

METODY STATYSTYCZNE JAKO NARZĘDZIE PODEJMOWANIA DECYZJI W INŻYNIERII PRODUKCJI - PRZYKŁADOWE ZASTOSOWANIE

Sabina KOŁODZIEJ
Akademia Leona Koźmińskiego
Witold BIAŁY
Politechnika Śląska

WPROWADZENIE

Podejmowanie decyzji w przedsiębiorstwie jest procesem złożonym, który wymaga korzystania z wielu różnorodnych źródeł informacji odnoszących się do poszczególnych procesów produkcyjnych oraz obszarów zarządzania. Warunki rynkowe prowadzenia działalności operacyjnej wiążą się z koniecznością stałej analizy wielu informacji dotyczących rzeczywistości, w której działa przedsiębiorstwo. Służy to zminimalizowaniu ryzyka popełnienia błędu przy wyborze metod produkcji lub rodzaju wytwarzanego przez przedsiębiorstwo asortymentu.

Zgodnie z definicją, proces podejmowania decyzji w przedsiębiorstwie można opisać jako proceduralno-technologiczną cechę procesu zarządzania o wielorakich uwarunkowaniach ekonomicznych i psychosocjologicznych. Podejmowanie decyzji można rozpatrywać w szerokim i wąskim znaczeniu [3]. W znaczeniu szerokim stanowi złożony proces od etapu identyfikacji problemu decyzyjnego, gromadzenia informacji, oceny dostępnych alternatyw zgodnie z przyjętymi kryteriami, podjęcie decyzji, wdrożenie działania, a następnie monitorowania jego skutków. Wąskie znaczenie tego terminu odnosi się do jednego z wyszczególnionych powyżej etapów – świadomego aktu woli decydenta dokonującego wyboru jednego z możliwych w danych warunkach wariantów rozwiązania. W odniesieniu do decyzji podejmowanych przez kierownictwo przedsiębiorstwa produkcyjnego, wybór jednego z dostępnych wariantów rozwiązania polegać może na decyzji o zaangażowaniu się lub rezygnację z określonego procesu produkcyjnego. Zgodnie z powyższą definicją, wyróżnia się następujące etapy procesu podejmowania decyzji:

- identyfikacja problemu decyzyjnego,
- identyfikacja i opracowanie wariantów decyzji,
- ocena zaprojektowanych wariantów zgodnie z przyjętymi kryteriami i wyboru wariantu racjonalnego,
- realizacja decyzji,
- kontrola efektów podjętej decyzji.

Należy jednak zauważyć, że współcześnie działające przedsiębiorstwa podejmują wiele, bardzo złożonych decyzji, wymagających uwzględnienia dużej liczby czynników zewnętrznych i wewnętrznych, mogących wpływać na konsekwencje wyboru określonego wariantu. Porównywanie wpływu poszczególnych czynników na obserwowaną zmianę wyników w poszczególnych wariantach może być dokonywana za pomocą różnych programów komputerowych dedykowanych do analizy danych

ilościowych. Jednym z takich programów jest pakiet PS IMAGO. Umożliwia on prawidłowe sprawdzenie, czy zgromadzone dane spełniają warunki określone dla wybranego testu statystycznego oraz dogłębne prześledzenie związków pomiędzy analizowanymi zmiennymi.

Do najczęściej wykorzystywanych testów statystycznych służących do analizy wpływu wybranych zmiennych na uzyskiwane wyniki zalicza się analizę wariancji.

Analiza ta opracowana została przez angielskiego statystyka i genetyka Ronalda A. Fischera i stanowi zbiór metod statystycznych, wśród których wyróżnia się najczęściej [2]:

- jednoczynnikową jednozmienną (jednowymiarową) analizę wariancji,
- jednoczynnikową wielozmienną (wielowymiarową) analizę wariancji,
- wieloczynnikową jednozmienną analizę wariancji,
- wieloczynnikową wielozmienną analizę wariancji,
- analizę kowariancji, gdzie oprócz czynników i mierzonych cech do modelu wprowadzane są dodatkowe zmienne, tzw. czynniki zakłócające,
- analizę wariancji dla zmiennych zależnych (zwaną również analizą wariancji dla obserwacji powtarzanych).

Ideą analizy wariancji jest sprawdzenie, czy wyodrębnione czynniki (zmienne niezależne) mają wpływ na poziom zmiennej mierzonej (zmienna zależna). Zastosowana metoda statystyczna pozwala na podział zaobserwowanej zmienności (wariancji) wyników na zmienność, wynikającą z danego czynnika oraz zmienność związaną z błędem (wariancja błędu) Poniżej przedstawiona zostanie krótka charakterystyka jednoczynnikowej jednozmiennowej analizy wariancji oraz przykład jej wykorzystania do analizy hipotetycznego wpływu rodzaju zastosowanych materiałów na energochłonność procesu produkcji.

ENERGOCHŁONNOŚĆ PROCESU PRODUKCYJNEGO

Energochłonność, jest pojęciem, które dotyczy głównie produkcji przemysłowej. Ujmuje się ją jako relację wielkości zużycia energii w procesie produkcyjnym w przedsiębiorstwie, w przemyśle czy gospodarce w odniesieniu do odpowiedniej wielkości produkcji, w której ta energia uczestniczy, czyli jest to relacja nakładów do efektów.

Wyodrębnia się trzy sfery do których odnosi się pojęcie energochłonności, a mianowicie:

- energochłonność produktu krajowego,
- energochłonność produkcji, działu lub gałęzi gospodarki narodowej,
- energochłonność produktu.

Każda z wymienionych relacji ukazuje problem efektywności w innej płaszczyźnie.

Energochłonność produktu krajowego liczona jest jako relacja zużycia energii pierwotnej do wartości określającej wartość produktu krajowego. W pozostałych przypadkach, liczy się zużycie energii końcowej w stosunku do wartości produkcji działu

lub gałęzi. O poziomie energochłonności decydują głównie: struktura gałęziowa przemysłu, stosowane technologie wytwarzania, ceny energii, jakość produkcji [4].

Wybór racjonalnych (z wielu o ile takie występują), wariantów energochłonności produkcji polega na wyznaczeniu funkcji celu. W tym wyborze należy uwzględnić m.in. np.:

- minimalne nakłady finansowe,
- minimalne wartości zużywanej energii w procesie produkcyjnym,
- planowanie eksperymentu,
- ustalenie oraz ukształtowanie wartości potencjału energetycznego.

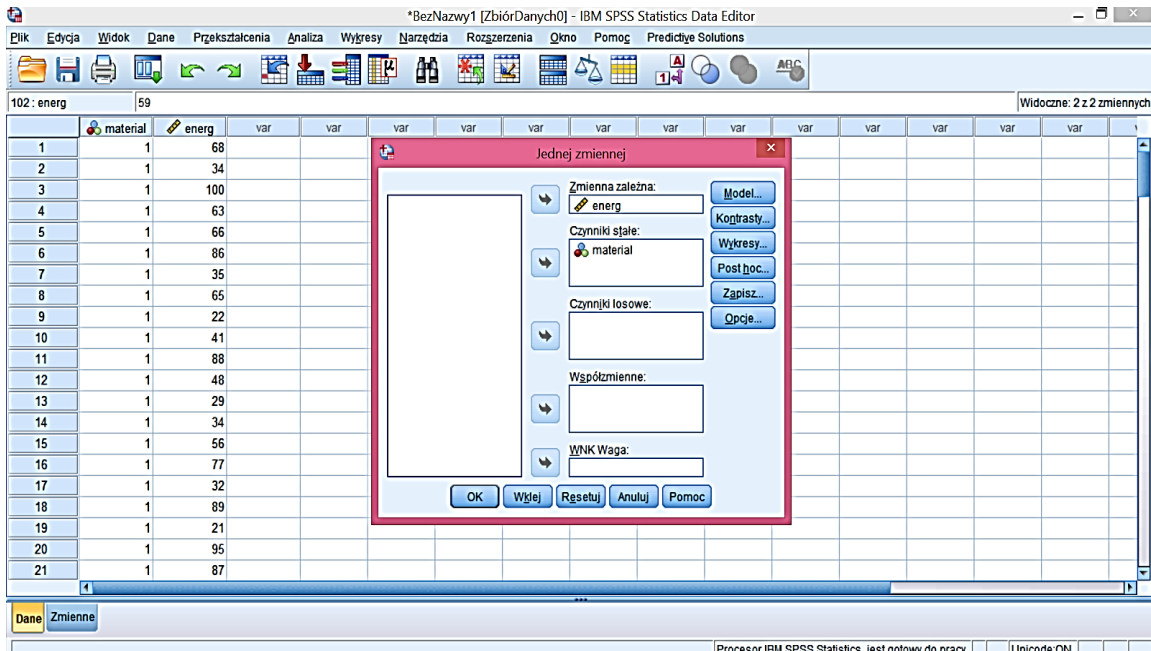
W niniejszym artykule przeanalizowano różne materiały (trzy) w aspekcie energochłonności procesu produkcyjnego.

ZAŁOŻENIA STOSOWALNOŚCI JEDNOCZYNNIKOWEJ ANALIZY WARIANCJI

Analiza wariacji opiera się na trzech głównych założeniach, których spełnienie jest konieczne do prawidłowego przeprowadzenia dowodu statystycznego [1]:

- pomiary zmiennej zależnej mają rozkład normalny w każdej z grup. Test F jest charakteryzowany jako całkiem odporny na niespełnienie założenia normalności rozkładu. Oznacza to, że w przypadku małych grup nieznaczne odchylenie rozkładu od normalności nie powinno skutkować zniekształceniem wyników. W przypadku prób dużych normalność rozkładu można sprawdzić przy pomocy odpowiednich testów statystycznych,
- wariancja pomiarów ma być jednakowa we wszystkich grupach. Poważne odstępstwa od tego założenia skutkują podwyższeniem statystyki F, co przełoży się na nieuprawnione odrzucenie hipotezy zerowej,
- statystyczna niezależność pomiarów w obrębie grupy. Niezależność pomiarów oznacza, że znajomość wartości jednego pomiaru nie daje wskazówki co do prawdopodobnej wartości innych pomiarów. Zgodnie z przyjętym w analizie wariacji założeniem, wszystkie pomiary uzyskane od różnych jednostek są niezależne, gdy grupy z których te pomiary pochodzą, są znane.

Poniższy przykład przedstawia zastosowanie jednoczynnikowej, jednozmiennowej analizy wariacji do szacowania wpływu zastosowanego materiału do produkcji wyrobów gotowych na energochłonność procesu produkcyjnego. Przeprowadzona analiza może być przydatna w procesie podejmowania decyzji dotyczącej wyboru rodzaju stosowanych materiałów w produkcji. Zgodnie z danymi, analizowano energochłonność procesu produkcji przy zastosowaniu trzech różnych materiałów: 1, 2 i 3. W tym celu do programu PS IMAGO wprowadzono dane obrazujące energochłonność procesu produkcyjnego przy zastosowaniu trzech omawianych materiałów, a następnie uruchomiono analizę. Na rysunku 1, przedstawiono widok ekranu z wyborem jednoczynnikowej analizy wariacji.



Rys. 1 Jednoczynnikowa analiza wariancji w programie PS IMAGO – wybór analizy

Zgodnie z przedstawionymi powyżej zasadami wykonalności analizy wariancji, przed przystąpieniem do właściwych obliczeń, należy sprawdzić, czy dane spełniają te założenia, co również opisywany program umożliwia (menu Analiza: Opis statystyczny). W tej pracy przedstawimy wykonanie samej analizy, bez obliczeń wstępnych.

W celu przeprowadzenia omawianej analizy wariancji należy w programie PS IMAGO z menu Analiza wybrać opcję: Ogólny model liniowy, a następnie: Jednej zmiennej. Po otwarciu nowego okna należy wybrać zmienną zależną (energochłonność procesu produkcji) oraz czynnik stały (materiał).

Po zatwierdzeniu dokonanego wyboru zostanie przeprowadzona analiza wariancji, która zakończy się wyświetleniem wyników, co przedstawia tabela 1.

Tabela 1 Analiza wariancji jednej zmiennej (UNIANOVA) - wyniki
Czynniki międzyobiektowe

		N
Materiał	1	49
	2	49
	3	49

Testy efektów międzyobiektowych

Zmienna zależna: energochłonność

Źródło	Typ III sumy kwadratów	df	Średni kwadrat	F	istotność
Model skorygowany	7100,177 ^a	2	3550,088	4,277	,016
Stała	343215,027	1	343215,027	413,492	,000
Materiał	7100,177	2	3550,088	4,277	,016
Błąd	119525,796	144	830,040		
Ogółem	469841,000	147			
Ogółem skorygowane	126625,973	146			

a. R kwadrat = ,056 (Skorygowane R kwadrat = ,043)

Zgodnie z obliczeniami, zauważono istotny wpływ zastosowanego materiału na energochłonność procesu produkcji ($F = 4,28$; $p < 0,02$). Wynik ten nie pokazuje jednak, które z grup różnią się istotnie od pozostałych. W celu sprawdzenia istotności różnic między grupami należy przeprowadzić testy *post hoc*, które dostępne są po kliknięciu w widoczną na rys. 1 ikonkę Post hoc. W programie PS IMAGO dostępnych jest wiele testów – poniżej (tabela 2), zaprezentowano wyniki dwóch z nich Tukeya i Scheffego.

**Tabela 2 Wyniki testów post hoc.
Porównania wielokrotne**

Zmienna zależna: energochłonność

	(I)	(J)	Różnica średnich (I-J)	Błąd standardowy	istotność	95% przedział ufności	
						Dolna granica	Górna granica
Test Tukey'a HSD	1	2	17,02*	5,821	,011	3,24	30,80
		3	8,22	5,821	,337	-5,56	22,01
	2	1	-17,02*	5,821	,011	-30,80	-3,24
		3	-8,80	5,821	,289	-22,58	4,99
	3	1	-8,22	5,821	,337	-22,01	5,56
		2	8,80	5,821	,289	-4,99	22,58
Test Scheffe	1	2	17,02*	5,821	,016	2,62	31,42
		3	8,22	5,821	,371	-6,17	22,62
	2	1	-17,02*	5,821	,016	-31,42	-2,62
		3	-8,80	5,821	,322	-23,19	5,60
	3	1	-8,22	5,821	,371	-22,62	6,17
		2	8,80	5,821	,322	-5,60	23,19

Utworzone na podstawie obserwowanych średnich

Składnik błędu to średni kwadrat (Błąd) = 830,040

* Różnica średnich jest istotna na poziomie 0,05

Grupy jednorodne

	Energochłonność		Grupy	
	materiał	N	1	2
Test Tukey'a HSD	2	49	39,71	
	3	49	48,51	48,51
	1	49		56,73
	istotność		,289	,337
Test Scheffe	2	49	39,71	
	3	49	48,51	48,51
	1	49		56,73
	istotność		,322	,371

Wyniki przeprowadzonych testów *post hoc* wskazują, że zastosowanie materiału 2 w istotny sposób wpływa na zmniejszenie energochłonności procesu produkcji ($M = 39,71$). Nie ma natomiast różnic w tym zakresie pomiędzy materiałami 1 ($M = 56,73$) i 3 ($M = 48,51$).

PODSUMOWANIE

Przedstawiony (przykładowy) program, jest programem wszechstronnym i może być użytecznym narzędziem do statystycznej analizy szeregu danych wykorzystywanych podczas podejmowania decyzji w przedsiębiorstwie. W omówionym przykładzie posłużono się jedną z wielu dostępnych analiz, która również może znaleźć zastosowanie w inżynierii produkcji.

Analiza energochłonności procesu produkcyjnego ma istotny wpływ na koszty wytwarzania, czyli na zyskowność przedsiębiorstwa. Dlatego też, przed rozpoczęciem procesu produkcyjnego (o ile nie ma konkretnych wskazań materiałowych), należałoby przeanalizować możliwe do wykorzystania materiały pod kątem energochłonności procesu produkcyjnego.

LITERATURA

1. G.A. Ferguson, Y. Tanake, *Analiza statystyczna w psychologii i pedagogice*, Warszawa 1997, s. 284-287.
2. W. Szymczak, *Podstawy statystyki dla psychologów*, Warszawa 2008, s.202-203.
3. J. Targalski, *Podejmowanie decyzji*, w: *Organizacja i zarządzanie*, red. A. Stabryła, J. Trzcieniecki, Warszawa 1986, s.194.
4. <http://portalwiedzy.onet.pl/52572,,,,energochlonnosc,haslo.html>
[dostęp: 22.03.2017]

Data przesłania artykułu do Redakcji: 04.2017

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 05.2017

dr Sabina Kołodziej
Akademia Leona Koźmińskiego
ul. Jagiellońska 57/59,
03-301 Warszawa, Polska
e-mail: sabina.kolodziej@op.pl

dr hab. inż. Witold Biały, prof. Pol. Śl.
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26, 42-800 Zabrze, Polska
e-mail: wbialy@polsl.pl

METODY STATYSTYCZNE JAKO NARZĘDZIE PODEJMOWANIA DECYZJI W INŻYNIERII PRODUKCJI – PRZYKŁADOWE ZASTOSOWANIE

Streszczenie: *Inżynieria produkcji jest dyscypliną, która swoją uwagę skupia na kwestiach planowania, projektowania, wdrażania i zarządzania systemami produkcyjnymi, logistycznymi, w celu zapewnienia ich prawidłowego funkcjonowania (IIE, 1989). Zgodnie z tą definicją, inżynieria produkcji koncentruje się na decyzjach mających na celu utrzymanie procesów decyzyjnych w organizacji. Dlatego decydenci stosują różne narzędzia, aby zapewnić dokładność i efektywność tego procesu. Jedną z grupy metod która może być przydatna w inżynierii produkcji są metody statystyczne bazujące na zbieraniu danych, ich prezentacji, przetwarzaniu. W artykule przedstawiono propozycję metody statystycznej która może znaleźć zastosowanie w inżynierii produkcji.*

Słowa kluczowe: *metody statystyczne, decyzja, organizacja, inżynieria produkcji*

STATISTICAL METHODS AS A DECISION MAKING TOOL FOR PRODUCTION ENGINEERING – AN EXEMPLARY APPLICATION

Abstract: *Production engineering is the term given to the issues of planning, designing, implementing and managing production systems, logistics systems and securing their functioning (IIE, 1989). According to this definition, production engineering is focusing on the decisions aiming at maintaining the decision processes within the organization. Therefore, decision makers use different tools to ensure the accuracy and efficiency of this process. One group of methods than can be useful in production engineering are statistical methods organizing data collecting, presentation an processing. The article presents samples of statistical methods used in production engineering.*

Key words: *statistical methods, decision, organization, production engineering*