

JACEK TRAPLE, KAZIMIERZ TWARDOWSKI

Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

BADANIE ZWIĄZKÓW KORELACYJNYCH MIĘDZY WYBRANYMI WŁAŚCIWOŚCIAMI WĘGLI KAMIENNYCH GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Streszczenie. W pracy przedstawiono zagadnienie wzajemnych zależności między różnego rodzaju właściwościami fizykochemicznymi, technologicznymi, petrograficznymi i ogólnymi węgli kamiennych w aspekcie wyjaśnienia ewentualnej możliwości prognozowania wybranych, w oparciu o inne, określane standardowo.

Analizę prowadzono dla zbioru źródłowego liczącego ponad tysiąc wyników analiz laboratoryjnych wykonanych na próbkach węgla kamiennych pobranych z 48 otworów wiertniczych Górnosląskiego Zagłębia Węglowego. Zebrany materiał empiryczny poddano szczegółowej analizie statystycznej, w szczególności analizie korelacyjno-regresyjnej, ujawniając powiązania i zależności między parametrami. Wskazuje to na konieczność kompleksowego podejścia do ilościowego opisu zmienności właściwości węgla kamiennych, w szczególności przy konstrukcji statystycznych modeli prognostycznych.

ANALYSIS OF THE CORRELATION RELATIONSHIP BETWEEN SOME PROPERTIES OF COAL FOR UPPER SILESIA COAL BASIN

Summary. In this paper is presented mutual dependencies between properties of hard coals: physico-chemical, technological, petrographic and general. It was done to explain possibility of forecasting the selected properties.

The analyses were done for over a thousand data of hard coals samples of 48 wells from the Upper Silesian Coal Basin.

The gathered empirical material has been subjected to a detailed statistical analysis, mainly correlation-regression analysis. The analysis showed correlation between the parameters. The obtained results indicate the way of describe of hard coal properties should be complete. Particularly does concern designing of statistical forecast models.

W Pracowni Pomiarów Otworowych i Fizyki Złóż Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie prowadzone są prace naukowo-badawcze obejmujące kompleksową interpretację danych geofizyki wiertniczej w otworach węglowych Górnosląskiego Zagłębia Węglowego, które umożliwiają m.in. ilościową ocenę wybranych właściwości fizykochemicznych i technologicznych węgla kamiennych. Rozwiązania metodyczne opierają się przede wszystkim na modelach statystycznych i wymagają znajomości różnych charakterystyk węgla kamiennych [1,2,6].

W trakcie prac jednym z problemów będących przedmiotem szczegółowych analiz było zagadnienie wzajemnych zależności między różnego rodzaju właściwościami

fizykochemicznymi i technologicznymi węgla kamiennych, a także charakterystykami ich zalegania, w kontekście wyjaśnienia ewentualnej możliwości ich prognozowania (tych trudniejszych do laboratoryjnego wyznaczania) w oparciu o inne, określane standardowo.

Charakterystyka źródłowego materiału badawczego

Badania prowadzone były w oparciu o źródłowe dane geologiczno-geofizyczne, dotyczące 48 głębokich otworów parametrycznych Państwowego Instytutu Geologicznego oraz wybranych otworów badawczych kopalnianych właściwie udokumentowanych geologicznie położonych na całym obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wykorzystywany do prac metodycznych źródłowy materiał empiryczny obejmował wyniki badań laboratoryjnych próbek pobranych z ponad tysiąca pokładów węglowych charakteryzujących węgle kamienne o bardzo dużym zróżnicowaniu ich właściwości - zarówno ogólnych, jak i fizykochemicznych, technologicznych, petrograficznych.

Zestawiona baza danych laboratoryjnych zawierała następujące ich charakterystyki:

- *podstawowe informacje geologiczne*
 - H_{sp} - głębokość spagu pokładu względem powierzchni terenu w setkach m
 - h - miąższość pokładu w m
- *właściwości ogólne węgla*
 - W^a - zawartość wilgoci w próbce analitycznej w % wag.
 - A^a - zawartość popiołu w próbce analitycznej w % wag.
 - V^{daf} - zawartość części lotnych w próbce suchej i bezpopiołowej w % wag.
 - Q_s^{daf} - ciepło spalania węgla w stanie suchym i bezpopiołowym w MJ/kg
 - TYP - typ technologiczny węgla wg normy PN-82/G-97002
- *składniki chemiczne węgla w stanie suchym i bezpopiołowym w % wag.*
 - C_t^{daf} - zawartość pierwiastka węgla całkowitego
 - H_t^{daf} - zawartość wodoru całkowitego
 - $(ON)^{daf}$ - zawartość łączna tlenu i azotu
 - S_t^{daf} - zawartość siarki całkowitej
- *wskaźniki koksowalności i wydajności produktów koksowania węgla w stanie analitycznym*
 - RI - zdolność spiekania wg Rogi (liczba Rogi)
 - SI - wskaźnik wolnego wydymania
 - K^a - wydajność koksu w % wag.
 - T_K^a - wydajność smoły bezwodnej w % wag.
 - W_K^a - wydajność wody rozkładowej w % wag.
 - G_K^a - wydajność gazu koksowniczego w % wag.
- *właściwości fizyczne węgla*
 - d_a^a - gęstość pozorna (objętościowa) w stanie analitycznym w $10^3 kg/m^3$
 - Gr_H - podatność przemiałowa oznaczona metodą Hardgrove'a
- *wskaźniki petrograficzne węgla*
 - R_o - średnia zdolność odbicia światła wityrytu w %
 - V_t - zawartość macerałów grupy wityrytu w % obj.
 - L - zawartość macerałów grupy liptynytu (egzynitu) w % obj.
 - I - zawartość macerałów grupy inertynytu w % obj.

Zebrany materiał badawczy poddany został wstępnej analizie statystycznej, w trakcie której dokonano ocen podstawowych charakterystyk statystycznych analizowanych parametrów - pokładów węglowych i właściwości węgla.

Wyniki obliczeń zamieszczono poniżej w tabeli 1, gdzie dla każdego parametru x podano oprócz liczebności próby N następujące charakterystyki: wartość średnią x_{sp} i odchylenie standardowe $S(x)$ (kol. 4), wartości ekstremalne x_{min} i x_{max} (kol. 5), zmienne kontrolne dotyczące współczynników asymetrii (skośności) i ekscesu (kurtozy) odpowiednio dla: danych pierwotnych $x - A$ i E (kol. 6), danych zlogarytmowanych $(\ln x) - A^*$ i E^* (kol. 7) oraz danych przekształconych x' (kol. 8) wg modelu uogólnionego rozkładu logarytmiczno-normalnego - A' i E' (kol. 9). W kol. 10 umieszczona jest informacja o zgodności badanego rozkładu z rozkładem normalnym lub logarytmiczno-normalnym, o ile brak jest podstaw do odrzucenia odnośnych hipotez w kontekście wyników ich testowania z wykorzystaniem przybliżonej metody momentów.

Z tab. 1 wynika szereg interesujących wniosków natury zarówno ogólnej, jak i szczegółowej. Generalnie można stwierdzić, że obserwowane rozkłady charakteryzują się dużą różnorodnością - dominują wśród nich rozkłady jednowierzchołkowe (unimodalne), ale występują również wielowierzchołkowe (polimodalne), najczęściej dwuwierzchołkowe (dwumodalne), np. RI , SI .

Omawianie szczegółów związanych z badanymi charakterystykami statystycznymi analizowanych wielkości wykracza poza ramy niniejszej pracy; warto natomiast zwrócić uwagę na niektóre bardziej interesujące spostrzeżenia.

Badane pokłady zalegają na bardzo różnych głębokościach (od ok. 60 do ponad 2200 m), przy czym rozkład parametru H_{sp} ma charakter typowo normalny o przedziale modalnym 1000 - 1200 m . Miąższość pokładów węgla h zmienia się w granicach od 0.4 do 11.8 m przy wartości średniej ok. 1.4 m i silnej prawej asymetrii.

Zawartości wilgoci w próbce analitycznej węgla W^a i popiołu w próbce analitycznej A^a mają rozkłady o prawostronnej (dodatniej) asymetrii i według przyjętych kryteriów zgodne z rozkładem logarytmiczno-normalnym. Histogram zawartości części lotnych w próbce suchej i bezpopiołowej V^{daf} cechuje się lewostronną (ujemną) asymetrią i zakresem wartości od ok. 4 do ponad 40%. Podobnie jest z ciepłem spalania węgla Q_s^{daf} , którego wartość średnia wynosi ponad 34 MJ/kg . Opróbowane pokłady reprezentują praktycznie wszystkie typy technologiczne węgli, przy czym najliczniej reprezentowane są typy 31 i 32 oraz 35.

Zawartość pierwiastka węgla C_i^{daf} cechuje zmienność wartości od około 70 do ponad 92% przy normalnym typie rozkładu i przedziale modalnym 80-82%. Dla zawartości łącznej tlenu i azotu $(ON)^{daf}$ uzyskano rozkład normalny, zaś dla zawartości wodoru H_i^{daf} - zbliżony do normalnego. Zawartość siarki całkowitej S_i^{daf} ma klasyczny rozkład logarytmiczno-normalny przy wartościach od ok. 0.1 do prawie 7% i przedziale modalnym 0.5-1.0%.

Rozkłady zdolności spiekania wg Rogi RI i wskaźnika wolnego wydymania SI cechują się, zgodnie z oczekiwaniami, wyraźną dwumodalnością. W odniesieniu do RI dominują wartości z przedziałów 10-20 oraz 70-80 przy wartości średniej ok. 43; w przypadku SI - odpowiednio 1-2 oraz 7-8 przy średniej ok. 4.

Wydajność produktów koksowania z wyjątkiem wydajności koksu K^a cechują się niewielką ujemną asymetrią. Wydajność koksu K^a zmienia się od prawie 68 do ponad 96%, smoły T_K^a - od 0 do ponad 15%, wody rozkładowej W_K^a - od 0 do ponad 8% oraz gazu G_K^a - od ok. 2 do prawie 8%. Gęstość pozorna węgla d_a^a charakteryzuje się dodatnimi asymetrią i ekscesem przy wartości średniej ok. 1.4 g/cm^3 , podatność przemiałowa Gr_H zmienia się od 31 do ponad 106 z wyraźnym przedziałem modalnym 40-50 i wartością średnią około 54. Podobny rozkład posiada średnia zdolność odbicia światła wityrynitru R_o z wartościami od 0,6 do 2.34% i przedziałem modalnym 0.8 - 1%.

Tabela 1

Podstawowe charakterystyki statystyczne parametrów geologicznych oraz wyników analiz laboratoryjnych węgla badanych pokładów węglowych GZW

Lp.	Parametr x	N	x_{Sr} S(x)	x_{min} x_{max}	A/S(A) E/S(E)	A*/S(A*) E*/S(E*)	Przekoszt. $x' = f(x)$	A*/S(A*) E*/S(E*)	Typ rozkładu
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	H _{sp}	1051	9,975 4,122	0,693 22,269	1,26 -3,12		-		Normalny
2	h	1051	1,371 1,087	0,400 11,800	50,87 99,99	11,00 7,61	ln(x)	11,00 7,61	?
3	W ^a	1036	2,184 1,829	0,230 10,740	21,27 17,16	1,72 -5,20	ln(x)	1,72 -5,20	?
4	A ^a	1037	14,045 7,781	1,770 54,230	15,64 11,82	-1,72 -2,59	ln(x)	-1,72 -2,59	Logarytm. Normalny
5	V ^{daf}	1033	31,804 6,414	4,120 40,200	-17,93 10,23	-33,15 62,04	ln(42-x)	2,05 -3,37	Logarytm. Normalny
6	Q ₃ ^{daf}	1034	34,229 1,521	27,326 42,843	-2,64 8,71	-5,59 10,51	- ln(44-x)*	-26,42 99,99	?
7	TYP	1031	33,588 1,961	31,100 42,000	15,90 18,24	12,57 11,12	-		?
8	C ₁ ^{daf}	990	81,711 4,007	69,816 92,476	1,82 -4,18		-		Normalny
9	H ₁ ^{daf}	990	4,998 0,341	3,361 6,400	-5,29 10,12	-10,19 16,20	- ln(8-x)*	-2,45 12,10	?
10	(ON) ^{daf}	989	12,499 3,703	3,618 23,550	-1,46 -4,84		-		Normalny
11	S ₁ ^{daf}	1035	0,971 0,656	0,116 6,932	40,69 99,99	2,42 4,08	ln(x)	2,42 4,08	Logarytm. Normalny
12	RI	1026	43,010 29,969	0,100 93,000	-1,22 -10,45	-22,12 8,71	-		?
13	SI	951	4,094 3,083	0,100 9,000	2,23 -10,07	-12,12 1,41	-		?
14	K _a ^a	768	79,535 5,759	67,650 96,450	7,08 -0,78	5,32 -1,97	-		?
15	T _k ^a	768	8,385 3,170	0,010 15,410	-4,85 -3,25	-37,13 99,99	- ln(17-x)*	-4,64 -0,19	?
16	W _K ^a	768	5,155 1,402	0,010 8,450	-12,98 8,51	-67,88 99,99	- ln(10-x)*	3,32 3,41	?
17	G _K ^a	768	5,214 0,844	1,980 7,960	-9,90 3,91	-17,65 20,76	- ln(9-x)*	1,18 7,93	?
18	d _a ^a	1029	1,396 0,088	1,230 1,980	17,63 21,02	14,10 12,04	-		?
19	Gr _H	737	53,598 15,000	31,000 106,500	12,30 2,83	7,06 -2,06	ln(x)	7,06 -2,06	?
20	R _o	404	0,973 0,277	0,600 2,340	15,91 20,57	8,62 4,61	ln(x)	8,62 4,61	?
21	V _t	400	63,569 10,959	20,100 89,600	-4,18 2,15	-11,51 17,08	- ln(91-x)*	-12,35 22,48	?
22	L	400	8,716 5,116	0,100 22,600	1,82 -1,84		-		Normalny
33	I	400	21,012 9,622	3,200 64,800	7,69 4,44	-3,02 1,02	-		?

* Przekształcenie nie wykorzystywane w dalszych obliczeniach

Zawartość macerałów grupy wityritu Vt mieści się w szerokim przedziale 20-90% przy rozkładzie zbliżonym do normalnego i wartości średniej ponad 63%. Dla pozostałych składników petrograficznych zakresy zmienności są wyraźnie węższe. Macerały grupy liptynit (egzynitu) L charakteryzują się rozkładem normalnym i zakresem zmienności zawartości od 0 do ponad 22% przy średniej prawie 9%, a macerały grupy inertynitu I zawartością w granicach 3-65% przy średniej ponad 21% i dodatniej asymetrii (rozkład zbliżony do logarytmiczno-normalnego).

Analiza współzależności między właściwościami węgla kamiennych

W celu zbadania wzajemnych współzależności między analizowanymi parametrami i właściwościami węgla kamiennych GZW zebrane empiryczne dane poddano analizie korelacyjno-regresyjnej. Uzyskane wyniki przedstawione są w tab. 2 i 3 oraz na rys. 1.

W tabeli 2 w lewej dolnej części zamieszczone są oceny współczynników parzystej korelacji liniowej r między analizowanymi parametrami z wykorzystaniem przekształceń normalizujących dotyczących niektórych parametrów oraz liczebności podzbiorów dla danych par wielkości (zmienne z uwagi na luki występujące w bazie danych). W prawej górnej części znajduje się informacja „tak” w przypadkach potwierdzonej istotnej korelacji przy poziomie istotności $q = 0.05$.

W tabeli 3 przedstawiono wyniki analizy regresji parzystej nieliniowej dla zbadania zależności między wybranymi właściwościami węgla kamiennych GZW. Dla poszczególnych równań regresji parzystej podane są poza liczebnością próby N następujące informacje: statystyka F Fishera-Snedecora, stosunek korelacyjny R oraz resztowe odchylenia standardowe bezwzględne $S_{y/x}$ oraz względne $(S_{y/x})/y_{sr}$ w %. Ponadto dla każdego składnika równania regresji podana jest wartość sekwencyjnego (częściowego) testu F_s , będąca wskaźnikiem jego istotności. Dodatkowo wykorzystywano ją do ograniczenia liczby kroków (składników) w trakcie procedury obliczeniowej analizy regresji. Stosowano przy tym wynikające z praktyki, obliczeń testowych oraz wskazań literaturowych kryterium „trzykrotności”, tj. potrójnej wartości krytycznej testu F_s dla poziomu istotności $q = 0.05$, co zapewnia w praktyce odpowiednią efektywność uzyskiwanych równań regresji traktowanych jako narzędzie predykcji.

Graficzne prezentacje macierzy parzystych zestawień korelacyjnych wybranych właściwości węgla kamiennych GZW: W^a , V^{daf} , C^{daf} , $(ON)^{daf}$ i R_o przedstawiono na rys. 1.

Prezentowane wyniki obliczeń zawierają bardzo wiele interesujących informacji, związanych w szczególności z geologią i fizyką złóż węgla oraz petrografią węgla. Generalnie uzyskane wyniki potwierdzają, uściślając ilościowo, współzależności i związki korelacyjne znane z literatury bądź wcześniejszych badań autorów, np. 3,4,5.

Tabela 2

Empiryczne oceny współczynników parzystej korelacji liniowej w odniesieniu do geologicznych oraz wyników analiz laboratoryjnych węgla badanych pokładów węglowych GZW - część 1

Lp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Param.	H _{sp}	h	W ^{a(+)}	A ^{a(+)}	V ^{dal(-)}	Q _s ^{dal}	TYP	C _i ^{dal}	H _i ^{dal}	(ON) ^{dal}	S _i ^{dal(+)}	RI
1	H _{sp}	1,00 1051		tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
2	h	0,04 1051	1,00 1051	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
3	W ^{a(+)}	-0,71 1036	-0,07 1036	1,00 1036	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
4	A ^{a(+)}	-0,20 1037	-0,07 1037	0,12 1036	1,00 1037	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
5	V ^{dal(-)}	0,69 1033	0,15 1033	-0,79 1032	-0,14 1033	1,00 1033	tak	tak	tak	tak	tak	tak
6	Q _s ^{dal}	0,64 1034	0,09 1034	-0,75 1034	-0,34 1034	0,70 1030	1,00 1034	tak	tak	tak	tak	tak
7	TYP	0,67 1031	0,08 1031	-0,81 1031	-0,09 1031	0,77 1030	0,68 1030	1,00 1031	tak	tak	tak	tak
8	C _i ^{dal}	0,72 990	0,14 990	-0,87 990	-0,32 990	0,84 986	0,84 989	0,82 986	1,00 990	tak	tak	tak
9	H _i ^{dal}	-0,30 990	-0,11 990	0,17 990	0,35 990	-0,50 986	-0,25 989	-0,35 986	-0,34 990	1,00 990	tak	tak
10	(ON) ^{dal}	-0,69 989	-0,10 989	0,87 989	0,26 989	-0,82 985	-0,83 988	-0,83 985	-0,98 989	0,25 989	1,00 989	tak
11	S _i ^{dal(+)}	-0,44 1035	-0,28 1035	0,39 1035	0,41 1035	-0,39 1031	-0,40 1034	-0,28 1031	-0,46 990	0,22 990	0,33 989	1,00 1035
12	RI	0,46 1026	-0,02 1026	-0,75 1026	-0,03 1026	0,48 1025	0,62 1025	0,57 1025	0,62 981	0,17 981	-0,65 980	-0,22 1026
13	SI	0,46 951	0,01 951	-0,77 951	-0,02 951	0,55 950	0,64 950	0,58 950	0,66 906	0,12 906	-0,69 905	-0,23 951
14	K _a ^a	0,62 768	0,15 768	-0,75 768	0,12 768	0,87 764	0,61 767	0,81 764	0,76 768	-0,45 768	-0,75 767	-0,26 768
15	T _K ^a	-0,51 768	-0,16 768	0,60 768	-0,20 768	-0,79 764	-0,47 767	-0,69 764	-0,63 768	0,43 768	0,63 767	0,18 768
16	W _K ^a	-0,52 768	-0,18 768	0,54 768	-0,08 768	-0,77 764	-0,47 767	-0,71 764	-0,62 768	0,55 768	0,60 767	0,23 768
17	G _K ^a	-0,40 768	-0,11 768	0,44 768	-0,07 768	-0,65 764	-0,40 767	-0,58 764	-0,50 768	0,47 768	0,49 767	0,13 768
18	d _a ^a	-0,18 1029	-0,06 1029	0,14 1029	0,83 1029	-0,11 1026	-0,39 1028	-0,07 1026	-0,32 985	0,24 985	0,27 984	0,35 1029
19	Gr _{H(+)}	0,56 737	0,08 737	-0,70 737	-0,07 737	0,71 736	0,64 737	0,67 736	0,70 724	-0,29 724	-0,70 723	-0,25 737
20	R _{o(+)}	0,62 404	0,18 404	-0,82 402	-0,19 402	0,87 400	0,73 401	0,89 400	0,89 402	-0,53 402	-0,88 402	-0,27 402
21	Vt	-0,16 400	-0,06 400	-0,07 398	-0,03 398	-0,05 396	0,02 397	0,09 396	0,06 398	0,14 398	-0,09 398	0,01 398
22	L	-0,25 400	-0,14 400	0,49 398	0,01 398	-0,53 396	-0,32 397	-0,51 396	-0,50 398	0,27 398	0,50 398	0,14 398
23	I	0,39 400	0,20 400	-0,31 398	-0,27 398	0,44 396	0,35 397	0,26 396	0,37 398	-0,37 398	-0,33 398	-0,27 398

cd. tabeli 2

Lp.		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Param.	SI	K_a^a	T_K^a	W_K^a	G_K^a	d_a^a	$Gr_H(+)$	$R_o(+)$	Vt	L	I
1	H_{sp}	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
2	h		tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak		tak	tak
3	$W^a(+)$	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak		tak	tak
4	$A^a(+)$		tak	tak	tak	tak	tak		tak			tak
5	$V^{daf(-)}$	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak		tak	tak
6	Q_s^{daf}	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak		tak	tak
7	TYP	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak		tak	tak
8	C_1^{daf}	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak		tak	tak
9	H_1^{daf}	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
10	$(ON)^{daf}$	tak	tak	tak	tak	tak	tak		tak		tak	tak
11	$S_t^{daf(+)}$	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak		tak	tak
12	RI	tak	tak	tak			tak	tak	tak	tak	tak	
13	SI	1,00 951	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	
14	K_a^a	0,40 687	1,00 768	tak	tak	tak	tak	tak	tak		tak	tak
15	T_K^a	-0,30 687	-0,94 768	1,00 768	tak	tak	tak	tak	tak		tak	tak
16	W_K^a	-0,17 687	-0,89 768	0,80 768	1,00 768	tak	tak	tak	tak		tak	tak
17	G_K^a	-0,11 687	-0,75 768	0,61 768	0,76 768	1,00 768	tak	tak	tak		tak	tak
18	d_a^a	-0,12 947	0,17 765	-0,26 765	-0,17 765	-0,15 765	1,00 1029	tak			tak	Tak
19	$Gr_H(+)$	0,60 704	0,70 505	-0,64 505	-0,55 505	-0,43 505	-0,09 735	1,00 737	tak		tak	Tak
20	$R_o(+)$	0,44 352	0,87 399	-0,80 399	-0,83 399	-0,81 399	0,02 398	0,69 175	1,00 404	tak	tak	Tak
21	Vt	0,30 349	-0,01 395	0,05 395	-0,01 395	0,00 395	0,00 394	-0,15 171	0,12 398	1,00 400	tak	Tak
22	L	-0,40 349	-0,58 395	0,56 395	0,57 395	0,52 395	-0,18 394	-0,63 171	-0,59 398	-0,48 400	1,00 400	
23	I	0,01 349	0,34 395	-0,35 395	-0,31 395	-0,29 395	-0,18 394	0,41 171	0,30 398	-0,77 400	0,00 400	1,00 400

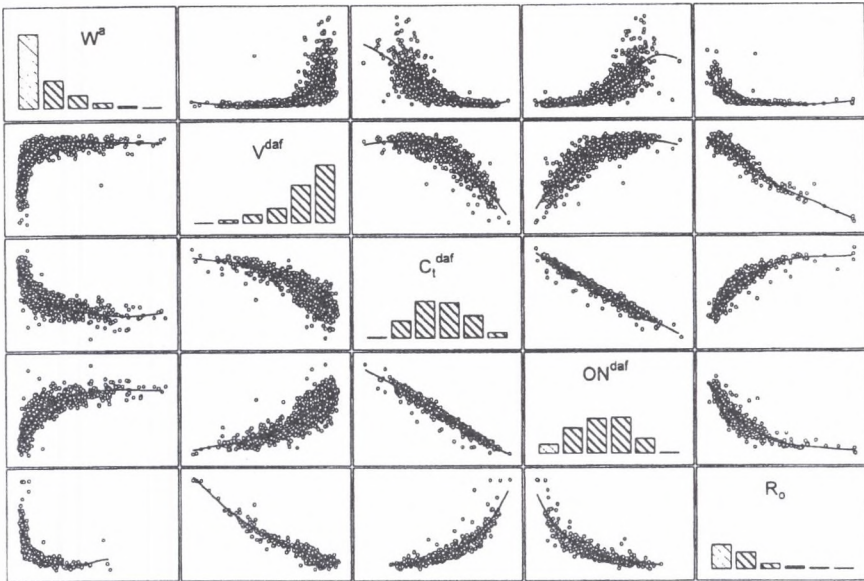
Tabela 3

Wyniki analizy regresji parzystej nieliniowej dla zbadania zależności między wybranymi wskaźnikami fizykochemicznymi węgla kamiennych GZW

Parametr objaśniający y	$W^a=f(H_{sp})$			$C_i^{daf}=f(W^a)$		
Numer składnika	postać składnika	współczynnik regresji	F_s	postać składnika	współczynnik regresji	F_s
0	stała	$0.7397 \cdot 10^1$	-	stała	$0.7718 \cdot 10^2$	-
1	H_{sp}	$-0.7003 \cdot 10^{-2}$	684.8	$(W^a)^{-1}$	$0.7858 \cdot 10^1$	2072.5
2	$(H_{sp})^2$	$0.1813 \cdot 10^{-5}$	29.3	$(W^a)^{-2}$	$-0.1316 \cdot 10^1$	304.3
3	$(H_{sp})^{-1}$	$-0.2610 \cdot 10^{-3}$	10.0	W^a	$0.3363 \cdot 10^0$	26.8
N	1036			990		
F	749.3			3118.6		
R	0.649			0.872		
$S_{y/x}$	1.39			1.97		
$(S_{y/x})/y_{sr}$ %	64.0			2.4		

Parametr objaśniający y	$R_o=f(V^{daf})$			$K_a^a=f(V^{daf})$		
Numer składnika	postać składnika	współczynnik regresji	F_s	postać składnika	współczynnik regresji	F_s
0	stała	$0.2676 \cdot 10^1$	-	Stała	$0.1036 \cdot 10^{-3}$	-
1	V^{daf}	$-0.8166 \cdot 10^{-1}$	2945.8	V^{daf}	$-0.7867 \cdot 10^0$	3625.0
2	$(V^{daf})^2$	$0.8165 \cdot 10^{-3}$	132.5			
N	400			764		
F	4051.7			3625.0		
R	0.954			0.909		
$S_{y/x}$	0.08			2.40		
$(S_{y/x})/y_{sr}$ %	8.6			3.0		

Większość właściwości węgla jest ze sobą wzajemnie istotnie skorelowana, o czym świadczy tab. 2. Niektóre współzależności są bardzo silne, co szczególnie wyraźnie widać z tab. 3. Wynika z niej m.in., podobnie jak z rys. 1, że zdecydowana większość zależności korelacyjnych parzystych ma charakter krzywoliniowy - zależności liniowe występują sporadycznie.



Rys. 1. Macierz parzystych zestawień korelacyjnych następujących wybranych właściwości węgla GZW:

$W^a, V^{daf}, C_l^{daf}, (ON)^{daf}$ i R_o

Fig 1 Coupled correlation matrix of the following properties of coal from the USCB:

$W^a, V^{daf}, C_l^{daf}, (ON)^{daf}$ i R_o

Generalnie równania regresji zamieszczone w tab. 3 cechują się bardzo dobrymi parametrami jakościowymi i mogą być niewątpliwie wykorzystywane w praktyce. W warunkach bardzo dużych liczebności prób empirycznych N (z reguły rzędu tysiąca, w przypadku wydajności produktów koksowania - ponad 760, a w odniesieniu do R_o - rzędu 400) znaczna część równań regresji cechuje się współczynnikiem korelacji (stosunkiem korelacyjnym) R ponad 0.90 i niewielkim względnym standardowym błędem resztowym, np. $C_l^{daf} = f(R_o) - R \approx 0.92$ i błąd $\sim 2\%$, $K^a = f(V^{daf}) - R \approx 0.91$ i błąd $\sim 3\%$ (równanie liniowe).

Niektóre równania charakteryzują się współczynnikiem $R \geq 0.95$, np. $(ON)^{daf} = f(C_l^{daf}) - R \approx 0.98$ i błąd $\sim 5.5\%$, $R_o = f(V^{daf}) - R \approx 0.95$ przy błędzie $\sim 8.6\%$.

Uwagi końcowe

Uzyskane wyniki ujawniły występowanie licznych związków i współzależności korelacyjnych między poszczególnymi parametrami węgla, reprezentującymi niejednokrotnie zupełnie różne od strony jakościowej ich charakterystyki, np. fizyczne, chemiczne, technologiczne. Stwarza to podstawy dla dalszych prac zmierzających do opracowania metodyki umożliwiającej oceny własności węgla GZW w oparciu o wyniki pomiarów innymi metodami, np. metodami geofizyki wiertniczej.

Literatura

1. Ocena możliwości identyfikacji typów litologicznych skał w profilu utworów karbonu w oparciu o wyniki badań geofizyki wiertniczej, 1983 - Praca zespołowa pod kier. K.Twardowskiego, AGH, Kraków (niepublikowane).
2. Twardowski K., 1985 - Stan aktualny i perspektywy wykorzystywania materiałów geofizyki wiertniczej do geologicznego dokumentowania otworów węglowych na obszarze GZW. Mat. I Kraj. Konf. Nauk.-Techn. nt. „Zastosowanie metod geofizycznych w górnictwie kopalni stałych”, Wyd. AGH, t. I, Kraków.
3. Rychlicki S., Twardowski K., 1995 - Charakterystyka ilościowa niektórych właściwości fizykochemicznych węgla kamiennych Górnosląskiego Zagłębia Węglowego. Spr. z posiedzeń Komisji Naukowych PAN, Oddz. w Krakowie, t. XXXVIII/1, Wyd. i Druk. Secesja, Kraków.
4. Twardowski K., Rychlicki S., 1995 - Badanie prawidłowości zmian głębokościowych wskaźnika refleksyjności wityryny R_0 węgla kamiennych Górnosląskiego Zagłębia Węglowego. Spr. z posiedzeń Komisji Naukowych PAN, Oddz. w Krakowie, t. XXXVIII/1, Wyd. i Druk. Secesja, Kraków.
5. Twardowski K. (red.), 1997 - Ocena metanonośności węgla kamiennych Górnosląskiego Zagłębia Węglowego w oparciu o wyniki pomiarów otworowych. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN, Kraków.
6. Twardowski K., Rychlicki S., Traple J., Fąfara Z., 1992 - Kompleksowa interpretacja danych geofizyki wiertniczej w otworach węglowych GZW. Mat. V Międzyn. Konf. Nauk.-Techn. nt. „Nowe metody i technologie w geologii naftowej, wiertnictwie, eksploatacji otworowej i gazownictwie”, AGH, Kraków.

*Recenzent: Dr hab.inż. Krystian Probiez
Prof. Politechniki Śląskiej*