

Słowo „drzewo” powinno być tu ujęte w cudzysłów, jako że niektóre składowe pojawiają się w kilku gałęziach drzewa. To znaczy że np. łatwość śledzenia i łatwość testowania określają zarówno funkcjonalność oprogramowania, jak i jego wiarygodność.

Nie jest to jedyny model ani też konkretny model standardowy. Znany jest np. model McCalla czy też model ISO/IEC 9126 (omawiane w dalszej części książki). Podany tu przykład ma nam uzmysłowić złożoność pojęcia jakości oprogramowania. Ma też posłużyć do zilustrowania modelu pomiarów jakości.

## 6.1. Wagi atrybutów

Jeśli jakość jest zdefiniowana jako stopień spełnienia wymagań, to zachodzi pytanie – jaką skalę wartości może osiągać ten stopień? Do tego celu przyjmuje się skalę od 0 do 1, gdzie 0 oznacza całkowity brak jakości, np. brak realizacji jakiegokolwiek funkcji, a 1 oznacza maksymalną jakość, np. realizację wszystkich wymaganych funkcji.

Skoro jakość jest zdefiniowana jako stopień spełnienia wymagań klienta/użytkownika i składa się ze stopni spełnienia jego wymagań w zakresie funkcjonalności, wiarygodności, wydajności, elastyczności i użyteczności, to jak przekładają się *składowe jakości* (atrybuty) na jakość całkowitą? Intuicyjnie rzecz ujmując, można przyjąć, że różne składowe jakości mogą mieć różną *wagę* dla różnych produktów. Wówczas jakość oprogramowania może być matematycznie obliczona jako *średnia ważona* (ang. *weighted mean*):

$$Q_k = \frac{\sum_{i=1}^{N_{k+1}} W_{k+1i} Q_{k+1i}}{\sum_{i=1}^{N_{k+1}} W_{k+1i}},$$

gdzie:

- $Q_k$  jest jakością oprogramowania na  $k$ -tym poziomie drzewa jakości,  $Q_0$  jest jakością całkowitą,
- $N_{k+1}$  jest liczbą składowych jakości na poziomie  $k + 1$ ,
- $Q_{k+1i}$  jest wartością składowej jakości na poziomie  $k + 1$ ,
- $W_{k+1i}$  jest liczbą nieujemną określającą wagę  $i$ -tej składowej jakości na poziomie  $k + 1$ .

Formuła średniej ważonej zapewnia, że jeśli wszystkie składowe  $Q_{k+1}$  niezależnie od wartości wag  $W$  są w zakresie od 0 do 1, to wartość  $Q_k$  jest też w zakresie od 0 do 1.

Jakie mogą być wagi składowych jakości? To już zależy od dziedziny zastosowania oprogramowania (czyli typu aplikacji). Przykładowe wagi przedstawiono w tab. 3.

Zwróćmy uwagę na wysoką wagę wydajności i elastyczności w przypadku aplikacji internetowych oraz na to, że elastyczność ma większą wagę od wydajności. Elastyczność oznacza tu przede wszystkim przenośność oprogramowania, czyli możliwość uruchomienia na różnych komputerach użytkowników (zarówno nowszych, jak i starszych), na różnych systemach operacyjnych (Windows, Linux lub iOS). Jak oprogramowanie da się uruchomić, to w grę wchodzi wydajność, zwłaszcza szybkość ładowania aplikacji i przesyłania danych przez słabsze łącza.

**Tabela 3.** Przykładowe wagi głównych składowych jakości

Składowa\typ aplikacji	Aplikacje specjalistyczne	Aplikacje internetowe	Systemy czasu rzeczywistego
Funkcjonalność	0,7	0,7	0,7
Wiarygodność	0,8	0,5	1
Wydajność	0,2	0,8	0,4
Elastyczność	0,3	1	0,3
Użyteczność	0,3	0,8	0,6

Zwróćmy również uwagę na to, że wydajność wcale nie ma najwyższej wagi dla systemów czasu rzeczywistego. Tam liczy się przede wszystkim wiarygodność, czyli, czy program zdąży zadziałać w określonym limicie czasowym (np. uruchomić tłoki hamulców w samochodzie w czasie 100 ms od wykrycia przeszkody).

Wyżej podane wagi są jedynie propozycjami. Dużo zależy od dziedziny zastosowania. Na przykład w aplikacjach diagnostyki medycznej wiarygodność będzie bardziej istotna niż w przypadku programu do składania tekstów w drukarni; dla aplikacji internetowej do zakupu biletów na samolot najważniejsza będzie wiarygodność, a dla udostępniania zdjęć z wakacji – wydajność.

Ważne jest, aby wagi składowych jakości były ustalane przez klienta/użytkownika, bo muszą odzwierciedlać jego punkt widzenia. Ważne jest też, aby raz ustalone wagi nie były zmieniane w czasie obliczania jakości, a już zwłaszcza nie były zmieniane dla dostosowania wyników do oczekiwań klienta.

Do czego prowadzi takie definiowanie składowych jakości? Można tę czynność kontynuować tak długo, aż każda podstawowa składowa jakości będzie już pojęciem niepodzielnym i to takim, które można mierzyć. Takie mierzalne pojęcie nazywamy *metryką*.

## 6.2. Co to są metryki i miary jakości?

Jak mierzyć np. *kompletność funkcjonalną*? Jeśli kompletność funkcjonalna jest to *stopień realizacji wymaganych funkcji*, to można ją wyrazić jako *iloraz liczby zrealizowanych funkcji przez liczbę wymaganych funkcji*:

$$\text{kompletność funkcjonalna} = \frac{\text{liczba zrealizowanych funkcji}}{\text{liczba wymaganych funkcji}}$$

W tym rozdziale będziemy odróżniać pojęcie *metryki*, *miary* i *pomiaru*, chociaż nie wszyscy autorzy tak robią<sup>2</sup>. W standardzie IEEE 610.12-1990 [34] *metryka* (ang. *metric*) to „Miara ilościowa stopnia, w jakim system, komponent lub proces ma dany atrybut”.

<sup>2</sup> Na przykład w normie ISO/IEC 9126 metryki i miary są ze sobą utożsamiane.

Definicja ta kieruje czytelnika dalej do terminu „*metryka jakości*” (ang. *quality metric*), który ma dwie definicje:

1. „*Miara ilościowa stopnia, w jakim element ma dany atrybut jakości*”.
2. „*Funkcja, której wejścia to dane softwarowe i której wyjściem jest pojedyncza wartość liczbowo interpretowana jako stopień, w jakim oprogramowanie ma dany atrybut jakości*”.

Z kolei w słowniku pojęć stosowanych inżynierii wymagań [46] znajdziemy definicje różniące, powołujące się na standard ISO 14598 [47]:

„*Miara* (ang. *measure*): Liczba lub kategoria przypisana do atrybutu bytu przez pomiar”.

„*Pomiar* (ang. *measurement*): Proces przypisania liczby lub kategorii do bytu w celu opisanie atrybutu tego bytu”.

„*Metryka* (ang. *metric*): Skala pomiaru i metoda stosowana do pomiaru”.

My będziemy stosować następujące rozumowanie:

- Jakość oprogramowania może być opisana przez zbiór *cech (atrybutów) jakościowych* (ang. *quality attributes*) wyrażających stopień spełnienia wymagań (potrzeb i oczekiwań) klienta/użytkownika. Wartość każdego atrybutu można wyznaczyć na podstawie jego atrybutów składowych lub pomierzyć.
- *Metryka* (ang. *metric*) jest taką cechą (atrybutem) oprogramowania, którą można mierzyć.
- *Miara* (ang. *measure*) jest wartością, która może być przypisana do metryki. Miara opisuje sposób i skalę pomiaru.
- *Pomiar* (ang. *measurement*) jest procesem wyznaczenia miary.

### 6.3. Skalowanie i normalizacja miar

W naszym modelu matematycznym jakości przyjęliśmy, że każda składowa jakości (atrybut jakościowy) może przyjmować wartości od 0 (brak spełnienia wymagań) do 1 (spełnienie wszystkich wymagań). Czyli metryki też powinny przyjmować wartości od 0 do 1. Ale *miary* mogą mieć inną *skalę* (ang. *measure scale*) niż 0–1.

Najprostsza sytuacja (jak by się wydawało) jest wtedy, gdy miara ma *skalę procentową* (ang. *percent scale*). Wówczas wartość 0% miary jest odwzorowywana na wartość 0 metryki, a 100% miary na wartość 1 metryki.

Taką sytuację mamy np. dla kompletności funkcjonalnej liczonej wg wzoru (1). Jeśli poprawność będziemy mierzyli przez testowanie i będziemy dzielili liczbę błędnie uzyskanych wyników testów przez liczbę wszystkich testów, to dla zachowania skali 0 – całkowity brak poprawności, 1 – stu procentowa poprawność, musimy wynik dzielenia odjąć od 1:

$$\text{poprawność} = 1 - \frac{\text{liczba błędnych wyników}}{\text{liczba wszystkich testów}} \quad (1)$$