

Odwrotna analiza wartości brzegowych przy zaokrągłaniu wartości

W systemach informatycznych istnieje duże prawdopodobieństwo, że oprogramowanie będzie się błędnie zachowywać dla wartości na krawędziach klas równoważności. **Wartości brzegowe** to minimum i maksimum klasy równoważności. Wartości brzegowe mogą być poprawne i niepoprawne. Technika ta jest często uznawana za rozwinięcie techniki podziału na klasy równoważności.

Postawmy teraz problem odwrotnie - co w przypadku, gdy system informatyczny sam musi wyznaczyć wartości brzegowe za pomocą pewnych działań matematycznych lub funkcji? Jak tutaj podejść do wartości brzegowych i co to będą za wartości?

Autorzy artykułu pragną przedstawić problemy związane z wykonywaniem pewnych działań oraz funkcji na wartościach liczbowych i ich zaokrągleniem.

1. Cena, ilość, wartość

Aby zobrazować problem związany z zaokrągleniem posłużmy się przykładem związanym z przeliczaniem ilości, ceny i wartości. Załóżmy, że w pewnym programie istnieją pola zależne: ilość, cena oraz wartość. Wszystkie trzy pola mogą być edytowane. W związku z tym należy zdefiniować kolejność przeliczania pól względem siebie, np.:

- (1) jeżeli zmieniamy ilość, to zmienia się wartość, cena pozostaje
- (2) jeżeli zmieniamy wartość, to zmienia się cena, ilość pozostaje
- (3) jeżeli zmieniamy cenę, to zmienia się wartość, ilość pozostaje.

Na pierwszy rzut oka zasady wydają się jasne. Domyślnie cena wynosi 20 zł, ilość 80 szt. Wartość wobec tego wynosi 1600 zł. Wystarczy wykonać następujące kroki:

- Zmieniamy wartość na 1600,07 zł. System liczy cenę:
 $Cena = 1600,07 \text{ zł} / 80 \text{ szt.} = 20,0008 \text{ zł}$, co po zaokrągleniu daje cenę = 20 zł, czyli nic się nie zmieniło.
- Idziemy dalej, wpisując teraz wartość = 1601,09 zł.
- Wtedy cena = $1601,09 / 80 \text{ szt.} = 20,0136 \text{ zł}$, co daje po zaokrągleniu cenę 20,01 zł. Sprawdzając działanie $20,01 \text{ zł} * 80 \text{ szt.} = 1600,80 \text{ zł}$, ale tym razem za mało.



Nasuwa się teraz na myśl pytanie: Czy wystarczą do opisu działania funkcji tylko trzy zasady przeliczania ceny, ilości oraz wartości? Sporo osób odpowie, że nie ponieważ warunek (2) jest **niesprecyzowany**. Należy go rozszerzyć o obsługę przypadków przedstawionych wyżej. Poprawa założeń może być w formie komunikatu, który ostrzega, że wystąpią niezgodności po wprowadzeniu pewnych kwot i wtedy system poprawia wartości albo po prostu używa blokady dla edycji. Należy zatem zastanowić się, czy w ogóle warunek (2) ma sens istnienia, ponieważ „**grosz pomnożony przez dużą liczbę daje niemalą wynik**”.

Wnioski z podanego przykładu są takie, że należy bardzo ostrożnie projektować funkcje, który wykorzystują zaokrąglenia i wyznaczają pewne wartości za pomocą matematycznych działań czy funkcji.

2. Planowanie kosztów w czasie za pomocą struktury drzewa

W aplikacjach biznesowych spotykamy się z zagadnieniem planowania oraz podziału kosztów. Mogą to być koszty planowane na dzień, tydzień, miesiąc, kwartał, ewentualnie rok. W każdym razie planowanie odbywa się w logicznie zaplanowanym okresie czasu. Załóżmy, że mamy system, w którym chcemy wykonać testy planowania kosztów budowy parku. Koszty te można przedstawiać jako pewne drzewo. **Drzewa te mają taką własność, że gałąź zawiera sumę wartości wszystkich swoich podrzędnych gałęzi w odpowiednich kolumnach.** W koszty ogólne budowy parku będą wchodziły następujące elementy:

1. Wypłaty dla pracowników

- a) wynagrodzenie zasadnicze
- b) zakładane premie

2. Zakup sadzonek,

- a) drzewa liściaste
- b) drzewa iglaste
- c) krzewy
- d) rośliny

3. Usługi zleczone innym firmom,

- a) fontanna
- b) pomniki
- c) ławki

4. Koszty utrzymania sprzętu,

- a) paliwo
- b) konserwacja

Zakładane koszty mogą mieć przykładowo takie wartości:

Nazwa pozycji	Wartość pozycji
wynagrodzenie pracowników	108 000,00 zł
zakładane premie	15 300,00 zł
drzewa liściaste	1 134,00 zł
drzewa iglaste	10 612,00 zł
krzewy	1 035,00 zł
rośliny	1 792,00 zł
fontanna	4 900,00 zł
pomniki	5 460,00 zł
ławki	2 700,00 zł
paliwo	3 400,00 zł
konserwacja	5 500,00 zł

Tabela 1. Koszty pozycji.

Ale chcąc mieć pogrupowane koszty wg punktów 1, 2, 3, 4 można te koszty przedstawić w formie drzewa, tak jak niżej:

Numer	Nazwa pozycji	Wartość pozycji
1	Wypłaty dla pracowników	123 300,00 zł
1.1	wynagrodzenie pracowników	108 000,00 zł
1.2	zakładane premie	15 300,00 zł
2	Zakup sadzonek	14 573,00 zł
2.1	drzewa liściaste	1 134,00 zł
2.2	drzewa iglaste	10 612,00 zł
2.3	krzewy	1 035,00 zł
2.4	rośliny	1 792,00 zł
3	Usługi zlecone innym firmom	13 060,00 zł
3.1	fontanna	4 900,00 zł
3.2	pomniki	5 460,00 zł
3.3	ławki	2 700,00 zł
4	Koszty utrzymania sprzętu	8 900,00 zł
4.1	paliwo	3 400,00 zł
4.2	konserwacja	5 500,00 zł

Tabela 2. Pogrupowane pozycje kosztowe.

Żółte rekordy to wiersze sumujące podrzędne pozycje. Takie przedstawienie danych już jest bardziej przejrzyste. Można jeszcze dodać wiersz nadrzędny dla wszystkich wierszy podrzędnych przedstawionych wyżej, ponieważ wtedy będzie on zawierał sumę wszystkich kosztów razem:

Numer	Nazwa pozycji	RAZEM KOSZTY
1	Całość	159 833,00 zł
1.1	Wypłaty dla pracowników	123 300,00 zł
1.1.1	wynagrodzenie pracowników	108 000,00 zł
1.1.2	zakładane premie	15 300,00 zł
1.2	Zakup sadzonek	14 573,00 zł
1.2.1	drzewa liściaste	1 134,00 zł
1.2.2	drzewa iglaste	10 612,00 zł
1.2.3	krzewy	1 035,00 zł
1.2.4	rośliny	1 792,00 zł
1.3	Usługi zlecone innym firmom	13 060,00 zł
1.3.1	fontanna	4 900,00 zł
1.3.2	pomniki	5 460,00 zł
1.3.3	ławki	2 700,00 zł
1.4	Koszty utrzymania sprzętu	8 900,00 zł
1.4.1	paliwo	3 400,00 zł
1.4.2	konserwacja	5 500,00 zł

Tabela 3. Koszty pozycji pogrupowane z wierszem zbiorczym.

Założmy, że testujemy system, który wykorzystuje takie właśnie drzewo w celu prezentacji wartości oraz zależności pomiędzy tymi wartościami i symuluje rozkład wartości na zadaną liczbę okresów. Mając przedstawione koszty, przechodzimy do testów planowania tych kosztów. Okres, na który będziemy planować poniesione średnio koszty będzie po prostu oznaczony jako I OKRES, II OKRES itd.

W tym miejscu zaczyna się już testowanie. Testy należy rozpocząć od przygotowania danych wejściowych, w które przede wszystkim wchodzi:

- (a) liczba okresów podziału planowania kosztów,
- (b) wartość kosztów dla poszczególnych pozycji.

Podczas testów należy przede wszystkim sprawdzać, czy:

- (i) **sumy planowanych wartości zgadzają się w pionie** dla poszczególnych okresów, (pole oznaczone na zielono jest sumą żółtych pól, natomiast każde pole żółte jest sumą białych pól znajdujących się pod polem żółtym),
- (ii) **sumy planowanych kosztów w poziomie** są równe wartości w kolumnie RAZEM KOSZTY.

Problem nie wydaje się trudny do sprawdzenia, ponieważ dodawanie liczb to etap szkoły podstawowej. Można wygenerować dane wejściowe takie, jak niżej, czyli rozbić koszty na 4 miesiące (okresy) przy kwotach, które są zaprezentowane w tabeli numer 4:

Numer	Nazwa pozycji	RAZEM KOSZTY	I Okres	II Okres	III Okres	IV Okres
1	Całość	30 300,00 zł	7 575,00 zł	7 575,00 zł	7 575,00 zł	7 575,00 zł
1.1	Wypłaty dla pracowników	4 400,00 zł	1 100,00 zł	1 100,00 zł	1 100,00 zł	1 100,00 zł
1.1.1	wynagrodzenie pracowników	1 400,00 zł	350,00 zł	350,00 zł	350,00 zł	350,00 zł
1.1.2	zakładane premie	3 000,00 zł	750,00 zł	750,00 zł	750,00 zł	750,00 zł
1.2	Zakup sadzonek	21 300,00 zł	5 325,00 zł	5 325,00 zł	5 325,00 zł	5 325,00 zł
1.2.1	drzewa liściaste	2 000,00 zł	500,00 zł	500,00 zł	500,00 zł	500,00 zł
1.2.2	drzewa iglaste	4 800,00 zł	1 200,00 zł	1 200,00 zł	1 200,00 zł	1 200,00 zł
1.2.3	krzewy	6 500,00 zł	1 625,00 zł	1 625,00 zł	1 625,00 zł	1 625,00 zł
1.2.4	rośliny	8 000,00 zł	2 000,00 zł	2 000,00 zł	2 000,00 zł	2 000,00 zł
1.3	Usługi zlecone innym firmom	2 700,00 zł	675,00 zł	675,00 zł	675,00 zł	675,00 zł
1.3.1	fontanna	1 300,00 zł	325,00 zł	325,00 zł	325,00 zł	325,00 zł
1.3.2	pomniki	500,00 zł	125,00 zł	125,00 zł	125,00 zł	125,00 zł
1.3.3	ławki	900,00 zł	225,00 zł	225,00 zł	225,00 zł	225,00 zł
1.4	Koszty utrzymania sprzętu	1 900,00 zł	475,00 zł	475,00 zł	475,00 zł	475,00 zł
1.4.1	palwo	1 500,00 zł	375,00 zł	375,00 zł	375,00 zł	375,00 zł
1.4.2	konserwacja	400,00 zł	100,00 zł	100,00 zł	100,00 zł	100,00 zł

Tabela 4: Test (1) planowania kosztów w czasie.

Nietrudno zauważyć, że sumy w pionie oraz w poziomie zgadzają się co do grosza. Zastanówmy się jednak, co będzie, gdy wpisujemy takie kwoty i taką liczbę okresów, że nie będzie możliwości podziału kosztów na dokładne wartości? Należy wówczas tak zaprojektować algorytm przeliczania, żeby planowanie zgadzał się co do grosza, a to sprowadza się do tego, że w którymś okresie (np. w ostatnim) trzeba wprowadzić porównanie z poprzednimi wartościami, a następnie wyrównać ostatnią wartość do wartości w pionie i w poziomie. Ale to jest zadanie tego, kto opisuje funkcjonalność. Tester powinien skupić się na dobraniu odpowiednich danych wejściowych. Przykładowe testy mogą wyglądać następująco:

a)

Numer	Nazwa pozycji	RAZEM KOSZTY	Okres I	Okres II	Okres III	Okres IV
1	Całość	23 213,50 zł	5 803,37 zł	5 803,37 zł	5 803,37 zł	5 803,39 zł
1.1	Wypłaty dla pracowników	3 000,66 zł	750,16 zł	750,16 zł	750,16 zł	750,18 zł
1.1.1	wynagrodzenie pracowników	1 000,29 zł	250,07 zł	250,07 zł	250,07 zł	250,08 zł
1.1.2	zakładane premie	2 000,37 zł	500,09 zł	500,09 zł	500,09 zł	500,10 zł
1.2	Zakup sadzonek	13 503,84 zł	3 375,96 zł	3 375,96 zł	3 375,96 zł	3 375,96 zł
1.2.1	drzewa liściaste	3 000,45 zł	750,11 zł	750,11 zł	750,11 zł	750,12 zł
1.2.2	drzewa iglaste	4 000,91 zł	1 000,23 zł	1 000,23 zł	1 000,23 zł	1 000,22 zł
1.2.3	krzewy	5 001,66 zł	1 250,42 zł	1 250,42 zł	1 250,42 zł	1 250,40 zł
1.2.4	rośliny	1 500,82 zł	375,20 zł	375,20 zł	375,20 zł	375,22 zł
1.3	Usługi zlecone innym firmom	5 202,43 zł	1 300,61 zł	1 300,61 zł	1 300,61 zł	1 300,60 zł
1.3.1	fontanna	4 001,33 zł	1 000,33 zł	1 000,33 zł	1 000,33 zł	1 000,34 zł
1.3.2	pomniki	500,11 zł	125,03 zł	125,03 zł	125,03 zł	125,02 zł
1.3.3	ławki	700,99 zł	175,25 zł	175,25 zł	175,25 zł	175,24 zł
1.4	Koszty utrzymania sprzętu	1 506,57 zł	376,64 zł	376,64 zł	376,64 zł	376,65 zł
1.4.1	palwo	1 500,55 zł	375,14 zł	375,14 zł	375,14 zł	375,13 zł
1.4.2	konserwacja	6,02 zł	1,50 zł	1,50 zł	1,50 zł	1,52 zł

Tabela 5: Test (2) planowania kosztów w czasie.

Dane w tabeli 5 są tak dobrane, żeby system musiał „poradzić sobie” z tym, że liczb z kolumny „RAZEM KOSZTY” nie można podzielić jednakowo. W pozostałych dwóch tabelach sytuacja jest analogiczna.

b)

Numer	Nazwa pozycji	RAZEM KOSZTY	I Okres	II Okres	III Okres	IV Okres	V Okres	VI Okres	VII Okres
1	Całość	33 800,00 zł	4 828,57 zł	4 828,57 zł	4 828,57 zł	4 828,57 zł	4 828,57 zł	4 828,57 zł	4 828,58 zł
1.1	Wypłaty dla pracowników	8 100,00 zł	1 157,15 zł	1 157,15 zł	1 157,15 zł	1 157,15 zł	1 157,15 zł	1 157,15 zł	1 157,10 zł
1.1.1	wynagrodzenie pracowników	3 100,00 zł	442,86 zł	442,86 zł	442,86 zł	442,86 zł	442,86 zł	442,86 zł	442,84 zł
1.1.2	zakładane premie	5 000,00 zł	714,29 zł	714,29 zł	714,29 zł	714,29 zł	714,29 zł	714,29 zł	714,26 zł
1.2	Zakup sadzonek	21 100,00 zł	3 014,28 zł	3 014,28 zł	3 014,28 zł	3 014,28 zł	3 014,28 zł	3 014,28 zł	3 014,32 zł
1.2.1	drzewa liściaste	1 800,00 zł	257,14 zł	257,14 zł	257,14 zł	257,14 zł	257,14 zł	257,14 zł	257,16 zł
1.2.2	drzewa iglaste	4 800,00 zł	685,71 zł	685,71 zł	685,71 zł	685,71 zł	685,71 zł	685,71 zł	685,74 zł
1.2.3	krzewy	6 500,00 zł	928,57 zł	928,57 zł	928,57 zł	928,57 zł	928,57 zł	928,57 zł	928,58 zł
1.2.4	rośliny	8 000,00 zł	1 142,86 zł	1 142,86 zł	1 142,86 zł	1 142,86 zł	1 142,86 zł	1 142,86 zł	1 142,84 zł
1.3	Usługi zlecone innym firmom	2 700,00 zł	385,71 zł	385,71 zł	385,71 zł	385,71 zł	385,71 zł	385,71 zł	385,74 zł
1.3.1	fontanna	1 300,00 zł	185,71 zł	185,71 zł	185,71 zł	185,71 zł	185,71 zł	185,71 zł	185,74 zł
1.3.2	pomniki	500,00 zł	71,43 zł	71,43 zł	71,43 zł	71,43 zł	71,43 zł	71,43 zł	71,42 zł
1.3.3	ławki	900,00 zł	128,57 zł	128,57 zł	128,57 zł	128,57 zł	128,57 zł	128,57 zł	128,58 zł
1.4	Koszty utrzymania sprzętu	1 900,00 zł	271,43 zł	271,43 zł	271,43 zł	271,43 zł	271,43 zł	271,43 zł	271,42 zł
1.4.1	palwo	1 500,00 zł	214,29 zł	214,29 zł	214,29 zł	214,29 zł	214,29 zł	214,29 zł	214,26 zł
1.4.2	konserwacja	400,00 zł	57,14 zł	57,14 zł	57,14 zł	57,14 zł	57,14 zł	57,14 zł	57,16 zł

Tabela 6: Test (3) planowania kosztów w czasie.

c)

Numer	Nazwa pozycji	RAZEM KOSZTY	I Okres	II Okres	III Okres
1	Całość	48 400,00 zł	16 133,32 zł	16 133,32 zł	16 133,36 zł
1.1	Wypłaty dla pracowników	8 500,00 zł	2 833,34 zł	2 833,34 zł	2 833,32 zł
1.1.1	wynagrodzenie pracowników	3 500,00 zł	1 166,67 zł	1 166,67 zł	1 166,66 zł
1.1.2	zakładane premie	5 000,00 zł	1 666,67 zł	1 666,67 zł	1 666,66 zł
1.2	Zakup sadzonek	22 300,00 zł	7 433,33 zł	7 433,33 zł	7 433,34 zł
1.2.1	drzewa liściaste	1 000,00 zł	333,33 zł	333,33 zł	333,34 zł
1.2.2	drzewa iglaste	4 800,00 zł	1 600,00 zł	1 600,00 zł	1 600,00 zł
1.2.3	krzewy	7 000,00 zł	2 333,33 zł	2 333,33 zł	2 333,34 zł
1.2.4	rośliny	9 500,00 zł	3 166,67 zł	3 166,67 zł	3 166,66 zł
1.3	Usługi zlecone innym firmom	8 700,00 zł	2 899,99 zł	2 899,99 zł	2 900,02 zł
1.3.1	fontanna	2 500,00 zł	833,33 zł	833,33 zł	833,34 zł
1.3.2	pomniki	3 400,00 zł	1 133,33 zł	1 133,33 zł	1 133,34 zł
1.3.3	ławki	2 800,00 zł	933,33 zł	933,33 zł	933,34 zł
1.4	Koszty utrzymania sprzętu	8 900,00 zł	2 966,66 zł	2 966,66 zł	2 966,68 zł
1.4.1	palwo	3 400,00 zł	1 133,33 zł	1 133,33 zł	1 133,34 zł
1.4.2	konserwacja	5 500,00 zł	1 833,33 zł	1 833,33 zł	1 833,34 zł

Tabela 7: Test (4) planowania kosztów w czasie.

Patrząc na tabele 5, 6, 7 można wnioskować, że testowany system zachowuje się poprawnie w przypadku podziału wartości na takie okresy, żeby wartość dla każdego okresu nie mogła być równa. Wyrównywanie następuje na ogół w ostatniej kolumnie.

3. Sformalizowanie problemu i podsumowanie

W poprzednich rozdziałach został przedstawiony problem nieco podobny do analizy wartości brzegowych, natomiast różni się zasadniczo, ponieważ system wyznacza za pomocą prostych

działań lub funkcji wartość x , wokół której generowane są inne wartości, leżące blisko, bądź równe wartości x .

Obecnie komputery nie są super dokładne. Programiści i testerzy często będą spotykać się z problemem zaokrąglania liczb. Sposobów testowania wyżej opisanego problemu jest nieskończenie wiele, ponieważ zbiór liczb jest niepoliczalny. Jeden prosty przypadek z pewnością nie będzie wystarczał, żeby upewnić się lub przekonać dowolną osobę, że zaimplementowany algorytm przeliczania zaokrągleń jest poprawny i na ogół powinien zadziałać.

Autorzy

Marek Żukowicz jest absolwentem matematyki na Uniwersytecie Rzeszowskim. Obecnie pracuje jako tester. Jego zainteresowania skupiają się wokół testowania, matematyki, zastosowania algorytmów ewolucyjnych oraz zastosowania matematyki w procesie testowania. Interesuje się również muzyką, grą na akordeonach oraz na perkusji.

Łukasz Pawluś jest absolwentem informatyki na Uniwersytecie Rzeszowskim. Aktualnie pracuje jako tester w firmie OPTeam S.A. W pracy odpowiedzialny za przeprowadzanie testów systemowych oraz przy użyciu wewnętrznego narzędzia za automatyzację oprogramowania (python, robot framework). Interesuje się kolarstwem górskim, gra na gitarze akustycznej i lubi gotować.