

Wiedza o ilości mieszanki energetycznej dla systemu ekspertowego

W artykule przedstawiono propozycję modelu bazy wiedzy o ilości mieszanki energetycznej dla systemu ekspertowego. Przeprowadzono wielokrotnie dwuetapową klasyfikację próbek węgla znajdujących się w bazie danych i wskazano optymalny ich podział. Dla 7x3 klas węgla przedstawiono wiedzę do prognozy ilości mieszanki energetycznej. Wskazano przykładowe funkcje systemu ekspertowego wykorzystującego utworzoną wiedzę.

1. SYSTEMY EKSPERTOWE – WPROWADZENIE

W inteligentnych systemach przemysłowych [15] przetwarza się bazę wiedzy w sposób naśladujący postępowanie człowieka-eksperta rozwiązującego podobny problem [8]. Systemy ekspertowe są systemami starającymi się naśladować decyzje eksperta-człowieka i potrafią to robić w wielokrotnie powtarzalny sposób.

Systemy ekspertowe są programami komputerowymi wykorzystującymi wiedzę i procedury rozumowania, przeznaczonymi do wspomaganie rozwiązywania specjalistycznych problemów, które wymagają profesjonalnej ekspertyzy. Systemy ekspertowe mogą dotyczyć rozwiązywania problemów o różnej złożoności i szczegółowości, zawsze jednak wymagają wykorzystania pewnej wiedzy właściwej i dostępnej ekspertom danej dziedziny, czyniąc to w sposób sformalizowany bez udziału tych ekspertów. Systemy ekspertowe tworzy się indywidualnie do określonej dziedziny wiedzy lub określonego problemu (systemy dedykowane).

Rozróżnia się 3 kategorie systemów ekspertowych:

- doradcze (ang.: *advisory expert system*),
- podejmujące decyzje (ang.: *dictatorial expert system*),
- krytykujące (ang.: *criticizing expert system*).

Cechą charakteryzującą strukturę systemu ekspertowego jest oddzielenie zgromadzonej wiedzy (bazy wiedzy) od mechanizmu rozumowania (mechanizmu

wnioskowania). Zdolność do wnioskowania i prezentowania rozwiązań powinna być zachowana nawet w przypadku dostarczenia systemowi informacji nieprecyzyjnej, niepewnej i niekompletnej.

Jakość systemu ekspertowego zależy przede wszystkim od zakodowanej w nim wiedzy, a więc od sposobu reprezentacji, jakości i ilości wiedzy o danym przedmiocie. Wyróżnia się 2 typy reprezentacji wiedzy:

- proceduralną, polegającą na określeniu zbioru procedur, których działanie reprezentuje wiedzę o dziedzinie,
- deklaratywną, w której określone są zbiory specyficznych faktów i reguł.

Baza wiedzy zawiera dane numeryczne i lingwistyczne określające m.in. doświadczenie, intuicję ekspertów, uwzględnia relacje występujące między zmiennymi. Tego typu wiedza wymaga specyficznej reprezentacji w postaci poprawnie dobranej modelu. Informacje potrzebne do działania każdego systemu komputerowego to zasób wiedzy potrzebny do wykonania procesu, jego sterowania, kontroli lub oceny otrzymanych wyników. Informacje te powinny być pełne, nienadmiarowe oraz w formacie zrozumiałym dla systemu. Do wyodrębnienia i zaimplementowania potrzebnej wiedzy tworzy się model stanowiący uproszczoną reprezentację rzeczywistości [7] będącej dziedziną tworzonego systemu komputerowego.

W artykule tym przedstawiono wiedzę dotyczącą oszacowanych ilości mieszanek energetycznych w zależności od parametrów klasy węgla. Celem jest

stworzenie modelu układu reprezentującego pełną wiedzę. W tworzeniu modelu istotnym jest pozyskanie wiedzy, która pozwoli podejmować optymalne decyzje. Służą temu metody empiryczne oraz rozmaite metody klasyfikacji danych. Wcześniej jednak bazę poddaje się transformacji i normalizacji poprzez oczyszczanie, ujednolicanie, przesiewanie danych.

Dobrze spreparowana wiedza stanowi podstawę systemów wnioskowania. Szczególnym przypadkiem są rozmaite systemy wnioskowania, które w oparciu o modele Mamdaniego lub Takagi-Sugeno pozwalają operować wiedzą niekompletną, nieprecyzyjną i z dużymi anomaliami.

2. IDEA SYSTEMU EKSPERTOWEGO W ZAKŁADZIE PRZERÓBKI SUROWCÓW MINERALNYCH

Złożona charakterystyka jakościowa surowców mineralnych, a także liczne potrzeby odbiorców produktów otrzymywanych z tych surowców, powodują konieczność przeprowadzenia kolejno znacznej liczby operacji jednostkowych, przybliżających stopniowo cechy jakościowe materiału wejściowego (surowca) stanowiącego nadawę procedury utylizacyjnej do zamierzonych cech jakościowychżądanego produktu wyjściowego (końcowego) [14]. Większość tych operacji służy uzyskaniu z materiału wejściowego (nadawy) lub z surowców wtórnych, kilku produktów o właściwościach wzajemnie zróżnicowanych, odpowiadających standardom określonego produktu użytecznego. Zatem różnica pomiędzy urobkiem z podziemia kopalń a produktem docierającym do klientów jest istotą działalności kopalnianych zakładów wzbogacania węgla. Obróbka w zakładach wzbogacania przeobraża górniczy urobek w towar o wartości handlowej.

Zakłady przeróbki surowców mineralnych posiadają strukturę złożoną z wielu pojedynczych procesów, tworzących ciągi technologiczne o określonych zadaniach. Surowy materiał uziarniony, zanim stanie się produktem handlowym, poddawany jest procesom przeróbki mechanicznej i chemicznej, których celem jest rozdrobnienie zbyt dużych ziarn, rozdział materiału na klasy ziarnowe poprzez przesiewanie, rozdział na frakcje o różnej zawartości składnika użytecznego dla uzyskania produktów handlowych o wysokiej jakości, mieszanie materiałów o różnej zawartości składnika użytecznego, uśrednianie materiału ze względu na wybrany parametr, i inne. Oprócz ww. operacji występują systemy realizujące procesy pomocnicze, do których należą: system zamkniętego

obiegu wody, układy regulacji gęstości cieczy ciężkich, układy regulacji pulsacji dla osadzarek, urządzenia filtracji, suszenia, transportu, itp. Kontrola bieżąca i regulacja automatyczna oraz optymalizacja zadań całego zakładu wymaga mierzenia, rejestracji i analizy wielu parametrów.

Celowym jest stworzenie systemu ekspertowego w zakładzie przeróbki surowców mineralnych, który obejmowałby m.in.:

- bazy wiedzy, zawierające charakterystyki materiału, charakterystyki statyczne procesów, pomiary,
- modele procesów i algorytmy identyfikacji,
- procedury pomiarowe z uwzględnieniem błędów wielkości mierzonych,
- kryteria sterowania pojedynczych procesów,
- plany produkcji i sprzedaży produktów.

System ekspertowy powinien operować takimi pojęciami jak: ceny, koszty, zyski, rentowność oraz obejmować: wycenę kosztów funkcjonowania poszczególnych operacji w powiązaniu z różnymi czynnikami składającymi się na warunki przebiegu procesu, określenie ilościowego wpływu poszczególnych operacji procesu na jego wyniki ilościowe i jakościowe, określenie wartości rynkowej głównych produktów przejściowych oraz końcowych etapów procesów [4].

Każdy proces technologiczny realizuje się z przyjętym celem [14]. Do oceny stopnia osiągnięcia tego celu służy określenie skuteczności procesu. Jest to stosunek rzeczywiście osiągniętych wyników procesu do wyników założonych, przewidywanych lub teoretycznie możliwych do osiągnięcia. Przy ocenie skuteczności procesów technologicznych występują różnorodne wymagania szczegółowe. Realizacja wieloproduktowych procesów technologicznych może wymagać określenia ich skuteczności zarówno w odniesieniu do wybranego, pojedynczego produktu, jak i do grupy kilku lub wszystkich produktów, przy czym indywidualne charakterystyki produktów mogą uzasadniać zróżnicowane traktowanie ich rangi gospodarczej [14]. Otrzymane w wyniku zastosowania metod klasyfikacji typu clustering, klasy węgla mogą być wykorzystywane m.in. do oszacowania ilości mieszanki energetycznej o zadanych parametrach jakościowych oraz do prognozowania wartości tej mieszanki będącej produktem handlowym.

Zmienna jakość węgla wpływa na różne wartości gospodarcze węgla. Decyduje to o złożoności wyznaczania poprawnych relacji pomiędzy jakością węgla a jego ceną. Dlatego system cen oparty na właściwościach technologicznych węgla powinien uwzględniać indywidualne cechy każdego urobku. Dla producentów węgla korzystniejszym jest funkcjonowanie indywidualnych cenników węglowych dostosowa-

nych do oferty jakościowej węgla tego zakładu [4]. Stworzenie takich cenników wymaga znajomości klas węgla, które powinny jak najwierniej przedstawiać właściwości węgla. Rozwiązaniem może być wyznaczenie rzeczywistych klas węgla w oparciu o istniejący zbiór właściwości węgla i przyjęte formuły cenowe.

Klasyfikacja danych umożliwia wyznaczenie rzeczywistych klas węgla, które stanowią wiedzę potrzebną w sterowaniu procesami technologicznymi i przy podejmowaniu decyzji związanych ze sterowaniem.

3. PROPOZYCJA MODELU WIEDZY O ILOŚCI MIESZANKI ENERGETYCZNEJ

Tworzenie systemu ekspertowego dla dużego przedsiębiorstwa jest zadaniem wieloetapowym. Jednym z etapów jest utworzenie bazy wiedzy o materiale poddawany wzbogacaniu. W rozdziale tym przedstawiono propozycję utworzenia modelu wiedzy o ilości mieszanki energetycznej o zadanych parametrach na podstawie danych ilościowo-jakościowych określających parametry węgla surowego.

3.1. Wyznaczenie optymalnych klas węgla

W rozdziale tym prezentowana jest analiza typu clustering zastosowana dla danych reprezentujących właściwości węgla energetycznego. Proponuje się wprowadzenie klas węgla jak najlepiej odzwierciedlających strukturę populacji ze względu na udział frakcji o gęstości $\rho < 1800 \text{ kg/m}^3$, w której zawartość popiołu nie przekracza 22%. Do analizy wykorzystano zbiór danych [13] zawierający wyniki pomiarów właściwości próbek węgla. Zbiór danych KWK Knurów obejmuje dane ilościowo-jakościowe. Dane te zawierają informacje o zawartości frakcji ziaren węgla w przedziałach o określonej gęstości oraz o procentowej zawartości popiołu w tych frakcjach. Kolejne zmienne określają:

- x_1 – udział (wyrażony ułamkiem) frakcji ziaren węgla o gęstości $\rho < 1300 \text{ kg/m}^3$,
- x_2 – udział frakcji ziaren węgla o gęstości $1300 < \rho < 1500 \text{ kg/m}^3$,
- x_3 – udział frakcji ziaren węgla o gęstości $1500 < \rho < 1800 \text{ kg/m}^3$,
- x_4 – udział frakcji ziaren węgla o gęstości $\rho > 1800 \text{ kg/m}^3$,
- x_5 – zawartość popiołu we frakcji pierwszej o gęstości $\rho < 1300 \text{ kg/m}^3$,
- x_6 – zawartość popiołu we frakcji drugiej o gęstości $1300 < \rho < 1500 \text{ kg/m}^3$,

x_7 – zawartość popiołu we frakcji trzeciej o gęstości $1500 < \rho < 1800 \text{ kg/m}^3$,

x_8 – zawartość popiołu we frakcji czwartej o gęstości $\rho > 1800 \text{ kg/m}^3$.

W analizie wykorzystano zmodyfikowany, względem algorytmu, który w 1981 r. przedstawił Bezdek [1], algorytm grupowania wokół c-centroid opisany we wcześniejszych pracach autorki [7].

Klasyfikacja przebiega dwuetapowo. Pierwszy podział dokonywany jest ze względu na udział łącznej frakcji fr_{123} o gęstości $\rho < 1800 \text{ kg/m}^3$, czyli ze względu na zmienną łączną $fr_1 + fr_2 + fr_3$. W drugim etapie klasyfikacji wewnątrz utworzonych klastrów dokonywane są podziały ze względu na zawartość popiołu w łącznej frakcji fr_{123} . Arbitralnie obrano podział na 3 podklasy.

Jako wynik pierwszego etapu przyjęto podziały dla liczby klas z przedziału $\langle 2; 10 \rangle$. Podziały te są scharakteryzowane poprzez wyznaczone wielowymiarowe współrzędne centroid reprezentujące próbki węgla znajdujące się w poszczególnych klastrach. Najważniejszą zmienną opisującą centroidę jest zawartość łącznej frakcji węgla fr_{123} . Wyznaczone centroidy wykorzystuje się w bazie wiedzy opisującej właściwości badanych węgla energetycznych.

Dokonano rozmycia uzyskanych podziałów. Dla każdej próbki węgla wyznaczono współczynniki przynależności do poszczególnych klastrów węgla, określające stopień podobieństwa próbki węgla względem każdego klastra. Współczynniki przynależności wyliczono ze wzorów:

$$\mu_{ik} = \frac{1 - d(x_i, v_k)}{c - \sum_{j=1..c} \sum_{i=1..n} d(x_i, v_j)} \quad (1)$$

$$\mu_{ik} = \frac{\frac{1}{d(x_i, v_k)}}{\sum_{i=1..n} \sum_{j=1..c} \frac{1}{d(x_i, v_j)}} \quad (2)$$

gdzie:

$d(x_i, v_k)$ – odległość pomiędzy i -tą próbką węgla a k -tym klastrzem,

v_k – centroida k -tego klastra,

c – liczba klastrów.

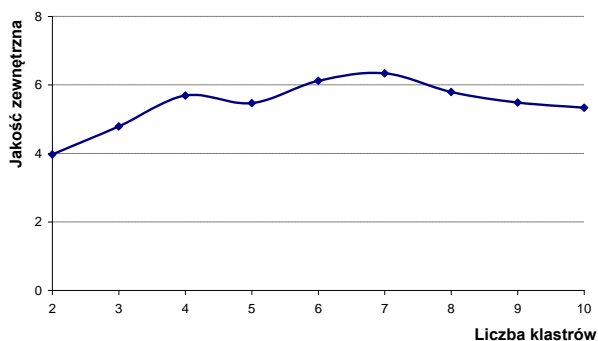
W oparciu o wyznaczone współczynniki przynależności obliczono następujące miary oceny rozmytości podziału:

- współczynnik podziału Dunna,
- entropia podziału,
- jakość wewnętrzna podziału,
- jakość zewnętrzna podziału.

Miary oceny rozmytości podziału: współczynnik podziału Dunna, entropia podziału i jakość wewnętrzna podziału nie mają trendu polepszania się wraz z dodaniem kolejnej jednej klasy. Dlatego nie należy się nimi posługiwać do wskazania optymalnej liczby klas.

Jako kryterium doboru optymalnej liczby klas przyjęto jakość zewnętrzną podziału określającą stopień niepodobieństwa klas względem siebie. Tym lepszy podział im próbki należące do różnych klastrów są do siebie bardziej niepodobne. Wobec tego podział jest tym lepszy im większa jest wartość jakości zewnętrznej. Rysunek 1 przedstawia wartości jakości zewnętrznej dla podziałów próbek węgla na liczbę klastrów z przedziału $\langle 2, 10 \rangle$.

Istnieje lokalne optimum. Przy podziale na 7 klastrów miara jakości zewnętrznej ma wartość maksymalną, która wynosi 6,3373. Podział próbek węgla na 7 klastrów będzie traktowany jako optymalny ze względu na odmienność zewnętrzną klastrów.

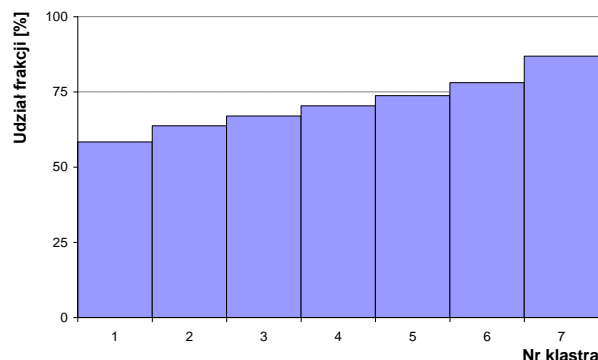


Rys. 1. Jakość zewnętrzna podziału mierzona sumą odległości próbek węgla należących do różnych klastrów; liczba klastrów od 2 do 10

W tabeli 1 i na rysunku 2 przedstawiono wartości współrzędnej centroid fr_{123} , która decyduje o podziale próbek węgla w optymalnym podziale na 7 klastrów.

Tabela 1
Wartości centroid przy podziale uwzględniającym frakcję fr_{123} o gęstości mniejszej niż 1800 kg/m^3 ; gdzie fr_{123} – udział frakcji; n_i – liczebność i-tego klastra

Nr klasy	fr_{123}	n_i
1	0,5833	18
2	0,6372	64
3	0,6699	96
4	0,7033	147
5	0,7376	118
6	0,7806	47
7	0,8684	8



Rys. 2. Udziały frakcji gęstościowej fr_{123} dla poszczególnych centroid, przy podziale uwzględniającym frakcję o gęstości mniejszej niż 1800 kg/m^3

Drugi etap klasyfikacji, to warunkowy podział ze względu na średnią zawartość popiołu we frakcji o gęstości mniejszej niż 1800 kg/m^3 , próbek należących do poszczególnych klas uzyskanych w pierwszym etapie klasyfikacji.

Jako wynik drugiego etapu uzyskano wewnętrzne podziały na trzy podklasy, scharakteryzowane poprzez wyznaczone średnie zawartości popiołu w badanej frakcji $fr_1+fr_2+fr_3$, w utworzonych wcześniej siedmiu klasach. Wyznaczone wartości popiołu A_{oj} dla j -tej centroidy ($j = 1, 2, 3$) posłużą do utworzenia bazy wiedzy o jakości badanego węgla.

W tabeli 2 przedstawiono wartości centroid uzyskanych w dwuetapowej klasyfikacji próbek węgla. Prezentowane w tabeli liczebności n_i , n_{ij} są wykorzystywane do wyznaczenia wag reguł w bazie wiedzy oraz prawdopodobieństw warunkowych następników tych reguł.

Wyznaczone rzeczywiste klasy węgla można wykorzystać do kalkulacji wartości węgla energetycznego. W tym celu bezwymiarowe współczynniki cenowe W_{cen} dla każdego klastra wyznaczono w oparciu o formułę sprzedażną Blaschkego dla węgla wzorcowego o postaci:

$$S = W_e \cdot r_e \cdot C_e^b \left(\frac{Q_w^r}{21} - \frac{S_t^r - 0,9}{10} - \frac{A^r - 22}{100} \right) \quad (3)$$

gdzie:

S – cena węgla energetycznego, zł/t,

W_e – wskaźnik zależny od zawartości popiołu w węglu,

r_e – wskaźnik relacji cen pomiędzy sortymentami,

C_e^b – cena węgla wzorcowego, zł/t,

Q_w^r – wartość opałowa w stanie roboczym, MJ/kg,

S_t^r – zawartość siarki całkowitej w stanie roboczym, %,

A^r – zawartość popiołu w stanie roboczym, %.

Tabela 2

Wartości centroid w dwuetapowej klasyfikacji, gdzie fr_{123} – udział frakcji o gęstości mniejszej niż 1800 kg/m^3 , n_i – liczebność i -tego klastra po I etapie; A_{0j} – zawartość popiołu w j -tej podklasie; n_{ij} – liczebność klastra po II etapie, W_{cen} – wskaźnik cenowy dla każdego klastra z I etapu

Klaster	fr_{123}	n_i	A_{01}	n_{i1}	A_{02}	n_{i2}	A_{03}	n_{i3}	W_{cen}
1	0,5833	18	6,477	3	8,467	9	11,191	6	1,1296
2	0,6372	64	6,617	22	8,107	32	10,268	10	1,1407
3	0,6699	96	6,763	51	8,526	35	11,817	10	1,1407
4	0,7033	145	6,383	62	8,153	58	11,850	25	1,1397
5	0,7376	118	6,040	45	7,804	64	11,045	9	1,1462
6	0,7806	47	6,231	18	7,181	19	9,532	10	1,1468
7	0,8684	8	5,663	5	8,718	1	21,551	2	1,1198

Wartość współczynnika cenowego zależy od zawartości popiołu charakteryzującej centroidę. Aby uzyskać cenę węgla sprzedażnego należy współczynnik cenowy pomnożyć przez cenę węgla normatywnego. W tabeli 3 prezentowane są wartości współczynników cenowych wyznaczone dla każdej podklasy w oparciu o formułę sprzedażną dla węgla wzorcowego.

Tabela 3

Współczynniki cenowe dla podziału końcowego na 21 klastrów, przy dwuetapowej klasyfikacji uwzględniającej udział frakcji o gęstości mniejszej niż 1800 kg/m^3 i zawartość popiołu w tej frakcji

Klaster	W_{cen1}	W_{cen2}	W_{cen3}
1	1,1552	1,1353	1,1081
2	1,1538	1,1389	1,1173
3	1,1524	1,1347	1,1018
4	1,1562	1,1385	1,1015
5	1,1596	1,1420	1,1096
6	1,1577	1,1482	1,1247
7	1,1634	1,1328	1,0045

Na rys. 3 przedstawiono zawartości popiołu w klastrach podziału końcowego.

Przeprowadzone badania wskazują, że wewnątrz klas z podziału pierwszego występują duże różnice pomiędzy zawartością popiołu w poszczególnych podklasach. Na rysunku 3 widać, że najmniejsza zawartość popiołu wynosi 5,663% (pierwsza podklasa siódmego klastra), a największa zawartość popiołu wynosi 21,551% (trzecia klasa siódmego klastra). Znajduje to również odzwierciedlenie w zróżnicowaniu wartości współczynników cenowych, których wartości zmieniają się w przedziale (1,0045; 1,1634).



Rys. 3. Zawartość popiołu [%] dla podklas siedmiu klastrów przy dwuetapowej klasyfikacji uwzględniającej udział frakcji o gęstości mniejszej niż 1800 kg/m^3 i zawartość popiołu w tej frakcji

3.2. Utworzenie wiedzy o ilości mieszanki energetycznej z wykorzystaniem optymalnych klas węgla

Jednym ze sposobów przygotowania produktu handlowego przez zakład górniczy jest tworzenie mieszanek energetycznych. W Polsce tworzy się mieszanki energetyczne z węgla surowego i węgla wzbogaconego. Wynika to z potrzeb rynku. Zachodzące zmiany związane z zaostrzeniem wymagań ochrony środowiska powodują, że coraz mniej opłacalnym staje się stosowanie gorszego jakościowo węgla. Mieszanki można tworzyć w różny sposób mieszając w odpowiednich proporcjach dwie strugi węgla o różnych właściwościach jakościowych. Może to być [5] mieszanie koncentratu z osadzarki m.in. z:

- bocznikową strugą miazgi surowego,
- bocznikową strugą miazgi surowego przy równoczesnej produkcji miazgi wzbogaconego,
- materiałem ze zwału,

- koncentratem uzyskiwanym z równolegle pracującego wzbogalnika.

Istotnymi parametrami procesu produkcji mieszanki energetycznej są:

- parametry węgla surowego,
- parametry koncentratu,
- parametry mieszanki jako produktu końcowego.

Zadaną zawartość popiołu w mieszance A_m uzyskuje się dla danej proporcji materiału kierowanego do wzbogacania i do bocznej strugi poprzez odpowiedni dobór gęstości rozdziału osadzarki [5].

Wyniki przeprowadzonej dwuetapowej klasyfikacji próbek węgla w postaci parametrów (fr_i, A_{oj}, n_{ij}), gdzie indeks i oznacza numer klastra w podziale uwzględniającym zawartość frakcji o gęstości mniejszej niż 1800 kg/m^3 , a indeks j oznacza podklasę uzyskaną w podziale warunkowym uwzględniającym zawartość popiołu w tej frakcji, posłużą do symulacji, w której przewidywana jest ilość mieszanki o zadanych parametrach. Dla obliczeń przyjęto następujące założenia:

- zawartość popiołu w mieszance $A_m = 20\%$,
- stała zawartość popiołu w nadawie $A_s = 24\%$,
- zawartość popiołu A_k w koncentracie uzyskanym przy stałej gęstości rozdziału 1800 kg/m^3 jest zmienna i wynosi A_{oj} , zgodnie z wynikami klasyfikacji.

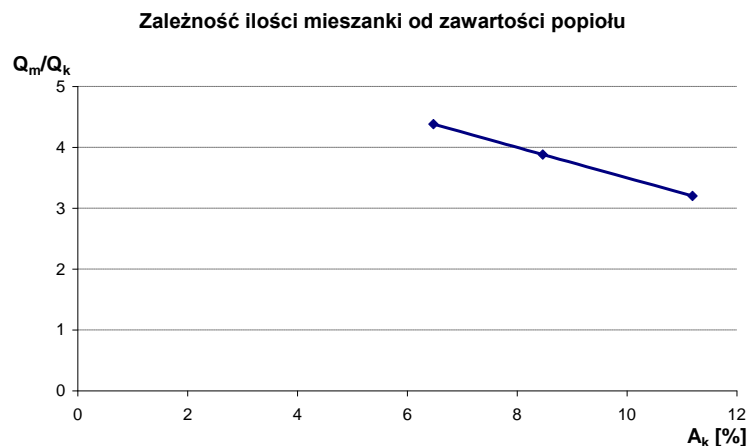
Możliwe do uzyskania proporcje ilości mieszanki (Q_m) do ilości koncentratu (Q_k) wyznaczono ze wzoru (5), [5]:

$$\frac{Q_m}{Q_k} = \frac{A_s - A_k}{A_s - A_m} \quad (4)$$

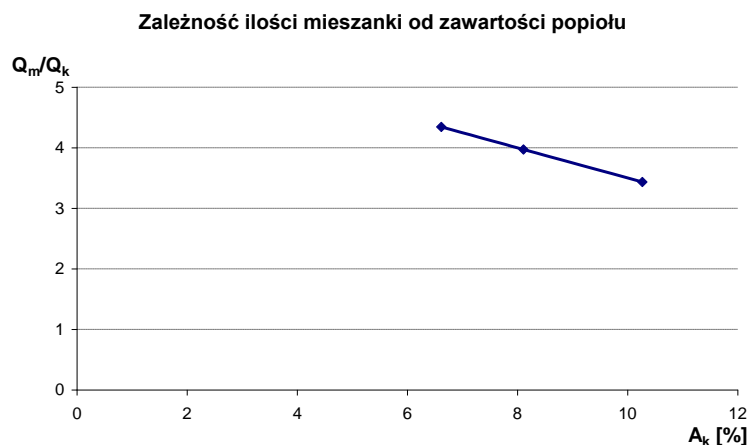
gdzie:

Q_k – ilość koncentratu, $Q_k = w_{ij} fr_i$.

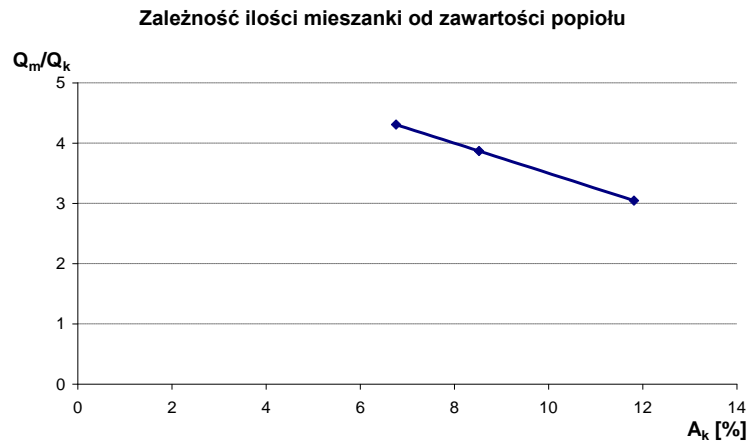
Zależność 4 jest funkcją liniową względem A_k . Jej przebieg, dla $A_k = A_{oj}$ w poszczególnych klastrach przedstawiają rysunki 4÷10.



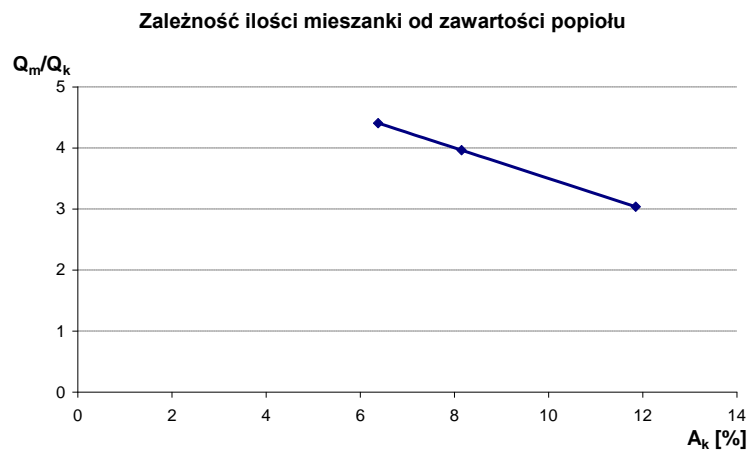
Rys. 4. Względna zależność ilości mieszanki do ilości koncentratu od zawartości popiołu w koncentracie dla pierwszego klastra



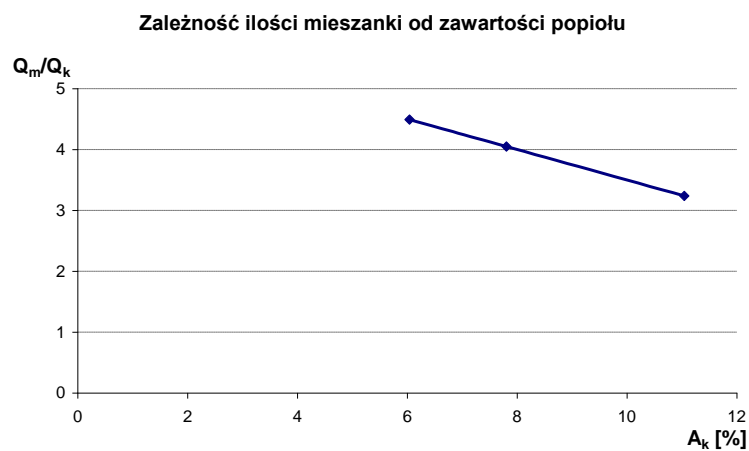
Rys. 5. Względna zależność ilości mieszanki do ilości koncentratu od zawartości popiołu w koncentracie dla drugiego klastra



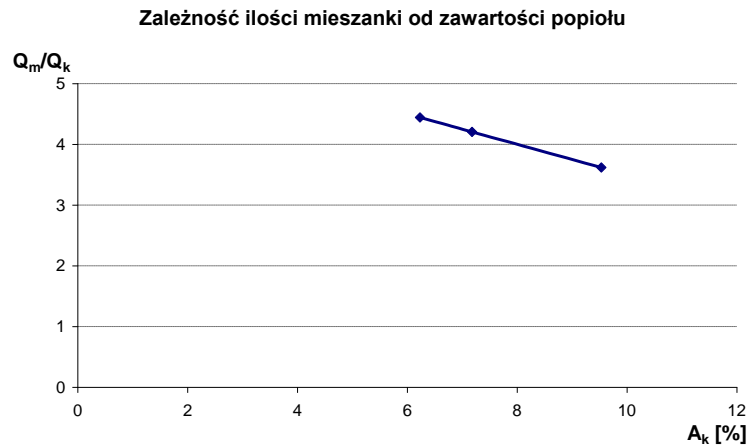
Rys. 6. Względna zależność ilości mieszanki do ilości koncentratu od zawartości popiołu w koncentracie dla trzeciego klastra



Rys. 7. Względna zależność ilości mieszanki do ilości koncentratu od zawartości popiołu w koncentracie dla czwartego klastra



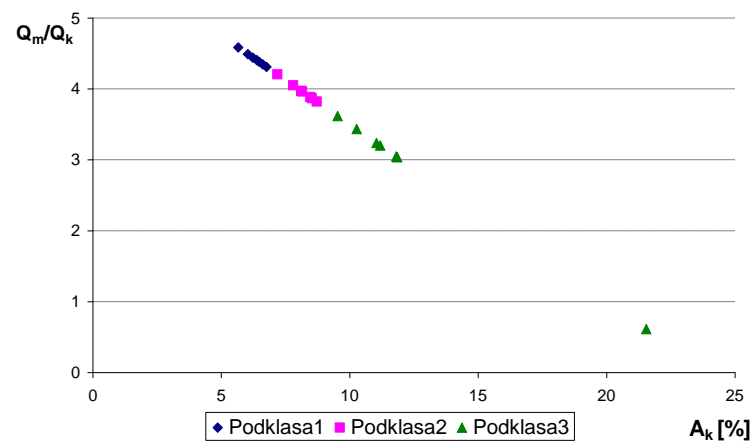
Rys. 8. Względna zależność ilości mieszanki do ilości koncentratu od zawartości popiołu w koncentracie dla piątego klastra



Rys. 9. Względna zależność ilości mieszanki do ilości koncentratu od zawartości popiołu w koncentracie dla szóstego klastra



Rys. 10. Względna zależność ilości mieszanki do ilości koncentratu od zawartości popiołu w koncentracie dla siódmego klastra



Rys. 11. Względna zależność ilości mieszanki do ilości koncentratu od zawartości popiołu w koncentracie dla siedmiu klastrów

Na rysunku 11 przedstawiono zbiorczo względne zależności ilości mieszanki do ilości koncentratu od

zawartości popiołu w koncentracie dla wszystkich siedmiu klastrów.

Przedstawione obliczenia pokazują możliwość zastosowania wyników klasyfikacji typu clustering dla oszacowania efektów mieszania materiałów o różnym składzie. Przy zadanych parametrach A_m i A_s oraz wyliczonej proporcji $Q_m/Q_k=k_{ij}$ można również wyznaczyć wartość masy mieszanki M_m , przy założeniu, że całkowita masa materiału poddanego klasyfikacji typu clustering wynosiła M , a całkowita frakcja o gęstości mniejszej niż 1800 kg/m^3 wejdzie w skład mieszanki:

$$M_m = M \sum_{i=1}^7 w_i f_i \sum_{j=1}^3 k_{ij} w_{ij} \quad (5)$$

gdzie:

w_i oraz w_{ij} – wagi wyznaczone na podstawie liczności poszczególnych klastrów.

3.3. Propozycje wykorzystania utworzonej wiedzy o ilości mieszanki energetycznej

Powyższa wiedza może być zastosowana w systemie ekspertowym, który potrafi prognozować produkcję węgla jako produktu energetycznego. Stanowi on bazę wiedzy o klasach węgla charakteryzowanych przez parametry spełniające wymagania energetyki polskiej. Przykładowe funkcje systemu ekspertowego wykorzystującego utworzoną ww. bazę wiedzy:

- prognoza ilości mieszanki energetycznej o zadanych parametrach jakościowych jako oferty sprzedaży z przeznaczeniem dla branży energetycznej,
- prognoza ceny (wskaźnika cenowego) mieszanki energetycznej o zadanych parametrach jakościowych w ofercie sprzedaży,
- prognoza zużycia składników (produktów wejściowych) do produkcji mieszanki energetycznej o zadanych parametrach jakościowych.

Literatura

1. *Bezdek J.C.*: Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms. New York. Plenum Press. 1981.
2. *Blaschke W.*: Problemy produkcji czystych węgla jako źródła wytwarzania czystej energii. Międzynarodowa Konferencja „Przyszłość węgla w gospodarce świata i Polski”. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi PAN, Kraków. Katowice. Wyd. GIPH, Katowice. 2004.
3. *Blaschke W.*: Problematyka cen węgla kamiennego w polskim kompleksie paliwowo-energetycznym. Przegląd Górniczy nr 6. Wydawnictwo ZG Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa. Katowice. 2002.
4. *Blaschke W.*: System cen energetycznego węgla kamiennego. Studia, rozprawy, monografie 77. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Kraków. 2000.
5. *Cierpisz S.*: Automatyzacja zakładów przeróbki mechanicznej węgla. Mat. Konf. pt. Automatyzacja zakładów przeróbki mechanicznej węgla. Szczyrk. 1995. str. 1-13.

6. *Cierpisz S.*: Optymalizacja produkcji jednego zakładu i grupy zakładów wzbogacania węgla. XI Konferencja Automatyzacji Procesów Przeróbki Kopalni. Materiały konferencyjne. Szczyrk. 2005
7. *Fayyad U. M.*: Data Mining and Knowledge Discovery: Making Sense Out of Data. Microsoft Research. IEEE Expert 11. 1996.
8. *Jagielski J.*: Inżynieria wiedzy w systemach ekspertowych. Lubuskie Towarzystwo naukowe. Zielona Góra. 2001.
9. *Kowal A.*: Zmodyfikowany algorytm grupowania próbek węgla wokół c-centroidów. Konferencja Naukowa „Górnictwo Zrównoważonego Rozwoju 2002”. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo. Z.255. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice. 2002.
10. *Lorenz U., Blaschke W., Grudziński Z.*: Propozycja nowej formuły sprzedażnej węgla energetycznego przeznaczonego dla energetyki zawodowej. Rozprawy, Monografie nr 112. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Kraków. 2002.
11. *Lorenz U.*: Metoda oceny wartości węgla kamiennego energetycznego uwzględniająca skutki jego spalania dla środowiska przyrodniczego. Studia Rozprawy Monografie 64. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Kraków. 1999.
12. *Mielecki T.*: Wiadomości o badaniu i własnościach węgla. Wydawnictwo Śląsk. Katowice. 1972.
13. Praca Instytutu Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. Przeprowadzenie badań dynamicznych właściwości nadawy na zakład przerobczy. Gliwice. 1980. NB-124/RG1/80 (nie publikowane).
14. *Smakowski T., Budka J.*: Ceny transakcyjne węgla kamiennego. Mat. Symposium „Koncepcje racjonalnych zmian systemowych i organizacyjnych w górnictwie węgla kamiennego”. Wyd. GIG. Katowice. 1989.
15. *Sztaba K.*: Identyfikacja i ocena wybranych właściwości surowców mineralnych oraz procesów ich przeróbki. Praca zbiorowa. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Kraków. 2003.
16. *Zimmermann H.-J.*: Fuzzy Set Theory and its Applications. Second, Revised Edition. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. the Netherlands. 399 s. 1992.

Recenzent: dr inż. Joachim Pielot