

Rozdział 4

Ewaluacja jakości w projektach informatycznych

Kamila Szczepańska, Piotr Zaskórski

4.1. Jakość i jej determinanty w projekcie

Pojęcie jakości jest różnie rozumiane. Na przestrzeni wieków powstało wiele definicji [1], według których jakość to na przykład:

- 1) Pewien stopień doskonałości.
- 2) Stopień jednorodności i niezawodności wyrobu przy możliwie niskich kosztach i maksymalnym dopasowaniu do wymagań rynku.
- 3) Zgodność z wymaganiami.
- 4) Wszystko, co można poprawić.
- 5) Ogół cech i właściwości wyrobu lub usługi, które decydują o zdolności wyrobu lub usługi do zaspokajania stwierdzonych i przewidywanych potrzeb.
- 6) Stopień, w jakim zbiór inherentnych cech spełnia wymagania.

Jak widać, przedstawione powyżej ogólne określenia jakości skupiają się przede wszystkim na produkcie i jego zgodności z wymaganiami [2].

Jakość w projekcie jest jednak znacznie szerszym pojęciem, ponieważ w standardach jakości coraz częściej odwołujemy się do jakości samego procesu projektowania, którego jakość postrzegana przez pryzmat zasobów i dobrej organizacji wykonania ustalonego zakresu prac, co decyduje o faktycznej jakości ich wyniku (produktu) [3; 4]. Stąd trafne określenie ram czasowo-kosztowych powiązane z efektywnym doborem wykonawców może być precyzyjnym określeniem poziomu jakości. W każdym przedsięwzięciu projektowym kryterium jakości jest traktowane jako uogólnione kryterium systemowe projektu (systemu projektowego w rozumieniu organizacji projektującej, wyposażonej w odpowiednie zasoby i kompetencje). Dlatego tak ważne są związki jakości z innymi kryteriami i atrybutami systemowymi.

W rozdziale tym podjęty został problem identyfikacji modeli ewaluacji jakości projektów informatycznych przy założeniu, że jakość procesu projektowania (*ex-ante*) wpływa na jakość produktu w sposób wprost proporcjonalny. Zakłada się także, że można to zweryfikować poprzez oszacowanie wskaźnika jakości *ex-ante* i wskaźnika jakości *ex-post* [5] dla różnych projektów. Można także wyznaczyć współczynniki korelacji między

wskaźnikiem jakości *ex-post* i *ex-ante*, a do wyliczenia tych wskaźników jakości można zastosować wybrane autorskie modele ewaluacji jakości przedstawione w dalszej części rozdziału [6].

Jakość jest determinowana wieloma czynnikami. W ujęciu systemowym [7] zakłada się, że jakość jest funkcją:

- 1) ryzyka,
- 2) efektywności,
- 3) budżetu (kosztów projektowania),
- 4) czasu projektu,
- 5) złożoności (zakresu) projektu,
- 6) niezawodności, użyteczności i funkcjonalności produktu.

Powyzsze atrybuty są wyznacznikami poziomu jakości. Umiejętność określenia ich wartości wpływa bezpośrednio na postrzeganie i ewaluację poziomu jakości w projekcie, zarówno w wymiarze produktowym (*ex-post*), jak i procesowym (*ex-ante*).

Ryzyko [8] to jedna z ważnych determinant jakości, ponieważ jest:

- 1) możliwością oszacowania wyników przedsięwzięcia, które jest niepewne;
- 2) swoistą strategią podejmowania działań nie zawsze bezpiecznych;
- 3) prawdopodobieństwem powstania szkody (straty) obciążającej osobę odpowiedzialną i poszkodowaną (odbiorcę lub właściciela projektu).

Ryzyko występuje wtedy, gdy niepewna jest wartość przyszłych stanów w kontekście prawdopodobieństwa ich wystąpienia. Ryzyko projektu oznacza ryzyko niedotrzymania technicznych i ekonomicznych (finansowych) warunków projektu.

W analizie systemowej zwraca się uwagę na to, że ryzyko [8]:

- 1) może mieć wymiar pozytywny lub negatywny i jest prawdopodobieństwem otrzymania określonych korzyści lub strat w wyniku realizacji projektu;
- 2) jest funkcją czasu i w różnych okresach realizacji projektu jego wartość może być różna;
- 3) jest wyrażane najczęściej w jednostkach finansowych;
- 4) jego wartość można wyznaczać w oparciu o metody jakościowe i ilościowe;
- 5) może być generowane przez każdy element systemu projektowego.

W procesie zarządzania ryzykiem – jako istotnym komponentem jakości w projekcie – można wyróżnić następujące etapy [8; 9]:

- 1) planowanie zarządzania ryzykiem w projekcie (opracowanie strategii zarządzania ryzykiem);
- 2) identyfikacja ryzyka jako określenie rodzaju zdarzeń mogących mieć wpływ na projekt i potrzebę ich udokumentowania, co powinno być procesem ciągłym w całym cyklu projektowym w kontekście ryzyka wewnętrznego (na które zespół ma wpływ) i zewnętrznego (np. uwarunkowania standaryzacyjne);

- 3) szacowanie ryzyka jako ustalenie poziomu/oceny ryzyka w celu określenia zakresu możliwych efektów dla projektu i ustalenie, które zdarzenia mogą mieć wpływ na jakość projektu;
- 4) sposób reagowania na zidentyfikowane rodzaje ryzyka polegające na:
 - unikaniu (prewencja) zagrożeń,
 - łagodzeniu (redukcja) ryzyka,
 - przeniesieniu ryzyka na podmiot trzeci,
 - akceptacji konsekwencji wystąpienia ryzyka;
- 5) monitorowanie i kontrola ryzyka.

Wszystkie te etapy są niezbędne do prawidłowego postępowania z ryzykiem w całym procesie projektowym, ze szczególnym uwzględnieniem skutków ważnych dla jakości projektu i uzyskiwanych wyników (produktów/rozwiązań).

Efektywność determinuje poziom jakości w szczególności sposób poprzez m.in. wykorzystanie zasobów projektowych [10]. W ujęciu systemowym powinna być postrzegana jako miara określająca stopień realizacji wyznaczonych celów, zarówno w rozumieniu procesowym (wykonawczym), jak i produktowym w rozumieniu sposobu realizacji celu użytkownika produktu informatycznego, a więc nakładów niezbędnych na eksploatację i utrzymanie zaprojektowanych rozwiązań.

Efektywność można oceniać zarówno z poziomu całego projektu, jak i dla poszczególnych jego elementów [11; 12]. Stąd ocena efektywności elementarnej umożliwi znalezienie tych składowych projektu, które generowały największy koszt, a nie przyniosły zamierzonych efektów, co pozwoli na eliminację takich sytuacji i wskazanie do poprawy jakości z punktu widzenia odbiorcy produktu.

Budżet jest wyznacznikiem możliwości projektowych i jednocześnie możliwości dbałości o jakość projektu. Nieodłączną częścią planu projektu jest konstrukcja jego budżetu [8], czyli określenie wielkości środków pieniężnych, które zostaną rozdysponowane w trakcie realizacji projektu. Mając na uwadze kryterium jakości, budżet powinien być opracowywany według następujących zasad [8]:

- 1) realizmu dochodów i kosztów oraz realizmu celów, w tym zapewniania jakości;
- 2) wariantowania rozwiązań, w tym również wariantu optymistycznego, pesymistycznego i najbardziej prawdopodobnego;
- 3) powiązania budżetów, czyli relacji pomiędzy wielkością przychodów i wydatków w projekcie wg rozdzielnosci celów;
- 4) uczestnictwa pracowników (zespołu projektowego) w procesie opracowywania budżetu w kontekście wymagań projakościowych;
- 5) stosowania jednolitych metodyk przy opracowywaniu budżetów cząstkowych.

Proces budżetowania projektu ma istotne odniesienie do wydatków na zapewnienie i kontrolę jakości. Podstawowym problemem jest przełożenie planowanych działań na dające się wyrazić koszty (nakłady pieniężne) wydatkowane także z myślą o kosztach jakości (zgodności, niezgodności i utraconych możliwości) w systemie projektowym. Oznacza to, że ra-

chunek kosztów [13] powinien uwzględniać koszty zapewnienia jakości i koszty jej kontroli oraz koszty naprawy błędów (przywracania jakości), a także koszty utraconych możliwości przejawiające się w złym wykorzystaniu posiadanych zasobów projektowych, a przez to utratę np. zamówień, czy też obniżenia wartości produktu w związku z jego niższą jakością. Redukcję kosztów związanych z kontrolą jakości, naprawą błędów oraz utraconych możliwości osiąga się dzięki zainwestowaniu środków w zapewnienie jakości we wczesnych fazach projektu [2].

Zakres i złożoność projektu przekładają się nie tylko na budżet, ale również na oczekiwany poziom jakości [14]. Specyfikacja wymagań i oczekiwań stawianych realizatorom projektu wiąże się z precyzyjnym definiowaniem celów projektu oraz kryteriów oceny poziomu jakości. Im bardziej złożony projekt, tym większe oczekiwania jakości, ale jednocześnie wyższy poziom ryzyka. Złożoność jest bowiem warunkowana liczebnością zależności wynikających z zakresu projektu. Wiąże się to z rozmiarami projektu [15], przy czym jego złożoność można mierzyć liczebnością zespołu projektowego, a także kosztem i czasem realizacji projektu. Dlatego też oczekiwania jakości dostosowane są do skali projektu i jego złożoności (tabela 4.1).

Tabela 4.1. Typy projektów

Typ	Czas	Zakres zmian	Stopień skomplikowania	Efekt
Strategiczny	2–5 lat	duży	duży	Wpływ na organizację i jej otoczenie
Taktyczny	1–2 lata	średni	średni	Wpływ na większość elementów organizacji
Operacyjny	do 1 roku	mały	mały	Zmiana zasobów

Szacowanie złożoności projektu pomaga wyznaczyć ramy czasowo-kosztowe jego realizacji, które wprost determinują możliwości zapewnienia jakości. Podstawą oszacowania złożoności może być nie tylko drzewo projektu (rozdział 1), ale także metody szacowania złożoności stricte przeznaczone dla projektów informatycznych. Zaliczamy do nich wszelkie metody szacowania rozmiaru wytworzonego oprogramowania, takie jak metoda punktów funkcyjnych [16], pozwalająca oszacować liczbę punktów funkcyjnych oraz liczbę linii kodu tworzonego systemu informatycznego, metoda COCOMO [17], pozwalająca określić pracochłonność (w osobomiesiącach) oraz czas trwania i optymalną liczebność zespołu projektowego na podstawie szacowanej liczby linii kodu tworzonego systemu. Można też szacować złożoność i pracochłonność, stosując metody opierające się na danych historycznych lub wymagające opinii niezależnych ekspertów, takie jak metoda delficka [16]. Zawsze poziom złożoności należy traktować jako możliwość, a nawet konieczność kreowania wyższego poziomu jakości.

Czas projektu i trafność jego oszacowania oraz skrupulatna kontrola realizacji w czasie bezpośrednio rzutują na poziom jakości. Czas projektu [7] wyznacza harmonogram prac, obrazując określenie czasu trwania poszczególnych zadań w wyznaczonych ramach czasowych (rozdział 3). Dobry harmonogram prac w projekcie jest warunkiem koniecznym prawidłowej realizacji celu projektu, zgodnego z koncepcją SMART [7]. Cel bowiem powinien być konkretny, mierzalny, akceptowalny (osiągalny, właściwy, ambitny, dokładny) oraz realistyczny i określony w czasie. Te komponenty warunkują bezpośrednio zapewnianie jakości.

Niezawodność produktu jest najczęściej wskazywanym atrybutem określającym jakość rozwiązań projektowych i całego projektu. Niezawodność i usterkowość są funkcjami czasu [8]. Usterkowość jest nazywana miarą zawodności projektu i określana jest przez częstotliwość uszkodzeń, a ściślej prawdopodobieństwo niesprawności produktu w danym okresie. Niezawodność definiowana jest natomiast jako zdolność systemu do bezawaryjnego działania w określonym przedziale czasu i w ustalonych warunkach. Niezawodny system nie zmienia poziomu swojej funkcjonalności oraz działa poprawnie przy założonych zmianach.

Ogólnie stan zdatności jest określeniem systemów działających w sposób poprawny, a stan niezdatności jest równoznaczny z nieoczekiwanym i niepożądanym pogorszeniem działania lub utratą podstawowych i charakterystycznych funkcji systemu. Stan graniczny między zdatnością i niezdatnością systemu to zbiór parametrów obiektu, przekroczenie których powoduje przejście w stan niezdatności. Można mówić o technicznym stanie granicznym, gdy system traci funkcjonalność oraz o stanie techniczno-ekonomicznym, gdy następuje obniżenie efektywności ekonomicznej działań projektowych. Często też wskazuje się na graniczny stan technologiczny, gdy projekt (proponowane rozwiązania) nie traci funkcjonalności, ale zwiększają się jego koszty społeczne (np. nieakceptowalność projektu, zaburzenia w ekosystemie itp.).

Miarą niezawodności jest dopełnienie usterkowości [8], czyli prawdopodobieństwo poprawnego działania produktu w określonym czasie. Oznacza to, że:

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (4.1)$$

gdzie:

$R(t)$ – niezawodność produktu (elementu systemu projektowego) w określonym czasie,

$F(t)$ – usterkowość produktu (elementu systemu projektowego) w określonym czasie.

Niezawodność produktu (systemu, zespołu itp.) możemy wyznaczyć jako wypadkową niezawodności jego elementów składowych, które mogą łączyć się w strukturę niezawodnościową [8] typu szeregowego, równoległego lub hybrydowego (mieszanego).

Struktura szeregową wskazuje na to, że usterka jednego z elementów powoduje niesprawność całego układu. Możliwości poprawy niezawodności, a jednocześnie podniesienia poziomu jakości produktu (systemu, zespołu), powstają poprzez dublowanie (zwielokrotnianie) elementów produktu lub stosowanie tzw. zamienników albo alternatywnych rozwiązań, co oznacza, że układ równoległy jest niezawodny tak długo aż wszystkie elementy nie znajdą się w stanie uszkodzenia (niesprawności).

Można zatem opisać i wyznaczyć niezawodność dla:

- 1) struktury szeregowej zależnością:

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot \dots \cdot R_n \quad (4.2)$$

- 2) struktury równoległej zależnością:

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i) \quad (4.3)$$

gdzie:

R_i – niezawodność i-tego elementu systemu (produktu, zespołu itp.)

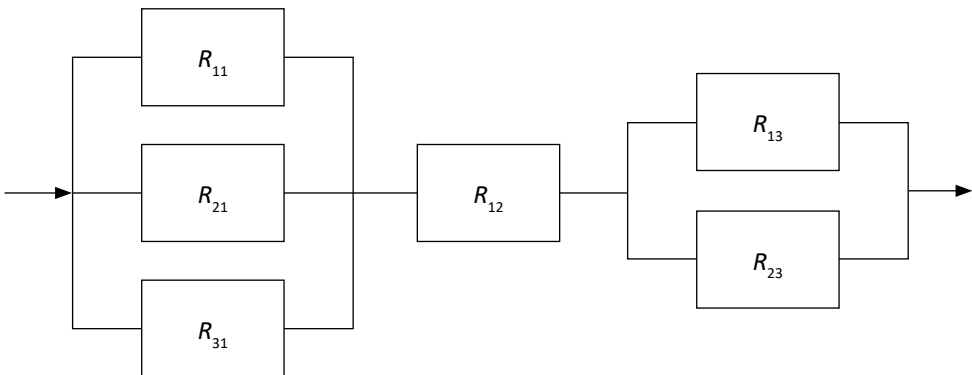
F_i – usterkowość i-tego elementu systemu (produktu, zespołu itp.),

przy czym:

niezawodność każdego elementu: $R_i = 1 - F_i$ (4.4)

usterkowość układu równoległego: $F = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot \dots \cdot F_n$ (4.5)

W praktyce, z uwagi na różnego typu ograniczenia techniczno-organizacyjne wprowadza się struktury mieszane, które są połączeniem struktury szeregowej i równoległej. Przykładowa struktura mieszana została przedstawiona na rysunku 4.1.



Rys. 4.1. Mieszana struktura niezawodnościowa

Źródło: opracowanie autorów na podstawie [18].

W celu wyznaczenia niezawodności dla całej struktury mieszanej, należy wyznaczyć niezawodność dla każdej struktury wewnętrznej (w przypadku przedstawionego wyżej przykładu będą to 2 struktury równoległe) wg zależności 4.3, a następnie obliczyć niezawodność całości [8] (w tym przypadku będzie to szeregowe połączenie dwóch wspomnianych wcześniej struktur równoległych i R_{12}) wg zależności 4.2. Jak już wielokrotnie wspomniano, w projektach techniczno-technologicznych niezawodność jest dominującym kryterium w ocenie jakości produktu (np. oprogramowania).

Zazwyczaj ostateczną niezawodność produktu tworzymy już w stadium projektowania [8]. Wprawdzie można czasem osiągnąć udoskonalenie poprzez korekty, eliminując niedostatki jakości wykonania lub modyfikując projekt, to jednak w projektowaniu niezawodności – podobnie jak w innych aspektach jakości, a może nawet bardziej – najważniejsza jest koncepcja „dobrze za pierwszym razem”.

Wymienione wyżej atrybuty projektu i jego produktów można uznać za dominujące determinanty w ewaluacji jakości projektu. Stąd też warto pamiętać, że i inne parametry systemowe mogą wpływać na poziom jakości, co dalej zostanie pokazane w opisie wybranych metod ewaluacji jakości.

4.2. Kryteria i miary jakości projektów i produktów

Jakość w projekcie ma wiele różnych definicji koncentrujących się na jakości produktu lub jakości procesu projektowania (tabela 4.2. i 4.3). Wszystkie definicje z tabeli 4.2. skupiają się na jakości produktu lub usługi powstałych jako wynik projektu. Są jednak także definicje mówiące, poza jakością produktu, o jakości procesu projektowania, które zostały przedstawione w tabeli 4.3.

Z analizy wybranych definicji jakości zebranych w tabeli 4.3 widać, że jakość jest uogólnioną cechą systemową, najczęściej postrzeganą w dwóch perspektywach: jakości *ex-post*, czyli oceny wyniku działań projektowych (produktu jako rezultatu projektu), oraz jakości *ex-ante*, czyli jakości procesu projektowania odwzorowanej na jakości zasobów. Istotą perspektywy projektowej jest to, że dobry jakościowo proces gwarantować powinien dobry jakościowo produkt.

Kryteria jakości projektu mające zastosowanie zarówno do oceny jakości produktów, jak i procesów projektowania powinny określać, co jest rezultatem projektu oraz jakie wymagania produkt musi spełniać. Dzięki ocenie jakości można wyeliminować przyczyny, które powodują jej obniżenie. Kryteria oceny jakości projektu dotyczą różnych jego obszarów, dlatego też można je podzielić na grupy kryteriów zorientowanych na [7]:

- 1) przedmiot projektowania (produkt) jako kryterium wynikające z przeznaczenia i własności produktu, eksponujące jego użyteczność oraz poziom spełnienia wymagań;

- 2) proces projektowo-wytwórczy, czyli kryterium określające jakość zasobów, narzędzi czy dostępnej technologii;
- 3) użytkowanie i eksploatację rozwiązań (produktów), czyli kryterium wynikające ze skuteczności wykorzystania wyników projektu lub efektów użytkowania produktu.

Tabela 4.2. Wybrane definicje jakości projektu skupione na produkcji

Definicja	Autor
Jakość projektu (wzoru) to model wyrobu o określonym zbiorze cech, według którego ma być on produkowany, aby zaspokoić wymagania klienta.	Edward Nowak
Jakość – suma cech produktu lub usługi decydująca o zdolności danego wyrobu do zaspokojenia określonych potrzeb.	Maria Sławińska
Jakość projektu polega na określeniu, jak dobrze został zaprojektowany wyrób lub usługa, która ma zaspokoić potrzeby i spełnić wymagania użytkownika. Dla procesu projektowania systemu informatycznego będzie to określenie, czy zaprojektowany system spełnia wymagania użytkownika, a więc czy pomyślnie przeszedł ocenę, którą wcześniej nazwaliśmy audytem systemu.	Jerzy Kisielnicki
Jakość projektu to pewien model wyrobu (prototyp) o określonych własnościach, który ma być produkowany i spełniać rynkowe oczekiwania.	Jan Steczkowski
Pod pojęciem jakość projektu (jakość wzoru, typu, konstrukcji, receptury) należy rozumieć pewien model wyrobu o określonym zbiorze cech, według których ma być produkowany, czyniąc zadość wymaganiom stawianym przez odbiorcę, ale również oczekiwaniom innych uczestników procesu realizacji wyrobu (producentów, handlu, serwisu itp.).	Robert Karaszewski
Jakość projektu – zwana również jakością typu lub jakością wzoru, to stopień trafności, w jakim przewidywania zawarte w dokumentacji technicznej odpowiadają wymaganiom odbiorców. Jest to zatem pewien model wyboru o określonym zbiorze cech, który ma być produkowany, spełniający wymagania stawiane przez odbiorców.	Łucja Karpiel
Jakość projektu wyraża aktualną koncepcję firmy w zakresie jakości produktu, zawierającą kompromisowe rozwiązania między kosztami (zdolności wytwórcze) a konkurencją rynkową.	Krystyna Lisiecka

Źródło: opracowanie własne na podstawie [19].

Jakość należy także postrzegać w kontekście akceptacji społecznej [5, 10] i mówić o kryteriach wynikających z oddziaływania produktu związanego z:

- 1) ekonomicznością jako kryterium warunkowanym korzyściami ekonomicznymi osiąganymi dzięki odpowiedniemu postępowaniu lub korzystaniu z odpowiednich cech produktu,
- 2) wynikiem działania i jego pro jakościowymi atrybutami,
- 3) dynamiką i jakością procesów projektowania, które niejako gwarantują dobry jakościowo wynik,
- 4) zakresem i złożonością projektu, zwłaszcza w odniesieniu do kosztów i czasu realizacji,
- 5) istniejącymi normami oraz doświadczeniem bazującym na danych historycznych.

Tabela 4.3. Wybrane definicje jakości projektu skupione na produkcie i procesie projektowania

Definicja	Autor
Jakość – jakość produktu będącego rezultatem (efektem) projektu oraz jakość procesu zarządzania projektem, wynikająca z nieustannej kontroli jego realizacji i implementacji niezbędnych zmian. Ogólnie można stwierdzić, że jakość determinuje poziom zadowolenia z realizowanego projektu.	Marek Wilkus
Jakość jest potencjałem projektu w zakresie możliwości spełniania wymagań oczekiwanych i zdefiniowanych przez klienta projektu. Jakość jest dobrem, wartością i źródłem zysków czerpanych z odpowiednio przeprowadzonej realizacji projektu. Jakość jest także poziomem doskonałości wewnątrz procesu projektu. Z punktu widzenia kierownika projektu jakość można podzielić na dwa obszary: jakość dostarczanych elementów oraz jakość procesu wytwarzania tych elementów.	Joseph Philips

Źródło: opracowanie własne na podstawie [19].

Ogólnie można wyróżnić dwa rodzaje kryteriów jakości [7]:

- 1) Kryteria jakości *ex-post*, w których jakość projektu postrzegana jest przez pryzmat wyniku projektowania i może być ewaluowana za pomocą mierzalnych atrybutów takich, jak: użyteczność, funkcjonalność, niezawodność, efektywność oraz ryzyko projektowe, a także na innych, słabiej mierzalnych czynnikach: spójność, kompletność, żywotność, rozwojowość itp.
- 2) Każdy z powyższych atrybutów może zostać zmierzony według wybranej skali z uwzględnieniem rang lub współczynników wagowych i dzięki temu można generować wynikową ocenę jakości produktu. Ocena jakości *ex-post* może być podejmowana na zakończenie poszczególnych etapów projektu i powinna bazować na [7]:

- badaniu i ocenie skuteczności działania uzyskanego produktu;
- badaniu i ocenie procesu wdrażania projektu;
- ocenie rzeczywistych efektów i rezultatów wdrożenia projektu;
- badaniu trwałości osiągniętych pozytywnych efektów;
- identyfikacji czynników, które przyczyniły się do sukcesu lub niepowodzenia projektu;
- doświadczeniu i konkluzjach przenoszonych z innych, podobnych projektów.

- 3) Kryteria jakości *ex-ante* obejmują i odnoszą się do procesu projektowania przy założeniu, że wyznacznikami jakości są czas, budżet i zakres/złożoność projektu.

Do oceny jakości *ex-ante* można wykorzystać trójkąt ograniczeń projektu [7], określany mianem „żelaznego” trójkąta lub potrójnego ograniczenia, o czym była mowa w rozdziale pierwszym.

Im wyższy jest poziom złożoności projektu, tym czas i budżet potrzebne do jego realizacji powinny być większe, a co za tym idzie większe są też oczekiwania, co do jakości. Nie można zmienić budżetu, harmonogramu (czasu) ani zakresu projektu bez zmiany co najmniej jednego z pozostałych wyznaczników jakości i dlatego należy w ocenie jakości uwzględniać relacje między tymi wyznacznikami tak, aby dostrzegać, że:

- 1) skrócenie czasu zakończenia projektu może zwiększyć nakłady na zasoby lub ograniczyć funkcje (zakres), zmniejszając tym samym wielkość pracy do wykonania;
- 2) zrealizowanie projektu z mniejszym budżetem (koszt) może powodować ukończenie projektu w późniejszym terminie bądź też ograniczać jego funkcje (zakres);
- 3) dodanie nowych funkcji (zakres), może przedłużyć termin wykonania projektu (czas) lub zwiększyć liczbę pracowników (co zwiększa koszt).

Ewaluowanym elementem trójkąta ograniczeń projektu jest jakość [7], która zależna jest od każdej zmiany dowolnego z podanych wcześniej elementów. Jeżeli na przykład udało się wyprzedzić harmonogram, można przywrócić usunięte funkcje lub przeznaczyć więcej czasu na istniejące zadania, ale dodatkowy czas i zakres mogą sprawić, że wynikiem realizacji projektu będzie lepszy jakościowo produkt.

Można przyjąć zatem, że pole trójkąta S projektu jest liczbowym oszacowaniem poziomu jakości oczekiwanej (planowanej), co ująć można wzorem Herona [7]:

$$S = \frac{\sqrt{(a+b+c)(a+b-c)(a-b+c)(-a+b+c)}}{4} \quad (4.6)$$

gdzie:

- a – czas,
- b – zakres,
- c – zasoby (budżet),
- S – jakość planowana.

Ostateczną oceną jakości J może być odniesienie uzyskanego poziomu jakości (pole trójkąta S' opisanego na faktycznie zużytych zasobach, czasie i zakresie (złożoności) wykonanego projektu, czyli bokach a' , b' , c') do poziomu planowanego S [7]:

$$J = (S'/S) \cdot 100\% \quad (4.7)$$

Idealnym wynikiem wskaźnika J jest 100%, ale żeby go osiągnąć w przypadku zmiany jednego z parametrów (budżetu, czasu lub zakresu), należałoby też zmienić co najmniej jeden z pozostałych atrybutów jakości.

4.3. Metody zarządzania i oceny jakości

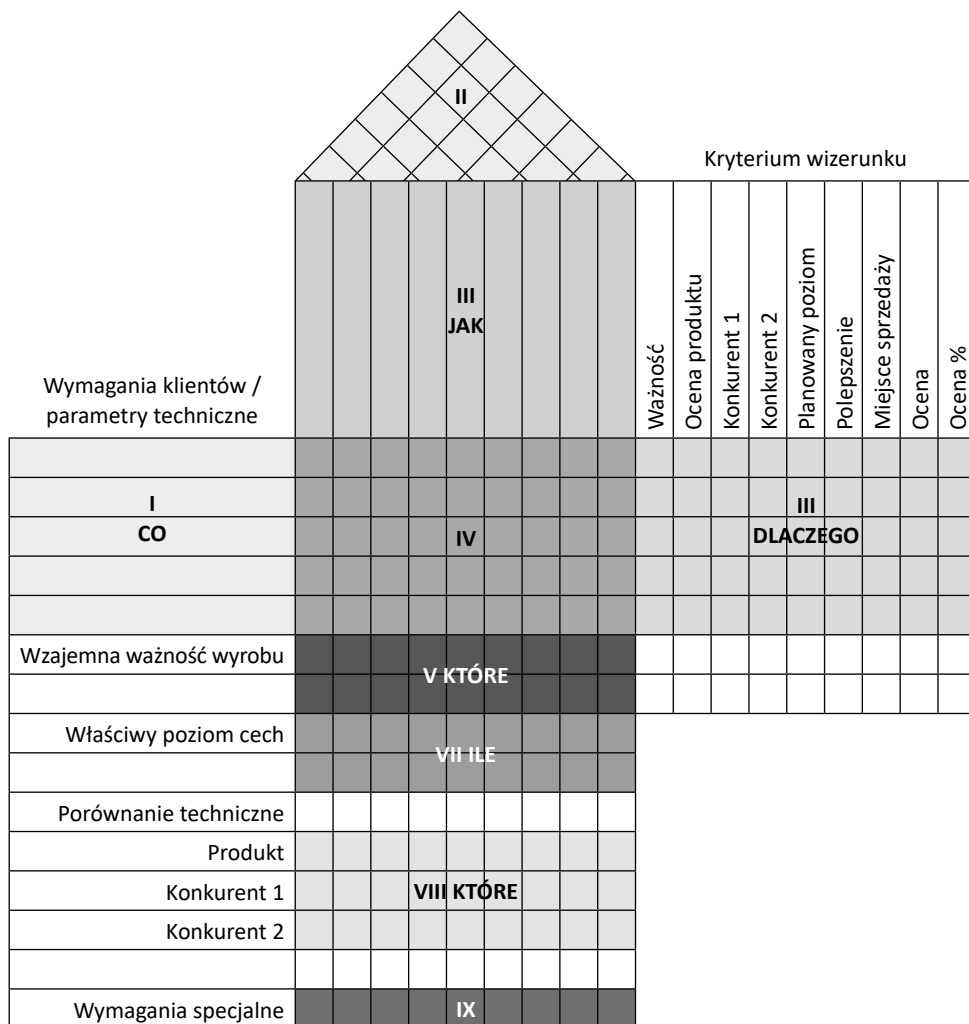
Metody i techniki zarządzania jakością wzbogacają perspektywę spojrzenia na jakość, począwszy od technik czysto opisowych, jak koło Deminga – tzw. PDCA (planuj, realizuj, sprawdzaj i oceniaj, a następnie wdrażaj dobre wzorce), poprzez tzw. koła/zespoły jakości, aż do metod „domu jakości”, czyli tzw. metoda **QFD** (ang. *Quality Function Deployment*).

4.3.1. Metoda domu jakości QFD

Celem tej metody jest przełożenie potrzeb i oczekiwań odbiorców (użytkowników wyniku projektu) w postaci informacji na charakterystyki produktu na wszystkich etapach projektowania. Koncepcja ta bazuje na zaangażowaniu pracowników i wymaga odpowiedzi na trzy pytania [7]:

- 1) Kim jest potencjalny klient (użytkownik)?
- 2) Jakie są jego wymagania?
- 3) W jaki sposób można zaspokoić jego potrzeby?

Na podstawie powyższych danych buduje się diagram QFD, zwany inaczej domem jakości, zawierający zdefiniowane pola, których liczba zależy od złożoności i charakteru działania. Umożliwia to przełożenie wymagań użytkownika na potrzeby techniczne i poziom ważności (priorytety) poszczególnych cech i powiązania między nimi [7]. W metodzie tej charakterystyki produktu są powiązane z oceną ich wpływu na poziom spełnienia oczekiwań użytkownika, co tworzy tzw. macierz korelacji (rys. 4.2).



Rys. 4.2. Diagram QFD

Źródło: opracowanie autorów na podstawie [7].

Poszczególne pola diagramu QFD mają następujące znaczenie [7]:

- I Zdefiniowanie potrzeb i oczekiwań klientów.
- II Określenie istotności potrzeb klientów.
- III Wyznaczenie parametrów technicznych projektowanego produktu (powinny być mierzalne i realne).
- IV Zależności pomiędzy potrzebami klienta a parametrami technicznymi (są 3 poziomy typy zależności: słabe, średnie i silne).
- V Ocena znaczenia parametrów technicznych – dokonywana jest weryfikacja zgodności pomiędzy ocenami produktów a wynikami porównań cech charakterystycznych.

- VI Określenie stopnia korelacji między parametrami technicznymi.
- VII Porównanie projektowanego produktu z produktami konkurencji.
- VIII Ocena wartości parametrów technicznych – faza ta kończy proces tworzenia macierzy planowania.
- IX Określenie wskaźników technicznej trudności wykonania.

Głównymi zaletami metody domu jakości są [7]:

- 1) Relatywnie łatwe prowadzenie analizy oraz dokumentacji.
- 2) Niepomijanie istotnych wymagań klienta.
- 3) Stałe poprawianie jakości produktów.
- 4) Poprawa planowania i ograniczania kosztów.
- 5) Przełożenie wymagań zamawiającego na procesy badawczo-rozwojowe organizacji.
- 6) Zauważenie własnych słabych punktów (względem konkurencji).
- 7) Zmniejszenie liczby zmian pomiędzy procesami projekcji i produkcji.
- 8) Możliwe skrócenie czasu potrzebnego na rozwój wyrobu.
- 9) Zmniejszenie kosztów rozpoczęcia procesu wytwórczego.

Liczba i znaczenie wyżej wymienionych zalet powodują, że mimo tego, iż stosowanie metody QFD wymaga sporego nakładu pracy i doświadczenia, efekt rekompensuje włożony wysiłek. Metoda ta może być rozwijana i sukcesywnie wykorzystywana na każdym etapie procesu projektowania.

4.3.2. Metoda FMEA

Metoda **FMEA** (ang. *Failure Mode and Effects Analysis*) jest metodą eksponującą atrybut niezawodności i bazuje na jakościowej analizie niezawodności oraz zwiększonym poziomie wykrywalności potencjalnych wad i błędów we wczesnych fazach projektowania. Umożliwia minimalizację kosztów niskiej jakości produktów, które rosną wraz z postępowaniem projektu według zasady 1–10–100. Uzyskane i w odpowiedni sposób wykorzystane wyniki pomagają rozwijać produkt z uwzględnieniem zaleceń tzw. koła Deminga [7].

Występują dwa rodzaje analizy FMEA [7]:

- 1) **DFMEA** (ang. *Design FMEA*) – wspomaganie na etapie przedprojektowym lub samym procesie projektowania w celu rozpoznawania silnych i słabych stron produktu.
- 2) **PFMEA** (ang. *Process FMEA*) – identyfikowanie czynników mogących zakłócać procesy wytwarzania.

Analizę FMEA przeprowadza się w trzech etapach [7]:

- 1) Planowanie i przygotowanie analizy – na tym etapie określa się problem i wywołujące go przyczyny.

- 2) Analiza potencjalnych błędów – określane są potencjalne wady produktu za pomocą trzech liczb priorytetowych P, T, Z, gdzie P to prawdopodobieństwo wystąpienia wady (1 – niskie, 10 – wysokie), T – trudność wykrycia wady (1 – łatwo, 10 – trudno), Z – znaczenie wady (1 – znikome, 10 – znaczne). Współczynnik poziomu ryzyka C to iloczyn tych wskaźników, jego wysokość wskazuje na krytyczność zidentyfikowanej wady/przyczyny.
- 3) Opracowanie dokumentacji – wprowadzenie i nadzorowanie działań prewencyjnych przy wysokim wskaźniku C.

Dzięki stosowaniu metody FMEA można osiągnąć następujące cele [7]:

- 1) skutecznie eliminować wady produktu lub procesu wytwarzania poprzez identyfikację rzeczywistych przyczyn ich powstawania i sposobów przeciwdziałania im;
- 2) wskazywać i oceniać działania, które mogą eliminować lub ograniczać możliwości wystąpienia prognozowanych i faktycznych błędów;
- 3) dokumentować procesy diagnostyczne i konserwacyjne tak, aby wykorzystać tę informację w doskonaleniu produktów i w zarządzaniu przez jakość (TQM);
- 4) eliminować źródła powstawania i propagacji wad poprzez sukcesywną analizę wyrobu lub procesu wytwórczego;
- 5) gromadzić i archiwizować dane dla działań prognostycznych i naprawczych.

Poprzez ułatwienie wykrywania i eliminację wad w produkcie oraz całym procesie projektowym, zastosowanie analizy FMEA powinno pozytywnie wpłynąć na poziom jakości, zarówno w wymiarze *ex-post*, jak i *ex-ante*. Ważną konstatacją jest fakt, że niezawodność jest atrybutem dominującym dla oceny jakości projektu.

4.3.3. Metoda planowania eksperymentów DOE

Metoda **DOE** (ang. *Design of Experiments*) planowania eksperymentów pozwala na poszukiwanie takich ustawień parametrów wybranych procesów wytwórczych (projektowo-produkcyjnych), aby zachować ich odporność na zakłócenia zewnętrzne będące przyczynami błędów. Podejście to może istotnie obniżyć koszty wytworzenia produktu.

Parametry w projektowaniu eksperymentów dzielą się na trzy grupy [7]:

- 1) Sterowalne – możliwość wpływania na przebieg procesu poprzez celową zmianę warunków lub wartości atrybutów działania.
- 2) Niesterowalne lub częściowo sterowalne.
- 3) Zakłócające – dzielące się na zakłócenia zewnętrzne i wewnętrzne.

Planowanie eksperymentu bazuje na stworzeniu modelu matematycznego, który opisuje zachowanie badanego obiektu na skutek zmian jego parametrów. Przed przystąpieniem do doświadczeń należy określić [7]:

- 1) przedmiot badań,
- 2) cel badań,
- 3) zakres badań,
- 4) plan doświadczenia (testowania, symulacji).

Po wstępnej ocenie dokonuje się [7]:

- 1) identyfikacji elementów, które poddane będą ocenie,
- 2) zdefiniowania poziomów czynników poddawanych testom,
- 3) wariantowania eksperymentów i przeprowadzania badań w danym środowisku,
- 4) oceny wyników i sporządzenie wniosków z przeprowadzonych badań.

Wyniki przeprowadzonych eksperymentów pozwolą wskazać konkretne czynniki mające silny wpływ na wyjścia danego procesu projektowego oraz te, których wpływ jest znikomy. Umożliwi to skuteczne wyeliminowanie lub ograniczenie przyczyn, które faktycznie mogą spowodować obniżenie jakości produktu/wyniku projektu [20]. Jednocześnie pozwoli na pomijanie w procesie projektowym tych czynników, które mają znikomy wpływ na jakość *ex-post*. Uwzględnienie w projekcie tylko znaczących czynników ograniczy koszty działalności projektowej.

4.3.4. Koncepcja kompleksowego zarządzania jakością TQM

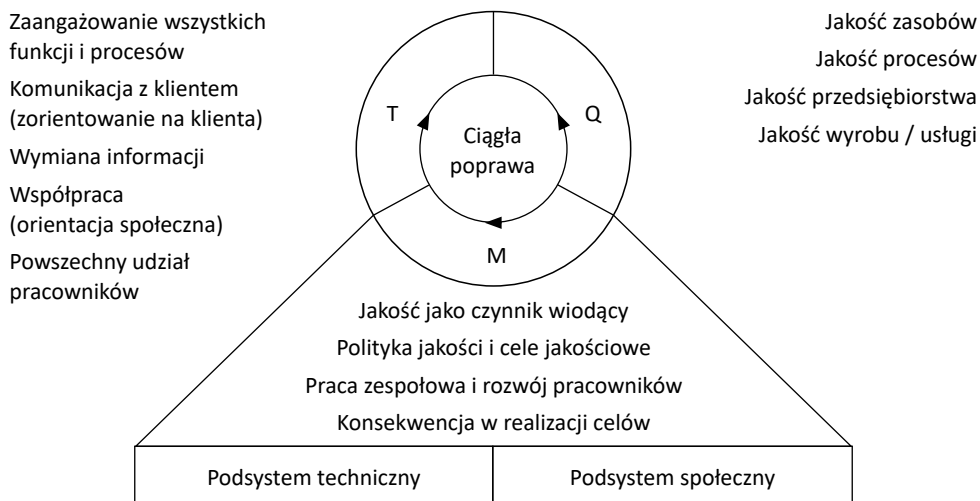
TQM (ang. *Total Quality Management*), czyli kompleksowe zarządzanie jakością, jest kontynuacją koncepcji powstałych w latach 70-80. dwudziestego wieku i wcześniej na bazie współpracy W.E. Deminga i J.M. Jurana po drugiej wojnie światowej [21].

TQM jest ukierunkowana na zaspokajanie oczekiwań i potrzeb klientów poprzez zaangażowanie wszystkich pracowników bez wyjątku w realizację strategii danego podmiotu i jego ciągłe doskonalenie.

Rozwijając skrót TQM, można wyjaśnić, że [21]:

- 1) Total (T) – system zarządzania obejmuje całą organizację (przedsiębiorstwo projektowe) i można go zastosować w każdym rodzaju usług i produkcji, na wszystkich stanowiskach i w każdej komórce organizacji.
- 2) Quality (Q) – spełnienie w pełni zadowalający sposób wewnętrznych i zewnętrznych projakościowych wymagań organizacji.
- 3) Management (M) – traktowanie jakości jako sposobu zarządzania i podejścia służącego rozwiązywaniu problemów i osiąganiu pozytywnych efektów dzięki dążeniu do coraz większej jakości pracy i jej rezultatów.

W ramach TQM wyróżniamy dwa podstawowe podsystemy [21]: techniczny i społeczny, połączone wspólnymi zasadami funkcjonowania. Zasady te obrazuje rysunek 4.3.



Rys. 4.3. Podsystemy TQM

Źródło: opracowanie autorów na podstawie [21].

Widać więc, że koncepcja TQM skupia się na zaangażowaniu wszystkich pracowników w usprawnienie funkcjonowania całego podmiotu/przedsiębiorstwa i osiągnięcie jakości produktów oraz usług na jak najwyższym poziomie.

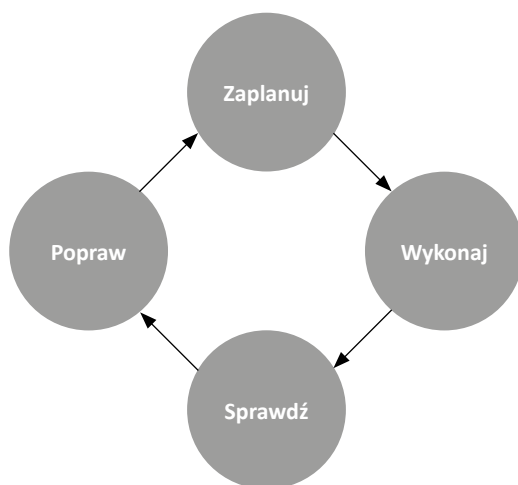
W dalszej części zostaną przedstawione wybrane koncepcje rozwijające szkołę TQM.

4.3.4.1 Koncepcja Deminga

Jednym z „ojców” koncepcji TQM był Walter Edwards Deming, który sprecyzował czternaście zasad [21]:

- 1) Należy ciągle dążyć do doskonalenia własnych produktów i usług, aby stać się konkurencyjnym, nie pozwolić się wyprzeć z rynku i tworzyć nowe miejsca pracy.
- 2) Należy przyjąć filozofię nowej epoki w gospodarce.
- 3) Należy zrezygnować z masowej kontroli w celu zapewnienia jakości, tworzyć jakość w połączeniu z rozwojem produktu i wprowadzić statystyczną kontrolę jakości procesów.
- 4) Zamiast wybierania dostawców wyłącznie według kryterium najniższej ceny, należy minimalizować koszt całości.
- 5) Należy ciągle doskonalić system produkcji oraz usług.
- 6) Należy wprowadzić instytucjonalną zasadę szkolenia pracowników oraz włączyć kierownictwo w ich szkolenie.
- 7) Należy wprowadzić instytucjonalne przywództwo.
- 8) Aby każdy efektywnie wykonywał swoją pracę dla organizacji, należy pozbyć się strachu.

- 9) Należy usunąć bariery pomiędzy wydziałami, wszyscy pracownicy powinni współpracować jako jeden zespół.
- 10) Należy porzucić slogany, upomnienia, hasła i cele dotyczące wysokiej wydajności pracy i braku defektów, gdyż wywołuje to odwrotny skutek. Istota niskiej jakości i niskiej wydajności leży poza zasięgiem pracowników – po stronie systemu.
- 11) Należy eliminować normy produktywności w sferze produkcji oraz zarządzanie przez cele jakościowe i liczby, a zastąpić je przywództwem.
- 12) Należy usunąć bariery, które pozbawiają pracowników i kierownictwo prawa do odczuwania dumy z wykonywania pracy.
- 13) Należy utworzyć solidny program szkolenia i samodoskonalenia.
- 14) Należy zaangażować ogół w program odnowy całej organizacji (projektowo-produkcyjnej).



Rys. 4.4. Koło Deminga

Źródło: opracowanie autorów na podstawie [21].

Deming nakreślił też uniwersalną drogę [21], którą powinny podążać wszystkie organizacje, których celem jest doskonalenie jakości, znaną jako cykl Deminga (koło Deminga lub PDCA), w którym wyróżnia się następujące zalecenia (rys. 4.4):

- 1) Zaplanuj – ustalanie celów i procesów niezbędnych do dostarczania wyników spełniających wymagania klienta i pokrywających się z polityką firmy.
- 2) Wykonaj – wdrażanie procesów (zaplanowanych zadań) początkowo w niewielkiej skali, a następnie we wszystkich docelowych obszarach.
- 3) Sprawdź – monitorowanie i mierzenie procesów i wyrobów w odniesieniu do polityki, wymagań i celów dotyczących wyrobu.
- 4) Popraw – podejmowanie działań dotyczących ciągłego doskonalenia funkcjonowania procesu.

Cykl Deminga jest podstawą do budowy różnych idei o charakterze systemowym (na przykład ISO 9001) oraz innych koncepcji zarządzania jakością (takich jak Six Sigma). Deming wskazał też „siedem grzechów śmiertelnych” [21], stojących na przeszkodzie do skutecznego wdrożenia TQM, a w tym:

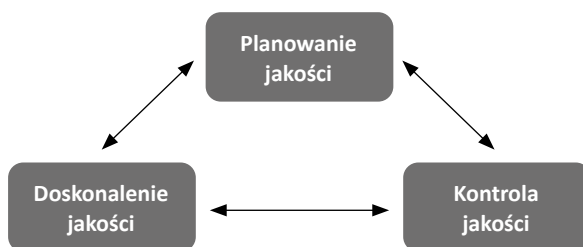
- 1) brak stałości celów,
- 2) brak wizji oraz nacisk na cele krótkoterminowe,
- 3) rotacja na stanowiskach kierowniczych oraz zbyt częsta zmiana zakresu obowiązków,
- 4) zarządzanie opierające się na mierzalnych danych, ale nieuwzględniające danych jakościowych niemierzalnych,
- 5) nadmierne koszty weryfikacji działań oraz zbyt duże koszty, które producent ponosi tytułem gwarancji (nadzoru autorskiego itp.).

Deming dostrzegał różne wymiary jakości i opracował najważniejsze zasady tej koncepcji oraz wskazał, jakie kardynalne błędy uniemożliwiają skuteczne wdrożenie TQM.

4.3.4.2 Koncepcja Juran

Joseph Moses Juran [21] uznał, że za jakość w 80% odpowiada kierownictwo, a tylko w 20% wykonawcy. Ponadto zauważył, że każdy proces (projektowanie, wytwarzanie, dokumentowanie i obsługa klienta) jest uniwersalny w kontekście jakości, a jego składowymi są trzy kolejne elementy (tzw. triada, rys. 4.5) [21]:

- 1) Planowanie jakości – jest to zespół czynności, podjętych w celu rozpoznania klienta, określenia jego potrzeb, rozwijania zgodnie z nimi właściwości produktu, rozwijania procesów umożliwiających uzyskanie stałej jakości produktów, przesunięcie planów jakości na konkretne czynności operacyjne z jednoczesnym szkoleniem.
- 2) Kontrola jakości – rozumiana jako sterowanie jakością. Składa się na nią ocena bieżącego stanu funkcjonowania, jego porównanie z zadanymi celami, zidentyfikowanie powstałej rozbieżności i działania w celu jej zmniejszenia.
- 3) Doskonalenie jakości, czyli jej usprawnianie z użyciem odpowiedniej infrastruktury i zasobów ludzkich.



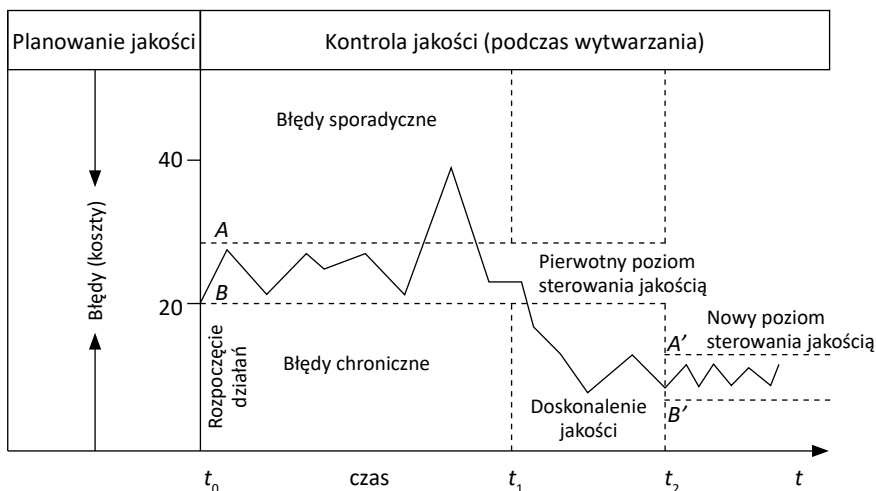
Rys. 4.5. Triada Juran

Źródło: opracowanie autorów na podstawie [21].

Juran uznawał [21], że błędy są elementem każdego procesu i dzielą się na dwie kategorie:

- 1) sporadyczne – pojawiające się nagle odchylenia w stosunku do wymagań jakościowych;
- 2) chroniczne – odchylenia w stosunku do wymagań jakościowych występujące ciągle.

Triadę Jurana na tle powyższych błędów przedstawiono na rysunku 4.6.



Rys. 4.6. Triada Jurana na tle błędów sporadycznych i chronicznych

Źródło: opracowanie autorów na podstawie [21].

Wytyczne określające sposób wdrażania systemu TQM zostały przez Jurana opisane w dziesięciu krokach [21]:

- 1) Uświadomienie sobie potrzeb i możliwości doskonalenia jakości.
- 2) Ustalenie celów ciągłego doskonalenia jakości.
- 3) Stworzenie organizacji mającej pomóc zrealizować te cele.
- 4) Systematyczne szkolenie wszystkich pracowników.
- 5) Wprowadzanie projektów służących rozwiązywaniu problemów.
- 6) Informowanie o zaawansowaniu prac i uzyskanych postępach.
- 7) Wyrażanie uznania za osiągnięcia – motywacja.
- 8) Ogłaszanie wyników – rzetelne prezentowanie efektów.
- 9) Odnotowanie sukcesów oraz gromadzenie informacji o osiągniętych wynikach.
- 10) Usprawnianie systemów i procesów w firmie.

Joseph Juran skategoryzował błędy będące elementem każdego procesu i opracował wytyczne do sposobu wdrażania TQM. Zarówno koncepcja Jurana, jak i Deminga mogą być zastosowane do poprawienia poziomu jakości *ex-ante* w różnego rodzaju projektach, a w szczególności w projektach informatycznych, i mogą pozytywnie wpłynąć na jakość tworzonego systemu informatycznego.

4.3.4.3 Koncepcja kompleksowego sterowania jakością

Armand Vallin Feigenbaum opracował koncepcję **TQC** (ang. *Total Quality Control*), która odwołuje się do kompleksowego sterowania jakością [21]. Według jej autora jakość to wytwór całej organizacji, w związku z tym wszystkie jej poziomy ponoszą odpowiedzialność za jakość, a proces tworzenia jakości powinien zacząć się od badań rynkowych, objąć fazę projektowania, procesy produkcyjne, sprzedaży, a następnie użytkowania.

Feigenbaum położył duży nacisk na wykorzystywanie postępu technicznego i naukowego. Ponadto uznał, że osiągnięcie założonych standardów jakości trzeba rozpatrywać w odniesieniu do [21]:

- 1) ustalania standardów,
- 2) oszacowania możliwości dostosowania się do standardów,
- 3) działań zapobiegawczych i korygujących,
- 4) doskonalenia standardów.

Według tego badacza [21] drogę do osiągnięcia jakości dla każdego pracownika wyznacza dziesięć kamieni milowych jakości:

- 1) Jakość determinowana jest przez procesy zachodzące w całej organizacji.
- 2) Jakość jest tym, co określa klient.
- 3) Jakość oraz nakłady powinny się sumować, a nie odejmować.
- 4) Jakość wymaga poświęcenia indywidualnego i grupowego.
- 5) Jakość jest zadaniem dla kierownictwa.
- 6) Jakość oraz innowacje tworzą wzajemną zależność.
- 7) Jakość to etyka organizacji.
- 8) Jakość wymaga ciągłego doskonalenia.
- 9) Jakość to najbardziej ekonomiczny, wymagający najmniejszych nakładów sposób na zwiększenie produktywności.
- 10) Jakość obejmuje cały system, który wiąże klienta z firmą.

Zaprezentowane powyżej kamienie milowe jakości poszerzają spojrzenie na problem jakości, przy czym Feigenbaum zwraca uwagę na sposoby poprawy jakości samego procesu projektowania w firmie, kładzie także nacisk na osiągnięcie odpowiedniej jakości produktu poprzez spełnienie wymagań klienta (użytkownika).

4.3.4.4 Szkoła japońska

Duży wkład w rozwój koncepcji TQM miała szkoła japońska [21], której głównymi reprezentantami byli Karou Ishikawa i Masaaki Imai. Stworzyli oni koncepcję *kaizen*, która bazuje na następujących zasadach [21]:

- 1) jakość stawiana jest na pierwszym miejscu;
- 2) jakość oznacza zgodność z wymaganiami klientów;
- 3) niezbędne jest współdziałanie wszystkich znaczących funkcji oraz instytucji;

- 4) nieustające podnoszenie poziomu jakości;
- 5) zarządzanie partycypacyjne;
- 6) uwzględnianie w zarządzaniu systemu społecznego.

Są to zasady bardzo podobne do tych przedstawionych w pozostałych szkołach i koncepcjach w obrębie całego TQM. Zasady te powinny być stosowane w projektach informatycznych celem poprawy jakości samego procesu projektowania oraz osiągnięcia zgodnego z wymaganiami klienta produktu końcowego w projekcie.

4.3.4.5 Szkoła brytyjska – koncepcja Johna Oaklanda

Według Johna Oaklanda [21], najważniejszego przedstawiciela brytyjskiej szkoły jakości, TQM jest sposobem zarządzania, mającym na celu przede wszystkim poprawę skuteczności i efektywności w odniesieniu do całej firmy. Należy porzucić tradycyjny sposób wykrywania oraz usuwania wad, polegający na inspekcji i testach, a zamiast tego współdziałać na rzecz jakości na wszystkich poziomach organizacji.

Na rysunku 4.7. przedstawiono klasyczny model TQM według Oaklanda.



Rys. 4.7. Klasyczny model TQM według Oaklanda

Źródło: opracowanie autorów na podstawie [21].

Według Oaklanda największe znaczenie ma praca zespołowa i współdziałanie na rzecz jakości na każdym poziomie przedsiębiorstwa (organizacji, zespołu projektowego itp.). Taka współpraca może znacząco poprawić poziom jakości *ex-ante* dla wszystkich projektów w firmie, w tym także dla projektów informatycznych.

Z upływem lat model klasyczny TQM został zmodyfikowany. Wprowadzono do niego odniesienie do przywództwa i do cyklu PDCA, co przedstawiono na rysunku 4.8.



Rys. 4.8. Zmodyfikowany model TQM Oaklanda

Źródło: opracowanie autorów na podstawie [21].

4.3.4.6 Zalecenia stosowalności TQM

Analiza koncepcji i podstaw TQM pozwala na wskazanie wspólnych wartości oraz filarów zarządzania projektami informatycznymi [21]:

- 1) przyjęcie zasady, że dla organizacji projektowej najważniejszy jest odbiorca/użytkownik końcowy;
- 2) najwyższe kierownictwo musi być zaangażowane w kreowaniu jakości;
- 3) potrzeba szkoleń, doskonalenia umiejętności i podnoszenia kwalifikacji pracowników;
- 4) jakość i kultura jakości powinny być priorytetem w zarządzaniu projektami;
- 5) wszyscy członkowie zespołów projektowych powinni być odpowiedzialni za jakość;
- 6) stosowanie standardów jakości i podejścia systemowego powinno dominować;
- 7) zapobieganie powstawaniu błędów oraz stałe stosowanie narzędzi i metod zarządzania jakością;
- 8) kontrolowanie kosztów jakości oraz dbałość o jakość w pełnym cyklu projektowym.

W działalności organizacji i zespołów projektowych powyższe zasady mogą pozytywnie wpływać na osiągnięty poziom jakości *ex-post* produktów i usług oraz poziom jakości samego procesu projektowania. Wdrożenie zasad TQM poprawia komunikację w zespole projektowym, zwiększa motywację jego członków oraz pozytywnie wpływa na zarządzanie zespołem i integruje jego działania wokół wspólnego celu. Stosowanie definicji i standardów jakości przynosi pozytywne rezultaty dla wszystkich procesów w projekcie. Skupienie się na wymaganiach użytkownika (klienta) pozwala uzyskać satysfakcjonujący poziom jakości produktu końcowego w projekcie.

4.3.5. Koncepcja Six Sigma

Koncepcja Six Sigma bazuje na założeniu zmniejszenia zmienności w procesach w celu zapewnienia i utrzymania poziomu jakości wg miary zwanej poziomem sigma [21], który wyrażony jest odchyleniem standardowym (sigma) w rozkładzie normalnym. Jakość produktu określona jest wartością poziomu sigma, przy czym najwyższy, szósty poziom, do którego należy dążyć, oznacza nie więcej niż 3,4 **DPMO** (ang. *Defects Per Million Opportunities* – DPMO, czyli liczba błędów na milion możliwych wystąpień).

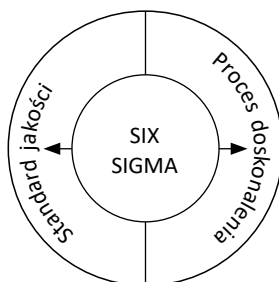
W tabeli 4.4. przedstawiono poszczególne poziomy sigma i ich charakterystyki, związane z liczbą błędów, stopniem zgodności z wymaganiami i kosztami błędów.

Koncepcja Six Sigma dostarcza metod, technik oraz narzędzi wspomagających proces zmian w organizacji [21]. Z jednej strony jest synonimem najwyższego światowego standardu jakości dotyczącego cech wyrobu lub usług. Z drugiej zaś jest to cykliczny, wieloetapowy metaprocess, poprawiający możliwość uzyskania standardu bliskiego perfekcji. Oba te aspekty przedstawiono na rysunku 4.9.

Tabela 4.4. Poziomy sigma

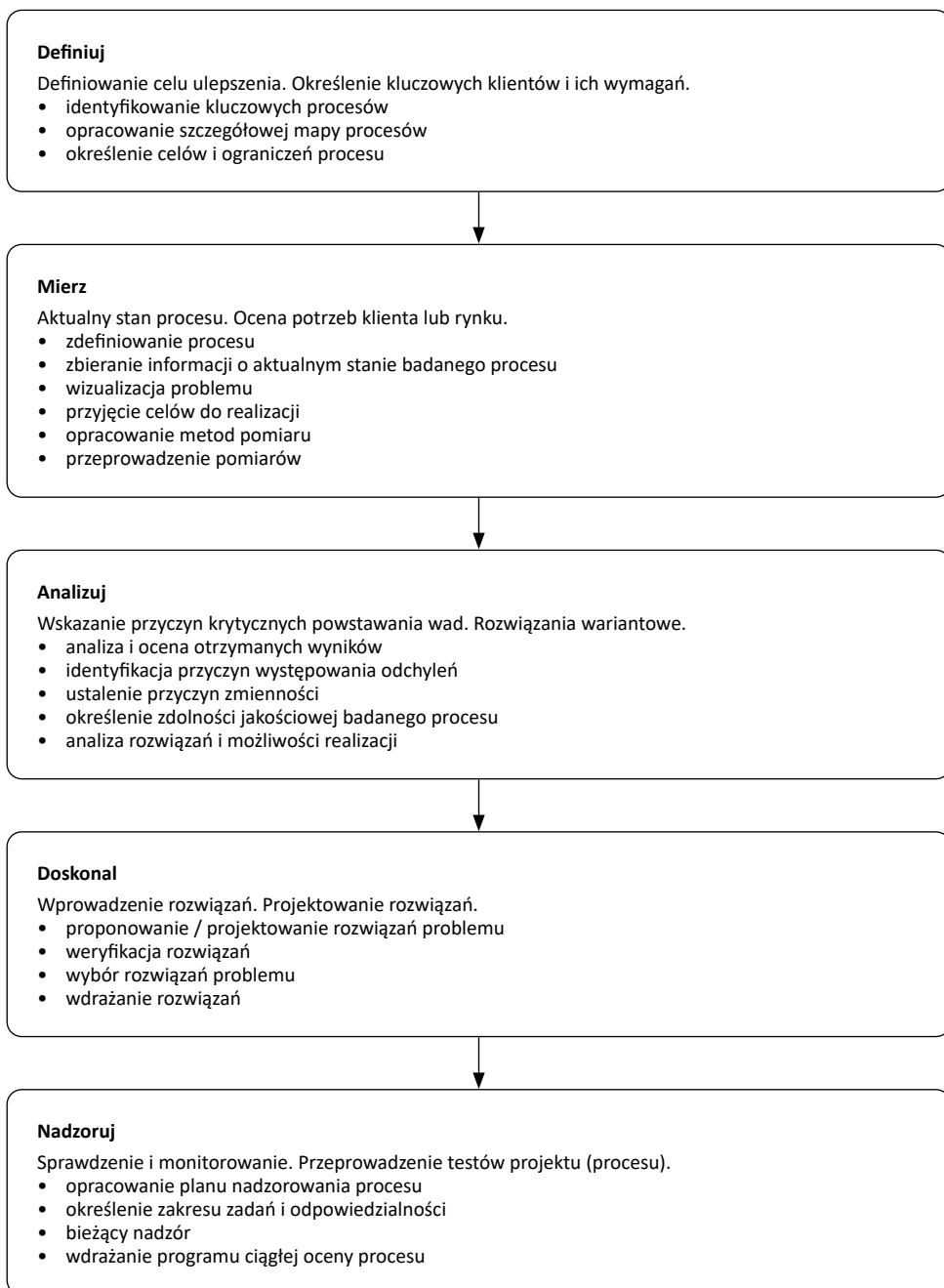
Poziom sigma	DPMO	Stopień zgodności wyników procesu z wymaganiami	Koszty błędów złej jakości (% wartości sprzedaży)
1	697 700	30,23%	< 40%
2	308 537	69,1463%	30 – 40%
3	66 807	93,32%	20 – 30%
4	6210	99,379%	15 – 20%
5	233	99,997%	10 – 15%
6	3,4	99,99966%	< 10%

Źródło: opracowanie własne na podstawie [21].



Rys. 4.9. Zasadnicze aspekty koncepcji Six Sigma

Źródło: opracowanie własne na podstawie [11]



Rys. 4.10. *Cykl DMAIC*

Źródło: opracowanie własne na podstawie [21].

Głównym mechanizmem systemu zarządzania, który jest oparty na Six Sigmie, jest doskonalenie procesów zawarte w cyklu **DMAIC** (ang. *Define Measure Analyse Improve Control*), stanowiącym odmianę klasycznego koła Deminga. Cykl DMAIC został przedstawiony na rysunku 4.10.

W cyklu tym stosuje się wiele różnych metod, technik i narzędzi wspierających poszczególne jego fazy. Są to podstawowe narzędzia mające na celu zbieranie i prezentację danych (np. wykresy Pareto), a także zaawansowane metody statystyczne (takie, jak: analiza korelacji i regresji, analiza wariancji czy planowanie eksperymentów).

Wykaz metod użytych w poszczególnych fazach cyklu DMAIC przedstawiono w tabeli 4.5.

Tabela 4.5. Przykłady narzędzi wykorzystywanych w cyklu DMAIC

Etapy DMAIC	Narzędzia i metody
Definiuj (ang. <i>Define</i>)	Diagramy podobieństwa Schematy przebiegu procesu Diagramy Pareto Metoda FMEA
Mierz (ang. <i>Measure</i>)	SPC MSA SERVQUAL
Analizuj (ang. <i>Analyse</i>)	Diagram Ishikawy Histogramy Metoda 5-why DOE (ang. <i>Design of Experiments</i>) Analiza korelacji i regresji
Popraw (ang. <i>Improve</i>)	Burza mózgow Poka Yoke Diagramy procesów Macierze działań korygujących
Kontroluj (ang. <i>Control</i>)	Plany kontroli i nadzoru SPC Metoda FMEA SS

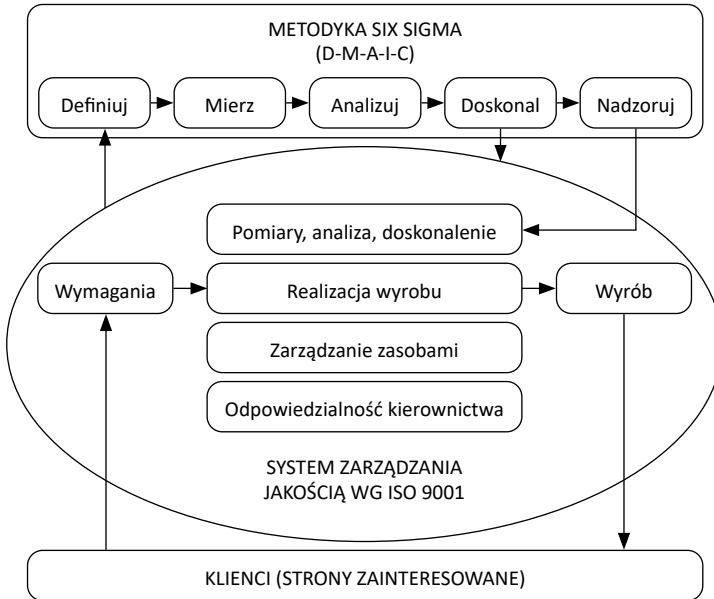
Źródło: opracowanie własne na podstawie [21].

Do ważnych cech koncepcji Six Sigma [21] w kontekście zapewniania i kontroli jakości produktów informatycznych można m.in. zaliczyć:

- 1) przyporządkowanie poszczególnym fazom procesu doskonalenia (cyklu DMAIC) zestawu stosowanych sekwencyjnie metod, technik oraz narzędzi wspierających odpowiednie działania;

- 2) uzależnienie zaakceptowania realizacji pomysłów doskonalących procesy od wykazania uzyskanych z ich wdrożenia wymiernych oszczędności;
- 3) nacisk na potrzeby użytkownika końcowego (odbiorców produktu) przy jednoczesnym zastosowaniu kryterium opłacalności zrealizowanych procesów.

Koncepcja Six Sigma jest powiązana ze standardem ISO 9001. Zależności między fazami cyklu DMAIC, a ISO 9001 przedstawiono na rysunku 4.11, gdzie widoczna jest ciągła dbałość o jakość produktu poprzez stałe monitorowanie i ewaluację czynników jakości.



Rys. 4.11. Relacje między Six Sigma a normą ISO 9001

Źródło: opracowanie własne na podstawie [21].

Wdrożenie zasad koncepcji Six Sigma może poprawiać jakość procesów poprzez systematyczne gromadzenie i analizę danych o czynnikach kształtujących jakość produktów, w tym produktów informatycznych. Mogą to być zarówno ogólne korzyści finansowe, takie jak redukcja kosztów, poprawa produktywności czy zwiększenie udziałów na rynku, jak też korzyści związane z poprawą jakości projektu na poziomie *ex-post* i *ex-ante* (np. zmniejszenie liczby defektów i skrócenie cykli wytwórczych/produkcyjnych/testowych), a także poprawa metodologii projektowania i wdrażania oraz doskonalenia jakości poszczególnych grup produktów i usług.

4.4. Standardy i procedury oceny oraz zapewniania jakości

Standardy jakości to ustalone formalne kryteria, które wskazują na pożądane cechy jakości ISO (ang. *International Organization for Standardization*) [22]. Normy te są znane jako normy serii ISO 9000, dotyczą zapewniania jakości we wszelkich obszarach działalności, na co składają się zestawy procedur opisujących procesy, uczestników tych procesów oraz odpowiedzialności i uprawnienia tych osób [23].

W celu wykazania zgodności ze standardami ISO (certyfikaty), należy wprowadzić zestaw odpowiednich procedur regulujących działanie organizacji. Procedury te muszą być zapisane w firmowej Księdze Jakości oraz musi być potwierdzone ich przestrzeganie.

Standaryzacja i normalizacja prowadzi do sformalizowania i dokumentowania typowych oraz powtarzalnych działań, jednak gdy jest zbyt rozbudowana, to powoduje wzrost kosztów i spowolnienie działań.

System zarządzania jakością według normy ISO 9000 [24] składa się z czterech grup norm podstawowych:

- 1) ISO 9000:2015 – podstawy i terminologia – opis terminów związanych z jakością, zarządzaniem, organizacją, procesami, produktem, zgodnością itp. Definiuje siedem zasad zarządzania jakością, które zostaną przedstawione w dalszej części rozdziału.
- 2) ISO 9001:2015 – wymagania – zawiera dziesięć rozdziałów ujętych procesowo oraz przewodnik do wdrażania systemu jakości. Zawarte w nich wymagania są podstawą do wydania certyfikatu.
- 3) ISO 9004:2009 – wytyczne dla doskonalenia systemu zarządzania jakością.
- 4) ISO 19001:2011 – wytyczne audytowania systemów zarządzania.

Współcześnie funkcjonujące normy zawierają tzw. normy podstawowe obejmujące ogólne postanowienia dotyczące określonej dziedziny oraz normy terminologiczne, czyli definicje terminów wraz z objaśnieniami. Dodatkowo wyodrębnione są normy [24]:

- 1) badań – metody prowadzenia badań;
- 2) wyrobu lub usługi – wymagania odnośnie do konkretnego rodzaju wyrobu;
- 3) procesu – wymagania mające zapewnić funkcjonalność procesu;
- 4) interfejsu – wymagania kompatybilności wyrobów w miejscu ich łączenia;
- 5) danych – wykaz cech, jakie powinny być sparametryzowane w celu określenia wyrobu lub usługi.

Normy ISO 9000:2015 bazują na siedmiu zasadach zarządzania jakością, które odzwierciedlają sposób tworzenia i pielęgnacji jakości przy zidentyfikowanych źródłach kosztów. Zalicza się do nich [25]:

- 1) Zorientowanie na klienta, co oznacza systematyczne badanie potrzeb klienta (użytkownika produktu) i powiązaniu celów firmy z jego potrzebami.
- 2) Znaczenie roli przywódcy (kierownika firmy/zespołu) – jako nośnika statusu jakościowego firmy, przy czym norma zaleca, aby przywódca przedstawiał wizję przyszłości firmy, określał cele i zadania dla członków zespołów wykonawczych oraz wspólne wartości bazujące na zaufaniu a także dbał o zasoby i swobodę działania przy silnej jego inspiracji do projakościowych zachowań.
- 3) Zaangażowanie pracowników jest niezbędne w skutecznym zarządzaniu jakością, przy czym jest to warunkowane:
 - rozumieniem roli w firmie przez pracowników,
 - akceptowaniem przez nich odpowiedzialności,
 - rozumieniem związku między wynikami swojej pracy a celami osobistymi pracownika,
 - zwiększaniem kompetencji pracowników i dzieleniem się wiedzą.
- 4) Podejście procesowe i sama jakość procesów w organizacji są ważne i mogą być realizowane z wykorzystaniem identyfikacji procesowej struktury działań, odpowiedzialności i pomiaru wyników działań.
- 5) Doskonalenie powinno być zjawiskiem permanentnym, co można osiągnąć przez:
 - zachęcanie do doskonalenia (z samej góry),
 - szkolenia na temat doskonalenia,
 - doskonalenie produktów/wyrobów i procesów.
- 6) Rzeczowe podejście do podejmowania decyzji na podstawie faktów z zapewnieniem:
 - dbałości o wiarygodność danych,
 - udostępniania danych wszystkim, którzy ich potrzebują,
 - analizy zebranych danych w kontekście potrzeb związanych z podejmowaniem decyzji.
- 7) Zarządzanie relacjami i tworzenie wzajemnie korzystnych powiązań ze wszystkimi partnerami biznesowymi, co jest warunkowane:
 - identyfikacją kluczowych partnerów biznesowych,
 - współpracą z partnerami opartą na obustronnej korzyści,
 - wspólnym planowaniem z partnerami/współwykonawcami/interesariuszami [26].

W związku z powszechnością stosowania norm ISO 9000, a także zaleceniami standaryzacyjnymi (w tym metodykami projektowo-wytwórczymi) i normalizacyjnymi oraz ich wdrożeniami, także w organizacjach projektowych zapewniany jest wzrost jakości usług i produktów. Nie jest to tylko atutem firmy, ale staje się wręcz warunkiem koniecznym, wymaganym przez klientów i normy prawne. Stosowanie ISO 9000 ułatwia też unikanie błędów w kluczowych z punktu widzenia jakości działaniach projektowych.

4.5. Model ewaluacji jakości *ex-ante*

Prezentowane wyżej metody identyfikacji jakości i modele czy koncepcje zarządzania jakością stają się przesłanką do ewaluacji jakości zarówno w perspektywie *ex-ante*, jak i *ex-post*.

W modelu ewaluacji jakości *ex-ante* ocena dokonywana może być w ankietach przez klienta, zespół projektowy, kierownika projektu lub niezależnego eksperta (osoba oceniająca zależy od struktury kryterium). Skala ocen zależy od dokonującego ewaluacji (można przyjąć skalę 1-5, gdzie 1 jest oceną najłabszą, a 5 najlepszą). W sytuacjach gdy oceniana jest cecha negatywna, 1 oznacza najwyższy poziom tej cechy, a 5 najniższy. W przypadku gdy dany obszar lub atrybut będzie oceniany przez więcej niż jeden podmiot, to ocena może być średnią arytmetyczną za wszystkich oceniających.

Ocenie mogą podlegać następujące obszary i atrybuty, pogrupowane wg poszczególnych kryteriów, co przedstawiono w tabeli 4.6.

Tabela 4.6. Obszary i atrybuty oceniane w modelu jakości *ex-ante*

Oceniany obszar	Kto ocenia	Uwagi
1. RELACJE Z OTOCZENIEM		
Ogólne zadowolenie z komunikacji z zespołem projektowym	Klient	
Poziom zadowolenia z otrzymywania bieżących informacji o stanie realizacji projektu	Klient	
Ocena profesjonalizmu zespołu projektowego	Klient	
Ocena stopnia zrozumienia wymagań przez zespół projektowy	Klient	
Ocena relacji z klientem	Zespół projektowy	
2. OCENA KIEROWNIKA ZADANIA		
Ogólna ocena relacji z kierownikiem projektu	Zespół projektowy	
Ocena stopnia, w jakim kierownik projektu przedstawił ogólne cele i założenia projektu	Zespół projektowy	
Ocena adekwatności podziału zadań pomiędzy członków zespołu projektowego	Zespół projektowy	
Ocena reakcji kierownika projektu na konflikty w zespole	Zespół projektowy	

Oceniany obszar	Kto ocenia	Uwagi
Ocena stopnia zapewnienia zespołowi zasobów niezbędnych do pracy przez kierownika projektu	Zespół projektowy	
Ocena poziomu zaufania do kierownika projektu	Zespół projektowy	
Ocena konfliktowości kierownika projektu	Zespół projektowy	1 – wysoki stopień konfliktowości, 5 – znikomy stopień konfliktowości
Ocena wpływu kierownika projektu na motywację pracowników	Zespół projektowy	
3. OCENA CZŁONKÓW ZESPOŁU WYKONAWCZEGO		
Ogólna ocena zaangażowania zespołu w projekt	Kierownik projektu	
Ocena skuteczności i efektywności pracy zespołu projektowego	Kierownik projektu	
Ocena kompetencji członków zespołu projektowego	Kierownik projektu	
Ocena współpracy między członkami zespołu projektowego	Kierownik projektu	
4. OCENA ZGODNOŚCI Z METODYKĄ		
Ocena zgodności z wybraną metodyką procesów zarządzania projektem	Niezależny ekspert w sprawie wybranej metodyki	
5. OCENA ZAKRESU PROCESU / SYSTEMU		
Ocena stopnia odwzorowania wszystkich wymagań projektu w dokumencie określającym jego zakres (czy nie pojawiały się dodatkowe zadania spoza tego dokumentu)	Kierownik projektu, zespół projektowy	
Ocena stopnia, w jakim zadania projektowe przedstawione w dokumencie określającym zakres projektu były zrozumiałe dla zespołu	Zespół projektowy	
6. OCENA ADEKWATNOŚCI ZASOBÓW		
Ocena stopnia, w jakim dostępne zasoby ludzkie pozwalały na zrealizowanie zakresu projektu w określonym czasie	Kierownik projektu	

Oceniany obszar	Kto ocenia	Uwagi
Ocena stopnia, w jakim dostępne zasoby pozaludzkie pozwalały na zrealizowanie zakresu projektu w określonym czasie	Kierownik projektu	
7. OCENA HARMONOGRAMU		
Ocena stopnia równomierności obciążenia pracą danego pracownika	Zespół projektowy	Każdy pracownik ocenia swoje obciążenie pracą – w jakim stopniu było równomierne (tzn. czy nie było okresów beczynności przeplatanych okresami zbyt intensywnej pracy)
Ocena stopnia realności (możliwości zrealizowania) harmonogramu	Zespół projektowy	
Ocena stopnia równomierności obciążenia pracą pracownika w stosunku do innych pracowników	Zespół projektowy	
Ocena stopnia kontroli realizacji harmonogramu przez kierownika projektu	Zespół projektowy	Czy kierownik projektu skutecznie nadzoruje realizację poszczególnych zadań przez pracowników, zwłaszcza tych, których wykonanie jest niezbędne do wykonania kolejnych zadań przez innych pracowników
8. OCENA RYZYKA		
Ocena poziomu ryzyka projektowego	Kierownik projektu	1 – wysoki poziom, 5 – niski poziom
Ocena kompletności i adekwatności planu zarządzania ryzykiem	Kierownik projektu	
9. OCENA KOMPLETNOŚCI WYMAGAŃ		
Ocena kompletności wymagań projektowych, czyli stopnia, w jakim wymagania klienta zostały zdefiniowane w dokumentacji	Klient, kierownik projektu	

Kryteria w tabeli 4.6 wypisano wielkimi literami w komórkach o szerokości całej tabeli. Każde kryterium składa się z jednego lub kilku obszarów wymienionych pod danym kryterium. Dla każdego kryterium wylicza się średnią arytmetyczną ocen ze wszystkich obszarów przynależnych do danego kryterium, co przedstawia wzór:

$$V_{ij} K_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} o_{ij}}{n_i} \quad (4.8)$$

gdzie:

- K_i – wartość i-tego kryterium,
- o_{ij} – wartość j-tego obszaru i-tego kryterium,
- n_i – liczba obszarów dla i-tego kryterium.

Oszacowanie poziomu jakości jako oceny całego procesu projektowego jest średnią arytmetyczną z ocen wszystkich kryteriów, co przedstawia wzór 4.8:

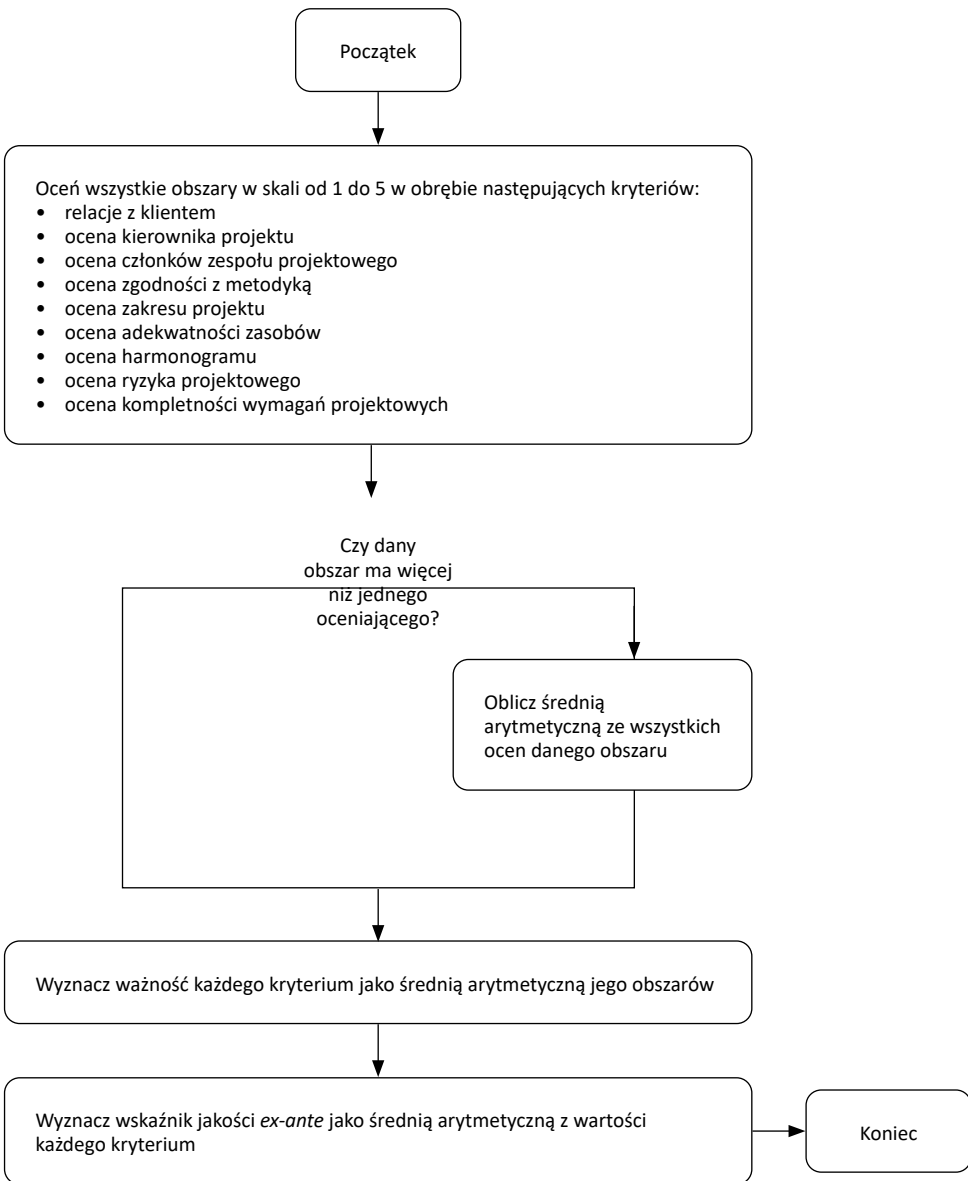
$$V_i J = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n} \quad (4.9)$$

gdzie:

- J – jakość całego procesu,
- K_i – wartość i-tego kryterium,
- n – liczba kryteriów.

Algorytm wyznaczania wskaźnika jakości *ex-ante* wg zaprezentowanego wyżej modelu przedstawiono na rysunku 4.12.

Ocena jakości całkowitej oraz jakości poszczególnych kryteriów pozwoli przeanalizować poszczególne atrybuty projektu o odpowiednim poziomie jakości oraz te, które wymagają poprawy. Dla różnych projektów można wskaźniki ze sobą porównywać, zarówno wskaźnik jakości całkowitej, jak i wartości odpowiednich kryteriów. Można także zbadać korelacje między poszczególnymi wartościami kryteriów w obrębie jednego projektu, celem ulepszenia i uproszczenia przedstawionego modelu. Model ten może być zastosowany do różnych klas i rodzajów projektów, a w tym do projektów informatycznych.



Rys. 4.12. Algorytm wyznaczania wskaźnika jakości ex-ante

4.6. Model ewaluacji jakości *ex-post*

4.6.1. Model ogólny

W modelu ogólnym ewaluacji jakości *ex-post* przyjmuje się miarę jakości produktu jako sumę iloczynów wartości kryteriów systemowych oraz wag przypisanych danemu kryterium, co przedstawiono wzorem:

$$J = \sum w_i \cdot k_i \quad (4.10)$$

gdzie:

J – jakość,

k_i – wartość i-tego kryterium, $k_i \in <0, 1>$,

w_i – wartość wagi dla i-tego kryterium.

Poszczególne kryteria uwzględniane w ocenie jakości (np. funkcjonalność, użyteczność, bezpieczeństwo, efektywność, niezawodność) przyjmują wartości z zakresu $<0,1>$, gdzie 1 jest wartością idealną, a wartość kryterium oznacza, w jakim stopniu wartość idealna została osiągnięta.

Wartości wag mogą być dowolne, ale zakłada się, że suma wartości wag jest stała, co zapisano wzorem:

$$\sum w_i = A \quad (4.11)$$

gdzie:

A – ustalona suma wag,

w_i – wartość wagi dla i-tego kryterium.

Założenie to ma na celu porównanie wyników dla różnych projektów o różnej skali złożoności i nawet różnych klas. Wartości poszczególnych kryteriów mogą być wyznaczone (oszacowane) po zakończeniu konkretnego projektu przez członków zespołu projektowego lub niezależnych ekspertów, w zależności od kryterium i przyjętej jego definicji.

Wartości wag mogą być wyliczone podczas określania wymagań projektu w następujący sposób:

Kryteria związane z wymaganiami klienta:

- analityk definiuje zbiór wymagań klienta/użytkownika,
- wybrane (niekoniecznie wszystkie) wymagania nakierowane są na konkretne kryteria systemowe,
- użytkownik/klient określa ważność wymagań, które zostały przypisane do poszczególnych kryteriów,
- analityk na podstawie oceny klienta/użytkownika przypisuje ww. wymaganiom współczynniki oceny klienta. Współczynniki te mogą przyjąć dowolną wartość nieujemną, przy czym wprowadza się jedno ograniczenie, aby suma wszystkich współczynników dla jednego kryterium nie przekroczyła przyjętej wcześniej wartości, co zapisano wzorem:

$$V_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} < = S \quad (4.12)$$

gdzie:

- α_{ij} – wartości kolejnych współczynników oceny klienta dla i-tego kryterium, $\alpha_{ij} \geq 0$,
- i – indeks kolejnego kryterium,
- S – stała maksymalna wartość sumy współczynników ($S > 0$).

Po wyznaczeniu parametrów początkowych (w strukturze konstruowania oceny) należy postępować według następujących kroków:

- 1) Analityk przypisuje ww. wymaganiom współczynniki ważności z punktu widzenia firmy (zespołu projektowego), które mają podobne ograniczenia, jak współczynniki oceny klienta/użytkownika, co można wyrazić wzorem:

$$V_i \sum_{j=1}^n \beta_{ij} < = S \quad (4.13)$$

gdzie:

- β_{ij} – wartości kolejnych współczynników ważności dla firmy dla i-tego kryterium $\beta_{ij} \geq 0$,
- i – indeks kolejnego kryterium,
- S – stała maksymalna wartość sumy współczynników – taka sama jak dla wsp. oceny klienta ($S > 0$).

- 2) Analityk przypisuje procentowo znaczenie dla współczynników oceny klienta/użytkownika x_α i współczynników ważności dla firmy/zespołu x_β – z zachowaniem zasady, aby:

$$x_\alpha + x_\beta = 100\% \quad (4.14)$$

- 3) Dla każdego wymagania należy wyznaczyć całościowy współczynnik ważności danego wymagania, zgodnie ze wzorem (4.15).

$$p_{ij} = x_{\alpha} \cdot \alpha_{ij} + x_{\beta} \cdot \beta_{ij} \quad (4.15)$$

gdzie:

- i – indeks kolejnego kryterium,
- j – indeks wymagania w ramach kryterium,
- p_{ij} – całościowy współczynnik ważności danego zadania.

- 4) Mając współczynniki szczegółowe dla każdego wymagania (atrybutu) w obrębie danego kryterium, wyznacza się całościowy współczynnik ważności kryterium będący sumą współczynników dla wymagań z danego kryterium. Wylczenie tego współczynnika powinno być dokonane dla wszystkich kryteriów, co można zapisać wzorem:

$$V_i m_i = \sum_{j=1}^n p_{ij} \quad (4.16)$$

gdzie:

- m_i – całościowy współczynnik ważności i-tego kryterium,
- p_{ij} – całościowy współczynnik ważności danego wymagania.

- 5) Dla pozostałych kryteriów postępuje się podobnie, jak w przypadku wymagań klienta, przy czym pomija się tu ocenę klienta:

- rozpisuje się je na mniejsze wymagania, zgrupowane w różnych kryteriach,
- analityk przypisuje ww. wymaganiom współczynniki ważności (od razu całościowe, ponieważ nie uwzględnia się tutaj oceny klienta), przy czym współczynniki te mogą przyjąć dowolną wartość nieujemną, ale przy ograniczeniu, że suma wszystkich współczynników dla jednego kryterium nie może przekroczyć przyjętej wcześniej wartości (tej samej, jak dla wymagań klienta), co zapisano wzorem:

$$V k_i = \sum_{j=1}^n p_{ij} \leq S \quad (4.17)$$

gdzie:

- p_{ij} – wartości kolejnych współczynników oceny klienta dla i-tego kryterium,
- $\alpha_{ij} \geq 0$,
- k_i – wartości i-tego kryterium, $k_i \in \langle 0, 1 \rangle$,
- S – stała maksymalna wartość sumy współczynników ($S > 0$).

- mając współczynniki szczegółowe dla każdego wymagania w obrębie kryterium, należy wyznaczyć całościowy współczynnik ważności kryterium będący sumą współczynników dla wymagań z danego kryterium, przy czym wyznaczenie tego współczynnika powinno być dokonane dla wszystkich kryteriów, co wyraża wzór:

$$V_i m_i = \sum_{j=1}^n p_{ij} \quad (4.18)$$

gdzie:

m_i – całościowy współczynnik ważności i-tego kryterium,

p_{ij} – całościowy współczynnik ważności danego wymagania.

6) Wyliczenie wag dla kryterium:

- mając całościowe współczynniki dla każdego kryterium (wartości), należy wyliczyć wagę charakterystyczną dla każdego kryterium zgodnie z poniższym wzorem:

$$V_i \frac{w_i}{A} = \frac{m_i}{\sum_{k=1}^n m_k} \quad (4.19)$$

gdzie:

w_i – waga dla i-tego kryterium,

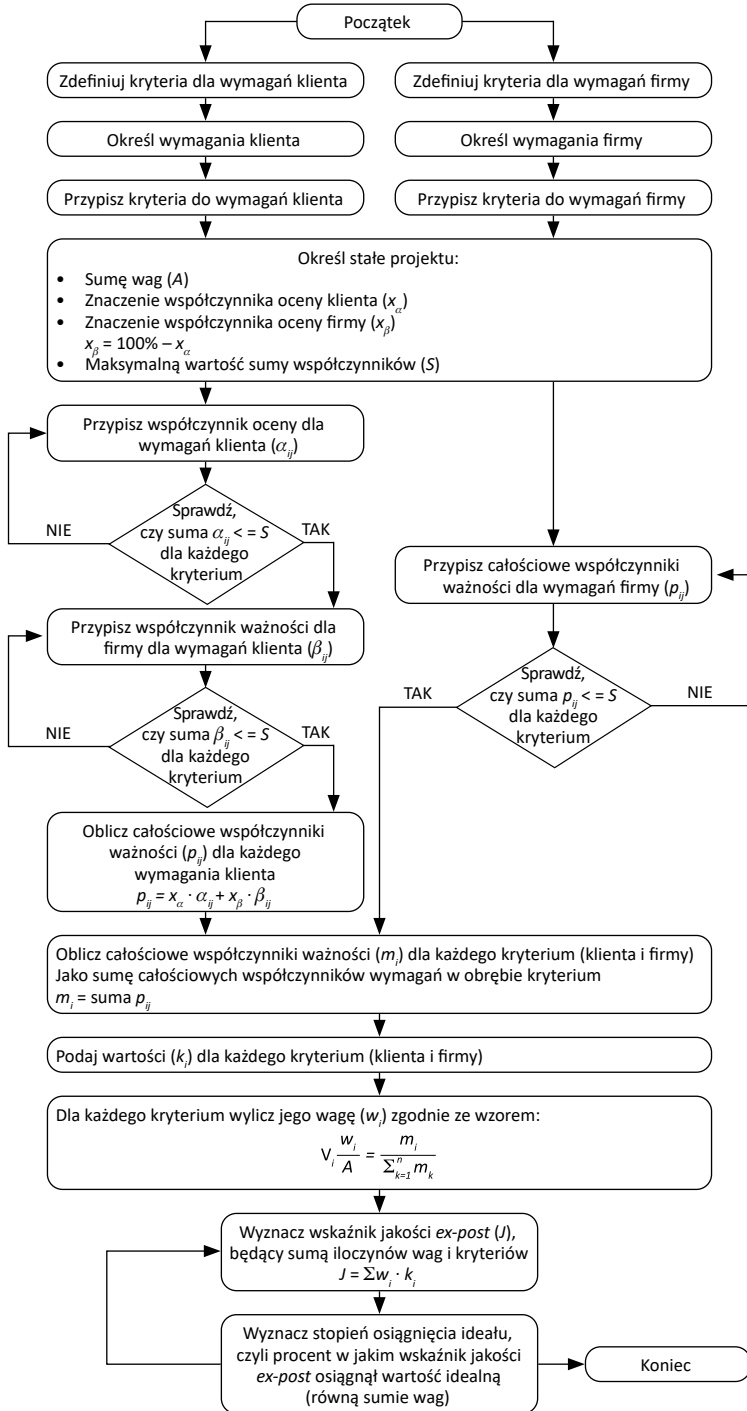
A – ustalona suma wartości wag,

m_i – całościowy współczynnik ważności i-tego kryterium,

n – liczba wszystkich kryteriów.

Mając wyliczone wszystkie wagi oraz znając wartości poszczególnych kryteriów systemowych, można obliczyć wskaźnik jakości *ex-post* w projekcie, a także procentowy stopień osiągnięcia ideału, który jest ilorazem procentowym uzyskanego wskaźnika jakości oraz wskaźnika idealnego. Wskaźnik idealny oznacza wartość, którą można byłoby osiągnąć, gdyby wszystkie kryteria systemowe przyjęły najwyższą wartość równą 1.

Algorytm opisujący syntetycznie sposób postępowania wg opisanego modelu ogólnego ewaluacji jakości *ex-post* przedstawiono na rysunku 4.13.



Rys. 4.13. Algorytm wyznaczania wskaźnika jakości ex-post

4.6.2. Modele szczegółowe

Modele szczegółowe mogą być tworzone dla konkretnej firmy lub wręcz dla konkretnego projektu wg preferencji zespołu projektowego. Wybierane są wtedy jedynie te kryteria, które dana firma czy zespół będzie eksponować i uwzględniać w ocenie jakości *ex-post*, przy konkretnych założeniach czy ograniczeniach wartości stałych (suma wag, stała maksymalna wartość sumy współczynników, procentowe znaczenie współczynnika oceny klienta/użytkownika/sponsora i współczynnika ważności dla firmy/zespołu).

Implementacja modelu ogólnego pozwala na dostosowanie tego modelu do skwantyfikowanych kryteriów wg potrzeb konkretnej organizacji. Oznacza to duży stopień swobody w doborze ocenianych kryteriów systemowych połączonej z możliwością przyjęcia indywidualnych definicji tych kryteriów oraz ograniczeń przy przypisywaniu wymagań dla danego kryterium.

Przykładowy sposób wykorzystania tego modelu przedstawiono w załączniku 3.

4.7. Podsumowanie rozdziału czwartego

W tym rozdziale przeanalizowano i przedstawiono szereg zagadnień związanych z szeroko rozumianym pojęciem jakości w projekcie, począwszy od zdefiniowania atrybutu jakości projektu i jej powiązania z kryteriami systemowymi, często wykorzystywanymi do ewaluacji różnych perspektyw postrzegania jakości w ujęciu jakości *ex-post* i *ex-ante* [5]. Opisano też wybrane metody zarządzania jakością, a w tym metodę QFD, FMEA, DOE, TQM oraz Six Sigma. Uwypuklono także standardy oceny i zapewniania jakości (normy ISO 9000).

W dalszej części rozdziału przedstawiono propozycję autorskich modeli do ewaluacji jakości *ex-ante* i jakości *ex-post*. Modele te zaprezentowano w postaci studium przypadku bazującego na dwóch projektach (załącznik nr 3) oraz dokonano porównania wskaźników jakości obu projektów z konstatacją, że jakość *ex-ante* silnie wpływa na jakość *ex-post*.

Zaprezentowane tu modele ewaluacji jakości można w konkretnych sytuacjach upraszczać, np. poprzez silną korelację między kryteriami lub obszarami oceny jakości *ex-ante*, co zredukowałoby liczbę ocenianych czy uwzględnianych atrybutów lub obszarów oceny (np. przy odpowiednio silnej korelacji między dwoma kryteriami wystarczyłoby analizować tylko jedno z nich).

Analiza podstaw teoretycznych oraz zaproponowanych modeli ewaluacji jakości potwierdza, że jakość projektu jest kryterium uogólnionym, połączonym z wieloma innymi kryteriami systemowymi. Złożoność tego kryterium i procesu zarządzania jakością w projekcie wymaga odpowiednich zasobów, czasu i wysiłku wielu osób, ponieważ oznacza zarządzanie ogółem wymagań we wszystkich fazach projektu. Ważne jest, aby na bieżąco ewaluować i kontrolować jakość już w początkowych fazach realizacji projektu. W przypadku stwierdzenia nieprawidłowości w postaci zbyt niskiego wskaźnika jakości w której-

kolwiek fazie projektu, należy jak najszybciej podjąć działania naprawcze, ponieważ w dalszych fazach koszty takich działań będą coraz wyższe. Pominięcie któregośkolwiek aspektu oceny projektu może znacząco obniżyć jakość zarówno w wymiarze procesu projektowania, jak i jakość samego produktu.

Poza możliwością poprawy jakości w bieżących projektach, ewaluowanie jakości może też skutkować poprawą wskaźników jakości w przyszłych projektach [22]. Dlatego warto posiłkować się wskazanymi modelami ewaluacji jakości w odniesieniu do wszystkich, także realizowanych w przeszłości projektów, aby uchwycić głębsze zależności między różnymi aspektami tej oceny.

Bibliografia

- [1] Tochman R., *Definicje jakości*, Jakosc.biz, 2009, <http://www.jakosc.biz/definicje-jakosci/>.
- [2] Podgórska M., *Istota jakości w zarządzaniu projektami*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Organizacja i Zarządzanie 2003, zeszyt 63.
- [3] *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK) Guide*, Sixth Edition, Project Management Institute, Newtown Square, PA, 2017.
- [4] Bradley K., *Podstawy metodyki PRINCE2™*, wyd. 3, Centrum Rozwiązań Menadżerskich S.A., Warszawa 2006.
- [5] Haber A., *Ewaluacja ex-post. Teoria i praktyka badawcza*, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa 2007.
- [6] Szczepańska K., *Modele ewaluacji jakości w projektach informatycznych*, praca mgr, promotor: Piotr Zaskórski, Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki 2018.
- [7] Zaskórski P., Zespół Dyplomatów, *Wybrane zagadnienia ewaluacji i walidacji projektów*, WWSI, Warszawa 2015.
- [8] Zaskórski P., Woźniak J., Szwarec K., Tomaszewski Ł., *Zarządzanie projektami w ujęciu systemowym*, wyd. 2, WAT, Warszawa 2015.
- [9] Kirsten B., *Ryzyko w projektach inwestycyjnych sektora ochrony środowiska. Cz. 1. Ryzyko jest wszędzie, czyli zamiast wstępu*, Inżynieria.com, http://wydawnictwo.inzynieria.com/cat/64/mag_id/2/art/20299/w/69/a/archiwum/module_id/143/ryzyko-w-projektach-inwestycyjnych-sektora-ochrony-srodowiska.
- [10] Wysocki R.K., McGary R., *Efektywne zarządzanie projektami*, wyd. III, Helion, Gliwice 2005.
- [11] Kierzkowski T., *Ocena (ewaluacja) programów i projektów o charakterze społeczno-gospodarczym w kontekście przystąpienia Polski do Unii Europejskiej*, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa 2002.
- [12] Lock D., *Podręcznik zarządzania jakością*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
- [13] Wawak S., Turek B., *Koszty jakości*, Encyklopedia Zarządzania, https://mfiles.pl/pl/index.php/Koszty_jakości.
- [14] Kolm A., *Zarządzanie projektami IT*, <http://zarzadzanieprojektami.it/>.

- [15] Ficek-Wojciuch K., *Formy i skuteczność działań projektów aktywizujących osoby w trudnej sytuacji na rynku pracy województwa śląskiego*, Barometr Regionalny, Tom 14 nr 1, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, 2016.
- [16] Petryniak R., *Szacowanie rozmiaru oprogramowania*, <https://sites.google.com/site/rafalpetryniakcourses/przedmioty/metrologia-informatyczna/cwiczenia-i-projekt/szacowanie-rozmiaru-oprogramowania>.
- [17] Petryniak R., *Szacowanie pracochłonności (metoda COCOMO i Delficka)*, <https://sites.google.com/site/rafalpetryniakcourses/przedmioty/metrologia-informatyczna/cwiczenia-i-projekt/szacowanie-pracochlonnosci-1>.
- [18] Macha E., Niesłony A., *Niezawodność systemów mechanicznych*, Politechnika Opolska, Opole 2010.
- [19] *Cytaty i parafrazy dla: jakość projektu*, Encyklopedia Zarządzania, https://cytaty.mfiles.pl/index.php/keyword/4161/0/jako%C5%9B%C4%87_projektu.
- [20] *A01 Metodologia Projektowa*, Urząd Marszałkowski w Łodzi, 2009, http://www.slideshare.net/POKL_LODZKIE/a01-metodologia-projektowa.
- [21] Wiśniewska M.Z., Grudowski P., *Zarządzanie jakością i innowacyjność w świetle doświadczeń organizacji Pomorza*, InnoBaltica, Gdańsk 2014.
- [22] Sikorski J., *Zarządzanie przez jakość, 2. Wdrażanie systemów zapewnienia jakości (normy ISO 9000)*, https://www.ibspan.waw.pl/~sikorski/tqm/wyk_2.htm.
- [23] Tochman R., *Norma ISO 9001:2008*, Jakosc.biz, 2020, <https://www.jakosc.biz/norma-iso-90012008/>.
- [24] Łabuda W., *Wykłady z zaawansowanej inżynierii oprogramowania*, WWSI, Warszawa 2016.
- [25] Wawak S., *Zasady zarządzania jakością*, Encyklopedia Zarządzania, https://mfiles.pl/pl/index.php/Zasady_zarządzania_jakością.
- [26] Sikorski J., *Zarządzanie przez jakość, 3. Metody planowania jakości*, https://www.ibspan.waw.pl/~sikorski/tqm/wyk_3.htm.

