

JERZY W. WIŚNIEWSKI

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

PRACOCHLONNOŚĆ PRODUKCJI MAŁEGO PRZEDSIĘBIORSTWA W MODELOWANIU EKONOMETRYCZNYM

Wprowadzenie

Pracochłonność produkcji oraz wydajność pracy należą do wspólnej rodziny kategorii ekonomicznych; jedna jest odwrotnością drugiej¹. Każde z tych pojęć ma odpowiednie zastosowanie w przedsiębiorstwie, dostarczając informacji o rozmaitym, lecz wzajemnie komplementarnym przeznaczeniu. Umiejętność pomiaru wydajności i pracochłonności jest warunkiem prawidłowego diagnozowania sytuacji i właściwego wspomaganie decyzji właścicielskich w małej firmie.

Znaną słabością polskich małych przedsiębiorstw jest ich zaniedbanie informacyjne. Istotą owego zaniedbania jest brak ważnych decyzyjnie szeregów czasowych, gromadzonych dla usprawnienia procesów decyzyjnych. Nawet informacje obowiązkowe, do których należą wszystkie dane związane z rozliczeniami publiczno-prawnymi, nie są komasowane w odpowiednie szeregi danych statystycznych. Tym bardziej więc nie można mówić o odpowiednim ich przetwarzaniu, w celu przygotowania podwalin pod co najmniej racjonalne decyzje. Diagnozowanie więc sytuacji oraz analizowanie i przewidywanie istotnych zmian w małym przedsiębiorstwie jest niezwykle trudne.

¹ Wydajność pracy (Wp) – zgodnie z definicją klasyczną – jest relacją produkcji (P) do zużytych do jej realizacji nakładów pracy (Z), tj. $Wp = P/Z$, natomiast pracochłonność produkcji (Pp) jest odwrotnością wydajności pracy, czyli $Pp = 1/Wp = Z/P$.

1. Zmiany zapotrzebowania na czynnik pracy w małym przedsiębiorstwie

W niniejszej części pracy przedstawione zostaną tendencje zmian pracochłonności produkcji w małym przedsiębiorstwie produkcyjnym. W zależności od sposobu zdefiniowania licznika oraz mianownika formuły pracochłonności ($Pp = Z/P$), otrzymuje się rozmaite, o odmiennym sensie ekonomicznym wielkości. Rozważymy dwa pojęcia nakładów pracy (Z) w małej firmie oraz cztery formuły pojęciowe produkcji (P).

Poniżej w tabl. 1 i na rys. 1 przedstawione zostały szeregi czasowe pracochłonności produkcji w małym przedsiębiorstwie², wyrażone w jednostkach pieniężnych. Nakłady pracy, występujące w liczniku, oznaczają koszty pracy: roczne, kwartalne lub miesięczne. Wielkości produkcji, występujące w mianowniku, oznaczają kolejno: przychody ze sprzedaży netto, wpływy pieniężne, przychody ze sprzedaży brutto oraz wartość wykonanej produkcji gotowej w cenach sprzedaży. W związku z tym liczby w tabl. 1 oznaczają roczne koszty pracy (w zł) przypadające na 1 tys. zł wartości produkcji w jednym z wymienionych mierników.

Tablica 1

Pracochłonność produkcji przedsiębiorstwa w jednostkach pieniężnych³ (rocznie)

Lata	PRACHLONNET	PRACHLONPIEN	PRACHLOSPBRUT	PRACHLPROD
1996	122,8571	102,2092	106,9026	114,8168
1997	169,5511	146,7834	147,2799	167,2178
1998	237,0013	228,9064	205,7237	225,8646
1999	211,2210	199,5265	183,7073	237,7567
2000	238,3379	207,7849	208,5811	234,7235
2001	254,1660	242,9409	222,8236	263,8387
2002	253,2822	226,4211	220,6642	250,9600
2003	267,2298	221,7364	233,6039	252,7890
2004	282,0118	219,2015	235,8800	249,8138

Oznaczenia w tabl.1: PRACHLONNET – koszty pracy w zł, przypadające na jeden tysiąc zł przychodów ze sprzedaży netto przedsiębiorstwa; PRACHLONPIEN – koszty pracy w zł, przypadające na jeden tysiąc zł wpływów pieniężnych; PRACHLOSPBRUT – koszty pracy w zł, przypadające na jeden tysiąc zł przychodów ze sprzedaży brutto; PRACHLPROD – koszty pracy w zł, przypadające na jeden tysiąc zł wartości wytworzonej produkcji gotowej.

Źródło: Dokumentacja przedsiębiorstwa.

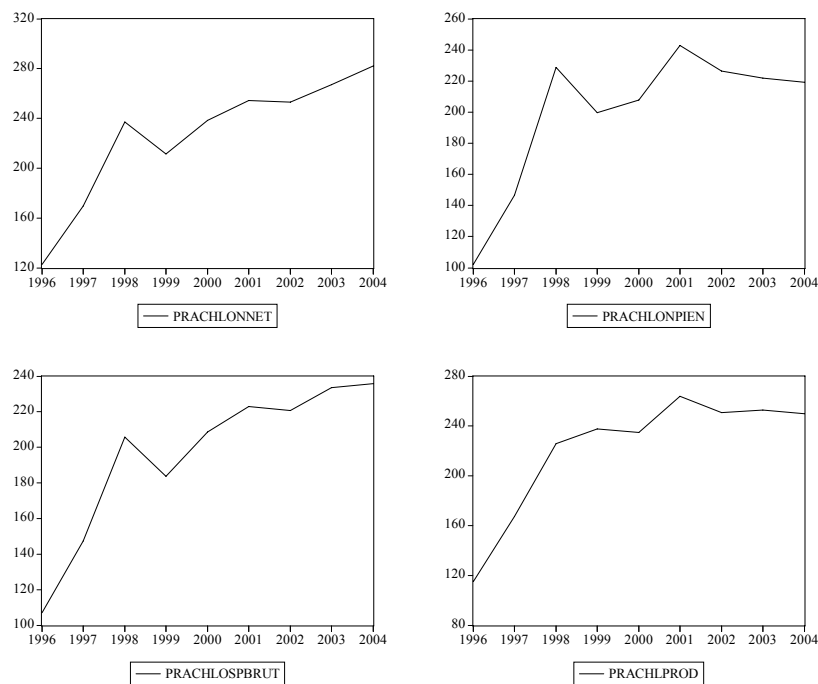
W latach 1996–2004 dostrzega się systematyczny wzrost kosztów pracy przypadających na 1000 zł wartości produkcji w każdym z zastosowanych finansowych mierników pracochłonności. Zwłaszcza w latach dziewięćdziesiątych szybko rosła pracochłonność 1000 wartości produkcji, sprzedaży i realizacji należności pienięż-

² Nie będziemy podawać nazwy przedsiębiorstwa, stosując jedynie kryptonim: firma G.

³ Mierniki pracochłonności produkcji prezentowane w tabl. 1 charakteryzują się konstrukcją licznika wzoru w postaci kosztów pracy przedsiębiorstwa (por. przypis 1).

nych przedsiębiorstwa⁴. Od 2000 r. wyraźnie zmniejszyła się dynamika w każdym z rozważanych szeregów czasowych, zbliżając się do poziomu nasycenia. Najlepszą, z punktu widzenia interesów przedsiębiorstwa, sytuację obserwuje się w pracochłonności produkcji gotowej, gdzie po roku 2001 nastąpiła stabilizacja poniżej poziomu tegoż roku.

Rozważając więc finansowe mierniki zaangażowania pracy w tworzenie i sprzedawanie produkcji małego przedsiębiorstwa dostrzega się rozmaite wzrostowe trendy zaprezentowanych wyżej miar pracochłonności.



Rys. 1. Pracochłonność produkcji przedsiębiorstwa w jednostkach pieniężnych

Źródło: Tabl. 1

Pracochłonność produkcji (wytwarzania i sprzedaży), wyrażana miernikiem naturalnym zaangażowania pracy, zdefiniowana została za pomocą czterech mierników, które przedstawiają zmiany zapotrzebowania na pracę, mierzoną średnioroczną liczbą etatów. Są to:

- PRPROD – średnioroczna liczba zatrudnionych, przypadająca na wytworzenie produkcji gotowej o wartości 1 miliona zł,
- PRSPBRUT – średnioroczna liczba zatrudnionych, przypadająca na 1 milion zł przychodów ze sprzedaży brutto,

⁴ Por. w tej sprawie pracę J.W. Wiśniewskiego, *Ekonometryczny model małego przedsiębiorstwa*, IW GRAVIS, Toruń 2003, podrozdział 2.2.

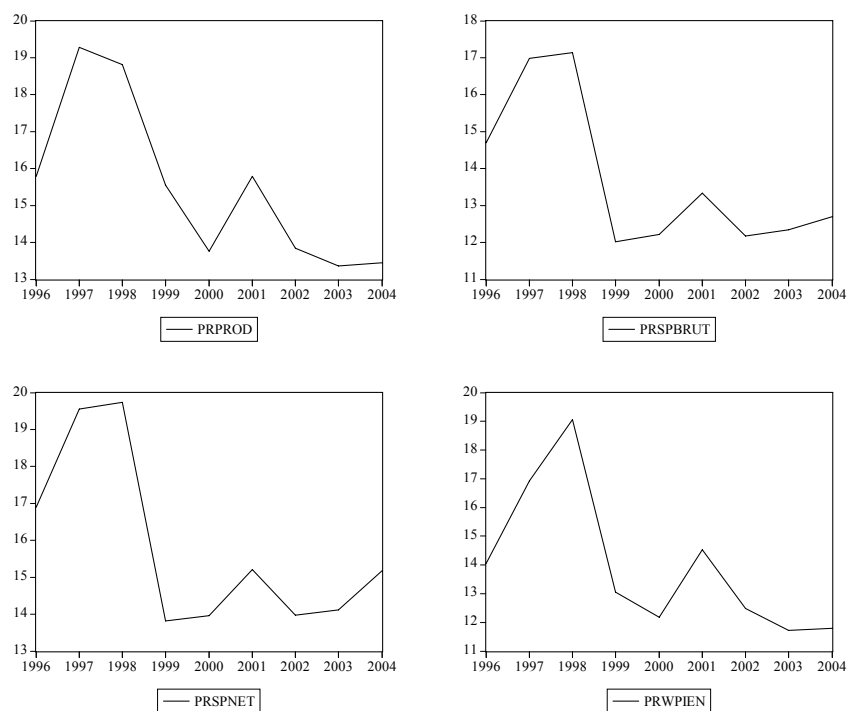
- PRSPNET – średnioroczna liczba zatrudnionych, przypadająca na 1 milion zł przychodów ze sprzedaży netto,
- PRWPIEN – średnioroczna liczba zatrudnionych, przypadająca na 1 milion zł wpływów pieniężnych.

Tablica 2

Pracochłonność produkcji przedsiębiorstwa w jednostkach naturalnych (rocznie)

Lata	PRPROD	PRSPBRUT	PRSPNET	PRWPIEN
1996	15,79058	14,70215	16,89636	14,05667
1997	19,28739	16,98769	19,55652	16,93042
1998	18,81204	17,13452	19,73961	19,06539
1999	15,54954	12,01465	13,81407	13,04924
2000	13,75260	12,22090	13,96437	12,17426
2001	15,78865	13,33422	15,20982	14,53808
2002	13,84688	12,17529	13,97501	12,49293
2003	13,35549	12,34189	14,11843	11,71490
2004	13,44420	12,69432	15,17699	11,79673

Źródło: Dokumentacja przedsiębiorstwa.

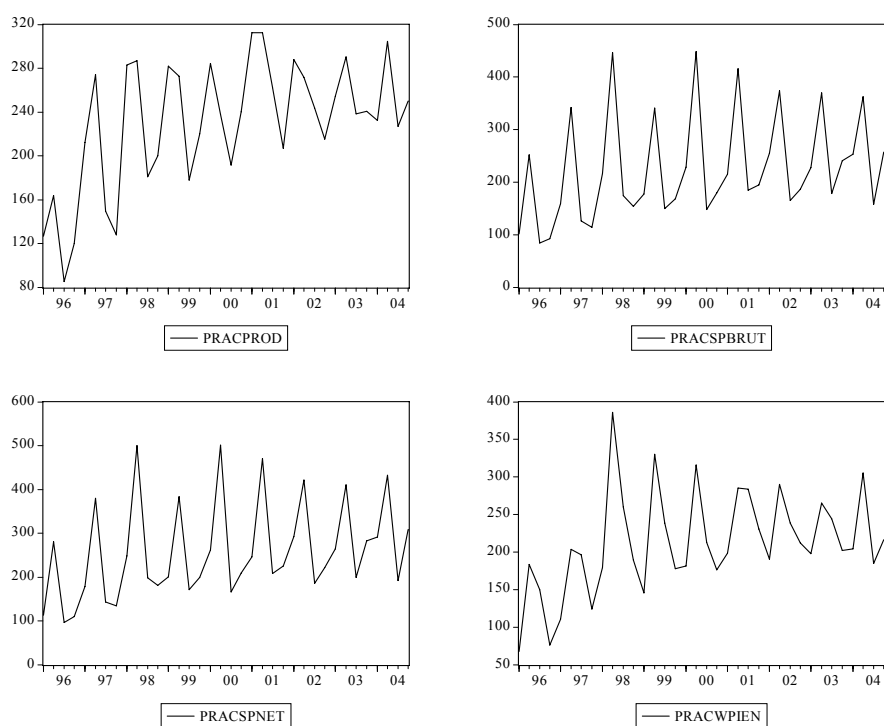


Rys. 2. Pracochłonność produkcji przedsiębiorstwa w jednostkach naturalnych

Źródło: Tabl. 2.

Informacje statystyczne o pracochłonności produkcji opartej na średniorocznym zatrudnieniu prezentowane są w tabl. 2 oraz na grupie rys. 2. Począwszy od 1998 r. następuje wyraźny spadek zapotrzebowania na pracowników w małym przedsiębiorstwie. Pojawiające się zjawisko zmniejszania zapotrzebowania na pracę jest reakcją na efekt dynamicznego wzrostu kosztów pracy w tymże okresie. Inwestowanie w środki trwałe o charakterze substytucyjnym względem czynnika pracy wywołało pożądany skutek, w postaci zmniejszenia potrzeb etatowych w firmie. Owe inwestycje i ograniczenie popytu na zatrudnienie były więc niezbędnym warunkiem przetrwania przedsiębiorstwa.

2. Ekonometryczny kwartalny model pracochłonności produkcji małego przedsiębiorstwa

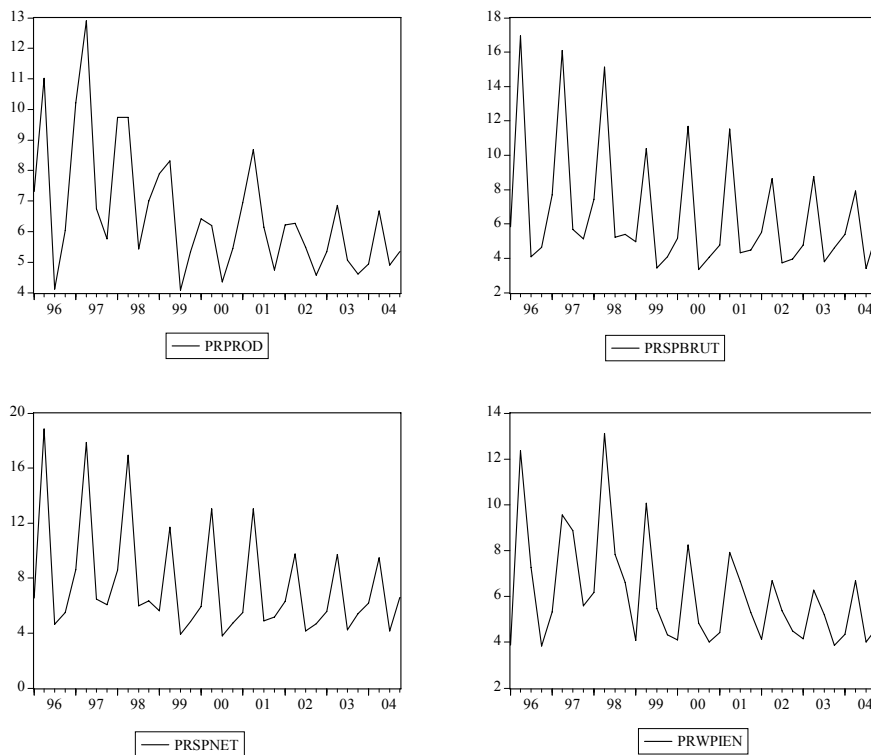


Rys. 3. Pracochłonność produkcji przedsiębiorstwa kwartalnie w jednostkach pieniężnych⁵

Źródło: dokumentacja przedsiębiorstwa

⁵ W złotych na 1000 zł wartości produkcji kwartalnie w każdym z czterech zastosowanych mierników.

W niniejszej części pracy zaprezentujemy wahania pracochłonności produkcji w małym przedsiębiorstwie na podstawie kwartalnych szeregów czasowych z lat 1996–2004. Wykorzystane zostaną analogiczne mierniki pracochłonności do tych, które zastosowano w przedstawionych powyżej rocznych szeregach czasowych. Rys. 3 przedstawia kwartalne pracochłonności produkcji wyrażonej czterema miernikami w jednostkach pieniężnych, natomiast rys. 4 prezentuje pracochłonność produkcji przedsiębiorstwa w jednostkach naturalnych (etatowych).



Rys. 4. Pracochłonność produkcji przedsiębiorstwa kwartalnie w jednostkach naturalnych⁶

Źródło: Dokumentacja przedsiębiorstwa.

Ograniczona objętość niniejszej pracy pozwala na prezentację jedynie przykładowych rozwiązań modelowych. Prezentowany poniżej ekonometryczny model pracochłonności produkcji, opartej na danych kwartalnych, opisuje mechanizm kształtowania się zmiennej PPRK, oznaczającej wartość kosztów pracy (w zł)

⁶ Średnia kwartalna liczba zatrudnionych na 100 tys. zł wartości produkcji w każdym z czterech zastosowanych mierników.

przypadającą na 1000 zł wartości produkcji gotowej (w cenach sprzedaży). Empiryczny model ekonometryczny ma następującą postać:

$$\begin{aligned} \text{PPRK} = & 108,239 + 0,417 \text{ PPRK}_{-4} - 4,739 \text{ TUM} + 5,945 \text{ TUM}_{-2} + 73,751 \text{ S1} + \\ & (5,633) \quad (3,775) \quad (2,051) \quad (2,835) \quad (3,267) \\ & + 53,971 \text{ S2} - 1,790 t \text{ S1} + u_1, \quad (1) \\ & (4,124) \quad (1,748) \\ R_1^2 = & 0,803, \text{ Su}_1 = 22,861, \text{ DW}_1 = 2,101. \end{aligned}$$

W modelu (1) zmiennymi objaśniającymi są opóźnione o cztery kwartały wielkości pracochłonności (autoregresja), techniczne uzbrojenie pracy w maszyny i urządzenia (TUM) oraz opóźnione o dwa kwartały owe uzbrojenie techniczne (TUM₋₂)⁷, zerojedynkowe zmienne sezonowe dla kwartałów: pierwszego (S1) oraz drugiego (S2). Ponadto rolę zmiennej objaśniającej pełni iloczyn zmiennej czasowej *t* (numer kwartału; *t* = 1, ..., 36) i zmiennej zerojedynkowej, wyróżniającej pierwszy kwartał (S1), co wskazuje na występowanie tzw. sezonowości⁸ zmiennej w czasie.

Dokładność dopasowania modelu można uznać za dobrą⁹. Współczynnik determinacji ($R_1^2 = 0,803$) informuje, że ponad 80% kwartalnej zmienności pracochłonności produkcji wyjaśnia równanie (1). Również błąd standardowy reszt ($\text{Su}_1 = 22,861$) potwierdza, że losowe wahania pracochłonności są niewielkie. Statystyka Durбина i Watsona ($\text{DW}_1 = 2,101$) wskazuje, że w równaniu (1) nie występuje istotna statystycznie autokorelacja składnika losowego. Wnioski te znajdują potwierdzenie w trakcie analizy rys. 5, przedstawiającego rzeczywiste oraz teoretyczne¹⁰ wielkości pracochłonności produkcji wykonanej oraz reszty¹¹ modelu.

Z modelu (1) wynika, że pracochłonność produkcji wykonanej w kwartale znacząco kształtuje autoregresja czwartego rzędu. Istotny statystycznie wpływ na pracochłonność wywiera bieżące i opóźnione o 2 kwartały techniczne uzbrojenie pracy w maszyny i urządzenia. Równoczesna wartość zmiennej TUM powoduje obniżenie pracochłonności produkcji, natomiast opóźniona o dwa kwartały wielkość tej zmiennej pociąga za sobą wzrost pracochłonności wytwarzania towarów. Można z tego wysnuć wniosek, że nowsze maszyny i urządzenia sprzyjają obniżce pracochłonności w przedsiębiorstwie.

W wahaniami zmiennej PPRK występuje istotna statystycznie sezonowość, zarówno stała w czasie, jak też zmieniająca się z upływem czasu. W pierwszym i drugim kwartale roku pracochłonność jest wyższa od tzw. składnika systematycznego. Jednakże pojawia się czynnik korygujący. Następuje tłumienie sezonowości

⁷ TUM oznacza techniczne uzbrojenie pracy w maszyny i urządzenia, wyrażone wartością początkową maszyn i urządzeń (w tys. zł) na 1 zatrudnionego średnio w kwartale.

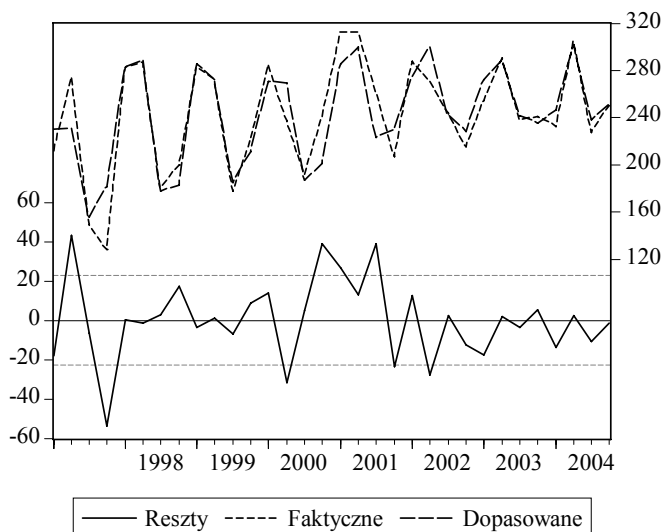
⁸ Zmienna o konstrukcji: $t \text{ S1}$ jest istotna statystycznie na poziomie istotności $\gamma = 0,0927$.

⁹ Jak na mikroekonomiczne szeregi danych kwartalnych.

¹⁰ Obliczone za pomocą empirycznego modelu (1).

¹¹ Symbolem u_1 oznaczone zostały reszty równania.

w pierwszym kwartale średnio o 1,79 zł na 1000 zł produkcji wykonanej. Resultatem tego procesu jest obniżka wskaźnika sezonowości dla pierwszego kwartału w ciągu 9 lat o ponad 64 zł/1000 zł wartości produkcji wykonanej. Wahania sezonowe dla pierwszego kwartału zostały więc w rozważanym okresie radykalnie obniżone.



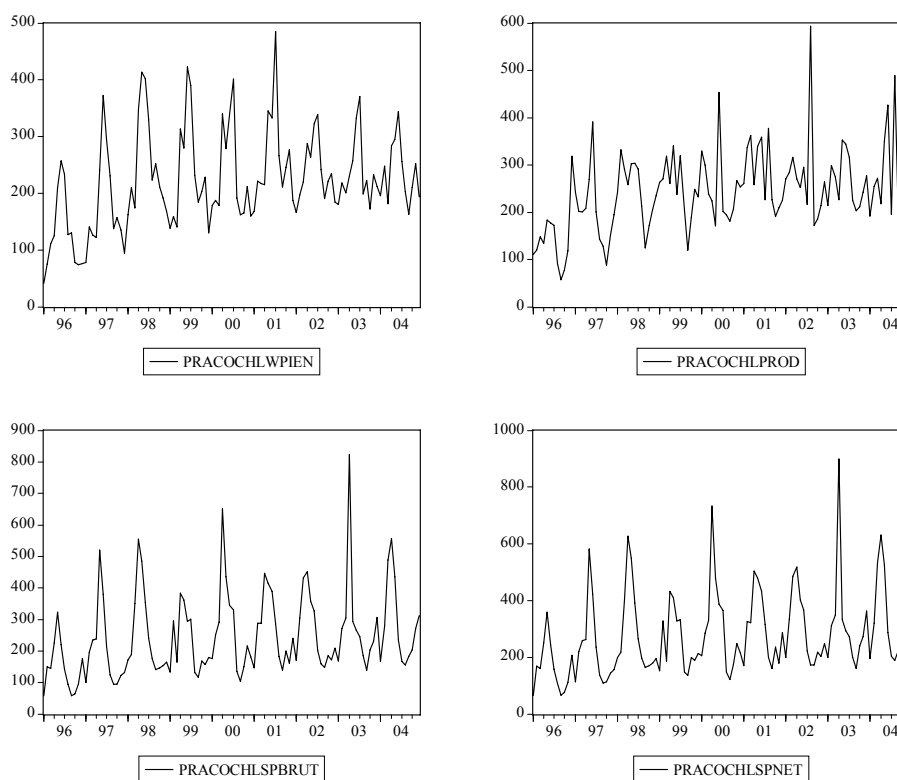
Rys. 5. Rzeczywiste i teoretyczne kwartalne wartości pracochłonności produkcji gotowej w przedsiębiorstwie (w tys. zł) oraz reszty modelu (1)¹²

Źródło: Obliczenia własne na podstawie modelu (1).

3. Miesięczny model ekonometryczny pracochłonności produkcji w małym przedsiębiorstwie

Analogicznie, jak powyżej, prezentujemy miesięczną pracochłonność produkcji w jednostkach pieniężnych (wiązka wykresów 6) oraz w jednostkach naturalnych (grupa rys. 7). Dostrzega się zasadniczo wzrostowe trendy pracochłonności produkcji wyrażonej w jednostkach pieniężnych oraz spadkowe trendy teje pracochłonności w jednostkach naturalnych. W obu grupach miar pracochłonności występują też wahania sezonowe o bardzo dużej amplitudzie.

¹² Na prawej skali oznaczone są rzeczywiste i teoretyczne wartości pracochłonności 1000 zł produkcji gotowej (w zł), natomiast na skali lewej podane są wartości reszt równania (1).



Rys. 6. Pracochłonność produkcji przedsiębiorstwa miesięcznie w jednostkach pieniężnych¹³

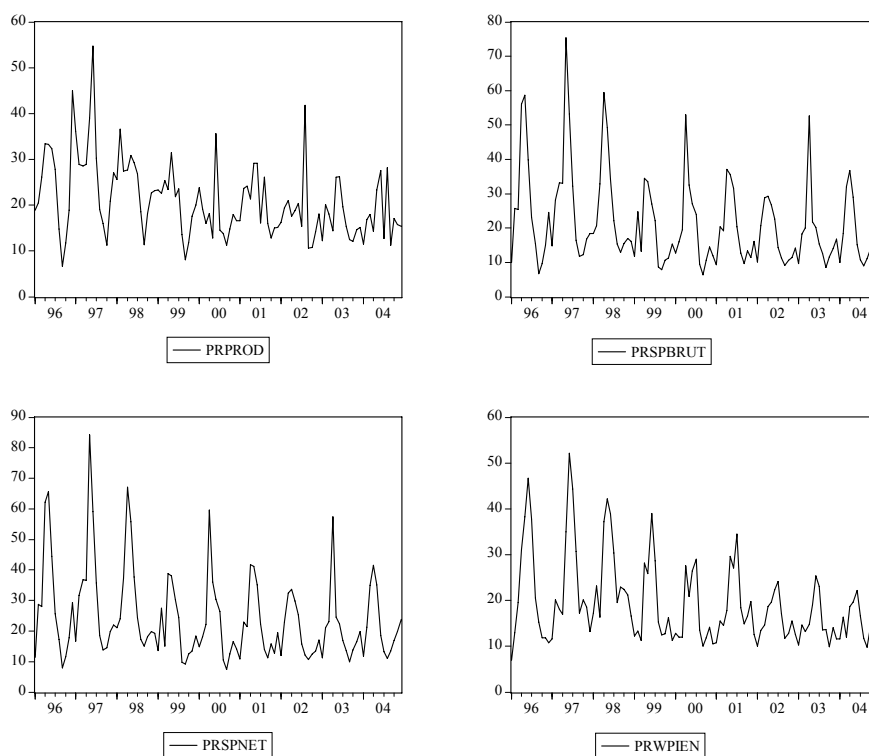
Źródło: Dokumentacja przedsiębiorstwa.

Empiryczny model ekonometryczny, opisujący mechanizm zmienności pracochłonności produkcji wykonanej miesięcznie w jednostkach pieniężnych, ma następującą postać:

$$\begin{aligned}
 \text{PPRM} = & 130,525 - 0,136 \text{ PPRM}_3 + 0,371 \text{ PPRM}_{11} - 8,834 \text{ TUM}_2 + 10,536 \text{ TUM}_3 + \\
 & (4,485) \quad (1,795) \quad (4,338) \quad (1,757) \quad (2,115) \\
 + & 90,688 \text{ ST} + 57,775 \text{ LU} + 81,743 \text{ MAR} + 58,247 \text{ MJ} + 142,122 \text{ CZE} + 139,468 \text{ LP} + \\
 & (1,933) \quad (2,645) \quad (3,764) \quad (2,564) \quad (6,663) \quad (2,758) \\
 - & 1,315 \text{ t ST} - 1,903 \text{ t LP} + 2,247 \text{ t SIE} + u_2, \quad (2) \\
 & (1,782) \quad (2,475) \quad (6,966)
 \end{aligned}$$

$$R_2^2 = 0,586, Su_2 = 54,339, DW_1 = 2,032.$$

¹³ W złotych na 1000 zł wartości produkcji miesięcznie w każdym z czterech zastosowanych mierników.



Rys. 7. Pracochłonność produkcji przedsiębiorstwa miesięcznie w jednostkach naturalnych¹⁴

Źródło: Dokumentacja przedsiębiorstwa.

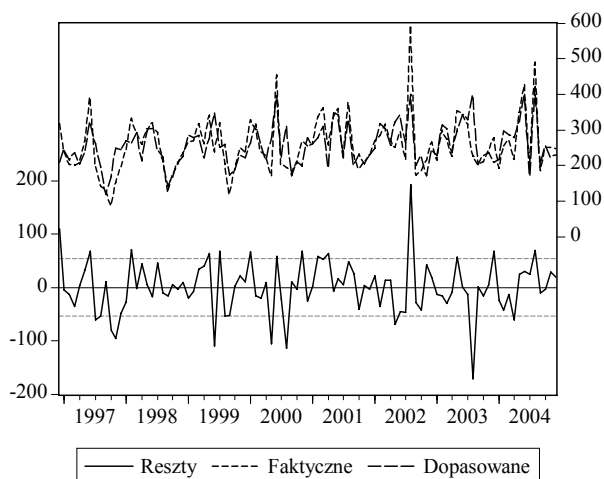
W równaniu (2) zmienna objaśniana (PPRM) z umiarkowaną dokładnością wyjaśniona została przez konfigurację uwzględnionych zmiennych objaśniających. Współczynnik $R_2^2 = 0,586$ informuje, że zestaw zmiennych objaśniających równania (2) wyjaśnia 58,6% całkowitej masy zmienności pracochłonności. Ponadto rzeczywiste wartości zmiennej PPRM różnią się od jej wartości teoretycznych, obliczonych na podstawie równania (2), przeciętnie o ponad 54 zł/1000 zł wartości produkcji gotowej ($Su_2 = 54,339$). Empiryczna statystyka Durbina i Watsona ($DW_1 = 2,032$) wskazuje, że w rozważanym równaniu nie występuje autokorelacja składnika losowego. Dokładność opisu zmiennej PPRM (wraz z rozmiarami wahań w postaci reszt) ilustruje rys. 8.

Model (2) uwzględnia autoregresję zmiennej PPRM. Istotnie statystycznie okazały się zależności autoregresyjne trzeciego i jedenastego rzędu¹⁵. Ponadto ważną

¹⁴ Średnia miesięczna liczba zatrudnionych na 100 tysięcy zł wartości produkcji miesięcznie w każdym z czterech zastosowanych mierników.

¹⁵ Opóźnienie zmiennej PPRM w miesiącach.

rolę w równaniu (2) odgrywa techniczne uzbrojenie pracy w maszyny i urządzenia z opóźnieniami: dwumiesięcznym¹⁶ oraz trzymiesięcznym. Zarówno charakter autokorelacji, jak również oddziaływanie technicznego uzbrojenia pracy na pracochłonność, są analogiczne do rezultatów zaobserwowanych w modelu opartym na danych kwartalnych.



Rys. 8. Rzeczywiste i teoretyczne miesięczne wartości pracochłonności produkcji gotowej w przedsiębiorstwie (w tys. zł) oraz reszty modelu (2)

Źródło: Obliczenia własne na podstawie modelu (2).

Specyficzne są miesięczne wahania sezonowe pracochłonności produkcji gotowej. Dodatkowo odchylenia pracochłonności od składnika systematycznego występują w styczniu, lutym, marcu, maju, czerwcu i lipcu. Największe dodatnie odchylenia miały miejsce w czerwcu (ponad 142 zł/1000 zł produkcji wykonanej) oraz w lipcu (blisko 140 zł/1000 zł produkcji). Stałe wahania sezonowe tłumione są w styczniu oraz w lipcu. Natomiast pojawiają się nowe wahania sezonowe w sierpniu. Po upływie 8 lat poziom sezonowości sierpnia, w postaci dodatniego odchylenia od składnika sezonowego, stał się wysoki.

Próba podsumowania

Pracochłonność produkcji w małym przedsiębiorstwie ma wiele znaczeń. Jej obserwacja i analiza prowadzi do wielu rozmaitych wniosków i decyzji. Zmiany pracochłonności są wypadkową oddziaływania wielu czynników, wśród których część znajduje się poza przedsiębiorstwem, część natomiast wewnątrz firmy.

¹⁶ Nieco słabszą jest zmienna TUM_2 , która jest istotna statystycznie na poziomie istotności $\gamma = 0,0826$.

Bardzo silne impulsy do działań przedsiębiorcy na rzecz powstrzymania przyrostu kosztów pracy, przypadających na jednostkę produkcji, pojawiają się w Polsce poprzez decyzje polityczne. Zaliczyć do nich można zmiany w kodeksie pracy¹⁷, regularne podwyższanie płacy minimalnej i świadczeń społecznych, czy też zwiększanie obciążeń na rzecz Zakładu Ubezpieczeń Społecznych. Przedsiębiorcy reagują na te zmiany wszczynając procesy inwestycyjne¹⁸, których celem jest substytuowanie pracy ludzkiej maszynami i urządzeniami. Pojawiają się więc inwestycje oszczędzające pracę ludzką.

Rezultatem inwestycji substytuujących pracę żywą jest spadek pracochłonności produkcji, wyrażanej liczbą zatrudnionych przypadających na jednostkę rozmaicie mierzonej produkcji¹⁹. Utrzymując więc poziom produkcji, a nawet ją zwiększając, można ograniczyć wielkość zatrudnienia w przedsiębiorstwie. W tym procesie można upatrywać gwałtownego wzrostu stopy bezrobocia w Polsce, szczególnie począwszy od drugiej połowy lat dziewięćdziesiątych.

Bibliografia

- Piasecki B. (red. nauk.) (1998), *Ekonomika i zarządzanie małą firmą*, PWN, Warszawa-Łódź
- Pawłowski Z. (1976), *Ekonometryczna analiza procesu produkcyjnego*, PWN, Warszawa
- Wiśniewski J.W. (2002), *Instrumenty decyzyjne przedsiębiorcy*, [w:] *Ekonometria stosowana*, IW GRAVIS, Toruń
- Wiśniewski J.W. (2003), *Ekonometryczny model małego przedsiębiorstwa*, IW GRAVIS, Toruń
- Wiśniewski J.W. (2003), *Ekonometryczne modelowanie ekonomicznej efektywności majątku trwałego małego przedsiębiorstwa*, [w:] *Nowe tendencje w zarządzaniu wartością przedsiębiorstw. Aktualny stan i perspektywy rozwoju*, E. Urbańczyk (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, s. 471–483
- Wiśniewski J.W. (2003), *Dynamiczny model ekonometryczny w badaniu zmian zatrudnienia w małym przedsiębiorstwie*, [w:] *Dynamiczne modele ekonometryczne*, UMK, Toruń, s. 129–144.
- Wiśniewski J.W. (2004), *Małe przedsiębiorstwo w procesie wzrostu gospodarczego Polski po 1990 roku*, [w:] *Czynniki wzrostu gospodarczego*, M. Haffer i W. Karaszewski (red.), UMK, Toruń, s. 319–335

¹⁷ Np. skracanie czasu pracy, wydłużanie urlopów pracowniczych oraz liczne przywileje pracownicze.

¹⁸ Inwestowanie ma miejsce, pod warunkiem że przedsiębiorca optymistycznie widzi przyszłość własnej działalności, wskutek czego planuje rozwój swojej firmy. Nie zawsze jednak optymizm przedsiębiorców przeważa nad ich pesymizmem.

¹⁹ Tym samym wzrasta przeciętna wydajność pracy, poprawiając siłę konkurencyjną przedsiębiorcy na szeroko rozumianym rynku.