP (EV)

Subiektywne szacowanie BCWP (EV) polega na indywidualnych, bazujących na doświadczeniu, ocenach osób śledzących z bliska wykonywaną pracę. Oto przykłady tej metody:

- W okresach zależnych od kalendarza raportowania (tygodniowe, dwutygodniowe, miesięczne itp.) kierownicy są proszeni o oszacowanie procentowego wykonania każdego zadania (czynności), za które ponoszą odpowiedzialność, i które są aktualnie wykonywane.
- W okresach zależnych od kalendarza raportowania (tygodniowe, dwutygodniowe, miesięczne itp.) kierownicy są proszeni o oszacowanie czasu niezbędnego do ukończenia aktualnie wykonywanych zadań (czynności). Wymaga się od nich podania prognozy czasu pozostałego do ukończenia każdego zadania (czynności).

Obie metody szacowania subiektywnego sprawdzają się dla zadań, których czas realizacji zawiera się w przedziale od 3 do 5 okresów raportowania. Są użyteczne również w projektach, w których brak bezpośrednich, mierzalnych rezultatów, ale występują elementy wskazujące na rzeczywisty postęp realizacji projektu (np. wyniki raportów dotyczących programu testowego podają miary postępu, ale niektóre aspekty tego programu zależą od czasu i raporty o testach mogą być zbierane aż do ich zakończenia).

4.2 Szacowanie BCWP (EV) bazujące na obserwacji pomiarów

Szacowanie BCWP (EV) bazujące na obserwacji pomiarów wykorzystuje pewien sposób liczenia BCWP na podstawie osiągnięcia zdefiniowanych wcześniej kamieni milowych lub dostarczenia określonych wielkości. Oto przykłady tej metody:

- W każdym punkcie raportowania wielkość BCWP jest przypisywana każdemu działaniu (każdej czynności) zgodnie ze zdefiniowaną metodą liczenia wyników bazującą na kamieniach milowych lub osiągnięciu celów. Metoda stosowana w sytuacji, kiedy praca i rezultat nie są ze sobą powiązane w prosty sposób z powodu kreatywnego i interakcyjnego charakteru podstawowych działań (czynności), które z początku skrywają wyniki. Metoda jest użyteczna, gdy mamy do czynienia z prostymi do pomiaru jednostkami wskazującymi postęp lub widoczne są wyraźnie kamienie milowe, które pokażą postęp, kiedy zostaną zrealizowane (wymaga obliczenia wartości jednostki).
- W każdym punkcie raportowania wielkość BCWP jest przypisywana każdemu działaniu (każdej czynności) zgodnie z liczbą zakończonych lub dostarczonych jednostek pracy. Metoda stosowana, kiedy BCWP można bezpośrednio powiązać

ze zmierzonym rezultatem. Jest użyteczna dla powtarzalnej produkcji, przy założeniu, że początkowe ustalenia są traktowane, jako oddzielne działanie, jak również prac budowlanych takich jak: kładzenie cegieł czy wylewanie betonu (wymaga obliczenia wartości jednostki).

4.3 Szacowanie BCWP (EV) oparte na praktyce („reguła kciuka”)

Szacowanie BCWP (EV) oparte na praktyce („reguła kciuka”) wykorzystuje proste reguły przypisywania BCWP, które nie są dokładne. Błędy w oszacowaniu całkowitej wartości BCWP mają tendencję do zmniejszania wraz z postępem prac podczas realizacji projektu. Oto przykłady tej metody:

- Przypisanie 20% całkowitego budżetu działania (czynności), jako BCWP po zarejestrowanym rozpoczęciu realizacji działania (czynności) a pozostałe 80% po zakończeniu jego realizacji (reguła 20/80).
- Przypisanie 50% całkowitego budżetu działania (czynności), jako BCWP po zarejestrowanym rozpoczęciu realizacji działania (czynności) a pozostałe 50% po zakończeniu jego realizacji (reguła 50/50).

Metoda przydatna dla działań (czynności), których czas realizacji jest równy od 1 do 3 okresów raportowania, jak również w przypadku, kiedy wykonywanych jest równoległe wiele działań (czynności). Zaletą metody jest możliwość automatyzacji rejestracji wartości BCWP podczas raportowania.

4.4 Szacowanie pośrednie BCWP (EV)

Szacowanie pośrednie BCWP (EV) jest stosowane, gdy wartość BCWP jest zdeterminowana przez jakiś zewnętrzny czynnik. Zwykle występują dwa takie przypadki:

- kiedy działanie (czynność) zależy od czasu. Przypadek typowy dla usług wykonywanych w sposób ciągły dla całego projektu np. zarządzanie projektem,
- kiedy BCWP zależy od postępu realizacji innych działań (czynności) - przypadek typowy dla nieciągłej obsługi pewnych, szczególnych aspektów projektu, takich jak kontrole.

Metodami stosowanymi w szacowaniu pośrednim są:

- Obliczanie wartości BCWP na podstawie czasu, który minął dla jakiegoś wcześniej określonego stopnia przyrostu bazującego na planowanych pracach zależnych od czasu. Metoda znana, jako „praca zależna od czasu” (ang. *level of effort*)

i stosowana do ogólnych czynności serwisowych, jeśli koszty są rozłożone równomiernie, wtedy BCWP jest przypisywana według czasu, który upłynął.

- Obliczanie wartości BCWP poprzez podzielenie kwoty całego budżetu w oparciu o postęp w realizacji kontrolowanego działania (czynności). Metoda znana pod nazwą „praca pośrednio mierzalna” (ang. *apportioned effort*). Polega na tym, że do działania (czynności) przypisywana jest wartość BCWS na podstawie ustalonych relacji z wartością BCWP dla działania (czynności), z którym jest bezpośrednio związana.

Materiały nabywane na zewnątrz podczas realizacji projektu można podzielić na kilka kategorii. Dla każdej z nich można stosować różne metody szacowania kosztów. Sugestie dotyczące poszczególnych kategorii podano niżej [4,5]. Oto one:

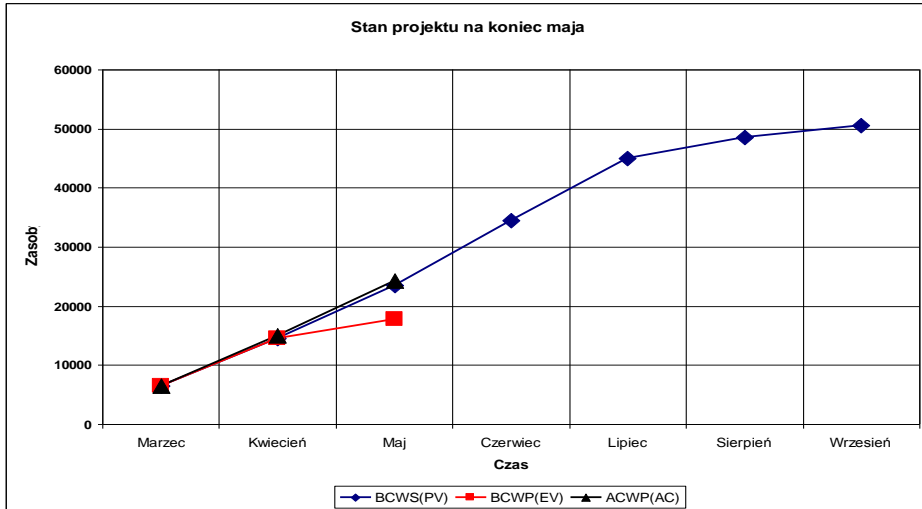
- **Usługi nabywane na zewnątrz.** Dotyczy wszystkich usług zleczanych na zewnątrz, które nie stanowią osobnego elementu systemu raportowania. Każda usługa może być nabywana osobno (własny budżet i skala czasowa) lub może być dostarczana w sposób ciągły (rozliczana na zasadzie pracy zależnej od czasu). Usługi mogą być dostarczane na życzenie, jako część kontraktu (szacowanie procentu całkowitej wartości). Brak tutaj metody szacowania BCWP (EV), którą można polecić. Wartość BCWP można określić na podstawie faktur (lub płatności za faktury).
- **Elementy wyposażenia i/lub narzędzia nabywane na zewnątrz.** Jeśli elementy te nabywane są na potrzeby projektu, wtedy wartości BCWP (EV) są przypisywane na podstawie planowanych kosztów podczas dostawy lub przyjęcia. Wartości ACWP (AC) są przypisywane na podstawie potwierdzenia płatności za fakturę. W przypadku, kiedy zapłata będzie następowała w ratach (lub w postaci przedpłaty), a wysokość rat jest znacząca i związana z ważnym punktem harmonogramu, wtedy w dniu zapłaty można przypisać do BCWP odpowiedni procent całkowitej wartości zakupu.
- **Obiekty wynajmowane na zewnątrz.** Sytuacja podobna do zakupu usług. Może jednak obejmować obiekty do testowania, które są wynajmowane a nie są nabywane. Opłaty są ponoszone zgodnie z czasem użytkowania. Wartości BCWP (EV) są ustalane na podstawie faktury.
- **Materiały nabywane na zewnątrz specjalnie dla projektu.** Pojedyncze, dostarczane do projektu elementy można traktować tak, jak wyposażenie. Dla większych ilości materiałów takich, jak: piasek, które mogą być dostarczane przez dłuższy czas, wartość BCWP (EV) może być ustalona, jako procent całkowitej,

planowanej wartości zamówienia a ACWP (AC) na podstawie otrzymanej faktury.

- **Materiały nabywane na zewnątrz nie tylko na potrzeby projektu.** Zawiera elementy najtrudniejsze do oszacowania. Trudno polecić metodę szacowania wartości BCWP (EV). Najbardziej właściwe będzie tutaj zastosowanie metody procentowych szacunków dla całego pakietu pracy związanego z wytwarzaniem podanej przez nadzorującego produkcję.

Tabela 2. Plan bazowy i status realizacji projektu na koniec maja

Analiza EV dla przykładowego projektu								
	Budżet	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień
Zadanie1	10 000 zł	5 000 zł	5 000 zł					
Zadanie2	12 000 zł	1 500 zł	3 000 zł	3 000 zł	3 000 zł	1 500 zł		
Zadanie3	2 500 zł			1 000 zł	1 000 zł	500 zł		
Zadanie4	6 000 zł			4 000 zł	2 000 zł			
Zadanie5	6 000 zł			1 000 zł	2 000 zł	2 000 zł	1 000 zł	
Zadanie6	9 000 zł				3 000 zł	6 000 zł		
Zadanie7	2 000 zł					500 zł	1 000 zł	500 zł
Zadanie8	3 000 zł						1 500 zł	1 500 zł
RAZEM	50 500 zł	6 500 zł	8 000 zł	9 000 zł	11 000 zł	10 500 zł	3 500 zł	2 000 zł
BCWS (PV)-skumulowane		6 500 zł	14 500 zł	23 500 zł	34 500 zł	45 000 zł	48 500 zł	50 500 zł
Stan projektu na koniec trzeciego miesiąca (koniec maja) jego realizacji								
RAZEM	23 500 zł	6 500 zł	8 000 zł	9 000 zł	11 000 zł	10 500 zł	3 500 zł	2 000 zł
BCWS (PV)-skumulowane		6 500 zł	14 500 zł	23 500 zł	34 500 zł	45 000 zł	48 500 zł	50 500 zł
RAZEM	17 750 zł	6 500 zł	8 000 zł	3 250 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł
BCWP (EV)-skumulowane		6 500 zł	14 500 zł	17 750 zł				
RAZEM	24 300 zł	6 500 zł	8 500 zł	9 300 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł
ACWP (AC)-skumulowane		6 500 zł	15 000 zł	24 300 zł				



Rys. 3. Plan bazowy i status realizacji projektu na koniec maja (diagram)

W przypadku innych materiałów np. biurowych, jeśli istnieje taka pozycja budżetowa w projekcie, wartość BCWP (EV) można ustalić na zasadzie pracy zależnej od czasu, przypisanej do całej skali czasowej projektu. Wartości ACWP (AC) można ustalić na podstawie wydań z magazynu (druk RW) przy założeniu, że system magazynowy rozpoznaje pakiet prac, konto, numer czynności użyty w monitoringu projektu i systemie obliczania wartości wypracowanej.

Rysunki 3, 4 i 5 zawierają przykład zastosowania metody wartości wypracowanej dla analizy stanu realizacji projektu na koniec trzeciego miesiąca (koniec maja).

Tabela 3. Analiza stanu projektu na koniec maja

Obliczenia wskaźników projektu na koniec maja	
Odchylenia	
CV-Odchylenie kosztowe $EV-AC=BCWP-ACWP$	-6 550 zł
SV-Odchylenie harmonogramu $EV-PV=BCWP-BCWS$	-5 750 zł
Wskaźniki wykonania	
CPI - Wskaźnik wykonania kosztów $EV/AC=BCWP/ACWP$	0,730
SPI - Wskaźnik wykonania harmonogramu $EV/PV=BCWP/BCWS$	0,755
Oszacowania zakończenia projektu	
Szacowany koszt całkowity $EAC=ACWP+(BAC-BCWP)/CPI=AC+(BAC-EV)/CPI$	69 135 zł
Szacunkowy czas całkowity (od rozpoczęcia projektu) $ETTC=ATE+(OD-ATE*SPI)/SPI$	9,268
Odchylenie w momencie zakończenia projektu $VAC=BAC-EAC$	18 635 zł

5 SZACOWANIE POSTĘPU REALIZACJI PROJEKTU W EVM

Instrukcja DoD (Departamentu Obrony USA) DODI 7000.2 definiuje szereg pojęć, które stały się synonimami metody wartości wypracowanej i używane są do szacowania postępu realizacji projektu [4,5]. Oto one:

- **BCWS** (*Budgeted Cost of Work Scheduled*) – budżetowy koszt pracy według harmonogramu (BKPH w MS Project). To suma wszystkich kosztów zaplanowanych w projekcie lub jego części, liczonych do daty raportu.

$$\mathbf{BCWS = PV = BKPH} \quad (1)$$

- **BCWP** (*Budgeted Cost of Work Performed*) – budżetowy koszt pracy wykonanej (BKPW w MS Project). To koszt całego postępu osiągniętego w projekcie lub jego części liczony do daty raportu i wyrażony w kategoriach planowanych kosztów, założonych w początkowych szacunkach.

$$\mathbf{BCWP = EV = BPKW} \quad (2)$$

- **ACWP** (*Actual Cost of Work Performed*) – rzeczywisty koszt pracy wykonanej (RKPW w MS Project). To całkowite wydatki związane z projektem lub jego częścią liczone do daty raportu (suma poniesionych wydatków bez względu na to, co zostało zaplanowane czy wykonane).

$$\mathbf{ACWP = AC = RKPW} \quad (3)$$

Kiedy wartość wypracowana zostanie naniesiona na wykres wówczas można podzielić różnicę pomiędzy tą wartością a pozostałymi dwiema na część odpowiadającą odchyleniu kosztów dla wykonanej pracy (CV – odchylenie kosztów) oraz część odpowiadającą pracy wykonanej w czasie innym niż zaplanowany zwane odchyleniem harmonogramu (SV - odchylenie od harmonogramu) [4,5]. Oto one:

- **CV** (*Cost Variance*) – odchylenie kosztów (OKS w MS Project). To różnica pomiędzy wartością wypracowaną a rzeczywistymi wydatkami w punkcie raportu.

$$\mathbf{CV = EV - AC = BCWP - ACWP} \quad (4)$$

$$\mathbf{CV = OKS = BPKW - RKPW} \quad (5)$$

- **SV** (*Schedule Variance*) – odchylenie od harmonogramu (OHR w MS Project). To różnica pomiędzy wartością wypracowaną i planowanymi wydatkami w punkcie raportu.

$$\mathbf{SV = EV - PV = BCWP - BCWS} \quad (6)$$

$$SV = OHR = BKPW - BKPH \quad (7)$$

Jeśli odchylenie kosztów lub harmonogramu jest wartością ujemną, wówczas projekt jest w słabej kondycji. Jeśli wartości odchylen przyjmują wartości dodatnie, wtedy realizacja projektu przebiega lepiej niż planowano.

Odchylenia kosztów i harmonogramu mogą być obliczone dla danych skumulowanych lub poszczególnych okresów realizacji projektu (zwykle miesiąca). Powinny być one liczone na najniższym poziomie szczegółowości projektu i zsumowane narastająco poprzez różne poziomy projektu. Dzięki temu kierownik projektu może zobaczyć, gdzie pojawiają się problemy z realizacją kosztów i harmonogramu i podjąć odpowiednie działania korygujące.

Odchylenia kosztów i harmonogramu mogą się zmieniać podczas realizacji projektu, ale stabilizują się, gdy projekt zbliża się do zakończenia.

6 ANALIZA HARMONOGRAMU I KOSZTÓW PROJEKTU ORAZ PROGNOZOWANIE W METODZIE EVM

W następnej kolejności można obliczyć dwa wskaźniki będące miarą realizacji zarówno planu kosztów, jak i planu harmonogramu [4,5]. Oto one:

- *CPI (Cost Performance Index)* – wskaźnik wykonania kosztów (WWK w MS Project). To iloraz wartości wytworzonej do sumy poniesionych wydatków w projekcie w danym punkcie czasu

$$CPI = EV/AC = BCWP/ACWP \quad (8)$$

$$CPI = WWK = BKPW/RKPW \quad (9)$$

- *SPI (Schedule Performance Index)* – wskaźnik wykonania harmonogramu (WWH w MS Project). To iloraz wartości wypracowanej do sumy wartości, które według planu miały być wytworzone w projekcie w danym punkcie czasu

$$SPI = EV/PV = BCWP/BCWS \quad (10)$$

$$SPI = WWH = BKPW/BKPH \quad (11)$$

Wartości wskaźników CPI oraz SPI większe od jedności oznaczają, że realizacja zarówno w kategorii kosztów, jak i harmonogramu jest lepsza niż planowano. Wartości wskaźników mniejsze od jedności wskazują stan gorszy od planowanego. Interpretację wskaźników CPI oraz SPI przedstawiono w tabeli 3.

Dla oszacowania kosztu całkowitego oraz daty zakończenia projektu, przy założeniu, że trendy określone w punkcie raportu będą się utrzymywać aż do zakończenia projektu można skorzystać z dwóch wzorów [4,5]. Oto one:

- EAC (*Estimated Cost At Completion*) – szacowany koszt na koniec projektu (SKK w MS Project).

$$\mathbf{EAC = ACWP + (BAC - BCWP)/CPI} \quad (12)$$

$$\mathbf{EAC = AC + (BAC - EV)/CPI} \quad (13)$$

$$\mathbf{EAC = SKK = RKPW + (BK - BKPW)/WWK} \quad (14)$$

- ETTC (*Estimated Time To Completion*) – szacunkowy, całkowity czas do zakończenia projektu.

$$\mathbf{ETTC = ATE + (OD - ATE*SPI)/SPI} \quad (15)$$

gdzie:

- BAC (*Budget at Completion*) – planowany budżet projektu (BK w MS Project),
- ATE – rzeczywisty, wykorzystany czas,
- OD – zakładany czas trwania projektu.

Wzory na obliczanie EAC oraz ETTC można przekształcić do następujących postaci:

- EAC (*Estimated Cost At Completion*) – szacowany koszt na koniec projektu.

$$\mathbf{EAC = BAC/CPI} \quad (16)$$

$$\mathbf{EAC = SKK = BK/WWK} \quad (17)$$

Szacowany całkowity koszt jest równy ilorazowi planowanego budżetu projektu oraz wskaźnika CPI. Ten prosty wzór jest często podawany bez odwołania się do podstawowego wyrażenia, z którego został wyprowadzony.

- ETTC (*Estimated Time To Completion*) – szacunkowy, całkowity czas do zakończenia projektu.

$$\mathbf{ETTC = OD/SPI} \quad (18)$$

gdzie:

- OD – zakładany czas trwania projektu.

Ten uproszczony wzór (18) wskazuje, że ETTC jest ilorazem początkowo planowanego czasu trwania projektu oraz wskaźnika SPI. Chociaż w pewnych okolicznościach może on prowadzić do fałszywych wniosków, to jest podawany w literaturze [5]. Bar-

dziej wiarygodne oszacowanie realizacji harmonogramu i daty końcowej można uzyskać poprzez analizę planu projektu (rekomendowana metoda).

Poza podstawowym, liniowym wzorem na EAC (*Estimated Cost At Completion*) stosowane są czasami wzory empiryczne uwzględniające połączony efekt zmian kosztów i harmonogramu. Chodzi o to, że koszt niektórych zadań jest zależny od czasu bez względu na wykonywane działania (np. działania zarządcze w projekcie). Gdy harmonogram zaczyna się opóźniać, takie koszty wzrastają w wyniku wydłużenia realizacji projektu. Poza tym możliwe jest zatrudnienie dodatkowych pracowników dla nadrobienia opóźnienia, co spowoduje dodatkowe koszty.

$$\mathbf{EAC1 = ACWP + (BAC - BCWP)/(0,5*CPI + 0,5*SPI)} \quad (19)$$

$$\mathbf{EAC1 = SKK1 = RKPW + (BK - BKPW)/(0,5*WWK + 0,5*WWH)} \quad (20)$$

oraz

$$\mathbf{EAC2 = ACWP + (BAC - BCWP)/(CPI*SPI)} \quad (21)$$

$$\mathbf{EAC2 = SKK2 = RKPW + (BK - BKPW)/(WWK*WWH)} \quad (22)$$

Wzór EAC2 podawany jest często, jako szacunek „pesymistyczny”, podczas gdy inne wzory uważane są za szacunek „najbardziej prawdopodobny”. Z praktyki wynika, że jest to dobra metoda szacowania końcowego rezultatu i jest często stosowana. Najbardziej dokładną wartość EAC można oszacować tradycyjnymi metodami [5].

Obliczenie wskaźnika realizacji dla planowanego kosztu TCPI (BAC) (*To-Complete Performance Index*) w MS Project - WWDW:

$$\mathbf{TCPI (BAC) = (BAC - BCWP)/(BAC - ACWP)} \quad (23)$$

$$\mathbf{TCPI (BAC) = (BAC - EV)/(BAC - AC)} \quad (24)$$

$$\mathbf{TCPI (BAC) = WWDW (BK) = (BK - BKPW)/(BK - RKPW)} \quad (25)$$

Wzory (23), (24) i (25) stosowane dla pokazania poziomu wykonania kosztów, które będą potrzebne do zakończenia projektu w ramach budżetu od daty raportu.

Obliczenie wskaźnika realizacji dla harmonogramu TCPI (OD) (ang. *To-Complete Performance Index*).

$$\text{TCPI (OD)} = (\text{BAC} - \text{BCWP}) / (\text{BAC} - \text{BCWS}) \quad (26)$$

$$\text{TCPI (OD)} = (\text{BAC} - \text{EV}) / (\text{BAC} - \text{PV}) \quad (27)$$

$$\text{TCPI (OD)} = \text{WWDW (OD)} = (\text{BK} - \text{BKPW}) / (\text{BK} - \text{BKPH}) \quad (28)$$

Wzory (26), (27) i (28) stosowane do wskazywania poziomu realizacji harmonogramu, który jest wymagany do zakończenia go w terminie od daty raportu.

Miary realizacji projektu w metodzie wartości wypracowanej przedstawiono w tabeli 2. Natomiast tabela 3 zawiera interpretację podstawowych wskaźników wykonania prac w metodzie wartości wypracowanej.

Tabela 4. Miary realizacji projektu w metodzie wartości wypracowanej

Dane	BAC		AC		EV		PV
Odchylenia		VAC		CV		SV	
Wskaźniki		TCPI		CPI		SPI	
Prognozy	EAC						
Formuły	VAC=BAC-EAC			CV=EV-AC		SV=EV-PV	
	TCPI=(BAC-EV)/(BAC-AC)			CPI=EV/AC		SPI=EV/PV	
	EAC=BAC/CPI						

Tabela 5. Interpretacja podstawowych wskaźników wykonania EVM

Miary wykonania		Harmonogram		
		SV>0 i SPI>1	SV=0 i SPI=1	SV<0 i SPI<1
Koszty	CV>0 i CPI>1	Wyprzedza planowany harmonogram, poniżej planowanego budżetu	Zgodnie z planowanym harmonogramem, poniżej planowanego budżetu	Opóźniony planowany harmonogram, poniżej planowanego budżetu
	CV=0 i CPI=1	Wyprzedza planowany harmonogram, zgodnie z planowanym budżetem	Zgodnie z planowanym harmonogramem i planowanym budżetem	Opóźniony planowany harmonogram, zgodnie z planowanym budżetem
	<0 i CV CPI<1	Wyprzedza planowany harmonogram, powyżej planowanego budżetu	Zgodnie z planowanym harmonogramem, powyżej planowanego budżetu	Opóźniony planowany harmonogram, powyżej planowanego budżetu

7 ZASADY PRAKTYCZNEGO KORZYSTANIA Z METODY WARTOŚCI WYPRACOWANEJ

Metoda wartości wypracowanej pozwala na lepsze, bardziej efektywne zarządzanie projektem. Ułatwia planowanie i kontrolę kosztów i wykonania harmonogramu projektu. Kluczowe dobre praktyki metody wartości wypracowanej obejmują [6]:

- Ustanowienie linii odniesienia pomiaru wykonania prac w projekcie (PMB – *Performance Measurement Baseline*),
 - dekompozycja zakresu projektu do rozsądnego poziomu (WBS – *Work Breakdown Structure*),
 - przypisanie jednoznacznej odpowiedzialności dotyczącej zarządzania (RAM – *Responsibility Assignment Matrix*),
 - przypisanie odpowiedniego budżetu do każdego zadania w harmonogramie projektu,
 - wybór metody pomiaru wartości wypracowanej dla wszystkich zadań w harmonogramie projektu,
 - utrzymanie integralności linii odniesienia pomiaru wykonania prac w projekcie (PMB – *Performance Measurement Baseline*), przy czym integracji podlega zakres, harmonogram i koszty projektu.
- Pomiar i analiza wykonania prac w stosunku do ustanowionej linii odniesienia (PMB – *Performance Measurement Baseline*):
 - rejestrowanie zużycia zasobów podczas realizacji projektu,

- obiektywny pomiar prac rzeczywiście wykonanych w projekcie,
- pomiar wartości wypracowanej zgodnie z przyjętą dla projektu techniką jej pomiaru,
- analiza i prognozowanie wykonania kosztów/harmonogramu projektu,
- raportowanie problemów realizacji projektu i/lub podejmowanie działań korekcyjnych.

8 RAPORTOWANIE POMIARÓW WARTOŚCI WYPRACOWANEJ W EVM

Systemy raportowania powinny być tak zorganizowane, żeby zbierały dane o kosztach i postępie prac. System rejestracji czasu pracy zbiera dane o kosztach, podczas gdy działy księgowości i zaopatrzenia (administracji) zbierają dane o zamówieniach, fakturach i płatnościach. Powiązanie zbieranych danych z planem kierowania projektem umożliwi WBS oraz identyfikatory działań (czynności). Rejestrację wartości wypracowanej umożliwia zakup odpowiedniego oprogramowania wyposażonego w funkcjonalność pomiaru wartości wypracowanej (oprogramowanie narzuca pewną dyscyplinę). Praca musi podlegać systemowi zatwierdzania a praca, która nie została zatwierdzona nie może być rozpoczęta. Może w tym pomóc właśnie oprogramowanie przeznaczone do zarządzania projektem.

Problemy związane z raportowaniem mogą stwarzać podwykonawcy. Problemy te mogą wynikać z różnego cyklu sprawozdawczego, czy też odmiennego cyklu księgowania (sugerowane jest użycie „szybkich danych”, czyli danych uzyskanych z najbardziej aktualnego oszacowania postępu i rzeczywistego kosztu w punkcie raportowania).

Departament Obrony DoD (*U.S. Department of Defense*) opracował dwa standardy raportowania wartości wypracowanej [6]. Oto one:

- *CPR (Cost Performance Report)* – raport realizacji kosztów projektu. Opracowany dla złożonych i kosztownych projektów. Wymaga rygorystycznego szacowania na poziomie konta kosztowego i pakietu pracy. Posiada 5 formatów:
 - dane o wartości wypracowanej według WBS,
 - dane o wartości wypracowanej według kategorii funkcjonalnej (projekt, implementacja, testowanie, wdrożenie, konserwacja itd.),
 - zmiany linii bazowej,
 - rzeczywiste i projektowane poziomy zatrudnienia,
 - wyjaśnienie analizy odchyień.
- *C/SSR (Cost/Schedule Status Report)* – raport stanu kosztów/harmonogramu. Opracowany dla prostszych i mniej kosztownych projektów (uproszczona wersja

CPR). Może być użyty na każdym, uznanym przez kierownika projektu za logiczny, poziomie. Zawiera dwa formaty:

- dane o wartości wypracowanej według WBS,
- wyjaśnienie analizy odchyleń.

Przykładowy raport C/SSR zawiera następujące dane podstawowe [6]:

Na poziomie projektu

1. Szczegóły dotyczące wykonawcy i umowy.
2. Szczegóły dotyczące programu.
3. Numer okresu raportowania.
4. Początkowy koszt docelowy.
5. Wynegocjowane zmiany umowy.
6. Aktualny koszt docelowy (4 + 5).
7. Oszacowane koszty nie zatwierdzonej, nie wycenionej pracy.
8. Aktualna podstawa budżetu (6 + 7).

Na poziomie działania (czynności)

9. Numer działania (czynności).
10. Skumulowana wartość BCWS.
11. Skumulowana wartość BCWP.
12. Skumulowana wartość ACWP.
13. Aktualne odchylenie harmonogramu (skumulowana wartość BCWP – BCWS).
14. Aktualne odchylenie kosztów (skumulowana wartość BCWP – ACWP).
15. Planowany koszt końcowy.
16. Szacunek końcowy.
17. Odchylenie (16 – 15).

Podsumowanie

18. Koszty ogólne i administracyjne w kategoriach od 9 do 17.
19. Wszystkie pakiety prac razem w kategoriach od 9 do 17.

9 PODSUMOWANIE

Stosowanie metody wartości wypracowanej daje jedynie ograniczony obraz projektu. Nic nie mówi o tym, co rzeczywiście dzieje się z projektem. Metoda wartości wypracowanej może pokazywać istnienie poślizgów realizacji planowanego harmonogramu lub

przekroczenie planowanych kosztów, ale nie podaje przyczyn tych negatywnych zjawisk ani sposobów poprawy stanu projektu.

Typowa dokumentacja o postępie realizowanych w projekcie prac musi być przechowywana w systemie kontroli projektu, łącznie z pisemnymi wyjaśnieniami przyczyn odchyień od planu, prognozami, listą zagadnień projektowych (problemów) itd.

Wszystkie szacunki i prognozy, jeśli są wykonane rzetelnie, powinny być traktowane poważnie, ponieważ mogą zawierać cenne informacje o stanie projektu, co powinno pomóc w planowaniu dalszych działań. Raporty pokazujące odchylenia mogą się stać samospełniającą się przepowiednią, jeśli będą powszechnie znane, w szczególności, gdy pojawią się „oficjalnie”.

Prognozy stanowią liniowe przewidywania bazujące na wskaźnikach mierzonych do daty wykonania raportu. Nie zawierają żadnych informacji a wręcz nie dopuszczają ryzyka zajścia nieprzewidzianych zdarzeń w przeszłości.

Na początku stosowania metody wartości wypracowanej Departament Obrony USA (DoD) rygorystycznie wymagał opracowania, jak najwcześniej pełnego i szczegółowego planu dla każdego etapu projektu. Jednak założenie, że plan ten (plan bazowy) nie ulegnie zmianie w czasie realizacji projektu, było fałszywe. Dlatego zezwolono, by plan ten zawierał rezerwy użyte na pokonanie trudności i utrzymanie jego założeń. Taka praktyka umożliwiła umieszczenie w ramach budżetu końcowego projektu tzw. rezerwy zarządczej, która w razie potrzeby mogłaby być rozdzielona na istniejące lub nowe działania (czynności) w ramach WBS.

Opracowanie planu linii bazowej stało się podstawą skutecznego stosowania metody wartości wypracowanej. W 1994 r. w USA przyjęto proces zintegrowanej linii bazowej (ang. *Integrated Baseline Review*), w którym plan zostanie dokładnie przebadany zanim uzyska akceptację, jako stan wyjściowy, względem którego mierzony będzie postęp realizacji projektu. Ocena zintegrowanej linii bazowej odbywa się po uzyskaniu kontraktu, a szczególnym aspektem tego procesu jest identyfikacja obszarów ryzyka w planie projektu.

Bardzo ważny jest również sposób wprowadzania zmian do planu projektu. Brak kontroli zmian prowadzi zwykle do chaosu.

Literatura

1. Project Management Institute, Inc., *A Guide To The Project Management Body of Knowledge* (PMBOK® Guide - Fourth Edition), 2008.

2. Project Management Institute, Inc., *Practice Standard for Earned Value Management*, 2005.
3. Humphreys & Associates, Inc., *Project management using earned value*, Orange, CA: Humphreys & Associates, Inc., 2002.
4. Kemps, R. R., *Fundamentals of project performance measurement*. Orange, CA: Humphreys & Associates, Inc, 2000.
5. Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M., *Earned value project management* (2nd ed.). Upper Darby, PA: Project Management Institute, 2000.
6. Lambert, L. R., & Lambert, E., *Project management: The commonsense approach*. Columbus, OH: LCG Publishing, 2000.

