

WOJCIECH MŁYNARSKI, ARTUR PRĘDKI

Metoda DEA w badaniu efektywności nadleśnictw*

Data Envelopment Analysis in evaluation of the forest districts efficiency

ABSTRACT

Młynarski W., Prędko A. 2017. Metoda DEA w badaniu efektywności nadleśnictw. Sylwan 161 (12): 1018-1025.

The aim of this paper was to evaluate the financial and economic resources efficiency of forest districts in the years 2008-2012 using a nonparametric approach of the Data Envelopment Analysis (DEA). DEA is a linear programming based method for evaluating the performance of comparable production units such as firms. The relative efficiency of compared forest districts is calculated with the Variable Returns to Scale (VRS) model. Although the method is already extensively applied in many areas of economics, its use in forestry remains limited. We studied 110 forest districts from Wrocław, Katowice, Kraków and Krosno regional directorates of the State Forests. The research was conducted in groups of forest districts according to the similar forest site type, which ensured the homogeneity of the units and the comparability of research results. Two categories of the forest districts were identified: 'lowland' and 'upland-mountain' ones. The study covered selection of input (efforts) and output (results) variables as well as selection of appropriate DEA model, which were used to evaluate technical efficiency of the forest districts. Within the so-called model of economic resources they were quantified in technical units, whereas in a financial model – in value terms. The research shows differences in the use of economic and financial resources by the analyzed forest districts. The 'lowland' were more effective than 'upland-mountain' ones both in terms of the use of the financial and economic resources. Average relative efficiency in a financial model for the 'lowland' forest districts amounts to 0.896, while for the 'upland-mountain' ones – to 0.839. In economic resources model this parameter equals 0.853 and 0.823, respectively. The DEA method may be an alternative or complementary to other methods of evaluation of the forest district efficiency. Any attempt of such analysis may be very valuable support in the forest management.

KEY WORDS

forestry, efficiency, DEA method

ADDRESSES

Wojciech Młynarski ⁽¹⁾ – e-mail: w.mlynarski@ibles.waw.pl

Artur Prędko ⁽²⁾ – e-mail: predkia@uek.krakow.pl

⁽¹⁾ Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

⁽²⁾ Katedra Ekonometrii i Badań Operacyjnych, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie; ul. Rakowicka 27, 31-510 Kraków

*Badania zostały sfinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach dotacji na prowadzenie badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych, służących rozwojowi młodych naukowców i uczestników studiów doktoranckich oraz ze środków przyznanych Wydziałowi Zarządzania Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie w ramach dotacji na utrzymanie potencjału badawczego.

Wstęp

Efektywność jest jednym z podstawowych pojęć związanych z oceną działalności podmiotów gospodarczych. Kwestia definiowania i pomiaru efektywności jednostek gospodarczych zajmuje znaczące miejsce w teorii ekonomii i zarządzania. Każda z definicji przedstawia odrębną koncepcję rozumienia, wyrażania i pomiaru efektywności [Bielski 2002]. Ogólnie określa się ją jako stosunek uzyskanych efektów do poniesionych nakładów.

Efektywność gospodarki leśnej jest wynikiem procesów zachodzących w gospodarstwie leśnym określanym za pomocą nakładów (czynników produkcji) i efektów (produkcja leśna). Rolą gospodarstwa leśnego jest poszukiwanie sposobów pozwalających na uzyskanie najkorzystniejszego (optymalnego) stosunku między poniesionymi nakładami a osiągniętymi efektami [Klocek, Płotkowski 2009]. Sprowadza się to najczęściej do tego, aby przy posiadanych zasobach dążyć do maksymalizacji efektów przy określonych nakładach (zasada największej wydajności) lub minimalizować nakłady w celu osiągnięcia oczekiwanych efektów (zasada oszczędności). Głównym narzędziem wykorzystywanym do rozpatrywania i oceny tych zagadnień jest analiza ekonomiczna, która – dostosowana do specyfiki gospodarki leśnej i uwzględniająca szerokie spektrum wskaźników – powinna być fundamentem prowadzenia racjonalnej gospodarki finansowej w leśnictwie.

Istnieją trzy grupy metod oceny efektywności podmiotów gospodarczych: wskaźnikowe, parametryczne i nieparametryczne. Badania nad efektywnością gospodarki leśnej w Polsce opierają się głównie na metodach wskaźnikowych [Marszałek 1975; Szramka 1995, 1996; Buraczewski, Wysocki 2000; Kocel, Kwiecień 2010], natomiast w przedstawionych badaniach do oceny efektywności nadleśnictw wykorzystano podejście nieparametryczne. W Polsce dotychczas nie prowadzono badań wykorzystujących metody nieparametryczne do oceny efektywności gospodarki leśnej, dostępna jest natomiast bogata literatura opisująca zastosowanie tych metod w innych krajach [Kao, Yang 1991; Kao i in. 1993; Lebel, Stuart 1998; Viitala, Hänninen 1998; Fotiou 2000; Hailu, Veeman 2003; Salehirad, Sowlati 2005; Šporčić i in. 2009; Korkmaz 2011; Limaci 2013; Šporčić, Landekić 2014].

Metoda DEA (Data Envelopment Analysis) wykorzystuje koncepcję efektywności technicznej [Farrell 1957] i jest oparta na metodyce programowania matematycznego [Charnes i in. 1978]. W Polsce termin Data Envelopment Analysis jest różnie tłumaczony. Prędko [2003] określa go jako analizę otoczki danych, Guzik [2009] jako analizę obwiedni danych, a Ćwiakała-Małys i Nowak [2009] stosują nazwę analiza danych granicznych. W niniejszej pracy używany będzie akronim DEA.

Podstawowy podział modeli DEA dotyczy ich orientacji. Modele te mogą być zorientowane na nakłady lub na efekty [Kucharski 2014]. W przypadku modeli zorientowanych na nakłady optymalizacja polega na minimalizacji nakładów przy zachowaniu określonego poziomu wyników. W drugim przypadku (modele zorientowane na wyniki) dochodzi do maksymalizacji efektów przy określonym poziomie nakładów. Należy pamiętać, że wybór odpowiedniej orientacji modelu jest podstawową kwestią przy obliczaniu efektywności technicznej metodą DEA. W przypadku podmiotów, których działalność skupia się na maksymalizacji zysku (np. banki [Rogowski 1998; Gospodarowicz 2000]), odpowiedni będzie model ukierunkowany na efekty. Model zorientowany na nakłady jest z kolei przydatny przypadku jednostek decyzyjnych, których priorytetem jest minimalizacja poniesionych nakładów, np. organizacji działających non-profit, uczelni [Wolszczak-Derlacz 2014] czy szpitali [Hofmarcher i in. 2002].

DEA służy przede wszystkim do oceny efektywności technicznej jednostek decyzyjnych (Decision Making Units; DMU) przekształcających nakłady w określone efekty. Należy podkreślić, że efektywność jednostki decyzyjnej mierzona jest względem innych obiektów z badanej grupy. Ogólnikowość terminu DMU podkreśla fakt, że za pomocą metody DEA można mierzyć efektywność podmiotów różnego rodzaju [Wolszczak-Derlacz 2014]. Zadaniem metody DEA jest określenie efektywności technicznej DMU poprzez konstrukcję empirycznej granicy efektywności, nazywanej też granicą produkcyjną (production frontier), w oparciu o informacje dotyczące nakładów i efektów wszystkich jednostek uwzględnionych w analizie [Šporčić, Landekić 2014]. Jednostki znajdujące się na krzywej efektywności uznaje się za efektywne technicznie (wzorcowe), a ich współczynnik efektywności wynosi 1. Obiekty znajdujące się poza krzywą efektywności są nieefektywne, a stopień ich nieefektywności zawiera się w przedziale od 0 do 1 (orientacja na nakłady) lub przybiera wartości większe od 1 (orientacja na efekty).

Celem badań było określenie efektywności zasobów gospodarczych i finansowej wybranych grup nadleśnictw w Polsce za pomocą metody DEA.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na podstawie danych z lat 2008-2012 dla 113 nadleśnictw podległych organizacyjnie Regionalnym Dyrekcjom Lasów Państwowych w Katowicach, Krakowie, Krośnie oraz we Wrocławiu. Na potrzeby sporządzenia analiz ekonomicznych wykorzystano materiały źródłowe pochodzące z baz danych Systemu Informatycznego Lasów Państwowych (SILP).

W celu zapewnienia porównywalności wyników badań uwzględniono gospodarze uwarunkowania nadleśnictw poprzez pogrupowanie ich pod względem zbliżonej struktury siedliskowej, zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Kocela [2004]. Pozwoliło to na podział nadleśnictw w zależności od procentowego udziału siedliskowych typów lasu na trzy kategorie: „górskie”, „wyzynne” i „nizinne”. Do kategorii nadleśnictw „górskich” zakwalifikowano nadleśnictwa, których udział siedlisk górskich przekraczał 50%. Analogicznie zdefiniowano pozostałe dwie kategorie: w nadleśnictwach „wyzynnych” znalazły się jednostki z udziałem siedlisk wyżynnych przekraczającym 50%, a w grupie nadleśnictw „nizinnych” udział siedlisk nizinnych wyniósł ponad 50%.

Zgodnie z powszechnie stosowaną zasadą w DEA łączna liczba analizowanych jednostek gospodarczych powinna być co najmniej 3-5-krotnie wyższa od łącznej liczby zmiennych reprezentujących nakłady i efekty [Masternak-Janus, Rybaczewska-Błażejowska 2016]. Kierując się tym postulatem, nadleśnictwa „wyzynne” połączono z nadleśnictwami „góorskimi”, tworząc kategorię nadleśnictw „wyzynno-górskich”.

Z dalszej analizy wykluczono jednostki nietypowe, charakteryzujące się wartościami skrajnymi, których rozmiar zadań odbiegał od średniej dla Lasów Państwowych. Ostatecznie do dalszych badań i analiz przyjęto 110 jednostek z podziałem na nadleśnictwa „nizinne” i „wyzynno-górskie”.

Nakłady i efekty wytypowano zgodnie z założonym celem badań, uwzględniając przy tym zasadę zrównoważonego rozwoju oraz cele i zasady prowadzenia gospodarki leśnej [Ustawa... 1991]. Na możliwość wyrażania nakładów i efektów w jednostkach naturalnych (technicznych) oraz wartościowych (pieniężnych) w gospodarstwie leśnym zwracał uwagę Marszałek [1974]. W związku z tym analizę efektywności gospodarowania nadleśnictw podzielono na dwa rodzaje efektywności: finansową i zasobów gospodarczych. W procesie produkcji leśnej wyrażeniem efektywności zasobów gospodarczych są nakłady materialne (czynniki produkcji) w relacji do efektu materialnego. Efektywność finansowa polega natomiast na transformacji nakładów (kosztów) w produkt końcowy (efekt), który jest przychodem z gospodarki leśnej.

W wyniku analizy literatury [Kao, Yang 1991; Viitala, Hänninen 1998; Šporčić i in. 2009; Korkmaz 2011; Limaeci 2013; Šporčić, Landekić 2014] przyjęto następujące zmienne wejściowe (nakłady) w efektywności finansowej nadleśnictw:

- a) koszty pozyskania drewna [zł],
- b) koszty zagospodarowania lasu [zł],
- c) koszty Służby Leśnej [zł],
- d) pozostałe koszty działalności administracyjnej [zł].

Jako zmienną wyjściową po stronie efektów wybrano przychody ze sprzedaży drewna [zł], które są ewidencjonowane w ramach przychodów ze sprzedaży działalności podstawowej. Ich sumaryczna wartość obejmuje przychody w zakresie wszystkich asortymentów drzewnych.

Należy podkreślić, że przy doborze zmiennych finansowych kierowano się strukturą oraz udziałem kosztów i przychodów w nadleśnictwach. W analizie uwzględniono koszty działalności podstawowej (pozyskania drewna i zagospodarowania lasu) oraz działalności administracyjnej (koszty Służby Leśnej i pozostałe koszty administracyjne), których łączny średni udział wyniósł w analizowanych jednostkach organizacyjnych 95,9%. Udział przyjętych do analizy przychodów ze sprzedaży drewna wyniósł 97,1% przychodów z działalności podstawowej oraz 88,1% przychodów ogółem.

W ramach analizy efektywności zasobów gospodarczych przyjęto następujący zestaw nakładów (zmiennych wejściowych):

1. Powierzchnia nadleśnictwa [ha], która składa się z powierzchni lasów (gruntów zalesionych, niezalesionych i związanych z gospodarką leśną) i powierzchni pozostałych gruntów nieleśnych [Instrukcja... 2012].
2. Zatrudnienie [liczba pracowników]. Ze względu na trudności w uzyskaniu danych dotyczących liczby pracowników w latach 2008-2012 do badań przyjęto łączną liczbę pracowników nadleśnictw z 2009 roku. Dane pochodziły z badań przeprowadzonych w ramach tematu badawczego „Kierunki zmian systemu zarządzania zasobami ludzkimi w Lasach Państwowych” wykonywanego przez Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi IBL. Należy podkreślić, że w latach 2008-2012 łączna liczba pracowników zatrudnionych w nadleśnictwach nie uległa znaczącej zmianie, dlatego powyższe uproszczenie nie jest obciążone istotnym błędem.
3. Zapas drewna na pniu w nadleśnictwie [m³].

Po stronie efektów przyjęto jedną zmienną wyjściową. Jest nią wielkość pozyskanego drewna [m³]. Stanowi ona sumaryczną ilość pozyskanego drewna w danym roku kalendarzowym w ramach rębnego i przedrębnego użytkowania lasu.

Wybór zmiennych został dokonany za pomocą analizy współczynników korelacji Pearsona między nakładami a efektami, osobno dla zestawów przyjętych do analizy efektywności zasobów gospodarczych i analizy efektywności finansowej. Weryfikację istotności współczynników korelacji przeprowadzono przy poziomie istotności $\alpha=0,05$. Z analizy wynika, że zachowane jest założenie o dodatniej i statystycznie istotnej korelacji pomiędzy nakładami a efektami, co potwierdza merytoryczny wybór zmiennych.

W przypadku nadleśnictw produkcja drewna ma na celu głównie samofinansowanie jednostki oraz jej działań edukacyjnych i proekologicznych. W związku z tym w badaniu przyjęto orientację na nakłady, gdyż maksymalizacja zysku nie jest głównym celem nadleśnictw. W postępowaniu badawczym do obliczenia miary efektywności finansowej i zasobów gospodarczych nad-

leśnictw wybrano model VRS (Variable Returns to Scale), w którym wskaźniki efektywności oblicza się za pomocą programu liniowego o postaci:

$$\theta_{ot} \rightarrow \text{MIN}$$

$$\theta_{ot} x_{ot} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_{ojt} x_{jt}, \quad y_{ot} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_{ojt} y_{jt}, \quad \sum_{j=1}^n \lambda_{ojt} = 1$$

$$\theta_{ot} \in \mathbb{R}, \lambda_{ojt} \geq 0, o, j = 1, \dots, n, t = 1, \dots, T \text{ (zmienne decyzyjne)}$$

gdzie:

T – liczba okresów czasowych, które obejmuje analiza,

n – liczebność grupy jednostek gospodarczych,

m – liczba nakładów stosowanych w procesie produkcyjnym,

s – liczba efektów wytworzonych w procesie produkcyjnym,

$x_{jt} = [x_{1jt}, \dots, x_{mjt}]$ – wektor ilości nakładów zużytych przez jednostkę j w okresie t ,

$y_{jt} = [y_{1jt}, \dots, y_{sjt}]$ – wektor ilości efektów wytworzonych przez jednostkę j w okresie t ,

gdzie:

$$j \in \{1, \dots, n\} \text{ oraz } t \in \{1, \dots, T\}.$$

Miernik efektywności θ_{ot} wskazuje, o ile badana jednostka o powinna proporcjonalnie zmniejszyć nakłady w okresie t w celu uzyskania pełnej efektywności przy niezmiennym poziomie wyników. Programy liniowe w DEA rozwiązuje się więc nT razy, tzn. tyle, ile wynosi iloczyn liczby obiektów w grupie i okresów podlegających analizie. Wartość miary równa 1 oznacza, że jednostka jest w pełni efektywna, w przeciwnym wypadku miernik ten określa stopień nieefektywności nadleśnictwa.

Do obliczeń wskaźników efektywności, zdefiniowanych za pomocą wyżej podanych wzorów, wykorzystano program optymalizacji liniowej EMS (www.holger-scheel.de/ems).

Wyniki

Średni wskaźnik efektywności finansowej nadleśnictw „nizinnych” w latach 2008-2012 wyniósł 0,896 (tab.). Oznacza to, że nadleśnictwa „nizinne” mogłyby osiągnąć tę samą wielkość przychodów z pozyskania drewna przy kosztach działalności mniejszych średnio o 10,4%. Średnia efektywność zasobów gospodarczych w kategorii nadleśnictw „nizinnych”, przy założeniu zmiennych efektów skali, wyniosła 0,839 i była niższa od efektywności finansowej (tab.). W tym przypadku, aby utrzymać pozyskanie drewna na danym poziomie, analizowane nadleśnictwa mogłyby zużyć średnio o 16,1% mniej nakładów w postaci zasobów gospodarczych (czynników produkcji).

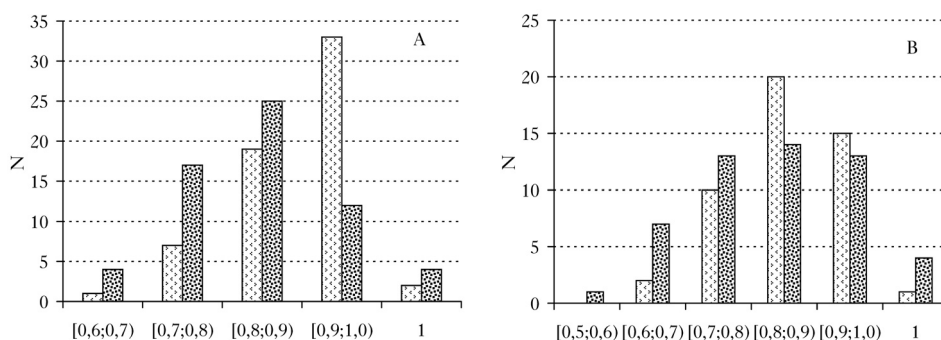
W kategorii nadleśnictw „nizinnych” istnieje stosunkowo niewielka liczba nadleśnictw efektywnych finansowo i w zakresie zasobów gospodarczych, odpowiednio 2 (3,2%) i 4 (6,5%) na 62 jednostki (ryc.). Nadleśnictwa „nizinne” są w większości bardziej efektywne finansowo niż pod względem zasobów gospodarczych. W ponad 80% nadleśnictw (52 jednostki) wskaźniki efektywności finansowej mieszczą się w przedziale od 0,80 do 0,99. W przypadku efektywności zasobów gospodarczych liczba nadleśnictw w przedziale 0,80-0,99 wynosi jedynie 58% (36 jednostek).

Średnia efektywność nadleśnictw „wyzynno-górskich” w latach 2008-2012, przy założeniu zmiennych efektów skali dla efektywności finansowej, wyniosła 0,853 (tab.). W związku z tym efektywne gospodarowanie w nadleśnictwach „wyzynno-górskich” pozwoliłoby na obniżenie kosztów działalności średnio o 14,7% przy tej samej wielkości przychodów. Jednocześnie średnia wartość efektywności zasobów gospodarczych w analizowanym okresie wyniosła 0,823 (tab.).

Tabela.

Średnia (M), minimum (Min), maksimum (Max) i odchylenie standardowe (SD) efektywności finansowej (EF) i efektywności zasobów gospodarczych (EZG) w nadleśnictwach „nizinnych” i „wyżynno-górskich”
 Mean (M), minimum (Min), maximum (Max) and standard deviation (SD) of financial efficiency (EF) and efficiency of economic resources (EZG) for the ‘lowland’ („nizinne”) and ‘upland-mountain’ („wyżynno-górskie”) forest districts

	„nizinne”		„wyżynno-górskie”	
	EF	EZG	EF	EZG
M	0,896	0,839	0,853	0,823
Min	0,670	0,646	0,692	0,597
Max	1,000	1,000	1,000	1,000
SD	0,075	0,091	0,080	0,110



Ryc.

Liczba (N) nadleśnictw „nizinnych” (A) i „wyżynno-górskich” (B) w klasach efektywności finansowej (jasny) i efektywności zasobów gospodarczych (ciemny)

Number (N) of the ‘lowland’ (A) and ‘upland-mountain’ (B) forest districts in classes of financial efficiency (light) and efficiency of economic resources (dark)

W związku z tym, aby zachować rozmiar pozyskanego drewna na ustalonym poziomie, nadleśnictwa „wyżynno-górskie” mogłyby obniżyć wielkość nakładów średnio o 17,7%.

W nadleśnictwach „wyżynno-górskich” odnotowano większą frakcję jednostek znajdujących się blisko granicy efektywności finansowej niż efektywności zasobów gospodarczych (ryc.). Wskaźniki efektywności finansowej w przedziale od 0,80 do 0,99 odnotowano w przypadku 35 nadleśnictw (72,9%), podczas gdy w przypadku efektywności zasobów gospodarczych sytuacja taka dotyczy jedynie 27 nadleśnictw (56,2%). Tym samym zwiększa się liczba jednostek, których efektywność zasobów gospodarczych wynosi poniżej 80% (21 jednostek – 43,8%).

Warto zaznaczyć, że statystyki efektywności finansowej i zasobów gospodarczych kształtują się na bardzo podobnym poziomie (tab.). Ponadto nieznaczne odchylenia standardowe miar obu rodzajów efektywności wskazują na ich niewielkie rozproszenie, co oznacza, że średnie wartości wskaźników efektywności są wysoce reprezentatywne.

Dyskusja

Przedstawione wyniki badań należy traktować z ostrożnością, mając na uwadze wady i zalety wykorzystanej metody nieparametrycznej. Do głównych zalet metody DEA należy możliwość wzięcia pod uwagę wielu nakładów i efektów, które mogą być wyrażone w różnych jednostkach. Za wadę tej metody uznaje się względny charakter pomiaru efektywności (porównywanie z innymi

obiektami), co może skutkować zafałszowaniem wyników w przypadku dodania lub usunięcia obiektu. Ponadto DEA jest wrażliwa na wartości odstające oraz błędy, które znacząco wpływają na poziom efektywności wszystkich ocenianych jednostek [Šporčić, Landekić 2014].

Należy podkreślić, że tego typu metodyka nie była dotychczas wykorzystywana w odniesieniu do oceny efektywności gospodarowania nadleśnictw w Polsce (dominowały metody wskaźnikowe oparte na kategoriach finansowych). Przykłady implementacji metody DEA do oceny efektywności gospodarki leśnej oraz innych instytucji sektora publicznego potwierdzają zasadność jej zastosowania. Przy tak zdefiniowanych nakładach i efektach wyniki analizy zawierają istotne informacje o gospodarności jednostek oraz ich efektywności względem innych jednostek, wskazując przy tym możliwe do osiągnięcia wyniki [Nazarko i in. 2008].

W pracy rozważano możliwość uwzględnienia wartości kapitału zasobów leśnych – jako klasycznego czynnika produkcji, branego często pod uwagę w analizach efektywności. Wartość kapitału zasobów leśnych znajduje się wprawdzie w bilansie PGL LP, lecz nie odzwierciedla ona wartości drzewostanów i gruntów nadleśnictwa, która jest zasadniczym kapitałem tego typu przedsiębiorstwa. Największą część zewidencjonowanego kapitału stanowią rzeczowe aktywa trwałe, w zdecydowanej większości składające się ze środków trwałych, do których zalicza się budynki, lokale oraz obiekty inżynierii lądowej i wodnej. Tak rozumiany kapitał nie wpływa zasadniczo na efektywność gospodarowania nadleśnictw, stąd w analizie zdecydowano się nie brać go pod uwagę jako nakładu.

Wnioski

- ✦ Zastosowanie nieparametrycznej metody DEA do analizy efektywności gospodarczej nadleśnictw pozwoliło wykazać, że nadleśnictwa „nizinne” okazały się średnio efektywniejsze od „wyżynno-górskich” zarówno w zakresie wykorzystania nakładów finansowych, jak i czynników produkcji (zasobów). Tym samym nadleśnictwa „nizinne” ponoszą średnio mniejsze koszty w celu uzyskania określonego poziomu przychodów ze sprzedaży drewna oraz wykorzystują średnio mniej nakładów (czynników produkcji) do osiągnięcia ustalonego poziomu pozyskania drewna.
- ✦ Różnice w efektywności pomiędzy kategoriami nadleśnictw „nizinnych” i „wyżynno-górskich” wskazują na zasadność tego podziału, gwarantującego spełnienie założenia metodycznego o jednorodności technologicznej obiektów w ramach danej kategorii.
- ✦ Z punktu widzenia funkcjonowania gospodarstwa leśnego poszukiwanie nowych metod oceny działalności jednostek Lasów Państwowych jest cenne. Ponadto każda próba szacowania i oceny efektywności gospodarowania nadleśnictw może przyczynić się do skuteczniejszego zarządzania tymi jednostkami organizacyjnymi.
- ✦ Metoda DEA może stanowić alternatywę lub uzupełnienie innych metod w zakresie oceny efektywności nadleśnictw. Pozwala ona na wskazanie możliwych do osiągnięcia efektów przy określonych nakładach lub wskazanie obszarów oszczędności nakładów danej jednostki produkcyjnej celem osiągnięcia określonych efektów.
- ✦ Połączenie metody DEA z analizą ekonometryczną (np. z modelem tobitowym) może umożliwić również identyfikację czynników zewnętrznych wpływających na efektywność funkcjonowania nadleśnictw.

Literatura

- Bielski M. 2002. Podstawy teorii organizacji i zarządzania. C.H. Beck, Warszawa.
- Buraczewski A., Wysocki F. 2000. Ocena sytuacji finansowej nadleśnictw za pomocą syntetycznego miernika rozwoju. Sylwan 144 (1): 43-51.

- Charnes A., Cooper W. W., Rhodes E. 1978. Measuring efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2.
- Ćwiąkała-Małys A., Nowak W. 2009. Wybrane metody pomiaru efektywności podmiotu gospodarczego. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- Farrell M. J. 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society A* 120: 253-290.
- Fotiou S. I. 2000. Efficiency measurement and logistics-an application of DEA in Greek sawmills. W: *Proc. Logistics in the forest sector*. Timber Logistics Club, Helsinki, Finland. 189-204.
- Gospodarowicz M. 2000. Procedury analizy i oceny banków. *Materiały i Studia NBP* 103.
- Guzik B. 2009. Podstawowe modele DEA w badaniu efektywności gospodarczej i społecznej. Wydawnictwo UE w Poznaniu.
- Hailu A., Veeman T. S. 2003. Comparative analysis of efficiency and productivity growth in Canadian regional boreal logging industries. *Canadian Journal of Forest Research* 33 (9): 1653-1660.
- Hofmarcher M. M., Peterson I., Riedel M. 2002. Measuring hospital efficiency in Austria – a DEA approach. *Health Care Management Science* 5 (1): 7-14.
- Instrukcja urządzania lasu. 2012. Załącznik do Zarządzenia nr 55 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 21 listopada 2011 r.
- Kao C., Chang P., Hwang S. N. 1993. Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Forest Management. *Journal of Environmental Management* 38: 3-85.
- Kao C., Yang Y. 1991. Measuring the Efficiency of Forest Management. *Forest Science* 37 (5): 1239-1252.
- Klocek A., Plotkowski L. 2009. Zagadnienia przyszłości ekonomiki leśnictwa. W: *Społeczno-ekonomiczne uwarunkowania przyszłości polskiego leśnictwa*. Polskie Towarzystwo Leśne, Gorzów Wielkopolski. 109-129.
- Kocel J. 2004. Metoda określania jednostkowych kosztów standardowych prac leśnych na podstawie grupowania nadleśnictw o zbliżonych warunkach przyrodniczo-leśnych. *Leś. Pr. Bad.* 3: 31-51.
- Kocel J., Kwiecień R., 2010. Metoda określania syntetycznego wskaźnika efektów gospodarowania zasobami przyrodniczymi, ludzkimi i ekonomicznymi nadleśnictw. *Leś. Pr. Bad.* 71 (1): 91-104.
- Korkmaz M. 2011. Productivity changes of forest enterprises in Turkey: A non-parametric Malmquist approach. *African Journal of Agricultural Research* 6 (28): 6189-6196.
- Kucharski A. 2014. Metoda DEA w ocenie efektywności gospodarczej. Katedra Badań Operacyjnych, Łódź.
- Lebel L. G., Stuart W. B. 1998. Technical efficiency evaluation of logging contractors using a nonparametric model. *Journal of Forest Engineering* 9 (2): 15-24.
- Limaei S. M. 2013. Efficiency of Iranian forest industry based on DEA models. *Journal of Forestry Research* 24 (4): 759-765.
- Marszałek T. 1974. Efektywność gospodarki leśnej. *Sylvan* 118 (10): 8-16.
- Marszałek T. 1975. Efekty i efektywność. PWRiL, Warszawa.
- Masternak-Janus A., Rybaczewska-Błażejowska M. 2016. Analiza efektywności innowacyjnej przedsiębiorstw przemysłowych w Polsce z wykorzystaniem metody DEA. W: *Knosala R. [red.]. Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją. 1-11.
- Nazarko J., Komuda M., Kuźmicz K., Szubzda E., Urban J. 2008. Metoda DEA w badaniu efektywności instytucji sektora publicznego na przykładzie szkół wyższych. *Badania Operacyjne i Decyzje* 4.
- Prędko A. 2003. Analiza efektywności za pomocą metody DEA: Podstawy formalne i ilustracja ekonomiczna. *Przegląd Statystyczny* 1: 87-100.
- Rogowski G. 1998. Metody analizy i oceny banku na potrzeby zarządzania strategicznego. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej, Poznań.
- Salehirad N., Sowlati T. 2005. Performance analysis of primary wood producers in British Columbia using data envelopment analysis. *Canadian Journal of Forest Research* 35 (2): 285-294.
- Šporčić M., Landekić M. 2014. Nonparametric Model for Business Performance Evaluation in Forestry. *Computational and numerical simulations*. InTech – Open Science Open Minds: 451-475.
- Šporčić M., Martinić I., Landekić M., Lovrić M. 2009. Measuring efficiency of organizational units in Forestry by nonparametric model. *Croatian Journal of Forest Engineering* 30 (1): 1-13.
- Szramka H. 1995. Analiza sytuacji finansowej nadleśnictw Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Szczecinku. *Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk. Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych* 80: 131-136.
- Szramka H. 1996. Próba oceny sytuacji gospodarczej nadleśnictw po wprowadzeniu nowych zasad gospodarki finansowej w Lasach Państwowych. *PTPN, Pr. Kom. Nauk Rol. i Leś.* 82: 143-149.
- Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach. 1991. *Dz. U. Nr 101, poz. 444 ze zm.*
- Viitala E. J., Hänninen H. 1998. Measuring the efficiency of public forestry organizations. *Forest Science* 44 (2): 298-307.
- Wolszczak-Derlacz J. 2014. Efektywność naukowa, dydaktyczna i wdrożeniowa publicznych szkół wyższych w Polsce – analiza nieparametryczna. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- Yin R. 1999. Production efficiency and cost competitiveness of pulp producers in the Pacific Rim. *Forest Products Journal* 49: 43-49.