

SELEKCJA I HIERARCHIZACJA PARAMETRÓW JAKOŚCI MASZYN DO ZBIORU ZBÓŻ I BURAKÓW

Karol Durczak, Piotr Rybacki

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. Parametry pracy maszyn rolniczych decydują w głównej mierze o jakości zbieranych produktów roślinnych. W pracy zamieszczono procedury zmierzające do selekcji i hierarchizacji parametrów użytkowych maszyn rolniczych, wpływających na czystość obrabianego materiału, jego straty i uszkodzenia. Przy rangowaniu parametrów wykorzystano narzędzia sprawdzone w badaniach operacyjnych oraz zarządzaniu jakością.

Słowa kluczowe: kombajn do zbioru zbóż, kombajn do zbioru buraków, parametry jakości maszyn, selekcja, hierarchizacja

Wstęp

Jakość produktów rolnych, w tym produktów roślinnych, jest pochodną wielu czynników wzajemnie się przenikających i uzupełniających. O jakości zbieranych płodów rolnych decydują oprócz rodzaju gleby, warunków klimatycznych, czynnika ludzkiego, zastosowanej technologii produkcji, ilości dawek nawozowych i środków ochrony roślin, także użyte do zbioru maszyny, a dokładnie niektóre ich parametry.

Analiza stanu wiedzy o parametrach techniczno-eksploatacyjnych i ergonomicznych maszyn rolniczych, wpływających bezpośrednio i pośrednio na jakość zbieranych roślin jest obszerna, a wyniki testów porównawczych, oceny i raporty na ten temat zamieszcza głównie literatura popularnonaukowa [Olszewski 2010; Wilmer 2010]. Wiele prac z zakresu inżynierii rolniczej wyodrębnia cechy maszyn, próbuje je zmierzyć lub oszacować. Pomocne mogą być w tym zakresie prace naukowe prowadzone w niezależnych instytutach i ośrodkach państwowych, zajmujących się mechanizacją rolnictwa. Istotne z punktu widzenia jakości pracy maszyn mogą być Polskie Normy i System Maszyn Rolniczych, które zawierają karty wymagań jakości pracy różnych grup maszyn i urządzeń rolniczych.

W zależności od przeznaczenia danej maszyny, liczba parametrów charakterystyki eksploatacyjno-technicznej opisujących w sposób kompleksowy ich jakość, wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu. Jedynie część z tych parametrów wywiera bezpośredni wpływ na jakość zbieranych roślin. Dlatego celowe wydaje się wykonanie selekcji parametrów jakości w oparciu o to kryterium, a następnie ich uszeregowanie według ważności. Wyniki rangowania ułatwią potencjalnym klientom maszyn rolniczych podjęcie optymalnej decyzji podczas zakupu, a producentom tych maszyn pozwolą podjąć stosowne kroki w celu poprawieniu jakości swoich wyrobów.

Cel pracy

Celem pracy jest selekcja i hierarchizacja parametrów maszyn rolniczych wpływających na jakość zbieranych produktów roślinnych, spośród liczebnych zbiorów cech jakościowych. Wybór specyficznych dla danych grup maszyn parametrów, po ich uszeregowaniu według malejącej ważności, posłuży do wspomagania procesów decyzyjnych w eksploatacji maszyn.

Konieczne jest opracowanie metodyki, pozwalającej na selekcję i rangowanie parametrów dowolnej grupy maszyn rolniczych ze względu na przyjęty cel nadrzędny, w tym przypadku jakość zbieranego plonu roślinnego. O jakości maszyn rolniczych przeznaczonych do zbioru decyduje zazwyczaj czystość zbieranego materiału roślinnego, wielkość powstających strat oraz wskaźnik uszkodzeń.

Metodyka

Selekcji kryteriów maszyn rolniczych, decydujących o jakości ich pracy, można dokonać wyłącznie przy pomocy specjalistów z danej dziedziny. Konieczna jest zatem współpraca zespołu (minimum 3-sobowego), złożonego z ekspertów posiadających bogatą wiedzę teoretyczną i praktyczną z zakresu eksploatacji maszyn rolniczych.

Następny etap, czyli hierarchizacja wyselekcjonowanego zbioru parametrów projakościowych na podstawie wartości i współczynników względnej ważności, wymaga użycia algorytmu. Wagi parametrów wyznacza się metodą porównywania parami czynników, opracowaną przez Thomasa Saaty'ego [1980]. Metoda ta polega na obliczeniu wektora własnego z macierzy porównań parami ważności rozpatrywanych czynników, tutaj parametrów jakości pracy maszyn rolniczych [Chatelin 1988; Saaty i Vargas 1984; Sekitani i Yamaki 1999]. Ocenę wag parametrów dokonują eksperci, za pomocą 9-stopniowej skali pomiarowej, gdzie liczbą jeden wyraża się równowagę porównywanych parametrów, a liczbą 9 - absolutną przewagę pierwszego czynnika nad drugim. Pozyskane od ekspertów oceny umieszcza się w macierzy porównań, którą można utworzyć w arkuszu kalkulacyjnym.

Wektor własny z macierzy wyznacza się podnosząc macierz porównań do kwadratu. Wyniki takiego mnożenia sumuje się i standaryzuje. Sprawdzeniem obliczeń jest sumowanie się elementów wektora własnego do jedności. Proces ten powtarza się do momentu, gdy wartości własne wektora nie będą różniły się od wartości uzyskanych w poprzednim etapie. Założona niedokładność współczynników wagowych, obliczanych na kolejnych etapach, została określona na 0,001.

Wyniki badań symulacyjnych

Selekcji i hierarchizacji poddano parametry jakościowe maszyn do zbioru zbóż i buraków cukrowych. Przedmiotem badań były kombajny zbożowe oraz kombajny do zbioru buraków cukrowych, bez odwoływania się do konkretnych modeli.

Selekcja i hierarchizacja parametrów...

Liczebności zbiorów parametrów jakościowych tych maszyn są zróżnicowane. Aby zapewnić obiektywność procedury wyznaczania wag, skorzystano z wiedzy ekspertów z zakresu inżynierii rolniczej, którymi byli pracownicy naukowcy Instytutu Inżynierii Rolniczej UP w Poznaniu.

Zespół ekspertów wybrał 9 parametrów techniczno-funkcjonalno-ergonomicznych kombajnów zbożowych, które były podstawą ich hierarchizacji (tab. 1).

Tabela 1. Parametry kombajnów zbożowych wpływające bezpośrednio i pośrednio na jakość zbranego ziarna i nasion

Table 1. Parameters of combine harvesters directly and indirectly affecting quality of harvested grain and seeds

Symbol parametru	Nazwa parametru
P1	Uniwersalność
P2	Wyposażenie w rewers przenośnika pochylego i ślimakowego
P3	Kontrola i uzyskiwanie informacji o prawidłowości pracy poszczególnych zespołów roboczych (czujniki strat ziarna, wilgotności ziarna itp.)
P4	Średnica bębna młocącego
P5	Kąt opasania klepiska
P6	Liczba klawiszy wytrząsacza
P7	Powierzchnia sit
P8	Widoczność z kabiny
P9	Rodzaj zespołu młocącego

Efektorem porównania parami dziewięciu parametrów (elementów decyzyjnych) jest macierz porównań A :

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1/5 \\ 1 & 1 & 1/5 & 1/7 & 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1/3 \\ 5 & 5 & 1 & 1 & 1 & 1/3 & 1/3 & 3 & 1/3 \\ 3 & 7 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 5 & 1/3 \\ 5 & 5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1/3 & 2 & 1/3 \\ 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1/3 \\ 5 & 5 & 3 & 1 & 3 & 1 & 1 & 5 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1/3 & 1/5 & 1/2 & 1/2 & 1/5 & 1 & 1/5 \\ 5 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

Z tej macierzy obliczony zostanie wektor własny. W pierwszym etapie podnosi się macierz do kwadratu. Kwadrat macierzy A wynosi:

$$A^2 = \begin{bmatrix} 9,000 & 9,933 & 3,667 & 2,543 & 3,167 & 2,900 & 2,200 & 8,333 & 1,356 \\ 9,095 & 9,000 & 3,876 & 2,752 & 3,376 & 3,110 & 2,410 & 8,048 & 1,425 \\ 30,333 & 33,667 & 9,000 & 7,648 & 8,833 & 8,833 & 5,933 & 27,000 & 4,822 \\ 37,667 & 41,000 & 13,667 & 9,000 & 12,500 & 11,167 & 7,667 & 33,667 & 5,933 \\ 31,333 & 34,667 & 10,667 & 8,114 & 9,000 & 9,000 & 6,400 & 27,333 & 4,844 \\ 40,667 & 44,000 & 13,867 & 9,829 & 12,200 & 9,000 & 6,933 & 32,667 & 4,667 \\ 57,667 & 61,000 & 17,667 & 13,381 & 16,500 & 13,833 & 9,000 & 43,667 & 7,000 \\ 11,267 & 11,667 & 4,467 & 3,010 & 3,633 & 3,278 & 2,378 & 9,000 & 1,511 \\ 81,000 & 91,000 & 33,267 & 21,095 & 28,100 & 21,167 & 16,600 & 69,000 & 9,000 \end{bmatrix}$$

Suma elementów w poszczególnych wierszach macierzy A^2 daje wektor kolumnowy:

$$\begin{bmatrix} 43,098 \\ 43,092 \\ 136,070 \\ 172,267 \\ 141,359 \\ 173,829 \\ 239,714 \\ 50,210 \\ 370,229 \end{bmatrix} \quad \text{a zatem wektor własny po znormalizowaniu:} \quad \begin{bmatrix} 0,031 \\ 0,031 \\ 0,099 \\ 0,126 \\ 0,103 \\ 0,127 \\ 0,175 \\ 0,037 \\ 0,270 \end{bmatrix}$$

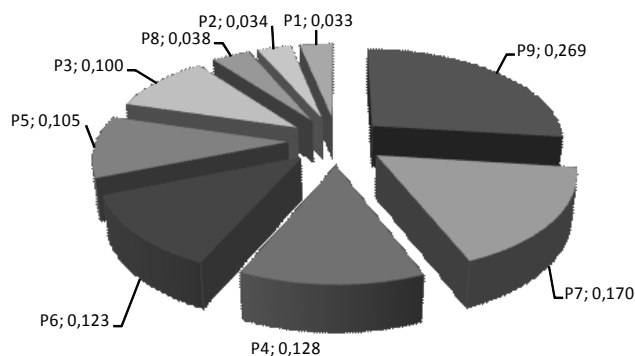
Suma 1369,867

Suma 1,000

W drugim etapie, tym samym sposobem, wyznaczono kwadrat macierzy A^2 i obliczono ponownie wektor własny (wagi parametrów). Różnice między wagami uzyskanymi na pierwszym i drugim etapie realizacji metody, dają wektor kolumnowy: (0,002; 0,003; 0,001; 0,002; 0,002; -0,004; -0,005; 0,001; -0,001). Stwierdza się, że niektóre różnice przekraczają założoną w metodzie niedokładność 0,001. Oznacza to konieczność ponownego obliczenia kwadratu nowej macierzy i obliczenie wektora własnego. Ponieważ, tym razem, nie przekroczyły one przyjętej niedokładności (0,000; 0,000; 0,000; 0,000; 0,000; 0,000; 0,000; 0,000; 0,000), zatem otrzymane w drugim etapie wagi można uznać za ostateczne (rys. 1).

Wymagania agrotechniczne dla kombajnów zbożowych określone są poprzez straty ziarna, jego czystość i wskaźnik dopuszczalnych uszkodzeń ziarna w zbiorniku. Na wartość tych wskaźników wpływa, według ekspertów, przede wszystkim rodzaj zastosowanego zespołu młocącego oraz powierzchnia sit wialni dolnej. O jakości ziarna zgromadzonego w zbiornikach kombajnów decyduje, w mniejszym stopniu, także średnica bębna, liczba kławiszy wytrząsacza, kąt opasania klepiska oraz wyposażenie kombajnu w system kon-

rolno-diagnostyczny. Udziały wag pozostałych parametry, nie przekraczają 10% jakości całkowitej.



Rys. 1. Systematyzacja parametrów kombajnu zbożowego wpływających na jakość wymłóconego ziarna

Fig. 1. Systematisation of combine harvester parameters affecting threshed grain quality

Tą samą procedurę wyznaczania wektora własnego z macierzy porównań parami elementów decyzyjnych, wykorzystano do hierarchizacji parametrów kombajnów do zbioru buraków. Ekspertcy wytypowali dla tej grupy maszyn rolniczych aż 10 istotnych parametrów, które w sposób bezpośredni lub pośredni wpływają na jakość zbieranych korzeni (tab. 2).

Tabela 2. Parametry kombajnów do zbioru buraków cukrowych wpływające na jakość wykopanych korzeni

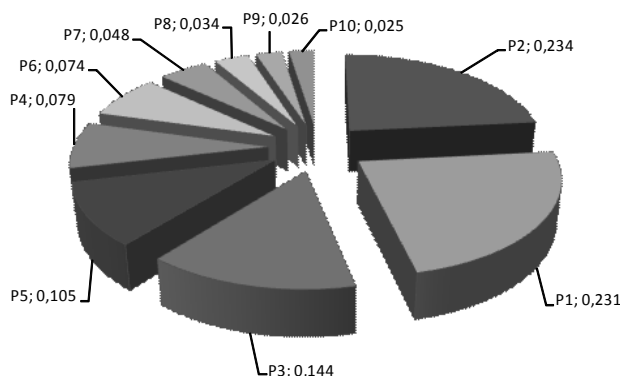
Table 2. Parameters of sugar beet harvesters affecting picked roots quality

Symbol parametru	Nazwa parametru
P1	Rodzaj zespołu ogławiająco-wyorywującego
P2	Rodzaj zespołu czyszczącego i zakres regulacji
P3	Długość drogi czyszczenia korzeni
P4	Kontrola i uzyskiwanie informacji o pracy zespołów roboczych
P5	Prędkość robocza
P6	Wyposażenie w czujniki regulacji głębokości wyorywania i do utrzymywania wysokości pracy zespołu ogławiającego
P7	Wyposażenie w osprzęt wspomagający proces czyszczenia np. zbiornik na wodę i system rozpylaczy
P8	Szerokość przenośnika podającego korzenie do zbiornika
P9	Widoczność z kabiny
P10	Wysokość wyładunku

Oceny względnej ważności dziesięciu parametrów kombajnów do zbioru buraków cukrowych, uzyskane od ekspertów, zamieszczono w macierzy porównań B :

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 3 & 3 & 5 & 5 & 7 & 7 & 8 \\ 1 & 1 & 1 & 3 & 4 & 5 & 7 & 7 & 7 & 7 \\ 1/5 & 1 & 1 & 3 & 1 & 2 & 3 & 5 & 5 & 6 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1/2 & 3 & 5 & 6 \\ 1/3 & 1/4 & 1 & 1 & 1 & 1/2 & 3 & 5 & 6 & 7 \\ 1/5 & 1/5 & 1/2 & 1 & 2 & 1 & 3 & 1 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/7 & 1/3 & 2 & 1/3 & 0,333 & 1 & 1 & 3 & 1 \\ 1/7 & 1/7 & 1/5 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1/7 & 1/7 & 1/5 & 1/5 & 1/6 & 1 & 1/3 & 1/2 & 1 & 1 \\ 1/8 & 1/7 & 1/6 & 1/6 & 1/7 & 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

W rezultacie obliczenia wektora własnego macierzy B , otrzymujemy wagi parametrów zamieszczone na rysunku 2.



Rys. 2. Systematyzacja parametrów decydujących o jakości wykopanych korzeni buraków cukrowych przez kombajn

Fig. 2. Systematisation of parameters deciding about the quality of sugar beet roots picked by harvester

Agregaty do zbioru buraków mają zapewnić czyste i gładkie odcinanie główek i liści na poziomie dolnej linii żywych oczek, dokładnie wykopanie korzeni bez strat i uszkodzenia oraz czystość zebranych w zbiorniku korzeni. Ranking kryteriów wskazuje wyraźnie, że w opinii ekspertów zajmujących się oceną, największy wpływ na jakość pracy kombajnów do zbioru buraków mają: rodzaj zespołu czyszczącego i zespołu ogławiająco-wyorywującego oraz w mniejszym stopniu długość drogi czyszczenia korzeni oraz prędkość robocza maszyny.

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania symulacyjne na grupie maszyn do zbioru roślin, pozwalają na sformułowanie wniosków.

1. Selekcję i hierarchizację parametrów maszyn rolniczych ze względu na ich udział w jakości zbieranego plonu można dokonać dysponując wiedzą ekspertów oraz algorytmem wyznaczania wag parametrów. Przy rangowaniu parametrów sprawdza się metoda porównywania parami czynników oraz przedstawiony sposób obliczania wektora własnego z macierzy porównań parami.
2. Wektory własne macierzy porównań ważności parami, po znormalizowaniu, określają względną ważność uwzględnianych w procesie decyzyjnym parametrów.
3. Przykłady rangowania parametrów zbieranego materiału roślinnego wskazują na bardzo ważne, mniej ważne i te parametry kombajnów do zbioru zbóż i buraków cukrowych, które odrywają marginalne znaczenie. Analiza uzyskanych wag pozwala zawęzić liczbę zbioru parametrów jakości pracy maszyn rolniczych.
4. Hierarchizacja parametrów maszyn rolniczych decydujących o jakości zbieranych produktów roślinnych ma znaczenie użytkarne. Wyniki badań mogą być cenne dla producentów tych maszyn oraz ich użytkowników.

Bibliografia

- Chatelin F.** 1988. Eigenvalue of Matrix. Masson. Paris.
- Olszewski P.** 2010. Kombajny trzymające poziom. Rolniczy Przegląd Techniczny. Nr 6. s. 48-55.
- Saaty T.L.** 1980. The analytic hierarchy process planning. Priority setting. Resource allocation. MacGraw-Hill. New York.
- Saaty T.L., Vargas L.G.** 1984. Comparison of eigenvalue, logarithmic least square and least square methods in estimating ratio. Journal of Mathematical Modelling 5. 309-324.
- Sekitani K., Yamaki N.** 1999. A logical interpretation for the eigenvalue method in AHP. Journal of the Operations Research Society of Japan, Vol. 42. No 2.
- Wilmer H.** 2010. Omlot ziarna na trzech bębnach młocarni. Top technika – testy, oceny, raporty, przeglądy. Nr 2. s. 22-27.

SELECTION AND HIERARCHISATION OF QUALITY PARAMETERS FOR CEREAL AND BEET HARVESTING MACHINES

Abstract. Agricultural machinery operating parameters primarily decide about the quality of harvested plant products. The paper presents procedures intended for the selection and hierarchisation of agricultural machinery functional parameters, affecting processed material purity, its losses and defects. When ranking the parameters, researchers employed tools proven in operating tests and quality management.

Adres do korespondencji:

Karol Durczak; e-mail: kdurczak@up.poznan.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 28
60-637 Poznań