

# Wspomaganie decyzji zakupu urządzeń do spawania metodą MIG/MAG z wykorzystaniem analizy skupień

Decision support purchasing of equipment for MIG/MAG welding with the usage of cluster analysis

## Streszczenie

W pracy podjęto często występujący w praktyce problem doboru właściwego dla danego zastosowania spawalniczego źródła prądu. Jako jedno z potencjalnych rozwiązań zaproponowano zastosowanie metod analizy skupień. Przedstawiono wyniki klasyfikacji 96 urządzeń do spawania MIG/MAG metodami Warda i k-średnich dla 2 zestawów cech diagnostycznych. Na podstawie wyników uznano, że analiza skupień może być, przy spełnieniu pewnych warunków, skuteczną metodą wspomaganie decyzji zakupu urządzeń spawalniczych.

**Słowa kluczowe:** urządzenie spawalnicze, MIG, MAG, analiza skupień, zakup

## Abstract

The paper presents the problem of selecting the welding power source adequate for a particular application. As one of the possible solutions, the usage of cluster analysis has been proposed. The results of classification of 96 devices for MIG/MAG welding process with the Ward and k-means methods for two sets of diagnostic factors have been presented. Based on the results, it has been concluded, that the cluster analysis can be, under certain conditions, an effective method of decision support purchasing of welding equipment.

**Keywords:** welding equipment, MIG, MAG, cluster analysis, purchase

## Wstęp

Praktyczne stosowanie tak rozległej dziedziny wiedzy jaką jest spawalnictwo, jest uwarunkowane, poza zagadnieniami związanymi ze spawalnością materiałów, wykorzystaniem różnorodnych urządzeń spawalniczych [1]. Obecnie, na wciąż rozwijającym się rynku, działa wielu producentów oferujących szeroki zakres urządzeń spawalniczych [1÷6].

Z tej przyczyny jednym z kluczowych problemów, z którymi spotyka się personel spawalniczy, jest dobór źródła prądu do spawania [3,4]. Wytypowanie odpowiedniego urządzenia jest często trudne i przy wyborze należy kierować się różnymi kryteriami, np. doświadczeniem nabytym podczas opracowywania technologii spawania metali z różnych grup materiałowych, rozwiązaniami konstrukcyjnymi spawalniczych urządzeń (możliwość spawania jednostronnego,

Dr inż. Dariusz Fydrych, mgr inż. Sławomir Sommer, dr inż. Grzegorz Rogalski – Politechnika Gdańska.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: darfydry@pg.gda.pl

dwustronnego, na podkładce itp.), wymaganiami różnego rodzaju specyfikacji technicznych lub norm przedmiotowych, zapewnieniami producentów i własnymi subiektywnymi odczuciami. Podstawą niniejszej pracy jest wynikająca z ww. przyczyn potrzeba podjęcia próby opracowania metody wspomaganie decyzji zakupu o bardziej obiektywnym charakterze [7]. Często w zbliżonych pod względem konieczności dokonywania selekcji spośród wielu możliwości opisywanych znaczną liczbą cech przypadkach z powodzeniem stosuje się metody *Data Mining* (np. analizę skupień, drzewa decyzyjne i regresyjne, analizę dyskryminacyjną, analizę korespondencji, sieci neuronowe) [8÷12].

Analiza skupień jest odrębną gałęzią wielowymiarowej analizy statystycznej, na którą składa się zbiór metod służących wyodrębnieniu jednorodnych obiektów z konkretnego zbioru [10÷14]. Ideą tej analizy jest grupowanie obiektów tworzących możliwie jednorodne skupienia. Obiekty z tego samego skupienia powinny być jak najbardziej podobne do siebie, natomiast obiekty z różnych skupień mają być od siebie maksymalnie różne. Obszary zastosowania analizy skupień są bardzo rozległe i obejmują praktycznie wszystkie dziedziny nauk ścisłych, humanistycznych, społecznych, przyrodniczych, medycznych i technicznych, w tym maszynoznawstwo, elektrotechnikę, rolnictwo, socjologię, psychologię, ekonomię i zarządzanie, archeologię, chemię, biologię, geologię, entomologię itd. [8,12÷20].

## Badania własne

Celem pracy było zweryfikowanie możliwości zastosowania analizy skupień jako metody wspomaganie decyzji zakupu urządzeń do spawania. Ze względu na powszechność stosowania i wynikającą z tego faktu dostępność danych do analiz wytypowano urządzenia do spawania półautomatycznego metodą MIG/MAG (procesy spawania: 131, 135, 136, 138).

Zakres pracy obejmował:

- zgromadzenie danych do analiz statystycznych i wybór cech diagnostycznych,
- przygotowanie danych do analiz statystycznych,
- realizację analiz statystycznych:
  - a) analizę skupień metodą aglomeracyjną (Warda),
  - b) analizę skupień metodą k-średnich,
- ocenę merytoryczną i porównanie wyników analiz.

Dane do analiz pozyskano z katalogów producentów spawalniczych źródeł prądu MIG/MAG oraz ich przedstawicieli z terenu całego kraju [7]. Opierając się na charakterystykach urządzeń podawanych przez producentów, wytypowano zbiór 16 potencjalnych cech diagnostycznych (tabl. I). Otrzymane dane pozwoliły stworzyć obszerną bazę danych, w której umieszczono 96 modeli urządzeń do spawania metodą MIG/MAG oferowanych przez 9 producentów. Każdej z firm przyporządkowano literę z zakresu A÷I. Natomiast do danego modelu urządzenia przypisana

**Tablica I.** Potencjalne cechy diagnostyczne  
**Table I.** Potential diagnostic factors

Cecha diagnostyczna		Oznaczenie cechy diagnostycznej	Współczynnik zmienności $\omega$
Zakres natężenia prądu spawania	Wartość minimalna	$I_{min}, A$	0,37
	Wartość maksymalna	$I_{max}, A$	0,44
Dopuszczalne obciążenie	1 cykl pracy	$I_{lc}, A$	0,44
	2 cykl pracy	$II_{lc}, A$	0,56
	3 cykl pracy (100%)	$III_{lc}, A$	0,56
Masa		$M, kg$	0,66
Cena		$C, PLN$	1,06
Napięcie biegu jałowego	minimalne	$N_{min}, V$	0,53
	maksymalne	$N_{max}, V$	0,29
Wymiary	szerokość	$S, mm$	0,29
	długość	$D, mm$	0,21
	wysokość	$W, mm$	0,31
Współczynnik mocy przy maksymalnym natężeniu prądu spawania		$P_n$	0,08
Okres gwarancji		$G, mies.$	0,34
Liczba stopni regulacji napięcia		$Reg$	0,72
Sprawność		$\eta, \%$	0,14

została liczba z zakresu 1÷96.

Przygotowanie danych polegało na weryfikacji zmienności cech diagnostycznych, weryfikacji korelacyjnej cech oraz ich stymulacji i normalizacji [10÷14].

Analizę zmienności wszystkich cech diagnostycznych przeprowadzono zgodnie z wzorem (1) [11÷12]:

$$\omega = \frac{s_j}{x_j} \quad (1)$$

gdzie:  $\omega$  – współczynnik zmienności,  $s_j$  – odchylenie standardowe,  $x_j$  – średnia arytmetyczna wartości cechy.

W tabelicy I zestawiono również współczynniki zmienności dla wszystkich potencjalnych cech diagnostycznych. Tylko współczynnik mocy przy maksymalnym natężeniu prądu spawania  $P_n$  charakteryzuje się wartością nieco niższą od progowej ( $\omega = 0,1$ ),

co wskazuje na to, że pozostałe cechy mają odpowiednią zdolność dyskryminacyjną.

Kolejnym krokiem było sprawdzenie korelacji między cechami. W tym celu wyliczono w programie Statistica wartości współczynników korelacji. W kilku przypadkach stwierdzono występowanie korelacji między zmiennymi niezależnymi, co wpłynęło na usunięcie ich ze zbioru cech diagnostycznych [7]. Na podstawie wyników weryfikacji zmienności, korelacyjnej i analizy merytorycznej kryteriów dokonywania zakupu urządzeń do spawania metodami MIG/MAG, do dalszych badań przyjęto następujący zestaw cech diagnostycznych: maksymalną wartość natężenia prądu spawania  $I_{max}$ , 3 (100%) cykl pracy IIIc, masę  $M$ , cenę brutto  $C$  oraz szerokość  $S$ , długość  $D$ , wysokość  $W$  i okres gwarancji  $G$ . W tabelicy II przedstawiono fragment zbioru danych w postaci surowej.

**Tablica II.** Fragment zbioru z surowymi danymi wejściowymi do analiz statystycznych

**Table II.** Part of the collection of the raw input data for statistical analysis

Symbol	Maksymalne natężenie prądu spawania $I_{max}$ , A	3 cykl pracy IIIc, A	Masa $M$ , kg	Cena $C$ , PLN	Szerokość $S$ , mm	Długość $D$ , mm	Wysokość $W$ , mm	Okres gwarancji $G$ , mm
A1	170	76	59	3075	420	860	730	24
A2	200	90	68	3642	420	860	730	24
A3	130	42	25	1639	300	650	550	24
B24	215	115	72	3752	420	950	690	24
B25	270	145	80	4198	420	950	690	24
C42	200	130	18	5642	600	420	310	24
C43	260	180	112	7490	450	895	770	24
D47	170	100	9,8	2899	180	400	340	24
D48	180	100	10	3999	180	400	340	24
E62	150	70	53	2645	390	825	615	36
E63	255	120	83	3357	427	850	765	36
F80	250	180	103	6249	355	800	850	24
F81	330	192	85	5329	355	800	850	24
G82	200	85	60	2999	310	780	600	12
G83	250	110	65	3150	310	780	600	12
H86	400	260	150	7533	265	660	445	12
H87	500	350	200	9532	620	1190	790	12
I95	450	310	141	9962	630	850	710	24
I96	700	480	230	22860	690	1060	965	24

Wytypowane cechy podzielono na *stymulanty*, czyli wskaźniki, których wysokie wartości liczbowe oznaczają pożądane zmiany z punktu widzenia stopnia zaspokojenia potrzeb klienta, oraz *destymulanty*, czyli wskaźniki, których wysokie wartości liczbowe oznaczają niepożądane zmiany z punktu widzenia zaspokojenia jego potrzeb. Do stymulant zaliczono następujące czynniki: maksymalną wartość natężenia prądu spawania  $I_{max}$ , 3 (100%) cykl pracy IIIcn oraz okres gwarancji G. Pozostałe cechy (masę M, cenę brutto C i wszystkie wymiary: S, D, W) uznano za destymulanty.

Stymulanty zostały znormalizowane wg wzoru (2) [13]:

$$x^{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_{ij}\}}{\max\{x_{ij}\} - \min\{x_{ij}\}} \quad (2)$$

Destymulanty natomiast znormalizowano wg wzoru (3) [13]:

$$x^{ij} = \frac{\max\{x_{ij}\} - x_{ij}}{\max\{x_{ij}\} - \min\{x_{ij}\}} \quad (3)$$

gdzie: i – numer obiektu, j – numer cechy.

Cechy z wartościami znormalizowanymi oznaczono indeksem n. Fragment zbioru ze znormalizowanymi wartościami cech urządzeń spawalniczych zamieszczono w tablicy III.

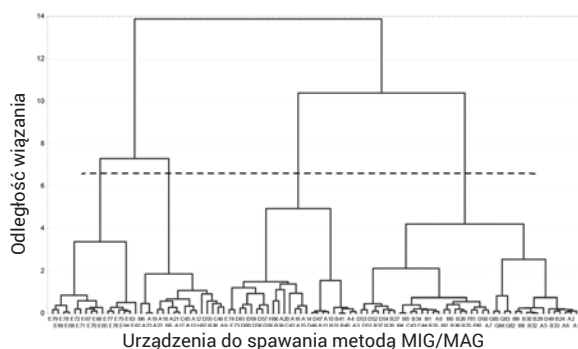
Analizy statystyczne zrealizowano w programie Statistica [10,12] w dwóch etapach. W pierwszym przeprowadzono analizy metodą Warda z odległością euklidesową. Zmienne niezależne stanowiły wszystkie cechy diagnostyczne z tablicy III, tj.:  $I_{maxn}$ , IIIcn, Mn, Cn, Sn,

**Tablica III.** Fragment zbioru ze znormalizowanymi danymi wejściowymi do analiz statystycznych  
**Table III.** Part of the collection of the normalized input data for statistical analysis

Symbol	Maksymalne natężenie prądu spawania $I_{maxn}$ , A	3 cykl pracy IIIcn, A	Masa Mn, kg	Cena Cn, PLN	Szerokość Sn, mm	Długość Dn, mm	Wysokość Wn, mm	Okres gwarancji Gn, mm
A1	0,094	0,074	0,777	0,964	0,579	0,418	0,494	0,500
A2	0,145	0,105	0,736	0,950	0,579	0,418	0,494	0,500
A3	0,026	0,000	0,931	1,000	0,789	0,684	0,711	0,500
B24	0,171	0,159	0,718	0,948	0,579	0,304	0,542	0,500
B25	0,265	0,225	0,681	0,937	0,579	0,304	0,542	0,500
C42	0,145	0,192	0,963	0,901	0,263	0,975	1,000	0,500
C43	0,248	0,301	0,536	0,855	0,526	0,373	0,446	0,500
D47	0,094	0,127	1,000	0,969	1,000	1,000	0,964	0,500
D48	0,111	0,127	1,000	0,942	1,000	1,000	0,964	0,500
E62	0,060	0,061	0,804	0,975	0,632	0,462	0,633	1,000
E63	0,239	0,170	0,668	0,958	0,567	0,430	0,452	1,000
F80	0,231	0,301	0,577	0,886	0,693	0,494	0,349	0,500
F81	0,368	0,328	0,658	0,909	0,693	0,494	0,349	0,500
G82	0,145	0,094	0,772	0,966	0,772	0,519	0,651	0,000
G83	0,231	0,148	0,749	0,963	0,772	0,519	0,651	0,000
H86	0,487	0,476	0,363	0,854	0,851	0,671	0,837	0,000
H87	0,658	0,672	0,136	0,805	0,228	0,000	0,422	0,000
I95	0,573	0,585	0,404	0,794	0,211	0,430	0,518	0,500
I96	1,000	0,956	0,000	0,475	0,105	0,165	0,211	0,500

Dn, Wn, Gn. Wyniki analizy skupień przedstawiono zostały w postaci dendrogramu na rysunku 1. Istnieje wiele metod wyznaczenia ilości skupień na podstawie dendrogramu [10÷14]. W rozpatrywanym przypadku zastosowano metodę wykresu odległości wiązania względem etapów wiązania otrzymując cztery skupienia. Rezultaty grupowania zestawiono w tabelicy IV.

Następnym etapem analizy skupień było wykonanie analizy metodą niehierarchiczną, tzw. metodą k-średnich. Ilość skupień (cztery) przyjęto na podstawie wcześniej przeprowadzonej analizy metodą Warda. Wstępne centra skupień ustalono wg polecenia: Wybierz pierwszych N (liczba skupień) obserwacji. Wyniki analizy metodą k-średnich pokazano na rysunku 2, a w tabelicy V przedstawiono charakterystykę skupień urządzeń spawalniczych.



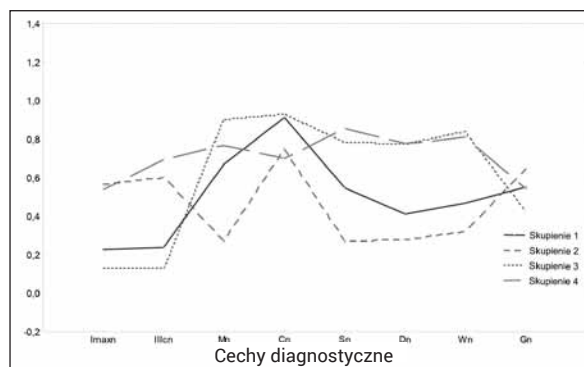
**Rys. 1.** Dendrogram klasyfikacji urządzeń do spawania metodą MIG/MAG na podstawie cech: Imaxn, Illcn, Mn, Cn, Sn, Dn, Wn, Gn. Metoda Warda, odległość euklidesowa. Przerwaną linią zaznaczono poziom podziału na skupienia

**Fig. 1.** Euclidean distance dendrogram (Ward method) of MIG/MAG welding machines. Diagnostic factors: Imaxn, Illcn, Mn, Cn, Sn, Dn, Wn, Gn. The dashed line indicates the best option to divide the dendrogram into clusters

**Tablica IV.** Wyniki grupowania urządzeń do spawania metodą MIG/ MAG na podstawie cech: Imaxn, Illcn, Mn, Cn, Sn, Dn, Wn, Gn metodą Warda

**Table IV.** Results of grouping of MIG/MAG welding machines obtained using Ward method. Diagnostic factors: Imaxn, Illcn, Mn, Cn, Sn, Dn, Wn, Gn

Numer skupienia	Elementy skupienia
1	E62, E63, E64, E65, E66, E67, E68, E69, E70, E71, E72, E75, E76, E77, E78, E79
2	A9, A12, A13, A17, A18, A19, A21, A22, A23, B38, C45, C46, D55, H87, I95, I96
3	A3, A4, A10, A11, A14, A15, A16, A20, B31, B39, B40, B41, C42, D47, D48, D56, D57, D58, D59, D60, D61, E73, E74, H86
4	A1, A2, A5, A6, A7, A8, B24, B25, B26, B27, B28, B29, B30, B32, B33, B34, B35, B36, B37, C43, C44, D49, D50, D51, D52, D53, D54, F80, F81, G82, G83, G84, G85, I88, I89, I90, I91, I92, I93, I94



**Rys. 2.** Wykres liniowy średnich dla poszczególnych skupień urządzeń do spawania metodą MIG/MAG na podstawie cech: Imaxn, Illcn, Mn, Cn, Sn, Dn, Wn, Gn

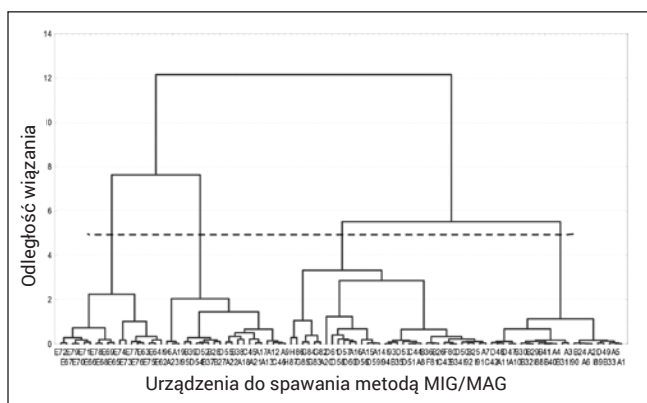
**Fig. 2.** K-means plot for clusters of MIG/MAG welding machines. Diagnostic factors: Imaxn, Illcn, Mn, Cn, Sn, Dn, Wn, Gn

**Tablica V.** Wyniki grupowania urządzeń do spawania metodą MIG/MAG na podstawie cech: Imaxn, Illcn, Mn, Cn, Sn, Dn, Wn, Gn metodą k-średnich

**Table V.** Results of grouping of MIG/MAG welding machines obtained using k-means method. Diagnostic factors: Imaxn, Illcn, Mn, Cn, Sn, Dn, Wn, G

Numer skupienia	Elementy skupienia	Opis skupienia
1	A1, A2, A5, A6, A7, A8, B24, B25, B26, B29, B30, B32, B33, B34, B35, B36, C43, C44, D49, D50, D51, D53, E62, E63, E64, E75, E76, E77, F80, F81, G84, G85, I88, I89, I90, I91, I92, I93, I94	Niskie parametry spawania, średnia masa i gabaryty, wysoka cena, przeciętny okres gwarancji
2	A9, A12, A13, A17, A18, A19, A21, A22, A23, B27, B28, B37, B38, C45, C46, D52, D54, D55, E65, E66, E67, E68, E69, E70, E71, E72, E78, E79, H87, I95, I96	Wysokie parametry spawania, niska masa i gabaryty, korzystna cena, długi okres gwarancji
3	A3, A4, A10, A11, A14, A15, B31, B40, B41, C42, D47, D48, G82, G83	Najniższe parametry spawania, wysoka masa i gabaryty, wysoka cena, krótki okres gwarancji
4	A16, A20, B39, D56, D57, D58, D59, D60, D61, E73, E74, H86	Wysokie parametry spawania, wysokie masa i gabaryty, wysoka cena, przeciętny okres gwarancji

Analizy powtórzono dla wariantu wyboru urządzenia spawalniczego określonego zestawem czterech cech diagnostycznych: I<sub>maxn</sub>, M<sub>n</sub>, C<sub>n</sub>, G<sub>n</sub> (tabl. III). Na podstawie analizy merytorycznej oraz grupowania zmiennych metodą Warda [7] oceniono, że taki zestaw cech można uznać za najbardziej naturalny w przypadku zakupu urządzeń do spawania metodą MIG/MAG. Do pogrupowania ponownie wykorzystano metodą Warda przy odległości euklidesowej, a następnie metodą k-średnich. Z analizy dendrogramu (rys. 3) wynika, że rozpatrywany zbiór urządzeń można podzielić na cztery skupienia. Otrzymany podział przedstawiono w tabelicy VI. Na rysunku 4 pokazano wykres liniowy średnich każdego z czterech skupień, natomiast tablica VII zawiera podsumowanie analizy.

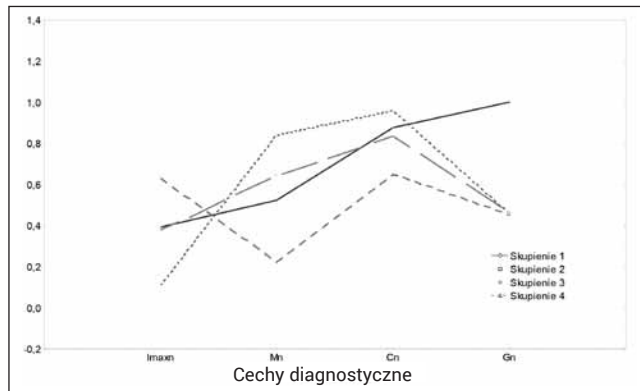


**Rys. 3.** Dendrogram klasyfikacji urządzeń do spawania metodą MIG/MAG na podstawie cech: I<sub>maxn</sub>, M<sub>n</sub>, C<sub>n</sub>, G<sub>n</sub>. Metoda Warda, odległość euklidesowa. Przerywaną linią zaznaczono poziom podziału na skupienia

**Fig. 3.** Euclidean distance dendrogram (Ward method) of MIG/MAG welding machines. Diagnostic factors: I<sub>maxn</sub>, M<sub>n</sub>, C<sub>n</sub>, G<sub>n</sub>. The dashed line indicates the best option to divide the dendrogram into clusters.

**Tablica VI.** Wyniki grupowania urządzeń do spawania metodą MIG/MAG na podstawie cech: I<sub>maxn</sub>, M<sub>n</sub>, C<sub>n</sub>, G<sub>n</sub> metodą Warda

Numer skupienia	Elementy skupienia
1	E62, E63, E64, E65, E66, E67, E68, E69, E70, E71, E72, E73, E74, E75, E76, E77, E78, E79
2	A9, A12, A13, A17, A18, A19, A21, A22, A23, B27, B28, B37, B38, B39, C45, C46, D52, D54, D55, I95, I96
3	A7, A8, A14, A15, A16, A20, B25, B26, B34, B35, B36, C43, C44, D50, D51, D53, D56, D57, D58, D59, D60, D61, F80, F81, G82, G83, G84, G85, H86, H87, I91, I92, I93, I94
4	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A10, A11, B24, B29, B30, B31, B32, B33, B40, B41, C42, D47, D48, D49, I88, I89, I90



**Rys. 4.** Wykres liniowy średnich dla poszczególnych skupień urządzeń do spawania metodą MIG/MAG na podstawie cech: I<sub>maxn</sub>, M<sub>n</sub>, C<sub>n</sub>, G<sub>n</sub>

**Fig. 4.** K-means plot for clusters of MIG/MAG welding machines. Diagnostic factors: I<sub>maxn</sub>, M<sub>n</sub>, C<sub>n</sub>, G<sub>n</sub>

**Tablica VII.** Wyniki grupowania urządzeń do spawania metodą MIG/MAG na podstawie cech: I<sub>maxn</sub>, M<sub>n</sub>, C<sub>n</sub>, G<sub>n</sub> metodą k-średnich

Numer skupienia	Elementy skupienia	Opis skupienia
1	E62, E63, E64, E65, E66, E67, E68, E69, E70, E71, E72, E73, E74, E75, E76, E77, E78, E79	Przeciętne parametry spawania i masa, wysoka cena, długi okres gwarancji
2	A9, A12, A13, A17, A18, A19, A20, A21, A22, A23, B28, B38, B39, C45, C46, D55, H86, H87, I95, I96	Wysokie parametry spawania, niska masa i niska cena, krótki okres gwarancji
3	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A10, A11, B24, B29, B30, B31, B32, B33, B40, B41, C42, D47, D48, D49, D56, G82, G83, I88, I89, I90	Niskie parametry spawania i masa, wysoka cena, krótki okres gwarancji
4	A7, A8, A14, A15, A16, B25, B26, B27, B34, B35, B36, B37, C43, C44, D50, D51, D52, D53, D54, D57, D58, D59, D60, D61, F80, F81, G84, G85, I91, I92, I93, I94	Przeciętne parametry spawania, masa i cena, krótki okres gwarancji

## Podsumowanie

W pracy zaproponowano zastosowanie metod analizy skupień do podejmowania decyzji zakupu urządzeń do spawania metodą MIG/MAG oraz przeprowadzono grupowanie analizą skupień 96 urządzeń oferowanych przez 9 producentów.

Podobne rezultaty otrzymano zarówno dla zestawu cech diagnostycznych obejmującego wszystkie przygotowane zmienne niezależne, jak również dla zestawu składającego się z czterech zmiennych uznanych za najbardziej istotne dla podejmowania decyzji zakupu. Wprawdzie dla dwóch analizowanych zestawów cech diagnostycznych liczba skupień jest taka sama, ale ich skład i liczebność są w pewnym stopniu zróżnicowane. Jednak niezależnie od zastosowanej metody i przyjętego zestawu cech diagnostycznych w każdym skupieniu można znaleźć powtarzające się zbiory obiektów stanowiących stały rdzeń umożliwiający identyfikację i ogólne scharakteryzowanie grup urządzeń (tablice IV÷VII). Rynek urządzeń do spawania metodą MIG/MAG reprezentowany przez zgromadzone dane został podzielony na cztery grupy. Pierwszą, najbardziej stabilną i jednorodną, grupę stanowią urządzenia oznaczone symbolem E. Urządzenia z tego skupienia charakteryzują się wysoką ceną i przeciętnymi gabarytami. Drugie skupienie tworzą maszyny o dużej mocy, małych gabarytach i niskiej cenie. Do trzeciego skupienia zaliczają się urządzenia o niskiej mocy, wysokiej cenie i krótkim

okresie gwarancji. Ostatnią grupę stanowią urządzenia o ponadprzeciętnej mocy, gabarytach i cenie. Jeżeli za podstawowe kryteria podejmowania decyzji zakupu uzna się minimalizację ceny i gabarytów przy jednoczesnej maksymalizacji mocy, to najkorzystniejszą ofertę stanowią urządzenia z drugiej grupy.

Praca stanowi pierwszy etap opracowania systemu eksperckiego umożliwiającego podjęcie decyzji zakupu urządzeń spawalniczych na podstawie zadanych kryteriów (wyszukiwanie zamienników). Zaprezentowane wyniki świadczą o tym, że analiza skupień może stanowić skuteczne narzędzie selekcji urządzeń do spawania metodą MIG/MAG. Najpoważniejszym czynnikiem ograniczającym szersze zastosowanie zaproponowanej metody jest konieczność pozyskania obiektywnych, jednorodnych i kompletnych danych opisujących źródła spawalnicze oraz opanowania realizacji analiz statystycznych. Wyniki klasyfikacji zależą od zastosowanej metody analizy skupień, sposobu obliczania odległości oraz przyjętych czynników wejściowych do analizy (cech diagnostycznych) i zawsze powinny być poparte analizą merytoryczną. Dodatkowym ułatwieniem na końcowym etapie podejmowania decyzji o zakupie urządzenia może być zastosowanie porządkowania liniowego, które umożliwi wytypowanie z analizowanego zbioru najlepszego obiektu z uwzględnieniem preferencji użytkownika.

## Wnioski

- Opracowano koncepcję metody wspomagania decyzji zakupu urządzeń do spawania metodą MIG/MAG przy wykorzystaniu analizy skupień oraz zweryfikowano jej przydatność.
- Przeprowadzono grupowanie analizą skupień 96 urządzeń do spawania metodą MIG/MAG oferowanych przez 9 producentów. Zgodnie z kryteriami taksonomicznymi zbiór analizowanych urządzeń został podzielony na cztery skupienia

- niezależnie od zastosowanych metod analizy i wykorzystanych zestawów cech diagnostycznych.
- Kolejnym krokiem w kierunku rozwoju zaproponowanego podejścia do podejmowania decyzji zakupu źródeł prądu spawania może być zastosowanie do klasyfikacji urządzeń spawalniczych innych technik statystycznych, np. porządkowania liniowego, drzew klasyfikacyjnych, czy też sieci neuronowych.

## Literatura

- [1] Dobaj E.: Maszyny i urządzenia spawalnicze. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005.
- [2] Pilarczyk J., Zeman W.: Spawalnictwo dziś i jutro. Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach 5/2012, s. 25-32.
- [3] Lasocki K.: Kryteria wyboru przy zakupie urządzeń i materiałów spawalniczych. Przegląd Spawalnictwa 12/1998, s. 6-8.
- [4] Dąbrowski A.: Urządzenia spawalnicze – budowa i charakterystyki. Przegląd Spawalnictwa 7/2010, s. 24-32.
- [5] Chmielewski T., Węglowski M.: Analiza rynku spawalniczego w Polsce pod względem sprzedaży urządzeń oraz materiałów spawalniczych. Przegląd Spawalnictwa 6/2010, s. 29-32.
- [6] Chmielewski T., Węglowski M., Kudła K.: Spawanie w pozycji PF metodą MMA z wykorzystaniem nowej funkcji UP w zasilaczach inwertorowych zbudowanych w technice MICOR. Przegląd Spawalnictwa 9/2014, s. 45-49.
- [7] Sommer S.: Wspomaganie decyzji zakupu urządzeń do spawania metodą MAG. Praca dyplomowa stopnia inżynierskiego realizowana pod kierunkiem dr. inż. Dariusza Fydrycha. Politechnika Gdańska 2012.
- [8] Łapczyński M.: Drzewa klasyfikacyjne i regresyjne w badaniach marketingowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2010.
- [9] Larose D.T.: Metody i modele eksploracji danych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
- [10] Dobosz M.: Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2004.
- [11] Krzyśko M., Wołyński W., Górecki T., Skorzybut M.: Systemy uczące się. Rozpoznawanie wzorców, analiza skupień i redukcja wymiarowości. WNT, Warszawa 2008.
- [12] Stanisław A.: Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 3. Analizy wielowymiarowe. Wydawnictwo Statsoft Polska, Kraków 2007.
- [13] Młodak A.: Analiza taksonomiczna w statystyce regionalnej. Centrum Doradztwa i Informacji Difin, Warszawa 2006.
- [14] Szromek A.R., Krajewska-Siuda E.: Koncepcja klasyfikacji diagnostycznej dzieci z niskorosłością i jej ekonomiczne implikacje: ilościowe modele klasyfikacyjne w diagnostyce medycznej. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008.
- [15] Nowak-Brzezińska A.: Wykrywanie reguł nietypowych – metody oparte na analizie skupień. Studia Informatica 34(2A)/2013, s. 239-250.
- [16] Piekut M.: Wydatki na zdrowie w gospodarstwach domowych – porównanie międzynarodowe. Economics and Management 1/2014, s. 79-96.
- [17] Młynarczuk M., Ładniak M.: Wykorzystanie metod sztucznej inteligencji do wyszukiwania obrazem wybranych struktur skał. Przegląd Górniczy 3/2014, s. 58-64.
- [18] Dudek G.: Prognozowanie dobowych przebiegów zapotrzebowania na moc metodami analizy skupień. Rynek Energii 2/2011, s. 73-78.
- [19] Mądry W., Krajewski P., Pluta S., Żurawicz E.: Wielocechowa analiza wartości hodowlanej i zróżnicowania genetycznego odmian porzeczki czarnej (*ribes nigrum* L.) na podstawie efektów ogólnej zdolności kombinacyjnej. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus 3(2)/2004, s. 93-109.
- [20] Depa L.: Fauna mrówek (Hymenoptera: Formicidae) Parku Kalwaryjskiego w Piekarach Śląskich na tle myrmekofauny okolicznych siedlisk. Acta Entomologica Silesiana 17/2009, s. 25-33.

## PLANY SPAWANIA - TEORIA I PRAKTYKA – JACEK SŁANIA

II wydanie książki w opracowaniu – dostępne w styczniu 2015 r.

### Cena

1 egzemplarz książki Jacka Słania:  
**Plany spawania – teoria i praktyka** wynosi:  
80 zł (w tym 5% VAT)

**W celu zamówienia książki  
w Redakcji należy wypełnić formularz  
zamieszczony obok i przesłać go  
w formie faksu, skanu lub listu na adres:**

### REDAKCJA – Przegląd Spawalnictwa AW SIMP

ul. Świętokrzyska 14a, 00-050 Warszawa  
tel.: 22 827 25 42, faks: 22 336 14 79  
e-mail: redakcja@pspaw.pl

### Wpłaty należy dokonać na rachunek bankowy:

Bank BPH S.A. Oddział w Warszawie  
**45 1060 0076 0000 3200 0043 1836**

Zamawiam książkę *Plany spawania – teoria i praktyka*  
w Redakcji Przegląd Spawalnictwa w liczbie .... egz.

Imię i nazwisko

Firma

Adres

NIP

Kontakt do osoby zamawiającej:

Oświadczam, że jestem podatnikiem VAT i upoważniam firmę do wystawienia faktury bez podpisu

Podpis