

# SZACOWANIE KOSZTÓW WYTWARZANIA Z UWZGLĘDNIENIEM AKTUALIZACJI DANYCH

Barbara BARNUŚ, Ryszard KNOSALA

**Streszczenie:** W artykule przedstawiona została konieczność szybkiego szacowania kosztów wytwarzania. Zaprezentowane zostało zastosowanie metody parametrycznej, CBR i analitycznej w szacowaniu kosztów w fazie projektowania. Zwrócono uwagę i przedstawiono rozwiązanie problemu aktualizacji danych historycznych o kosztach, aby umożliwić ich wykorzystanie w opisanych metodach szacowania kosztów.

**Słowa kluczowe:** szacowanie kosztów wytwarzania, metoda parametryczna, CBR, metoda analityczna, wskaźnik dynamiki kosztów.

## 1. Wprowadzenie

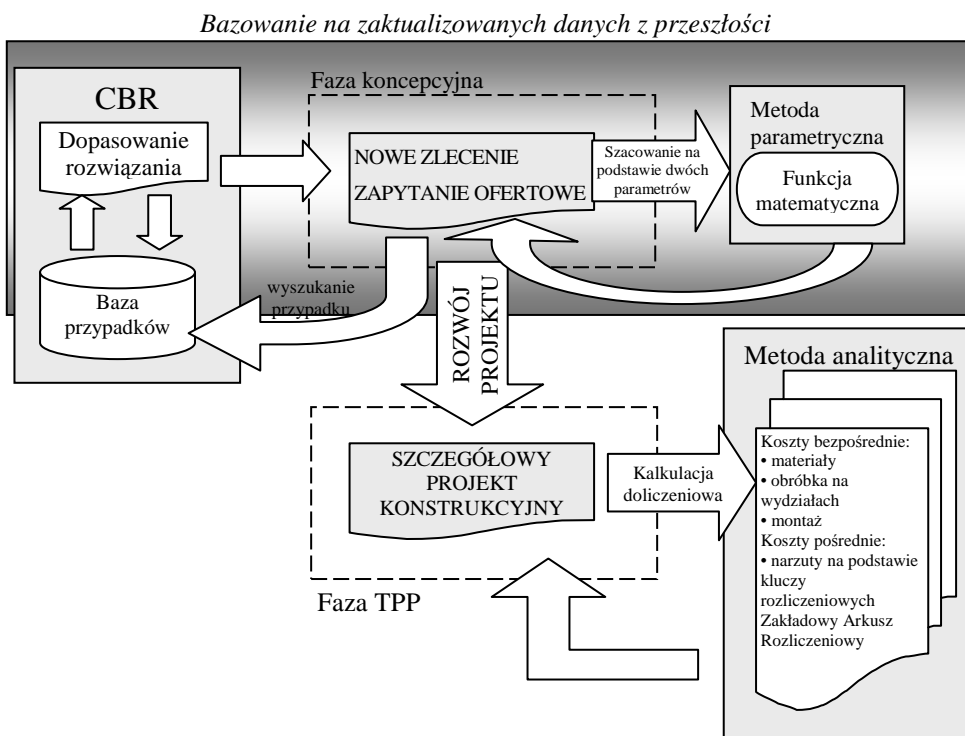
Globalna gospodarka i środowisko produkcyjne jest obecnie bardzo konkurencyjne. Zaawansowanie komunikacji i technologii informatycznych otworzyło możliwości dla przedsiębiorstw w celu zwiększenia ich wzrostu gospodarczego i zapewnienia miejsca na światowych rynkach. Decyzje konsumentów nie są już podejmowane na podstawie ofert jednego czy dwóch dostawców lokalnych, ale przedsiębiorstwa na całym świecie mogą walczyć o dostarczanie towarów i usług. W związku z dużą szansą związaną z otwarciem rynków przedsiębiorstwa muszą szybko reagować na nowe przedsięwzięcia, aby uzyskać przewagę konkurencyjną. Przedsiębiorstwa, aby zachować rentowność, powinny oferować produkty w konkurencyjnych cenach i odpowiedniej jakości. Dlatego też dokładne szacowanie kosztów nowego wyrobu konieczne jest w każdym przedsiębiorstwie, które konkuruje na współczesnym rynku.

Faza projektowania pochłania tylko 5-10% całkowitych kosztów wytworzenia nowego produktu, jednak faza ta decyduje aż w 70-80% o całkowitych kosztach. Jednocześnie możliwość wprowadzania zmian w projekcie na tym etapie jest największa. Wstępne oszacowanie kosztów jest niezbędne przy określaniu rentowności projektu lub podziale budżetu. Podczas koncepcyjnego projektowania szczegóły projektu i rysunki techniczne nie są jeszcze dostępne i posiadane informacje mogą prowadzić do niedoszacowania kosztów projektu, co wydaje się być zjawiskiem globalnym. Opóźnienia w oszacowywaniu kosztów wynikające z konieczności oczekiwania na nowe informacje stanowi dla analityków duży problem. [2]

Sporządzenie kosztorysu produktu jest wyzwaniem, zwłaszcza w początkowych etapach projektowania i fazy rozwojowej. Jednak ma to zasadnicze znaczenie dla sukcesu finansowego firm produkcyjnych i jest coraz bardziej istotne we współczesnym konkurencyjnym środowisku. Można zaobserwować pęd konkurencyjnych firm produkcyjnych dla wprowadzania coraz większej liczby produktów o krótszym cyklu życia, lepszej jakości, ale po coraz niższej cenie. Tendencja ta rozprzestrzenia się w całym łańcuchu dostaw, co wymaga dokładnego oszacowania kosztów od wszystkich producentów w łańcuchu. [1]

## 2. Szacowanie kosztów wytwarzania

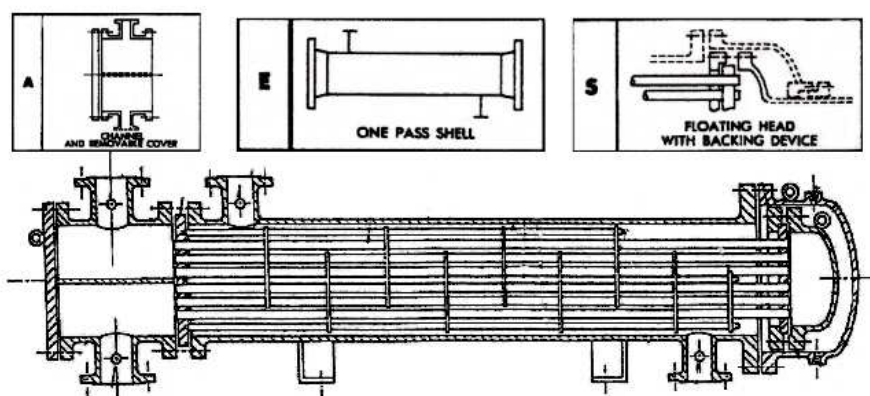
Przedsiębiorstwo, aby zapewnić wysoką pozycję konkurencyjną na rynku musi stale kontrolować i analizować koszty. Musi być w stanie szybko formułować odpowiedzi na zapytania ofertowe i z jak najmniejszym błędem oszacować koszty wytwarzania już w wczesnej fazie projektowania. W związku z tym opracowana została metodologia technicznego przygotowania produkcji zorientowana na koszty wspomagająca szacowanie kosztów w różnych fazach rozwoju projektu. Celem zastosowania metodologii jest wspomaganie pracy projektanta w utworzeniu projektu wyrobu o najniższych kosztach, a jednocześnie spełniającego wymagania techniczne i jakościowe. Metodologia zakłada analizę kosztów wytwarzania od najwcześniejszych faz projektowania – opracowania koncepcyjnego, oraz w fazie technologicznego przygotowania produkcji. Metodologię technicznego przygotowania produkcji zorientowanego na minimalizację kosztów wytwarzania z dokładnym wyszczególnieniem faz TPP przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Szacowanie kosztów w procesie technicznego przygotowania produkcji

W przedstawionej metodologii możliwy jest wybór metody szacowania kosztów wytwarzania w zależności od specyfiki problemu oraz od zakresu posiadanych informacji. Gdy projekt konstrukcyjny jest już gotowy następuje technologiczne przygotowanie produkcji i na tym etapie możliwe jest już znacznie dokładniejsze oszacowanie kosztów wytwarzania stosując metodę analityczną, a do kalkulacji kosztu metodę doliczeniową.

Prezentowana metodologia zweryfikowana została na przykładzie płaszczowo-rurowych wymienników ciepła na podstawie danych pozyskanych od producenta. Zebrane dane przedstawiały produkowane wymienniki ciepła realizowane od 1999 roku. Zawierały dane o kosztach wytwarzania, parametry techniczne, dokumentację konstrukcyjno-technologiczną. Ogólne typy budowy wymienników ciepła określają normy określone przez Stowarzyszenie Producentów Wymienników Rurowych TEMA. Przykład płaszczowo-rurowego wymiennika ciepła przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Wzór wymiennika o symbolu AES wg norm TEMA

Prezentowany wymiennik składa się z trzech podstawowych zespołów: głowica stacjonarna z przodu – komora i zdejmowana pokrywa (A), płaszcz jednodrogowy (E) i głowica końcowa – głowica pływająca z pierścieniem mocującym (S). Wymiennik ciepła może pełnić rolę chłodnicy lub podgrzewacza.

### 3. Aktualizacja danych o kosztach

Czas jest niematerialnym elementem, odgrywającym zasadniczą rolę w rachunku efektywności, ale przysparzającym równocześnie sporo problemów natury metodycznej. Potrzeba ujęcia czynnika czasu nie wynika z faktu, że wielkości ekonomiczne ulegają zmianom w czasie. Wynika ona stąd, że nakładów i efektów nie można sumować w wartościach nominalnych z uwagi na ich nierównocześnieść w różnych momentach czasu. Istnieje zatem potrzeba sprowadzenia tych wielkości do porównywalności w czasie.

Aby przedstawione powyżej metody, które wykorzystują dane o kosztach wytwarzania z okresu kilku lat wstecz mogły generować miarodajne wyniki muszą bazować na zaktualizowanych wartościach kosztowych w stosunku do okresu bieżącego. Jednym ze sposobów aktualizacji danych jest uwzględnienie inflacji, jednak jest to niewystarczający miernik, gdyż zmiany kosztów w przedsiębiorstwie mogą zmieniać się w inny sposób. Do analizy międzyokresowej kosztów zostały zastosowane wskaźniki dynamiki kosztów. Proces obliczania wskaźników dynamiki wyraża formuła:

$$Wdk_i = \frac{K_i}{K_{i-1}} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:  $Wdk_i$  – wskaźnik dynamiki kosztów,  
 $K_i$  – koszty okresu badanego,  
 $K_{i-1}$  – koszty okresu bazowego.

Aby można było wnioskować o faktycznejwyżce lub obniżce kosztów, należy zmiany tych kosztów porównać ze zmianami produkcji również wyrażone współczynnikiem dynamiki produkcji przedstawiony we wzorze 2.

$$Wdp_i = \frac{P_i}{P_{i-1}} \cdot 100\% \quad (2)$$

gdzie:  $Wdp_i$  – wskaźnik dynamiki produkcji,  
 $P_i$  – wielkość produkcji okresu badanego,  
 $P_{i-1}$  – wielkość produkcji okresu bazowego.

Następnie obliczony został wskaźnik  $w_i$  (wzór 3), który wyraża zmienność kosztów do zmienności produkcji i obrazuje jak zmieniły się koszty na jednostkę produkowanego wyrobu w stosunku do roku poprzedniego. Wielkość produkcji może być wyrażona w sztukach, tonach, przychodach ze sprzedaży lub innych jednostkach charakterystycznych dla wyrobu.

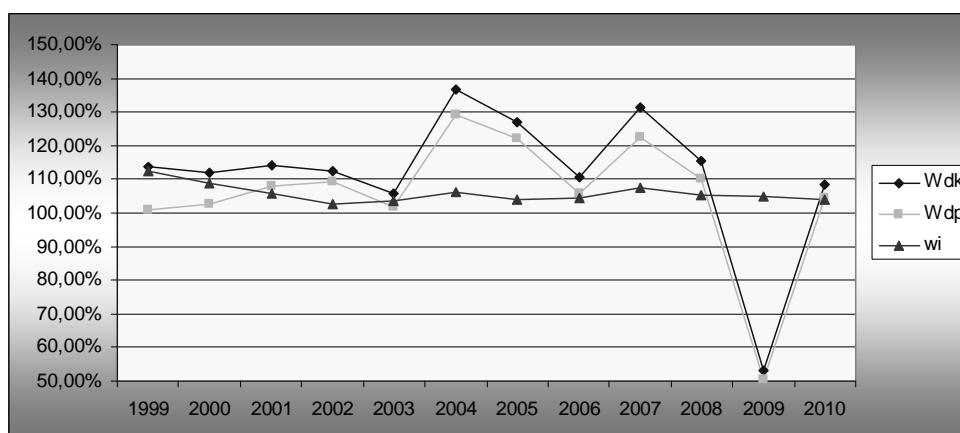
$$w_i = \frac{Wdk_i}{Wdp_i} \cdot 100\% \quad (3)$$

gdzie:  $w_i$  – wskaźnik zmienności kosztów,  
 $Wdk_i$  – wskaźnik dynamiki kosztów,  
 $Wdp_i$  – wskaźnik dynamiki produkcji.

Wartości wskaźnika zmienności kosztów na poziomie ponad 100% wskazują na wyżkę kosztów, która może być spowodowana inflacją oraz innymi zmianami wewnątrz przedsiębiorstwa. Natomiast wskaźnik poniżej poziomu 100% oznacza względną obniżkę kosztów, która może wynikać ze zmian organizacyjnych i technicznych powodujących obniżenie kosztów. Dane o kosztach oraz obliczone wskaźniki dynamiki kosztów, dynamiki produkcji i zmienności kosztów przedstawione zostały w tabeli 1. Wzajemne relacje wskaźników zostały zobrazowane na rysunku 3. Wartości na rok 2010 ze względu na brak pełnych danych są wartościami prognozowanymi, ale w obliczeniach nie są one uwzględniane, gdyż wszystkie dane przeliczone zostały na rok 2010, tak aby zapewnić ich porównywalność i umożliwić ich wykorzystanie do oszacowania kosztów wyrobów, które mają być produkowane w roku bieżącym lub przyszłym. W latach kolejnych baza wskaźników musi być rozbudowywana, a wszystkie koszty muszą być aktualizowane dla roku bieżącego.

Tab. 1. Wartości wskaźników dynamiki i zmienności dla poszczególnych lat

Rok	Koszty całkowite [mln zł]	Wskaźnik dynamiki kosztów Wdk <sub>i</sub>	Wielkość produkcji [t]	Wskaźnik dynamiki produkcji Wdp <sub>i</sub>	Wskaźnik zmienności kosztów w <sub>i</sub>
1998	77,13	-	127,5	-	-
1999	87,65	113,64%	128,7	100,94%	112,58%
2000	98,17	112,00%	132,2	102,72%	109,03%
2001	112,20	114,29%	142,7	107,94%	105,88%
2002	126,22	112,50%	156,1	109,39%	102,84%
2003	133,23	105,56%	159,0	101,86%	103,63%
2004	182,32	136,84%	205,3	129,12%	105,98%
2005	231,40	126,92%	251,0	122,26%	103,81%
2006	255,95	110,61%	265,8	105,90%	104,45%
2007	336,59	131,51%	325,4	122,42%	107,42%
2008	389,18	115,63%	358,0	110,02%	105,10%
2009	206,86	53,15%	181,3	50,64%	104,96%
2010	224,39	108,47%	189,0	104,25%	104,06%



Rys. 3. Wzajemne relacje wskaźników dynamiki i zmienności kosztów

Mając obliczone wskaźniki zmienności kosztów dla poszczególnych lat można przystąpić do aktualizacji kosztów z lat minionych i przeliczenie ich na wartości bieżące. Przekształcenie to odbywa się za pomocą formuły wyrażonej wzorem 4.

$$K_A = K_P \cdot \prod_{i=p}^n w_i \quad (4)$$

gdzie:  $K_A$  – koszt zaktualizowany do okresu bieżącego – n,  
 $K_P$  – koszt z okresu p.

Wszystkie koszty z lat poprzednich zostały doprowadzone do porównywalności dla roku 2010, a następnie oszacowane zostały koszty wytwarzania na podstawie wartości zaktualizowanych. Wartości kosztów pierwotnych, iloczyn wskaźników zmienności kosztów oraz koszty zaktualizowane do roku 2010 przedstawia tabela 2. Jak można zauważyć, koszty mają tendencję wzrostową od roku 1999, co w dużej mierze spowodowane jest między innymi poziomem inflacji.

Tab. 2. Zaktualizowane wartości kosztów do 2010 roku

<b>Dane z roku</b>	<b>Nr zlecenia</b>	<b>Koszty oryginalne</b>	<b>Iloczyn wskaźników zmienności kosztów</b>	<b>Koszty całkowite</b>
1999	1379	9 338,81 zł	188,60%	<b>17 613,00 zł</b>
2000	1380	15 309,49 zł	167,53%	<b>25 648,00 zł</b>
2000	1381	30 071,62 zł	167,53%	<b>50 379,00 zł</b>
2000	1382	10 426,19 zł	167,53%	<b>17 467,00 zł</b>
2001	1383	11 975,40 zł	153,65%	<b>18 400,00 zł</b>
2001	1384	17 424,86 zł	153,65%	<b>26 773,00 zł</b>
2001	1385	14 608,69 zł	153,65%	<b>22 446,00 zł</b>
2002	1386	16 283,04 zł	145,12%	<b>23 630,00 zł</b>
2002	1387	35 725,53 zł	145,12%	<b>51 845,00 zł</b>
2002	1388	17 037,59 zł	145,12%	<b>24 725,00 zł</b>
2003	1389	33 066,64 zł	141,11%	<b>46 660,00 zł</b>
2003	1390	5 301,58 zł	141,11%	<b>7 481,00 zł</b>
2004	1391	21 522,31 zł	136,17%	<b>29 306,00 zł</b>
2004	1392	19 572,48 zł	136,17%	<b>26 651,00 zł</b>
2004	1393	14 927,40 zł	136,17%	<b>20 326,00 zł</b>
2005	1394	41 511,11 zł	128,48%	<b>53 334,00 zł</b>
2005	1395	8 314,83 zł	128,48%	<b>10 683,00 zł</b>
2006	1396	29 047,91 zł	123,76%	<b>35 950,00 zł</b>
2006	1397	26 366,94 zł	123,76%	<b>32 632,00 zł</b>
2006	1398	27 731,66 zł	123,76%	<b>34 321,00 zł</b>
2007	1399	35 583,21 zł	118,49%	<b>42 163,00 zł</b>
2007	1400	24 379,86 zł	118,49%	<b>28 888,00 zł</b>
2007	1401	8 555,91 zł	118,49%	<b>10 138,00 zł</b>
2008	1402	53 778,41 zł	110,31%	<b>59 321,00 zł</b>
2008	1403	26 119,98 zł	110,31%	<b>28 812,00 zł</b>
2008	1404	9 164,48 zł	110,31%	<b>10 109,00 zł</b>
2008	1405	23 195,40 zł	110,31%	<b>25 586,00 zł</b>
2009	1406	79 450,11 zł	104,96%	<b>83 389,00 zł</b>
2009	1407	15 571,99 zł	104,96%	<b>16 344,00 zł</b>
2010	1408	19 404,00 zł	100,00%	<b>19 404,00 zł</b>

#### 4. Zastosowanie zaktualizowanych danych w metodach szacowania kosztów

Zastosowanie przedstawionych metod szacowania możliwe jest jedynie dysponując zaktualizowanymi danymi, odniesionymi do roku bieżącego. Tylko w oparciu o zaktualizowaną bazę danych o kosztach może wygenerować oszacowania dla nowych projektów. Poniżej przedstawiona została aplikacja metod szacowania kosztów oraz przykłady ich zastosowania.

##### 4.1. Metoda parametryczna

Do analizy i budowy modeli parametrycznych zostały użyte dane historyczne zawierające całkowity koszt wytwarzania oraz charakterystyczne parametry wyrobu.

W procesie estymacji modelu parametrycznego kosztów wytwarzania wyrobu, jakim jest płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła, zastosowano klasyczną metodę najmniejszych kwadratów (KMNK). W wyniku oszacowania parametrów modelu otrzymano równanie matematyczne zawierające dwa parametry wyrobu. Postać równania zaproponowanego do oszacowania kosztu wytworzenia metodą parametryczną przedstawia wzór 5.

$$\hat{Y} = 10110,154 + 1,977 X_2 + 11,802 X_{13} \quad (5)$$

gdzie:  $X_2$  – masa reszty aparatu bez wkładu rurowego [kg],

$X_{13}$  – liczba rur [szt.],

$Y$  – koszt wytworzenia [zł].

Ze względu na wyniki przeprowadzonych testów, które wykazały dużą przydatność opracowanego modelu i możliwe jest wykorzystanie go do estymacji kosztu wytwarzania w fazie opracowywania koncepcji. Szerzej proces opracowywania metody parametrycznej opisany został w pracy [3]. Metoda parametryczna zaaplikowana została w środowisku komputerowym, zrzut ekranu przedstawia rys. 4. Aplikacja umożliwia szybkie uzyskanie wyników po wprowadzeniu jedynie dwóch wymaganych parametrów nowego wyrobu. Jak widać na rysunku na podstawie wprowadzonych danych: masa aparatu bez wkładu rurowego 3950 kg oraz liczba rur 600 szt. wygenerowany został koszt wytwarzania wartości 25 000,50 zł.

Wymienniki  
Plik Szacowanie Pomoc

Metoda parametryczna

$$Y = 10110,154 + 1,977 X_2 + 11,802 X_{13}$$

$X_2$  - masa reszty aparatu (bez wkładu rurowego) [kg]  
 $X_{13}$  - liczba rur [szt.]

$X_2 =$         $X_{13} =$

Szacowany koszt wytwarzania =

Rys. 4. Implementacja metody parametrycznej w szacowaniu kosztów wytwarzania

Dużą zaletą tej metody jest szybkie otrzymanie wyników estymacji, przy jednoczesnym małym wymaganiu co do zakresu danych o nowym wyrobie. Natomiast wadą tej metody w dłuższym okresie czasu jest dezaktualizacja funkcji matematycznej użytej do szacowania kosztów. Aby temu zapobiec należałoby wraz z rozbudową bazy danych o przypadkach

z przeszłości na nowo oszacować parametry modelu parametrycznego wg metodologii przedstawionej w pracy [3]. Jeżeli nie dysponujemy danymi odnośnie dwóch wymaganych parametrów wyrobu, natomiast posiadamy inne dane o projektowanym wyrobie, wówczas do oszacowania kosztu możemy zastosować Case Based Reasoning opisaną w kolejnym podrozdziale.

## 4.2. Metoda Case Based Reasoning

CBR jest metodą wspomagania projektowania, która stara się rozwiązać nowy problem przy użyciu wiedzy pochodzącej z rozwiązywania podobnych przypadków w przeszłości [4].

Algorytm CBR obejmuje cykl czterech kroków [5]:

1. Odzyskanie (ang. retrieve) z bazy podobnych przypadków do opisanego problemu.
2. Ponowne użycie (ang. reuse) sugerowanego rozwiązania podobnego przypadku.
3. Skorygowanie i dopasowanie (ang. revise) rozwiązania do nowego problemu, jeśli to konieczne.
4. Zachowanie (ang. retain) nowego rozwiązania, jeśli było ono zatwierdzone i uzasadnione.

Pierwszym krokiem w szacowaniu kosztów wytwarzania nowego produktu przy użyciu metody CBR jest zdefiniowanie nowego problemu. Ze względu na fakt, iż na etapie opracowywania koncepcji wyrobu brak jest dokładnie zdefiniowanego problemu w opracowanej aplikacji istnieje możliwość wyboru rodzaju parametrów opisujących nowy przypadek. Do wyboru są minimum dwa spośród poniższej listy:

- masa wymiennika pustego [kg],
- masa reszty aparatu [kg] (bez wkładu rurowego),
- powierzchnia wymiany ciepła [m<sup>2</sup>],
- masa rur [kg],
- pojemność wkładu rurowego [m<sup>3</sup>],
- pojemność przestrzeni międzyrurowej [m<sup>3</sup>],
- liczba rur [szt.].

Do wyboru są jedynie te parametry, gdyż z listy wszystkich parametrów zostały usunięte te, przy których korelacja ze zmienną objaśnianą (całkowity koszt wytwarzania) nie występuje.

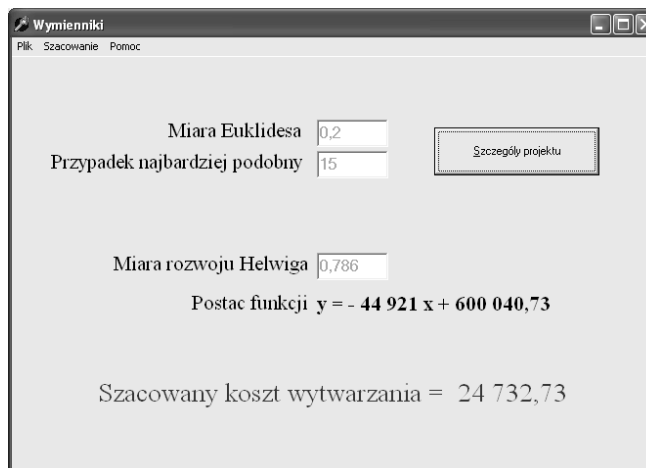
Następnie wyszukiwany jest z bazy wszystkich realizowanych projektów przypadek najbardziej podobny. Aby mógł on być użyty do oszacowania kosztów wytwarzania, dla wszystkich projektów z bazy oraz dla nowego projektu obliczana jest miara rozwoju, a następnie przy użyciu dynamicznej funkcji liniowej

The screenshot shows a window titled "Wymienniki" with a menu bar containing "Plik", "Szacowanie", and "Pomoc". The main area is titled "Wybierz parametry do analizy". It contains two columns of parameter lists. The left column lists: masa wymiennika pustego [kg], masa reszty aparatu [kg], powierzchnia wymiany ciepła [m<sup>2</sup>], masa rur [kg], pojemność wkładu rurowego [m<sup>3</sup>], pojemność przestrzeni międzyrurowej [m<sup>3</sup>], and liczba rur [szt.]. The right column lists: masa wymiennika pustego [kg], masa reszty aparatu [kg], powierzchnia wymiany ciepła [m<sup>2</sup>], masa rur [kg], and pojemność wkładu rurowego [m<sup>3</sup>]. A ">>" button is positioned between the columns. Below the lists are input fields for: masa wymiennika pustego [kg] (value: 8000), masa reszty aparatu [kg] (value: 3950), powierzchnia wymiany ciepła [m<sup>2</sup>] (value: 230), masa rur [kg], and pojemność wkładu rurowego [m<sup>3</sup>]. A "Oblicz koszt" button is located at the bottom right.

Rys. 5. Okno wprowadzania danych dla metody CBR



oszacowany zostaje koszt wytwarzania dla nowego projektu. Dynamiczna funkcja liniowa przy każdym użyciu może przyjąć inną postać. Zgodnie z założeniem metody CBR, każdy przypadek musi być zachowany w bazie danych i opracowana metoda, a na jej podstawie aplikacja posiada taką funkcję. Umożliwia to coraz szerszą i dokładniejszą analizę. Zrzuty opracowanej aplikacji (rys. 5 i 6) przedstawiają etap wyboru liczby parametrów i określenia wartości dla nowego projektu oraz wynik działania aplikacji, czyli oszacowany koszt wraz z przedstawieniem postaci dynamicznej funkcji liniowej.



Rys. 6. Implementacja metody CBR

Mając wyszukany przypadek najbardziej podobny do nowego problemu, możemy przeglądać wszystkie dane o przypadku z bazy (klawisz „szczegóły projektu” na rys. 6). Wśród danych tych może być również wiedza typu „design rationale”, czyli wiedza projektantów wynikająca z ich doświadczenia. Do zbioru informacji o przypadku mogą być dołączone dodatkowe opisy szczególnych sytuacji projektowych, podejmowanych decyzjach i ich skutkach (zarówno negatywnych jak i pozytywnych), które pomogą w rozwiązaniu nowego problemu.

Opracowana aplikacja bazuje na danych zgromadzonych w pliku programu Microsoft Excel, dzięki czemu projektant ma swobodny dostęp do edycji danych o projekcie. Zarówno przy metodzie parametrycznej, jak i CBR wszystkie dane musiały zostać standaryzowane ze względu na to, iż parametry wyrobu wyrażone były w różnych jednostkach. Dokładny opis opracowania tej metody przedstawiony został w pracy [6].

Dla przykładowego projektu został oszacowany koszt wytwarzania. Przeanalizowane zostały tu dwie sytuacje: dostępność dwóch parametrów identycznych jak przy metodzie parametrycznej oraz dostępność wszystkich siedmiu parametrów. Otrzymane wyniki, błędy oszacowań względem kosztów rzeczywistych oraz porównanie z metodą parametryczną przedstawia tab. 3.

Tab. 3. Wyniki zastosowania metod szacowania kosztów dla przykładowego projektu

Metoda parametryczna		Metoda CBR (7 parametrów)		Metoda CBR (2 parametry)		Koszty rzeczywiste
oszacowanie	błąd	oszacowanie	błąd	oszacowanie	błąd	
25 000,50	4,80%	24 655,03	3,35%	24 956,52	4,61%	23856,36

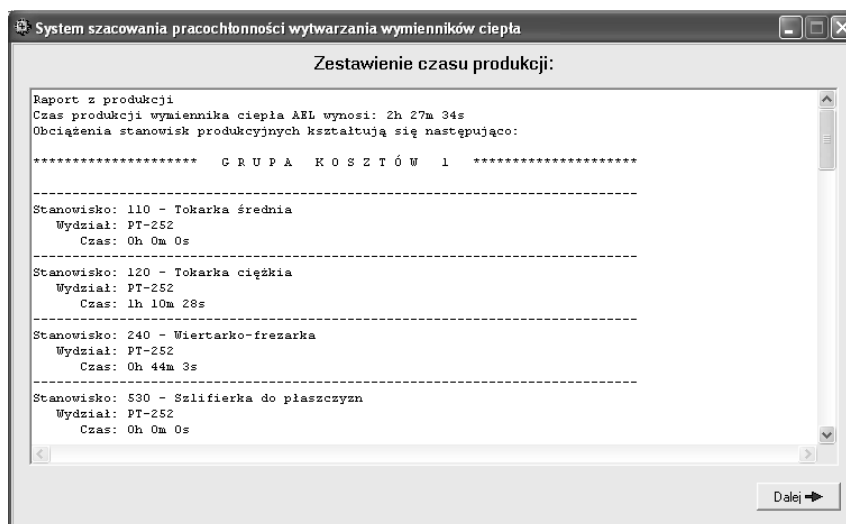
W metodzie CBR nie występują wady, które zostały wskazane w metodzie parametrycznej. Im dłużej stosowana oraz im więcej danych w bazie przypadków, daje ona

dokładniejsze oszacowania, a jej zastosowanie jest równie szybkie, jak metody parametrycznej.

### 4.3. Metoda analityczna

Przedstawiana w rozdziale drugim metodologia TPP obejmuje również szacowanie kosztów w fazie technologicznego przygotowania produkcji. Jeśli projekt szczegółowy został już opracowany, dostępne są już wszelkie szczegółowe informacje z nim związane. Możliwe wówczas jest szacowanie kosztów wytwarzania charakteryzujące się wyższym stopniem dokładności otrzymanych wyników. Do szacowania kosztów w tej fazie zastosowano metodę analityczną. Jest to metoda polegająca bardziej na kalkulacji kosztów wytwarzania niż szacowaniu ze względu na zasób danych o projekcie. Metoda ta nie bazuje na danych historycznych a jedynie na bieżących informacjach o cenach materiałów, roboczogodzin itd. Jednak przeprowadzona kalkulacja kosztu ma jedynie charakter wstępny i planowy, gdyż komplikacje, które mogą wystąpić w czasie wytwarzania mogą dodatkowo wpłynąć na zmianę kosztów.

W fazie tej generowane są procesy technologiczne poszczególnych elementów wyrobu. Aplikacja komputerowa wspomagająca opracowywanie technologii dla wymienników ciepła na podstawie wprowadzonych danych, zdefiniowanych procesów technologicznych szacuje czas pracy na poszczególnych stanowiskach, a także czas montażu. Pewne stanowiska różnią się stawką roboczogodziny. Wynik działania aplikacji szacowania pracochłonności przedstawia rys. 7. Następnie dane te zostają wykorzystane do określenia bezpośrednich kosztów robocizny i mogą być użyte w doliczeniowej metodzie kalkulacji kosztu wytworzenia.



Rys. 7. Raport czasu pracy na poszczególnych stanowiskach

Gdy oszacowana została pracochłonność wykonania całego wyrobu, można przejść do kolejnego etapu, czyli przeprowadzenia kalkulacji kosztów wytwarzania. Po przeanalizowaniu różnych metod kalkulacji kosztów, jako najodpowiedniejsza do różnorodnej produkcji realizowanej na wielu stanowiskach o zróżnicowanych

wartościach, zastosowana została metoda doliczeniowa zleceniowa wg miejsc powstawania kosztów. W metodzie tej koszty bezpośrednio w postaci materiałów i robocizny odnoszone są na właściwe przedmioty kalkulacji na podstawie dokumentów źródłowych, natomiast koszty pośrednie doliczane są na podstawie określonych kluczy podziałowych w oparciu o Zakładowy Arkusz Rozliczeniowy (ZAR) przedstawiony w pracy [7]. Przykładowa kalkulacja kosztu wytworzenia przedstawiona została na rys. 8.

Wymienniki - koszt własny	
Plik Szacowanie Pomoc	
Bezpośrednie koszty materiałowe	9 302,21
Pośrednie koszty materiałowe	930,22
<b>Koszty materiałowe</b>	<b>10 232,43</b>
Bezpośrednie koszty kooperacji	0,00
Pośrednie koszty kooperacji	0,00
<b>Koszty kooperacji</b>	<b>0,00</b>
Bezpośrednie koszty przerobu - obróbka	1 215,59
Pośrednie koszty przerobu - obróbka	1 580,27
Bezpośrednie koszty przerobu - montaż	1 958,10
Pośrednie koszty przerobu - montaż	1 174,86
<b>Koszty przerobu</b>	<b>5 928,82</b>
<b>Koszty wytworzenia</b>	<b>16 161,25</b>
Pośrednie koszty administracji	1 616,12
Pośrednie koszty sprzedaży	4 848,37
<b>Koszty własne</b>	<b>22 625,75</b>

Rys. 8. Przykładowa kalkulacja kosztu własnego w metodzie analitycznej

Określone w ten sposób koszty wytwarzania charakteryzują się znacznie większym stopniem dokładności niż oszacowane wartości w fazie opracowywania koncepcji wyrobu. Zastosowanie metody analitycznej na etapie projektu szczegółowego wykorzystywane jest do sprawdzenia dokładności oszacowanych kosztów wytwarzania w fazie koncepcyjnego przygotowania projektu i oceny zastosowanych na tym etapie metod. Szerzej procedura działania metody analitycznej została przedstawiona w pracy [7].

## 5. Wnioski

Potrzeba szacowania kosztów w przedsiębiorstwie jest niezaprzeczalna. Problemem jest dobór odpowiedniej metody a także zapewnienie zadowalającego poziomu dokładności otrzymywanych wyników. Część z metod bazuje na danych historycznych, które w dość dobry sposób obrazują relacje zachodzące w danym przedsiębiorstwie. Wiadomo jednak, że dane z lat minionych tracą na swej aktualności.

Zmiana wartości kosztów może nastąpić, gdy mamy do czynienia z inflacją (głównie wtedy, gdy stopa inflacji jest istotna), w okresie analizowanym wystąpiły zmiany organizacyjne przedsiębiorstwa, takie np. jak sprzedaż/zakup wydziału produkcyjnego, wystąpiły przyczyny metodologiczne, np. zmiany w systemie rozliczania kosztów. [8]

Aby zapewnić porównywalność danych muszą one być aktualizowane. Szacowanie kosztów na podstawie danych historycznych ma sens tylko wtedy, gdy analizowane są zaktualizowane wartości kosztów. Wiąże się z tym konieczność archiwizowania danych o kosztach a także ich ciągle aktualizowanie do wartości bieżących. Takie podejście przynosi bowiem wymierne korzyści, umożliwiając szybkie oszacowanie kosztów wytwarzania, a jednocześnie obciążone małym błędem.

## Literatura

1. Qian L., Ben-Arieh D.: Parametric cost estimation based on activity-based costing: A case study for design and development of rotational parts. *International Journal Production Economics*, 113, 2008, pp. 805–818.
2. Chou J.-S.: Web-based CBR system applied to early cost budgeting for pavement maintenance project. *Expert Systems with Applications*, 36, 2009, pp. 2947–2960.
3. Barnuś B., Knosala R.: Minimalizacja kosztów wytwarzania w fazie projektowania. *Zarządzanie Przedsiębiorstwem. Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją*, nr 2, 2007, ss. 2-13.
4. Pokojński J. (praca zbiorowa pod red.): *Zastosowanie metody case-based reasoning w projektowaniu maszyn*. WNT, Warszawa, 2003.
5. Watson I.: Case-based reasoning is a methodology not a technology. *Knowledge Based Systems*, 12, 1999, pp. 303-308.
6. Barnuś B., Knosala R.: Zastosowanie metody Case Based Reasoning do szacowania kosztów wytwarzania w fazie projektowania. *Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie* (pod red. R. Knosali). Tom I. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2008, ss. 34-43.
7. Barnuś B., Knosala R.: Zastosowanie metod szacowania kosztów w fazie projektowania. *Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie* (pod red. R. Knosali). Tom I. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2010, ss. 73-84.
8. Kobyłecki M.: *Analiza finansowa przedsiębiorstwa*. Wydawnictwo Publikacji Elektronicznych ESCAPE Magazine, Toruń, 2005.

Mgr inż. Barbara BARNUŚ  
Prof. dr hab. inż. Ryszard KNOSALA  
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów  
Politechnika Opolska  
45-370 Opole, ul. Ozimska 75  
tel./fax.: (0-77) 453 64 58  
e-mail: b.barnus@po.opole.pl  
r.knosala@po.opole.pl