

Jolanta Królczyk, Dominika Matuszek, Marek Tukiendorf
Wydział Mechaniczny
Politechnika Opolska

**ANALIZA STANÓW SKŁADU
NIEJEDNORODNEJ MIESZANINY ZIARNISTEJ
W PROCESIE PRZYGOTOWANIA PASZY DLA GOŁĘBI
W WARUNKACH PRZEMYSŁOWYCH
Z WYKORZYSTANIEM METODY TAKSONOMICZNEJ**

Streszczenie

W pracy zaproponowano analizę stanów składu wieloskładnikowej mieszanki ziarnistej w procesie przygotowania paszy. Badania przeprowadzono w warunkach przemysłowych, w zakładzie zajmującym się produkcją i sprzedażą karmy dla gołębi pocztowych i rasowych. Znajomość procentowego udziału każdego z komponentów mieszanki w zależności od kolejnych minut mieszania może posłużyć do poprawy ekonomiki procesu. Zastosowano analizę opartą na metodzie taksonomicznej pozwalającej na klasyfikację etapów badanego procesu mieszania. Wyniki przedstawiono graficznie.

Słowa kluczowe: materiały ziarniste, niejednorodna mieszanka ziarnista, pasza dla gołębi, metoda taksonomiczna

Wprowadzenie

W wielu gałęziach przemysłu, takich jak przemysł spożywczy czy rolniczy mieszanie materiałów ziarnistych jest niezwykle istotnym procesem. Na przebieg tego procesu mają wpływ charakterystyczne własności składników, typ urządzenia mieszającego oraz warunki prowadzenia procesu. Efekt mieszania materiałów ziarnistych decyduje o jakości otrzymywanych produktów [Boss 1987].

W technice rolniczej niezwykle ważny jest proces produkcji pasz i mieszanek paszowych. Składy mieszanek dobierane są na podstawie doświadczeń z dziedziny żywienia. Poszczególne rodzaje mieszanek uwzględniają potrzeby ptaków – istnieją mieszanki odpowiednie na pierzenie, czy też nie zawierające nasion strączkowych, a wzbogacenie oleistymi komponentami (konopie, len, kardi) podnosi war-

tość energetyczną mieszanki. Uzyskanie mieszanki zgodnej z założonymi proporcjami składników jest istotnym celem procesu technologicznego. Mieszanki paszowe to układy składające się zarówno ze składników organicznych (np. nasiona), jak i nieorganicznych (np. kreda, lekarstwa). Zastosowanie rozwiązań taksonomicznych może być bardzo praktyczne w procesie mieszania dowodem na to mogą być wyniki prezentowanej pracy.

Cel badań

Celem przeprowadzonych badań była analiza stanów składu wieloskładnikowej mieszaniny ziarnistej w procesie przygotowania paszy dla gołębi w warunkach przemysłowych. Do realizacji celu proponuje się wykorzystanie podejścia taksonomicznego.

Sposób prowadzenia badań

Badania przeprowadzono w firmie Ovigor®, która zajmuje się produkcją oraz sprzedażą karmy dla gołębi pocztowych i rasowych. Do doświadczenia wykorzystano mieszalnik (rys. 1.) z komorą nieruchomą z pionowym mieszadłem o działaniu okresowym o wymiarach przedstawionych w tabeli 1. Moc mieszadła wynosi 5,5 kW.



Rys. 1. Mieszalnik pasz

Fig. 1. Fodder's mixing device

Tab. 1. Wymiary mieszalnika

Table 1. Mixing device measurements

Wysokość części cylindrycznej	1550 mm
Wysokość części stożkowej	1600 mm
Wysokość otworu wysypowego	300 mm
Średnica wewnętrzna części cylindrycznej	1800 mm
Średnica wewnętrzna otworu wysypowego	300 mm

Masa zasypanego materiału wynosiła dwie tony. Próbkę pobierano w miejscu wysypu ze zbiornika. Masa pojedynczej próbki wynosiła 0,25 kg. Badana pasza składała się z czternastu komponentów o składzie i udziale procentowym poszczególnych składników podanym w tabeli 2.

Tabela 2. Udziały masowe składników mieszanki na wejściu

Table 2. Mass share components of the mixture at the beginning

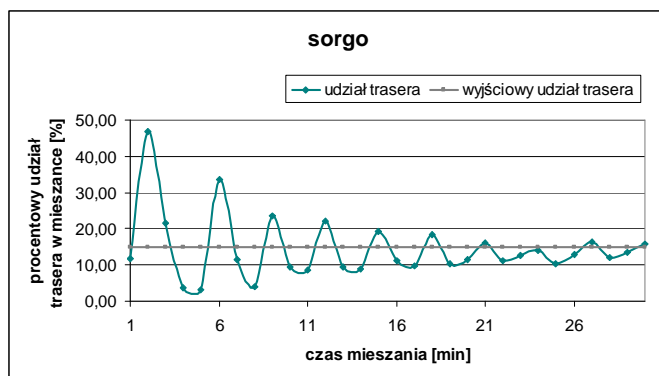
Nazwa ziarna	Masa [kg]	Udział procentowy [%]
Peluszka	320	16
Sorgo	300	15
Dari (sorgo białe)	200	10
Groch żółty	200	10
Groch zielony	180	9
Kardi (krokosz)	150	7,5
Owies łuszczone	150	7,5
Proso żółte	130	6,5
Słonecznik czarny	120	6
Ryż biały	100	5
Kanar	50	2,5
Wyka brązowa	50	2,5
Maple peas (groch nowozelandzki)	25	1,25
Ryż niełuszczone	25	1,25
Suma	2000	100

Dokonano poboru trzydziestu próbek po każdej minucie mieszania poczynając od momentu rozpoczęcia mieszania. Kolejnym krokiem było rozdzielenie każdej z pobranych próbek na poszczególne składniki wykorzystując metodę analizy sitowej oraz klasyczne metody rozdzielenia. Każdy z komponentów zważono i masę przeliczono na udziały procentowe.

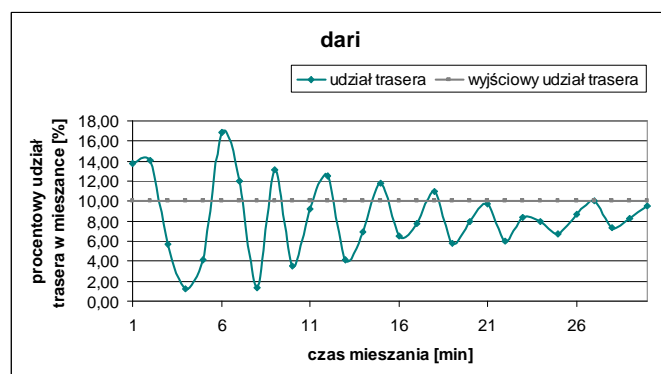
Wyniki badań pomiarowych

W mieszaniu obok wyszczególnionych czternastu ziaren po pewnym czasie mieszania znalazł się również dodatkowy składnik określony jako pozostałości. Do pozostałości zaliczone zostały ziarna nie wchodzące w skład mieszanki oraz rozdrobnione w stopniu uniemożliwiającym identyfikację.

Uzyskane wartości liczbowe posłużyły do graficznego opracowania udziałów procentowych składników w zależności od czasu mieszania (rysunek 2a, 2b). Na rysunku 2 pokazano przykłady dwóch wybranych składników.



Rys. 2a



Rys. 2b

Rys. 2. Zmiana procentowego udziału wybranych składników mieszanki w zależności od czasu mieszania dla: 2a - ziaren sorgo, 2b - ziaren dari

Fig. 2. The change of percentage participation of particular mixture grain depending from mixing time: 2a – sorgo grain, 2b – dari grain

Metoda taksonomiczna

Analizę stanów składu niejednorodnej mieszanki ziarnistej badanej paszy przeprowadzono w oparciu o analizę skupisk (*cluster analysis*) [Tryon 1939, Hartigan 1975]. Zastosowanie analizy skupisk wiąże się z taksonomicznym opisem obiektów, upraszczaniem danych i poszukiwaniem ukrytych informacji [Brzeziński 1987, Marek 1989, Richling 1992, Tukiendorf 1996]. Zastosowana procedura taksonomiczna przebiegała w kilku etapach. W pierwszym etapie zdefiniowano zmienne i macierz danych (procentowy udział poszczególnych ziaren w mieszaniu w kolejnych minutach mieszania). Jako przypadki zdefiniowano wiersze macierzy, czyli kolejne minuty mieszania, natomiast zmienne – kolumny macierzy. Następnie przeprowadzono normalizację zmiennych i dokonano wyboru miary podobieństwa. Jako miarę podobieństwa zastosowana metrykę Marczewskiego – Steinhausa [Marczewski, Steinhaus 1958]. Na podstawie metryki Marczewskiego – Steinhausa określono macierz odległości taksonomicznych (różnic pomiędzy obiektami) (tab. 3.).

Tabela 3. Macierz odległości taksonomicznych.
Table 3. Taxonomic matrix distanceS

	min 1	min 2	min 3	min 4	min 5	min 6	min 7	min 8	min 9	min 10	min 11	min 12	min 13	min 14	min 15	min 16	min 17	min 18	min 19	min 20	min 21	min 22	min 23	min 24	min 25	min 26	min 27	min 28	min 29	min 30
min 1	0,00																													
min 2	0,63	0,00																												
min 3	0,81	0,79	0,00																											
min 4	0,94	0,98	0,56	0,00																										
min 5	0,78	0,91	0,68	0,81	0,00																									
min 6	0,63	0,64	0,61	0,84	0,68	0,00																								
min 7	0,63	0,82	0,65	0,84	0,33	0,53	0,00																							
min 8	0,93	0,96	0,49	0,49	0,58	0,78	0,64	0,00																						
min 9	0,62	0,73	0,50	0,76	0,60	0,31	0,46	0,67	0,00																					
min 10	0,87	0,92	0,44	0,55	0,50	0,71	0,56	0,21	0,59	0,00																				
min 11	0,73	0,83	0,59	0,82	0,28	0,59	0,28	0,57	0,52	0,50	0,00																			
min 12	0,64	0,77	0,49	0,77	0,53	0,35	0,38	0,65	0,16	0,56	0,47	0,00																		
min 13	0,86	0,92	0,42	0,53	0,53	0,68	0,55	0,25	0,56	0,18	0,52	0,52	0,00																	
min 14	0,76	0,87	0,54	0,76	0,29	0,60	0,32	0,50	0,47	0,41	0,20	0,40	0,42	0,00																
min 15	0,68	0,78	0,46	0,76	0,52	0,43	0,36	0,59	0,25	0,52	0,37	0,17	0,48	0,31	0,00															
min 16	0,82	0,88	0,44	0,62	0,53	0,66	0,52	0,40	0,53	0,30	0,46	0,50	0,27	0,36	0,42	0,00														
min 17	0,77	0,87	0,54	0,74	0,36	0,61	0,38	0,50	0,46	0,42	0,25	0,41	0,40	0,18	0,33	0,29	0,00													
min 18	0,71	0,79	0,45	0,75	0,47	0,47	0,34	0,53	0,30	0,47	0,33	0,22	0,43	0,27	0,13	0,37	0,28	0,00												
min 19	0,79	0,88	0,42	0,66	0,43	0,60	0,42	0,37	0,46	0,31	0,36	0,41	0,24	0,24	0,33	0,24	0,25	0,25	0,00											
min 20	0,74	0,87	0,54	0,75	0,30	0,55	0,29	0,50	0,43	0,40	0,24	0,35	0,38	0,13	0,31	0,36	0,18	0,24	0,23	0,00										
min 21	0,74	0,83	0,46	0,74	0,47	0,53	0,39	0,51	0,37	0,45	0,33	0,31	0,41	0,26	0,20	0,29	0,19	0,14	0,22	0,24	0,00									
min 22	0,80	0,88	0,44	0,67	0,42	0,62	0,42	0,39	0,47	0,30	0,34	0,43	0,27	0,22	0,33	0,22	0,20	0,27	0,10	0,22	0,22	0,00								
min 23	0,75	0,85	0,52	0,76	0,38	0,57	0,33	0,52	0,44	0,44	0,25	0,37	0,42	0,16	0,27	0,28	0,14	0,22	0,24	0,14	0,14	0,20	0,00							
min 24	0,76	0,85	0,46	0,70	0,46	0,56	0,42	0,46	0,40	0,43	0,36	0,34	0,36	0,25	0,24	0,32	0,22	0,23	0,20	0,25	0,17	0,18	0,21	0,00						
min 25	0,80	0,88	0,45	0,68	0,45	0,61	0,43	0,41	0,47	0,36	0,36	0,43	0,30	0,24	0,33	0,21	0,18	0,27	0,12	0,24	0,17	0,10	0,18	0,17	0,00					
min 26	0,73	0,85	0,52	0,75	0,36	0,53	0,28	0,51	0,39	0,40	0,26	0,31	0,39	0,17	0,25	0,35	0,20	0,19	0,22	0,09	0,19	0,21	0,13	0,22	0,23	0,00				
min 27	0,71	0,81	0,43	0,72	0,46	0,47	0,37	0,53	0,30	0,45	0,35	0,25	0,41	0,28	0,20	0,37	0,31	0,15	0,25	0,23	0,16	0,27	0,24	0,23	0,27	0,19	0,00			
min 28	0,79	0,90	0,51	0,69	0,38	0,59	0,34	0,46	0,45	0,36	0,37	0,38	0,31	0,25	0,35	0,30	0,23	0,28	0,17	0,18	0,24	0,15	0,23	0,21	0,16	0,19	0,25	0,00		
min 29	0,74	0,88	0,54	0,75	0,34	0,55	0,26	0,53	0,41	0,43	0,30	0,31	0,41	0,20	0,28	0,38	0,23	0,22	0,25	0,11	0,23	0,24	0,18	0,25	0,26	0,08	0,24	0,17	0,00	
min 30	0,74	0,83	0,47	0,74	0,47	0,53	0,38	0,51	0,36	0,46	0,33	0,30	0,41	0,25	0,19	0,31	0,19	0,14	0,23	0,24	0,06	0,22	0,14	0,16	0,18	0,18	0,19	0,24	0,22	0,00

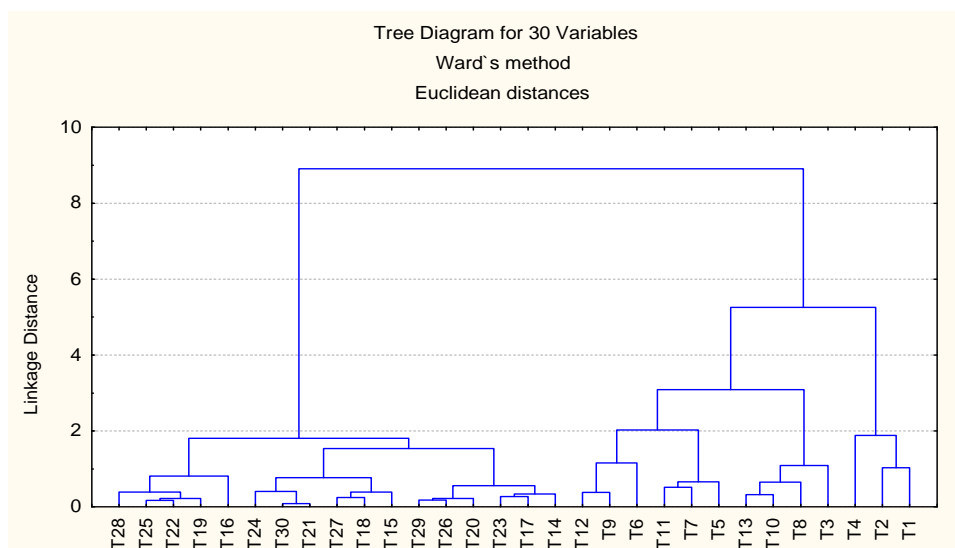
Kolejnym etapem było wykorzystanie metody Warda jako jednej z metod aglomeracji skupień. Analizę skupień przeprowadzono w programie STATISTICA 5.1 [StatSoft 1997]. Metoda ta wykorzystuje kryterium minimalizacji wariancji do oszacowania odległości między skupieniami. Kryterium to głosi, że wariancja wewnątrz skupień jest minimalna [Ward 1963, Marek 1989]. Grupowanie poszczególnych minut, opisanych wartościami udziału procentowego danego składnika, za pomocą metody Warda, odbywało się również etapowo. W pierwszym etapie tej metody wyszukuje się w macierzy najbliższe odległości i łączy się parę obiektów w jedno skupienie. Tak powstaje pierwsze skupienie o najmniejszej wartości odległości aglomeracyjnej (por. tab. 3), na rysunku 3 (rys. 3) jest to minuta 30 i 21. Następnie zmienia się macierz odległości, uwzględniając nowo powstałe skupienie. Obliczeń dokonuje się do momentu zaglomerowania wszystkich obiektów w jedno skupienie. W ten sposób otrzymujemy plan przebiegu aglomeracji oraz hierarchiczne drzewo skupień - dendrogram taksonomiczny.

Wyniki analizy skupień

Na podstawie zastosowania wieloetapowej procedury taksonomicznej (zdefiniowanie zmiennych, określenia macierzy danych, normalizacji zmiennych, określenia macierzy odległości taksonomicznych, a w końcu aglomeracji skupień), mającej na celu zgrupowanie obiektów (minut) podobnych, otrzymano dendrogram przedstawiający w postaci graficznej otrzymaną hierarchie skupień (rys. 3). Dendrogram, zwany drzewem, prezentuje odległości taksonomiczne pomiędzy poszczególnymi skupieniami. Na osi odciętych rys. 3 przedstawione zostały minuty mieszania, natomiast na osi rzędnych – odległości taksonomiczne pomiędzy poszczególnymi minutami. Dendrogram ilustruje, które minuty mieszania są do siebie bardziej podobne oraz na ile są do siebie podobne, przez podanie wartości tego podobieństwa (wartość odległości taksonomicznej na osi rzędnych). Na tej podstawie można wyodrębnić w grupy skupienia minut podobnych do siebie. Na rys. 3 wyraźnie zaznaczają się dwa główne skupienia (rodziny) minut, które są do siebie podobne. W pierwszym skupisku znalazły się minuty w kolejności od 1 (T1 – pierwsza minuta mieszania) do 13 (T13). W drugim skupisku znalazły się minuty od 14 do 30. Podstawą do wyodrębnienia dwóch skupisk były relatywnie większe wartości odległości taksonomicznych skupiska grupującego minuty od 1 do 13 w porównaniu do skupiska minut 14 – 30. Minuty wydzielone w poszczególne skupienia zostały porównane z przebiegiem procesu mieszania (por. rys. 2). Na tej podstawie wyciągnięto wniosek o występowaniu dwóch charakterystycznych stanów (przebiegu procesu) mieszaniny. Skupienie grupujące pierwsze minuty mieszania (od 1 do 13) określono jako proces burzliwych zmian udziałów procentowych (por. rys. 2). Natomiast w drugim skupieniu zaobserwować można proces niewielkich zmian

udziałów procentowych, a więc łagodnego przebiegu procesu. Od minuty 14, która jako pierwsza w kolejności zaliczona została do skupienia łagodnych zmian, obserwujemy małe wahania stężeń, co może być podstawą do skrócenia o połowę czasu mieszania. Fakt wyraźnie wpłynie na poprawę ekonomiki procesu mieszania.

Podział 30 minutowego czasu mieszania na dwa skupienia pozwolił na określenie minut, które istotnie wpływają na przebieg procesu (minuty od 1 do 13). Czas ten został określony jako stan burzliwy mieszania, natomiast pozostałe minuty (od 14 do 30) określono jako stan łagodnych zmian udziałów procentowych. Wykorzystanie analizy skupień pozwoliło na określenie minuty mieszania, w której proces mógłby być przerwany.



Rys. 3. Dendrogram ilustrujący otrzymaną hierarchię skupień poszczególnych minut

Fig. 3. Dendrogram illustrating the obtained concentration hierarchy of individual minutes

Wnioski

Znajomość udziału poszczególnych składników mieszanki w zależności od czasu mieszania pozwala na obserwację przebiegu i charakteru procesu. Zastosowanie metody taksonomicznej pozwoliło na wyodrębnienie dwóch stanów mieszaniny (dwóch skupień):

- proces burzliwych zmian udziałów procentowych poszczególnych składników mieszanki (minuty od 1 do 13),
- proces łagodnych zmian udziałów procentowych poszczególnych składników mieszanki (minuty od 14 do 30).

Na tej podstawie określono, iż od 14 minuty, od której zaczynają się niewielkie zmiany stężeń, mieszanie wydaje się niezasadne, co poprawi ekonomikę procesu mieszania. Prezentowane podejście taksonomiczne może być wykorzystane w modelowaniu procesów mieszania niejednorodnych układów ziarnistych.

Bibliografia

- Boss J. 1987. Mieszanie materiałów ziarnistych. PWN, Warszawa – Wrocław.
- Brzeziński J. 1987. Wielozmiennowe modele statystyczne w badaniach psychologicznych. PWN.
- Hartigan J. A. 1975. Cluster algorithms. New York: Wiley.
- Marek T. 1989. Analiza skupień w badaniach empirycznych, PWN.
- Marczewski E., Steinhaus H., 1958. On a certain distance of sets and the corresponding distance of functions. *Colloquium Mathematicum*, 6, p. 319-327.
- Richling A. 1992. *Kompleksowa geografia fizyczna*, PWN, s. 217-228.
- StatSoft, Inc. 1997. STATISTICA for Windows [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc.
- Tukiendorf A. 1996. Waloryzacja przyrodnicza siedliska rolniczego województwa opolskiego. Praca doktorska (maszynopis).
- Tukiendorf M. 2002. Sposoby oceny jakości mieszanin ziarnistych w zbiornikach. *Acta Scientiarum Polonorum, Technica Agraria* 1 (2), s. 51-59.
- Tryon, R. C. 1939. *Cluster Analysis*. Ann Arbor, MI: Edwards Brothers.
- Ward, J. H. 1963: Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 58, pp. 236-244.

ANALYSIS OF THE COMPOSITIONS OF A NON-HOMOGENIOUS GRANUAL MIXTURE PIGEONS FEED PREPARED UNDER INDUSTRIAL CONDITIONS USING THE TAKSONOMY METHOD

This research presents on analysis of the composition of a multi-constituent grain mixture in the feed preparation process. This research was carried out in industrial conditions, in a company which deals with the breeding and sale of mail and racing pigeons. Knowledge of the percentage of distribution of each feed component with reference to the consecutive minutes of mixing can serve to improve the economy of the process. An analysis based on the taxonomy method was executed, which allows classification of the stages of the researched mixing process. The outcomes were presented graphically.

Key words: granual materials, non-homogenous granual mixture, pigeons feed, taxonomy method