

Jarosław Mielcarek

Wyższa Szkoła Bankowa w Poznaniu

ZARZĄDZANIE OPTYMALNYM PORTFELEM PRODUKTÓW ZA POMOCĄ RACHUNKU KOSZTÓW PEŁNYCH

Streszczenie: Zgodnie z literaturą rachunek kosztów pełnych nie dostarcza informacji niezbędnych do znalezienia optymalnego portfela produktów. Zaprezentowany matematyczny model rachunku kosztów pełnych umożliwił stwierdzenie, na podstawie nieliniowości funkcji celu, że jest to model nieliniowy. Dzięki temu optymalizacja portfela produktów za pomocą rachunku kosztów pełnych została sprowadzona do rozwiązania zagadnienia programowania nieliniowego. Dokonano tego, posługując się dodatkiem Solver arkusza kalkulacyjnego Excel przy zastosowaniu metody Newtona. Rozwiązanie głównego problemu opracowania ma szczególne znaczenie dla tych przedsiębiorstw, w których wciąż jedynym stosowanym rachunkiem kosztów jest rachunek kosztów pełnych.

Słowa kluczowe: rachunek kosztów pełnych, optymalizacja, programowanie nieliniowe.

1. Wstęp

Innowacje nie mogą być ograniczane wyłącznie do nowych produktów i nowych technologii, których wdrożenie do produkcji zakończyło się sukcesem. W zarządzaniu przedsiębiorstwem można mówić o gospodarce opartej na wiedzy m.in. gdy istnieją innowacyjne pomysły zarządcze, które po wdrożeniu przynoszą przyrost zysku w tych samych warunkach.

W opracowaniu zostanie przedstawione rozwiązanie problemu, czy można określić optymalny portfel produktów za pomocą rachunku kosztów pełnych (RKP). To rozwiązanie ma istotne znaczenie teoretyczne i praktyczne.

Po pierwsze, twórca teorii ograniczeń (*theory of constraints* – TOC) E.M. Goldratt, a także T. Corbett w swych prostych przykładach liczbowych wykazują, że ocena produktów na podstawie kryteriów ich rentowności, określanych w ramach RKP, nie dostarcza informacji niezbędnych do znalezienia optymalnego planu produkcji [Goldratt 1990, s. 72–78; Corbett 1998, s. 11–16]. T. Corbett w związku z tym formułuje następujący wniosek: „Rachunek kosztów nie dostarczył poprawnej informacji o tym, który produkt ma największy wkład w zysk przedsiębiorstwa. Zwięk-

szyliśmy produkcję najmniej rentownego produktu i zmniejszyliśmy produkcję najbardziej rentownego produktu, a nasz zysk wzrósł. Jedynym logicznym wnioskiem jest, że istnieje błąd w rachunku kosztów” [Corbett 1998, s. 15–16].

A.A. Jaruga do słabości rachunku kosztów pełnych zalicza w szczególności „ograniczoną przydatność generowanych informacji do podejmowania decyzji na skutek wielokrotnego, arbitralnego rozliczania kosztów pośrednich” [Jaruga 2010, s. 148]. W tym samym opracowaniu proponuje się określenie optymalnego portfela produktów w warunkach jednego ograniczenia za pomocą rachunku kosztów zmiennych i kryterium decyzyjnego, którym jest marża brutto na jednostkę zasobu będącego ograniczeniem [Kabalski 2010, s. 386–389].

J. Mielcarek przedstawia rozwiązanie problemu optymalnego portfela produktów za pomocą RKP, rachunku kosztów działań (ABC) i rachunku przerobu (TA) w warunkach istnienia jednego ograniczenia zasobowego. Po zastosowaniu kryteriów decyzyjnych, którymi dla RKP była stopa marży brutto, dla ABC również stopa marży, a dla TA przerób na jednostkę ograniczonego zasobu, do określenia optymalnego portfela produktów zysk wyznaczony za pomocą TA był najwyższy, niższy od niego był dla ABC, a najniższy dla RKP [Mielcarek 2010, s. 79–96].

E. Nowak uważa, że: „Stosunkowo najczęściej przyjmuje się, że zależności między wyróżnionymi zmiennymi mają charakter liniowy. Oznacza to jednocześnie założenie o stałości przyrostów zmiennych decyzyjnych w stosunku do przyrostów jednostkowych innych wielkości” [Nowak 2009, s. 117]. Z tego powodu do znalezienia optymalnego portfela produktów przedstawione jest zastosowanie programowania liniowego i rachunku kosztów zmiennych [Nowak 2009, s. 117–122].

I. Sobańska podkreśla, że rachunek kosztów pełnych przestał dostarczać informacji istotnych przy podejmowaniu decyzji krótkoterminowych, przy czym „Przez informację istotną rozumie się taką, która jest realna i umożliwia wybór optymalnego wariantu działania przy podejmowaniu decyzji (kryterium decyzyjne)” [Sobańska 2006, s. 138]. Problem znalezienia optymalnego portfela produktów jest rozwiązywany za pomocą rachunku kosztów zmiennych i kryterium decyzyjnego, którym jest relatywna marża brutto, czyli marża brutto na jednostkę czynnika ograniczającego [Sobańska 2006, s. 132].

S. Sojak stwierdza, że „Tradycyjne kryteria podejmowania decyzji w postaci wypracowanego zysku mogą okazać się błędne w takiej analizie” [Sojak 2003, s. 449]. Optymalne portfele produktów wyznacza dla jednego i wielu ograniczeń, posługując się rachunkiem kosztów zmiennych, a dla wielu ograniczeń autor ten zaleca stosowanie programowania liniowego [Sojak 2003, s. 449–459].

W literaturze często przedstawiane jest rozwiązanie problemu optymalnego portfela produktów w warunkach jednego ograniczenia zasobowego. Użyty jest w tym celu rachunek kosztów zmiennych i kryterium decyzyjne, którym jest marża na pokrycie na jednostkę czynnika ograniczającego [Drury 2004, s. 320–322; Gabrusewicz 2006, s. 278–282; Świdzka 2010, s. 202–205; Kucharczyk 2009, s. 434–438].

Z zacytowanych prac wynika wniosek, że rachunek kosztów pełnych nie nadaje się do wyznaczania optymalnego portfela produktów. Konkluzja ta oznacza, że znaczna część małych i średnich przedsiębiorstw w Polsce, która nadal używa RKP do zarządzania przedsiębiorstwem, nie może wyznaczyć optymalnego portfela produktów.

Po drugie, rozwiązanie istotnego problemu dostarcza wzorów (*exemplars*), które T. Kuhn zalicza do składników matrycy dyscyplinarnej, gdy definiuje pojęcie paradygmatu [Kuhn 2001, s. 322–323]. Ukazują one sposoby rozwiązywania problemów nie tylko naukowcom i studentom. Kierownicy przedsiębiorstw, gdy poszukują możliwości podniesienia jego rentowności, mogą również z nich skorzystać. Pozytywne rozstrzygnięcie problemu, czy można zarządzać optymalnym portfelem produktów za pomocą RKP, będzie miało duże znaczenie praktyczne dla wszystkich tych przedsiębiorstw, w których stosuje się wyłącznie RKP.

Przykład liczbowy zostanie zastosowany jako główne narzędzie badawcze. Będzie on pełnił rolę odpowiednika kontrolowanych eksperymentów w fizyce¹. W celu rozwiązania głównego problemu zostanie zastosowany wbudowany dodatek arkusza kalkulacyjnego Excel o nazwie Solver.

2. Rachunek kosztów pełnych jako model nieliniowy

Rozwiązanie problemu podjętego w artykule wymaga rozwiązania problemu niższego rzędu, który może być sformułowany za pomocą pytania, czy model matematyczny RKP jest nieliniowy.

Model matematyczny RKP składa się z czterech elementów:

- zbioru zmiennych decyzyjnych,
- zbioru wag zmiennych decyzyjnych,
- funkcji celu, której wartość jest kryterium wyboru rozwiązania optymalnego,
- warunków ograniczających.

Model matematyczny jest nieliniowy wówczas, gdy funkcja celu lub przynajmniej jeden z warunków ograniczających jest funkcją nieliniową.

Sprawdzenia wymaga zatem, czy funkcja celu jest funkcją nieliniową. W szczególności należy skoncentrować uwagę na wagach zmiennych decyzyjnych, którymi są jednostkowe marże brutto poszczególnych asortymentów.

Jednostkowa marża brutto w RKP wynosi:

$$m = c - k_w = c - k_{md} - k_{ld} - k_p \quad (1)$$

gdzie

$$k_p = kk_{ld} \quad (2)$$

i wtedy po podstawieniu (2) do (1)

¹ Omówienie roli przykładu w rachunkowości zarządczej jako odpowiednika eksperymentu w fizyce znajduje się w [Mielcarek 2005a, s. 67–72].

$$m = c - k_{md} - k_{ld} - kk_{ld} = c - k_{md} - (1 + k)k_{ld} \quad (3)$$

gdzie: m – jednostkowa marża brutto,

c – cena produktu,

k_w – jednostkowy koszt wytworzenia,

k_{md} – jednostkowy koszt materiałów bezpośrednich,

k_{ld} – jednostkowy koszt płac bezpośrednich,

k_p – jednostkowy koszt pośredni,

k – współczynnik narzutu kosztów pośrednich.

Współczynnik narzutu kosztów pośrednich w kalkulacji doliczeniowej asortymentowej to

$$k = \frac{K_p}{K_{ld}} = \frac{K_p}{K_{ld1} + K_{ld2} + \dots + K_{ldn}} \quad (4)$$

a całkowita wielkość płac bezpośrednich

$$K_{ld} = K_{ld1} + K_{ld2} + \dots + K_{ldn} = k_{ld1}P_1 + k_{ld2}P_2 + \dots + k_{ldn}P_n \quad (5)$$

Podstawiamy (5) do (4)

$$k = \frac{K_p}{k_{ld1}P_1 + k_{ld2}P_2 + \dots + k_{ldn}P_n} \quad (6)$$

i ostatecznie formuła na jednostkową marżę brutto przedstawia się następująco:

$$m = c - k_{md} - \left(1 + \frac{K_p}{k_{ld1}P_1 + k_{ld2}P_2 + \dots + k_{ldn}P_n}\right)k_{ld} \quad (7)$$

gdzie: K_p – wydziałowe koszty pośrednie,

K_{ld} – całkowite płace bezpośrednie,

K_{ldn} – całkowite płace bezpośrednie dla produktu n ,

P_n – wolumen produktu n ,

n – liczba asortymentów.

Zmiennymi decyzyjnymi w RKP są wolumeny produkcji poszczególnych asortymentów. Wagami zmiennych decyzyjnych są jednostkowe marże brutto poszczególnych asortymentów (7). Dla podanych zmiennych decyzyjnych i wag zmiennych decyzyjnych funkcja celu przedstawia się następująco:

$$m_1P_1 + m_2P_2 + \dots + m_nP_n = M = \max imum \quad (8)$$

Po podstawieniu (7) do (8) otrzymujemy ostateczną postać funkcji celu w matematycznym modelu RKP:

$$\begin{aligned}
& [c_1 - k_{md1} - (1 + \frac{K_p}{k_{ld1}P_1 + k_{ld2}P_2 + \dots + k_{ldn}P_n})k_{ld1}]P_1 + \\
& + [c_2 - k_{md2} - (1 + \frac{K_p}{k_{ld1}P_1 + k_{ld2}P_2 + \dots + k_{ldn}P_n})k_{ld2}]P_2 + \dots + \\
& + [c_n - k_{mdn} - (1 + \frac{K_p}{k_{ld1}P_1 + k_{ld2}P_2 + \dots + k_{ldn}P_n})k_{ldn}]P_n = M = \max imum
\end{aligned} \tag{9}$$

Pierwszy warunek ograniczający dotyczy ograniczenia zasobowego:

$$m_{h1}P_1 + m_{h2}P_2 + \dots + m_{hn}P_n \leq R \tag{10}$$

Warunek ten oznacza, że zużycie zasobu przez produkcję danego portfela produktów nie może być większe od zasobu dostępnego R .

Rynkowe warunki ograniczające mają postać:

$$\begin{aligned}
0 < P_1 &\leq D_1 \\
0 < P_2 &\leq D_2 \\
&\vdots \\
&\vdots \\
0 < P_n &\leq D_n
\end{aligned} \tag{11}$$

gdzie: M – całkowita marża brutto dla danego portfela produktów,
 m_{hn} – jednostkowe zużycia maszynogodzin przez produkt n ,
 R – dostępny zasób maszynogodzin,
 D_n – wolumen popytu na produkt n .

Lewa strona rynkowych warunków ograniczających oznacza, że każdy produkt powinien znaleźć się w portfelu optymalnym. Prawa strona podaje maksymalne wielkości produkcji poszczególnych wyrobów, które są limitowane przez popyty.

Model matematyczny RKP jest nieliniowy. Takie rozwiązanie podjętego problemu niższego rzędu wynika z nieliniowości funkcji decyzyjnej (9). Jest ona nieliniowa, ponieważ wagi zmiennych decyzyjnych (7), którymi są marże brutto poszczególnych produktów, są funkcjami nieliniowymi. Te z kolei są funkcjami nieliniowymi z tego względu, że w formule (7) zmienne decyzyjne znajdują się w mianowniku. Ostateczną przyczyną nieliniowości funkcji decyzyjnej jest to, że współczynnik narzutu kosztów pośrednich (6) jest funkcją nieliniową. Współczynnik ten zmienia się dla każdej zmiany portfela produktów.

Model matematyczny RKP jest modelem programowania nieliniowego o postaci kanonicznej, ponieważ warunki ograniczające są nierównościami. Nie istnieje żadna ogólna metoda rozwiązywania takich programów [Czerwiński 1977, s. 251]. Do ich rozwiązywania stosuje się metody przybliżone. Ich ręczne zastosowanie jest najczęściej uciążliwe. Ręczne rozwiązywanie nie jest obecnie koniecznością, z pomocą

bowiem przychodzi informatyka. W arkuszu kalkulacyjnym Excel istnieje wbudowany dodatek o nazwie Solver, który służy do rozwiązywania zagadnień zarówno programowania liniowego, jak i nieliniowego. W punkcie 3, w którym w tabelach przedstawiony zostanie matematyczny model programowania nieliniowego RKP, rozwiązanie optymalne zostanie znalezione za pomocą Solvera przy zastosowaniu metody Newtona, będącej metodą uproszczoną znajdowania rozwiązania, a konkretnie metodą iteracyjną.

3. Znalezienie optymalnego portfela produktów z zastosowaniem RKP

Zastosowana będzie procedura dwuczęściowa. W tab. 6 przedstawiony zostanie portfel produktów, określony za pomocą kryterium decyzyjnego, którym będzie wielkość stopy marży brutto poszczególnych asortymentów. W tab. 7 portfel produktów będzie określony dla modelu nieliniowego RKP za pomocą Solvera.

Wszystkie tabele zaprezentowane poniżej zostały sporządzone w arkuszu kalkulacyjnym Excel. Kompletny zbiór danych początkowych przykładu liczbowego RKP, niezbędnych aby na wyjściu zastosowanej procedury otrzymać poszukiwany wynik w postaci optymalnego portfela produktów, podany jest w tab. 1.

Tabela 1. Dane początkowe

Wyszczególnienie	Wyrób A	Wyrób B	Wyrób C	Wyrób D	Ogółem
Cena	350	410	295	300	
Popyt	1 000	900	11 500	2 000	
Jednostkowy koszt materiałów bezpośrednich	20	44	38	45	
Jednostkowy koszt wynagrodzeń bezpośrednich	22,0	40,0	30,1	22,0	
Zużycie jednostkowe zasobu w min.	15,0	15,6	7,8	8,5	
Dostępny zasób maszynogodzin					2 100
Koszty pośrednie					2 750 000
Koszty okresu					700 000

Źródło: opracowanie własne.

Dla uproszczenia obliczeń przyjmujemy, że koszty pośrednie i koszty okresu są kosztami stałymi.

Aby obliczyć wagi zmiennych decyzyjnych, czyli marże brutto dla poszczególnych produktów, niezbędne jest podanie wskaźnika narzutu kosztów pośrednich, dla którego kluczem podziału będą wynagrodzenia bezpośrednie, zgodnie z formułą (4) i (6). Obliczono go w tab. 2, posługując się wielkościami płac bezpośrednich z poprzedniego miesiąca.

Tabela 2. Wskaźnik narzutu kosztów pośrednich

Wyszczególnienie	Wyrób A	Wyrób B	Wyrób C	Wyrób D	Razem
Płace bezpośrednie	22 000	36 000	308 553	44 000	410 553
Koszty pośrednie					2 750 000
Wskaźnik narzutu kosztów pośrednich					669,828%

Źródło: opracowanie własne.

Podany w tab. 2 początkowy wskaźnik narzutu kosztów pośrednich wynosi 669,828%. Po zastosowaniu go w tab. 3 nastąpi przypisanie kosztów pośrednich do każdego z czterech produktów na podstawie wynagrodzeń bezpośrednich, przypadających na każdy z nich, oraz wyznaczenie marż brutto jako wag zmiennych decyzyjnych, zgodnie z (7).

Tabela 3. Marże brutto produktów

Wyszczególnienie	Wyrób A	Wyrób B	Wyrób C	Wyrób D
Jednostkowy koszt materiałów bezpośrednich	20,00	44,44	37,62	45,00
Jednostkowy koszt wynagrodzeń bezpośrednich	22,00	40,00	30,10	22,00
Koszty bezpośrednie	42	84	68	67
Koszty pośrednie wytworzenia	147	268	202	147
Jednostkowy koszt wytworzenia	189,36	352,38	269,33	214,36
Cena	350	410	295	300
Marża brutto	160,64	57,62	25,67	85,64
Stopa marży brutto	45,90%	14,05%	8,70%	28,55%

Źródło: opracowanie własne.

Marża brutto nie odzwierciedla poprawnie rentowności wyrobów. Wskaźnikiem takim jest stopa marży brutto, lecz w modelu programowania nieliniowego nie jest on potrzebny.

W tab. 4 sformułowano zgodnie z (10) ograniczenie zasobowe. Przedsiębiorstwo dysponuje w ciągu tygodnia liczbą 2100 maszynogodzin na wytworzenie czterech produktów.

Tabela 4. Maszynogodziny jako ograniczenie zasobowe

Wyszczególnienie	Wyrób A	Wyrób B	Wyrób C	Wyrób D	Razem	Ograniczenie
Zużycie jednostkowe zasobu	15,00	15,60	7,80	8,50		
Planowana produkcja	351	900	11 500	2 000	14 751	
Zużycie zasobu	88	234	1 495	283	2 100	$\leq 2 100$

Źródło: opracowanie własne.

Zrealizowana produkcja w poprzednim okresie spełniała zasobowy warunek ograniczający. Dlatego w tab. 4 zbadano, czy ten warunek jest spełniony dla optymalnego planu produkcji w nieliniowym modelu RKP. Na podstawie zużycia jednostkowego i planowanej produkcji podanej w tab. 7 obliczono, że zużycie maszynogodzin wyniesie 2100. Dostępne maszynogodziny są ograniczeniem wiążącym, ponieważ wielkość produkcji wyrobu A nie zaspokaja popytu.

Ograniczenia popytowe zostały przedstawione w tab. 5 zgodnie z (11).

Tabela 5. Ograniczenia popytowe

Wyszczególnienie	Ograniczenie dolne	Relacja	Produkcja	Relacja	Popyt
Wyrób A	0	\leq	351	\leq	1 000
Wyrób B	0	\leq	900	\leq	900
Wyrób C	0	\leq	11 500	\leq	11 500
Wyrób D	0	\leq	2 000	\leq	2 000

Źródło: opracowanie własne.

Dla planu produkcji przedstawionego w tab. 4 wszystkie ograniczenia popytowe są spełnione.

W tab. 6 przedstawiona jest kalkulacja zysku dla RKP. Zmiennymi decyzyjnymi funkcji celu są wartości sprzedaży poszczególnych wyrobów, a wagami zmiennych decyzyjnych stopy marży brutto, obliczone w tab. 3.

Tabela 6. Funkcja celu dla RKP

Wyszczególnienie	Wyrób A	Wyrób B	Wyrób C	Wyrób D	Razem
Produkcja	1 000	900	10 251	2 000	
Cena	350	410	295	300	
Sprzedaż	350 000	369 000	3 024 128	600 000	
Stopa marży brutto	45,90%	14,05%	8,70%	28,55%	
Marża brutto	160 638	51 862	263 107	171 276	646 883
Koszty okresu					700 000
Zysk					-53 117

Źródło: opracowanie własne.

Kalkulacja wyników finansowych w RKP została sporządzona na podstawie wolumenu produkcji i sprzedaży równego popytowi dla trzech najlepszych produktów pod względem rentowności mierzonej wielkością stóp marży brutto podaną w tab. 3, czyli A, D i B, oraz tylko częściowego zaspokojenia popytu przez produkcję najgorszego wyrobu C. Jej wielkość została określona przez niewykorzystaną część zasobu

po zaspokojeniu popytu na wyroby A, D i B, wynoszącą 1333 maszynogodziny. Wielkość produkcji wyrobu C w rozwiązaniu optymalnym, wyznaczonym za pomocą RKP, wyniosła 10 251 jednostek. Całkowity zysk operacyjny tygodniowy w wyniku zastosowania kryterium decyzyjnego RKP w postaci stóp rentowności brutto wyniósł –53 117 zł, czyli przedsiębiorstwo poniosło stratę.

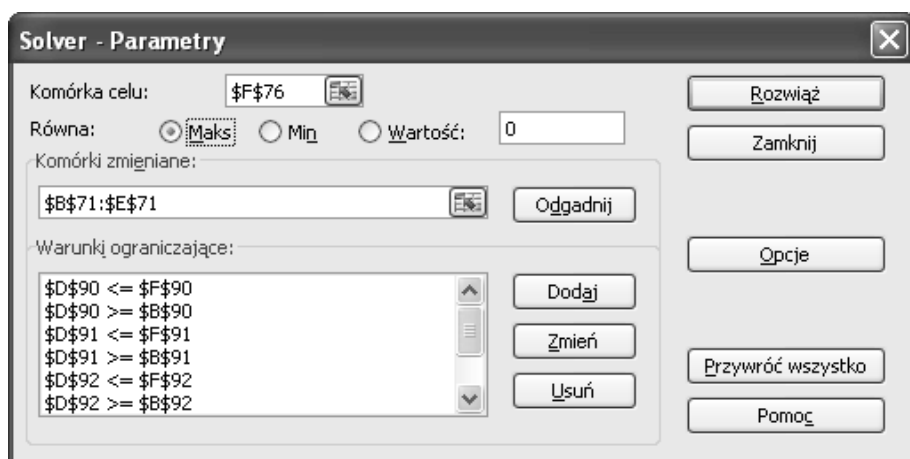
Funkcja celu w modelu programowania nieliniowego RKP zgodnie z (9) przedstawiona jest w tab. 7. Zmiennymi decyzyjnymi są wolumeny produkcji poszczególnych wyrobów, a wagami zmiennych decyzyjnych jednostkowe marże brutto dla RKP.

Tabela 7. Funkcja celu

Wyszczególnienie	Wyrób A	Wyrób B	Wyrób C	Wyrób D	Razem
Produkcja początkowa	1 000	900	10 251	2 000	
Produkcja optymalna	351	900	11 500	2 000	
Jednostkowa marża brutto	168,55	72,01	36,49	93,55	
Marża brutto	59 106	64 812	419 672	187 104	730 693
Koszty okresu					700 000
Zysk					30 693

Źródło: opracowanie własne.

Produkcja optymalna została znaleziona za pomocą Solvera. Wygląd okna Solvera przygotowanego do rozwiązania zagadnienia programowania liniowego prezentowany jest na rys. 1.



Rys. 1. Okno Solvera

Źródło: opracowanie własne.

W oknie Solvera w komórce celu podano adres komórki zawierającej sumę marż brutto w tab. 7. Adresy komórek zmienianych (zmiennych decyzyjnych) są adresami komórek zawierających produkcję optymalną w tab. 7. Warunki ograniczające dla ograniczenia zasobowego posługują się adresami komórek zawierających sumę wykorzystanych i dostępnych zasobów w tab. 4, a rynkowe warunki ograniczające podane zostały z użyciem adresów komórek w tab. 5.

Do określenia, że Solver ma rozwiązać zagadnienie programowania nieliniowego, używamy przycisku *Opcje*. Okno *Opcje* przedstawione jest na rys. 2.



Rys. 2. Okno Opcje Solvera

Źródło: opracowanie własne.

W oknie *Opcje* należy odznaczyć pole wyboru *Przyjmij model liniowy*. Dodatkowo zostaje wybrana metoda rozwiązania poprzez zaznaczenie opcji *Newtona*. Po powrocie do głównego okna Solvera w celu określenia optymalnego portfela produktów naciskamy przycisk *Rozwiąż*. Efekty obliczeń przedstawione są w tab. 7.

W tab. 7 jako produkcję początkową przyjęto optymalny portfel produktów wyznaczony za pomocą RKP w tab. 6. Optymalny portfel produktów określony za pomocą modelu nieliniowego RKP różni się od tego pierwszego tym, że w pełni zaspokaja popyt na produkt C i nie w pełni popyt na produkt A. Osiągnięty zysk wynosi 30 693 zł i jest wyższy od określonego jako optymalny przez RKP o 83 810 zł.

Ze względu na zastosowanie kalkulacji kosztów wytworzenia za pomocą kalkulacji doliczeniowej asortymentowej, w której kluczem podziału są płace bezpośrednie, występuje wahanie kosztów pośrednich przypisywanych poszczególnym asortymentom i tym samym jednostkowych marż brutto oraz rentowności poszczególnych produktów, mierzonych stopą marży brutto w zależności od struktury przyjętego

portfela produktów. Jest to rezultat nieliniowości rachunku kosztów pełnych. W tab. 8 zaprezentowano różnice między wielkościami początkowymi a wielkościami dla rozwiązania optymalnego.

Tabela 8. Różnice między rozwiązaniem RKP a rozwiązaniem nieliniowego modelu RKP

Wyszczególnienie	Wyrób A	Wyrób B	Wyrób C	Wyrób D	Ogółem
Płace bezpośrednie początkowo	22 000	36 000	308 553	44 000	
Płace bezpośrednie optymalne	7 715	36 000	346 139	44 000	
Jednostkowe koszty pośrednie początkowo	147	268	202	147	
Jednostkowe koszty pośrednie optymalne	139	254	191	139	
Jednostkowa marża brutto początkowa	160,64	57,62	25,67	85,64	
Jednostkowa marża brutto optymalna	168,55	72,01	36,49	93,55	
Stopa marży brutto początkowa	45,90%	14,05%	8,70%	28,55%	
Stopa marży brutto optymalna	48,16%	17,56%	12,37%	31,18%	
Wskaźnik narzutu kosztów pośrednich początkowo					669,828%
Wskaźnik narzutu kosztów pośrednich optymalny					633,855%

Źródło: opracowanie własne.

Zastosowanie modelu nieliniowego RKP spowodowało, że wielkości podane w tab. 8 ulegają zmianie dla rozwiązania optymalnego, w porównaniu z wielkościami początkowymi. Należy również zwrócić uwagę, że rozwiązanie optymalne portfela produktów nie odpowiada hierarchii rentowności produktów, uszeregowanych według porządku malejącego zgodnie z wielkością stóp marży brutto nie tylko dla danych początkowych, lecz również dla tych stóp w rozwiązaniu optymalnym. W porównaniu z rozwiązaniem przedstawionym dla RKP w tab. 6, rozwiązanie optymalne w tab. 7 oznacza zmniejszenie produkcji najbardziej rentownego wyrobu A i zwiększenie produkcji najmniej rentownego wyrobu C.

Wyniki osiągnięte w przykładzie liczbowym pokazują, że jeżeli błędnie zastosujemy kryterium rentowności produktów RKP do określania optymalnego portfela produktów, to możliwe jest, że dla optymalnego rozwiązania przedsiębiorstwo poniesie stratę. Gdy posłużymy się matematycznym modelem nieliniowym RKP i rozwiązanie znajdziemy za pomocą Solvera, to w tych samych warunkach przedsiębiorstwo osiągnie zyski. Nieliniowy model matematyczny RKP zastosowany do zarządzania optymalnym portfelem produktów można uznać w przedsiębiorstwach obsługujących się wyłącznie RKP za innowację zarządczą, która generuje dodatkowe zyski.

4. Podsumowanie

Podjęty w opracowaniu problem sformułowany za pomocą pytania, czy można określić optymalny portfel produktów za pomocą rachunku kosztów pełnych (RKP), został rozwiązany pozytywnie. Wymagało to wcześniejszego rozwiązania problemu niższego rzędu, który został wyrażony w formie pytania, czy model matematyczny RKP jest modelem nieliniowym. Pozytywne rozwiązanie drugiego problemu zostało przedstawione na podstawie stwierdzenia nieliniowości funkcji celu w tym modelu.

Po otrzymaniu tych wyników problem zarządzania optymalnym portfelem produktów za pomocą RKP przekształcił się w problem wyznaczania optymalnego portfela produktów za pomocą nieliniowego modelu matematycznego RKP. Pozostała kwestia zastosowania odpowiedniej metody znajdowania rozwiązania optymalnego dla modelu nieliniowego. Użyto w tym celu wbudowanego w arkuszu kalkulacyjnym Excel dodatku o nazwie Solver, który służy do również do rozwiązywania zagadnień programowania nieliniowego. W punkcie 3 zaprezentowano przykład matematycznego modelu programowania nieliniowego RKP, dla którego znaleziono rozwiązanie optymalne za pomocą Solvera przy zastosowaniu metody Newtona, będącej uproszczoną, iteracyjną metodą.

Znaczenie teoretyczne rozwiązania głównego problemu polega na tym, że do tej pory w literaturze obowiązywał pogląd, że znalezienie optymalnego portfela produktów za pomocą RKP jest niemożliwe. Posłużenie się zamiast RKP rachunkiem kosztów zmiennych i hierarchią rentowności produktów, ustaloną na podstawie stóp marży wkładu, daje poprawny wynik tylko dla jednego zasobowego ograniczenia wiążącego, lub dla wielu ograniczeń wiążących i identycznych najgorszych produktów pod względem marż wkładu, przypadających na jednostkę poszczególnych zasobów, będących ograniczeniami wiążącymi. Dla wielu zasobowych ograniczeń wiążących oraz różnych najgorszych produktów pod względem marż wkładu, przypadających na jednostkę poszczególnych zasobów, będących ograniczeniami wiążącymi, znalezienie w taki sposób optymalnego rozwiązania nie jest możliwe [Mielcarek 2005b, s. 129–234]. Przedstawiona procedura konstruowania nieliniowego modelu matematycznego RKP i zastosowania programowania nieliniowego daje poprawne rozwiązanie dla dowolnej liczby zasobowych ograniczeń wiążących.

Znaczenie praktyczne przedstawionego rozwiązania głównego problemu polega na tym, że dostarcza ono przedsiębiorcom, którzy poszukują optymalnego portfela produktów, skutecznych wzorów postępowania. Zgodnie z dotychczasowym stanowiskiem literatury RKP nie dostarcza informacji niezbędnych do znalezienia optymalnego planu produkcji. Sytuacja się zmienia w wyniku opracowania nieliniowego modelu matematycznego RKP. Jego zastosowanie do zarządzania optymalnym portfelem produktów w przedsiębiorstwach posługujących się nadal wyłącznie RKP można uznać za innowację zarządczą, która generuje dodatkowe zyski.

Literatura

- Czerwiński Z. [1977], *Matematyka na usługach ekonomii*, PWN, Warszawa.
- Corbett T. [1998], *Throughput Accounting. TOC's Management Accounting System*, The North River Press, Great Barrington.
- Drury C. [2004], *Management And Cost Accounting*, 6th edition, Thomson Learning, United Kingdom.
- Gabrusewicz W. [2006], *Krótkookresowe rachunki decyzyjne*, [w:] *Podstawy rachunkowości zarządczej*, red. K. Czubakowska, W. Gabrusewicz, E. Nowak, PWE, Warszawa.
- Goldratt E.M. [1990], *The Haystack Syndrome. Sifting Information Out of The Data Ocean*, North River Press, Great Barrington.
- Jaruga A.A. [2010], *Klasyczne systemy rachunku kosztów i wyników*, [w:] *Rachunkowość zarządcza*, red. A.A. Jaruga, P. Kabalski, A. Szycha, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa.
- Kabalski P. [2010], *Decyzyjne rachunki kosztów i wyników w zarządzaniu operacyjnym*, [w:] *Rachunkowość zarządcza*, red. A.A. Jaruga, P. Kabalski, A. Szycha, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa.
- Kucharczyk M. [2009], *Decyzje krótkoterminowe*, [w:] *Rachunkowość zarządcza. Teoria, praktyka, aspekty behawioralne*, red. D. Dobija, M. Kucharczyk, Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa.
- Kuhn T.S. [2001], *Struktura rewolucji naukowych*, Fundacja Aletheia, Warszawa.
- Mielcarek J. [2005a], *Teoretyczne podstawy rachunku kosztów i zasobów – koncepcji ABC i ABM*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań.
- Mielcarek J. [2005b], *Paradygmat teorii ograniczeń jako koncepcji rachunkowości zarządczej*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu, Poznań.
- Mielcarek J. [2010], *Zarządzanie portfelem produktów w gospodarce opartej na wiedzy*, [w:] *Rozwój lokalny i regionalny. Innowacyjność i rozwój przedsiębiorczości*, red. M. Dylewski, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły w Poznaniu nr 27, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu, Poznań.
- Nowak E. [2009], *Zaawansowana rachunkowość zarządcza*, PWE, Warszawa.
- Sobańska I. [2006], *Systemy rachunku kosztów i wyników*, [w:] *Rachunek kosztów i rachunkowość zarządcza*, red. I. Sobańska, C.H. Beck, Warszawa, s. 132.
- Sojak S. [2003], *Rachunkowość zarządcza*, Wydawnictwo „Dom Organizatora”, Toruń.
- Świdarska G.K. [2010], *Koszty problemowych rachunkach decyzyjnych*, [w:] *Controlling kosztów i rachunkowość zarządcza*, red. G.K. Świdarska, MAC Consulting Sp. z o.o., Warszawa.

THE MOST PROFITABLE PRODUCT-MIX MANAGEMENT WITH ABSORPTION COSTING

Summary: According to literature absorption costing does not supply the necessary information to determine the optimal product-mix. The presented absorption costing mathematical model enabled to find out on the ground of the nonlinearity of goal function that it was a nonlinear model. Thanks to it product-mix optimization with absorption costing was reduced to nonlinear programming problem solving. It was accomplished using Solver appendix of Excel spreadsheet with the help of the Newton method. The solution of the main problem of the paper has significant importance for those enterprises in which the only suitable costing is absorption costing.