

Ireneusz TOMECKI  
Politechnika Śląska

## PROGNOZOWANIE ZDOLNOŚCI PRODUKCYJNEJ W GÓRNICTWIE

Streszczenie. W artykule omówiono sytuacje predykcyjne występujące w górnictwie węglowym. Dla przykładu rozważano wydobycie węgla w kopalni z małym czasowym wyprzedzeniem predykcji dla prognozy dobowej, tygodniowej, miesięcznej i rocznej.

Prognozowanie zdolności produkcyjnej kopalni węgla kamiennego (KWK) w aspekcie: systemów wybierania, mechanizacji, wydobycia, koncentracji produkcyjnej, wydajności, wzbogacania węgla, kosztów produkcji, zatrudnienia, gospodarki odpadami, kierowanie stropem (podsadzaniem), wypadkowości, wskaźników ekonomiczno-finansowych jest wprost podstawowym rutynowym działaniem kierownictwa kopalni.

Występuje jednak różnica między kształtowaniem się ww. danych w bieżącym procesie produkcyjnym a ich tendencją, a to z tego względu, że jeśli prognozy wybiegają dość daleko w przyszłość, wówczas ostateczny poziom prognozowanych danych będzie odbiegał od uzyskiwanych aktualnie.

Dla praktycznych potrzeb kierownictw kopalń wskazane jest dostarczenie im wiarygodnych informacji o przyszłym kształtowaniu się składowych procesów produkcyjnych w czasie, co jest związane z wyborem odpowiedniego modelu ekonometrycznego. Dla każdego wyżej wyszczególnionych danych jako zmiennych można zbudować wiele różnych modeli w zależności od przyjętych kryteriów, takich jak czas i przestrzeń (kopalnia, poziom, oddział, gniazdo produkcyjne, przeróbka mechaniczna). Biorąc pod uwagę zespół wymienionych na wstępie danych i ich możliwe współzależności i współwystępowanie w czasie i przestrzeni, wyróżnić można pięć zasadniczych sytuacji predykcyjnych: predykcja czysta, predykcja w warunkach braku regularności przebiegu procesu produkcyjnego, predykcja warunkowa, predykcja stochastyczno-warunkowa i predykcja dyskryminacyjna, niektóre z nich zostaną krótko omówione na podstawie pracy [5]. Sytuacja predykcji czystej występuje wówczas, gdy nie zakłada się żadnych innych warunków czy ograniczeń w odniesieniu do procesu wnioskowania w przyszłość prócz wymogu, by zabudowane prognozy charakteryzowały się możliwie wysoką efektywnością. W tym przypadku wyprzedzenie czasowe predykcji jest małe. Małe czasowe wyprzedzenie predykcji w zasadzie utrudnia osiągnięcie istotnych efektów, daje natomiast

dość dokładny obraz przebiegu procesu produkcji górniczej, na który składa się cały zestaw współzależnych ze sobą zmiennych.

Jak z załączonych rys. 1a, 1b, 1c, 1d wynika, górniczy proces produkcyjny przebiega nieregularnie, a zatem tracą przydatność predykcyjną klasyczne typy modeli ekonometrycznych, co jednak nie oznacza braku możliwości wnioskowania w przyszłość. W sukurs przychodzą modele adaptacyjne, które są szczególnie przydatne przy predykcji krótkookresowej, albowiem szybko napływające dane statystyczne zawarte w szeregach czasowych dają wystarczającą próbę dla wyznaczenia funkcji trendu. Dla wyeliminowania wahań periodycznych i losowych w danym procesie można posłużyć się modelem wyrównania wykładniczego (wg R.G. Browna), który po pewnych uproszczeniu sprowadza się do równania

$$m_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) m_{t-1}$$

dającego ocenę trendu zmiennej endogenicznej (prognozowanej) w okresie  $t$ , przy czym  $m_t$  jest oceną trendu,  $y_t$  jest najnowszą zaobserwowaną wartością zmiennej  $Y_t$ , a  $\alpha$  jest stałym parametrem, spełniającym warunek  $0 < \alpha < 1$ .

Klasyczną predykcję warunkową można zbudować dla pewnej zmiennej  $Y$ , przy założeniu że czynniki wpływające na kształtowanie się zmiennej prognozowanej są określone na założonym poziomie, a więc że będzie spełniony ciąg równości

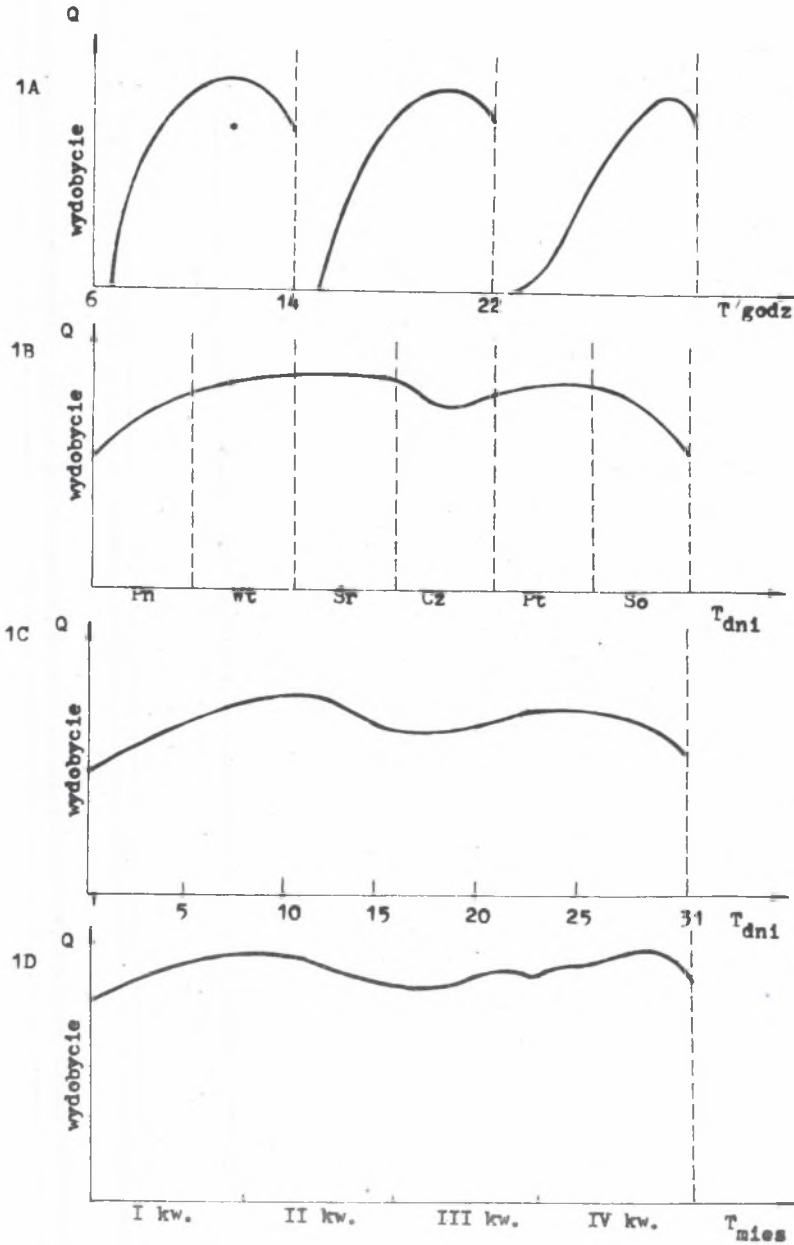
$$X_1 = x_{1T}, \quad X_2 = x_{2T}, \dots, X_k = x_{kT}.$$

Często zmienne  $X_1$  tworzące zbiór zmiennych objaśniających wybranego ekonometrycznego nie zawsze są zmiennymi decyzyjnymi, a to z kolei powoduje, iż często w takim przypadku nie można w sposób jednoznaczny określić, jakie wartości przyjmują w okresie prognozowanym. A zatem predykcją warunkowo-stochastyczną ma miejsce wtedy, gdy budujemy prognozę zmiennej  $Y_T$ , biorąc pod uwagę jej zależność od zmiennych  $X_1, X_2, \dots, X_k$  i gdy co najmniej jedna z tych zmiennych jest zmienną losową.

Przy wnioskowaniu średnio- i długookresowym występuje proces powtarzający się w czasie i stąd budowa prognozy może być aktem jednorazowym. Wówczas bardziej przydatną okazuje się zasada predykcji według największego prawdopodobieństwa. Prognozę  $Y_{Tp}$  buduje się na poziomie dominanty rozkładu zmiennej prognozowanej w okresie prognozowanym wyrażonej wzorem

$$y_{Tp} = M_0(Y_T),$$

gdzie  $M_0$  oznacza dominantę.



Rys. 1. Spływ urobku w czasie  
 Fig. 1. Winrunga flav in the time

Następna i ostatnia z omawianych podstawowych sytuacji predykcyjnych będzie predykcja dyskryminacyjna. W tym przypadku należy przyjąć następujące założenia wyjściowe dla określonego celu, a mianowicie w okresie  $T$  powinien on być realizowany w odniesieniu do zmiennej  $Y_T$  w ten sposób, aby zmienna ta przybrała wartość z pewnego założonego przedziału.

#### Przykład

Dla zilustrowania kształtowania się wydobycia węgla w kopalni z czasowym wyprzedzeniem predykcji przeprowadzono obliczenia na EMC IBMPC. Wyniki tych obliczeń zamieszczono poniżej łącznie z podaniem odpowiedniej prognozy (rys. 1a, 1b, 1c, 1d).

#### WNIOSKI

Omówione sytuacje predykcyjne mogą być pomocnicze kierownictwu do prognozowania zdolności produkcyjnej KWK w aspekcie wydobycia mechanizacji wybierania, koncentracji wydobycia, wzbogacania węgla, bhp, wskaźników ekonomiczno-finansowych.

Program Prognoza

Liczba zmiennych  $k = 6$

Liczba obserwacji  $n = 16$

$$Q = b_0 + \frac{1}{b_1} t + b_2 \cos \frac{2\pi}{16} t + b_3 \sin \frac{2\pi}{16} t + b_4 \cos \frac{4\pi}{16} t + b_5 \sin \frac{4\pi}{16} t + b_6 \cos \frac{6\pi}{16} t$$

I	Y	Y <sub>est</sub>	Y-Y <sub>est</sub>	Yd	Yg	eps [i]
				alfa=0,05		
1	10.0000	9.9619	0.0381	-2.6098	22.5335	0.38%
2	60.0000	59.4740	0.5260	51.5070	67.4409	0.88%
3	85.0000	83.3385	1.6615	74.4753	92.2017	1.95%
4	115.0000	120.0181	-5.0181	112.6302	127.4060	4.36%
5	158.0000	159.8755	-1.8755	151.5001	168.2509	1.19%
6	192.0000	185.8257	6.1743	177.7706	193.8807	3.22%
7	194.0000	194.6560	-0.6560	187.1589	202.1532	0.34%
8	196.0000	197.6208	-1.6208	189.0757	206.1659	0.83%
9	206.0000	204.7426	1.2574	197.2204	212.2648	0.61%
10	212.0000	213.4153	-1.4143	205.4419	221.3867	0.67%
11	210.0000	214.3363	-4.3363	205.9760	222.6966	2.06%
12	210.0000	205.4317	4.5683	198.1068	212.7567	2.18%
13	202.0000	194.9886	7.0114	186.4881	203.4891	3.47%
14	183.0000	190.0568	-7.0568	182.1435	197.9700	3.86%
15	180.0000	185.8673	-5.8673	178.0512	193.6835	3.26%
16	178.0000	171.3921	6.6079	160.9766	181.8076	3.71%

P R O G N O Z A

I	Y	YD	YG	SR.BLAD	KW.SR.BLEDU
17	145.5099	132.3166	158.7033	5.8322	34.0147
18	123.4828	110.3028	136.6627	5.8263	33.9454
19	123.7651	110.6481	136.8820	5.7984	33.6218

Koniec obliczeń

## Program Prognoza

Liczba zmiennych  $k = 6$ Liczba obserwacji  $n = 16$ 

$$Q = b_0 + \frac{1}{b_1} t + b_2 \cos \frac{2\pi}{16} t + b_3 \sin \frac{2\pi}{16} t + b_4 \cos \frac{4\pi}{16} t + b_5 \sin \frac{4\pi}{16} t + b_6 \cos \frac{6\pi}{16} t$$

I	Y	Yest	Y-Yest	Yd	Yg	eps [i]
alfa = 0.05						
1	8.0000	7.1456	0.8544	-8.22663	22.5176	10.68%
2	18.0000	20.5265	-2.5265	10.7849	30.2681	14.04%
3	26.0000	23.4224	2.5776	12.5850	34.2599	9.91%
4	49.0000	48.6251	0.3749	39.5916	57.6586	0.77%
5	78.0000	87.4533	-9.4533	77.2124	97.6943	12.12%
6	131.0000	121.8694	9.1306	112.0201	131.7187	6.97%
7	146.0000	143.7091	2.2909	134.5420	152.8762	1.57%
8	151.0000	158.0217	-7.0217	147.5732	168.4703	4.65%
9	178.0000	172.2828	5.7172	163.0851	181.4805	3.21%
10	182.0000	186.7072	-4.7072	176.9590	196.4555	2.59%
11	195.0000	196.4018	-1.4018	186.1793	206.6243	0.72%
12	204.0000	199.7274	4.2726	190.7709	208.6839	2.09%
13	203.0000	199.9466	3.0534	189.5526	210.3405	1.50%
14	195.0000	197.6693	-2.6693	187.9934	207.3452	1.37%
15	178.0000	185.5113	-7.5113	175.9541	195.0684	4.22%
16	162.0000	154.9802	7.0198	142.2447	167.7158	4.33%

## P R O G N O Z A

I	Y	YD	YG	SR.BLAD	KW.SR.BLEDU
17	109.7352	93.7162	125.7543	7.0813	50.1453
18	68.9716	52.9636	84.9796	7.0764	50.0760
19	54.0193	38.0631	69.9755	7.0535	49.7523

Koniec obliczeń

Program Prognoza

Liczba zmiennych  $k = 5$

Liczba obserwacji  $n = 16$

$$Q = b_0 + b_1 \ln t + b_2 \cos \frac{2\pi}{16} t + b_3 \sin \frac{2\pi}{16} t + b_4 \cos \frac{4\pi}{16} t + b_5 \sin \frac{4\pi}{16} t$$

I	Y	Yest	Y-Yest	Yd	Yg	epsi [i]
alfa = 0.05						
1	6.0000	9.1785	-3.1785	-5.4482	23.8052	52.97%
2	11.0000	10.8352	0.1648	1.6610	20.0094	1.50%
3	15.0000	9.6031	5.3969	0.0490	19.1572	35.98%
4	21.0000	17.2039	3.7961	7.7204	26.6874	18.08%
5	34.0000	35.4553	-1.4553	26.3420	44.5685	4.28%
6	53.0000	60.8801	-7.8801	51.6432	70.1170	14.87%
7	86.0000	88.0797	-2.0797	78.7929	97.3665	2.41%
8	123.0000	112.8268	10.1732	103.7094	121.9442	8.27%
9	131.0000	133.7069	-2.7069	124.5201	142.8937	2.07%
10	152.0000	151.6807	0.3193	142.3907	160.9706	0.21%
11	171.0000	168.1034	2.8966	158.9681	177.2387	1.69%
12	172.0000	182.6221	-10.6221	173.4208	191.8234	6.18%
13	193.0000	192.4070	0.5930	182.9236	201.8905	0.31%
14	203.0000	193.3318	9.6682	184.1074	202.5561	4.76%
15	186.0000	182.4939	3.5061	172.9605	192.0273	1.88%
16	152.0000	160.5916	-8.5916	147.5644	173.6187	5.65%

P R O G N O Z A

I	Y	YD	YG	SR.BLAD	KW.SR.BLEDU
17	132.6657	116.0344	149.2970	7.4642	55.7142
18	106.6025	89.9094	123.2955	7.4919	56.1290
19	90.0545	73.3829	106.7262	7.4823	55.9850

Koniec obliczeń

## Program Prognoza

Liczba zmiennych  $k = 3$ Liczba obserwacji  $n = 24$ 

$$Q = b_0 + b_1 t^2 + b_2 \cos \frac{2\pi}{24} t + b_3 \cos \frac{4\pi}{24} t$$

I	Y	Yest	Y-Yest	Yd	Yg	eps [i]
alfa = 0.05						
1	1589.0000	1631.5362	-33.5362	1532.6393	1730.4330	2.10%
2	1746.0000	1701.1055	44.8945	1614.9434	1787.2676	2.57%
3	1854.0000	1800.6288	53.3712	1727.8688	1873.3889	2.88%
4	1850.0000	1909.7741	-59.7741	1843.4506	1976.0975	3.23%
5	2005.0000	2007.5220	-2.5220	1940.7936	2074.2504	0.13%
6	1900.0000	2077.2089	-177.2089	2010.8255	2143.5923	9.33%
7	2180.0000	2110.3043	69.6957	2049.7821	2170.8265	3.20%
8	2212.0000	2107.9600	104.0400	2055.7722	2160.1478	4.70%
9	1996.0000	2079.9638	-83.9638	2028.6801	2131.2475	4.21%
10	2155.0000	2041.4305	113.5695	1979.8934	2102.9676	5.27%
11	2040.0000	2008.1616	31.8384	1934.6949	2081.6284	1.56%
12	1940.0000	1991.9590	-51.9590	1913.7059	2070.2122	2.68%
13	2022.0000	1997.1780	24.8220	1924.0885	2070.2676	1.23%
14	2003.0000	2019.4633	-16.4633	1958.2042	2080.7224	0.82%
15	1995.0000	2047.0130	-52.0130	1994.8284	2099.1976	2.61%
16	1980.0000	2064.0255	-84.0255	2009.1925	2118.8585	4.24%
17	2085.0000	2055.3863	29.6137	1991.4562	2119.3163	1.42%
18	2020.0000	2011.3072	8.6928	1942.1455	2080.4689	0.43%
19	1935.0000	1930.6367	4.3633	1863.6539	1997.6196	0.23%
20	1855.0000	1821.9051	33.0949	1760.3843	1883.4260	1.78%
21	1850.0000	1701.7763	148.2237	1639.6988	1763.8538	8.01%
22	1631.0000	1591.2693	39.7307	1518.8473	1663.6914	2.44%
23	1501.0000	1510.7164	-9.7164	1425.1997	1596.2331	0.65%
24	1340.0000	1474.7675	-134.7675	1380.5102	1569.0247	10.06%

## P R O G N O Z A

I	Y	YD	YG	SR.BLAD	KW.SR.BLEDU
25	1488.7492	1317.4724	1660.0260	82.1092	6741.0209
26	1547.3349	1376.0589	1718.6109	82.1088	6741.8595
27	1635.8746	1464.5994	1807.1499	82.1085	6741.8021

Koniec obliczeń



Program Prognoza

Liczba zmiennych  $k = 6$

Liczba obserwacji  $n = 22$

$$Q = b_0 + b_1 \frac{1}{t} + b_2 \cos \frac{2\pi t}{22} + b_3 \sin \frac{2\pi t}{22} + b_4 \cos \frac{4\pi t}{22} + b_5 \sin \frac{4\pi t}{22} + b_6 \sin \frac{6\pi t}{22}$$

I	Y	Yest	Y-Yest	Yd	Yg	eps [i]
alfa = 0.05						
1	5050.0000	5086.6604	-35.6604	4811.7046	5361.6161	0.73%
2	5610.0000	5511.1545	98.8455	5345.9810	5676.3279	1.76%
3	5780.0000	5626.8529	153.1471	5468.9289	5784.7770	2.65%
4	5690.0000	5746.7468	-56.7468	5607.3518	5886.1419	1.00%
5	6005.0000	5941.2945	63.7055	5787.7751	6094.8139	1.06%
6	6009.0000	6219.2896	-210.2896	6062.4407	6376.1380	3.50%
7	6598.0000	6522.0779	75.9221	6384.2227	6659.9331	1.15%
8	6795.0000	6745.1660	49.8340	6604.7223	6885.6097	0.73%
9	6780.0000	6795.8640	-15.8640	6638.2594	6953.4687	0.23%
10	6587.0000	6654.0950	-67.0950	6505.1769	6803.0131	1.02%
11	6396.0000	6395.2138	0.7862	6261.9639	6528.4636	0.01%
12	6258.0000	6155.5598	102.4402	6008.2147	6302.9048	1.64%
13	6107.0000	6058.2044	48.7056	5900.8398	6215.7490	0.80%
14	6112.0000	6143.9595	-31.9595	6003.2199	6284.6990	0.52%
15	6290.0000	6348.6292	-58.6292	6213.7052	6483.5531	0.93%
16	6450.0000	6543.0130	-93.0130	6389.4344	6695.5917	1.44%
17	6506.0000	6607.6673	-101.6673	6454.3522	5760.9824	1.56%
18	6720.0000	6497.6998	222.3002	6362.5518	6632.8478	3.31%
19	6385.0000	6259.0090	125.9910	6117.8301	6400.1880	1.97%
20	5895.0000	5990.7409	-95.7409	5834.0559	6147.4259	1.62%
21	5821.0000	5782.9939	38.0061	5630.1510	5935.8367	0.65%
22	5460.0000	5672.0179	-212.0179	5508.8920	5835.1439	3.88%

P R O G N O Z A

I	Y	YD	YG	SR.BLAD	KW.SR.BLEDU
23	5639.3521	5360.7663	5917.9379	130.7025	17083.1489
24	5648.6277	5370.0415	5927.2140	130.7027	17083.2045
25	5687.4934	5408.9087	5966.0782	130.7020	17083.0200

Koniec obliczeń

## Program Prognoza

Liczba zmiennych  $k = 7$ Liczba obserwacji  $n = 34$ 

$$Q = b_0 + b_1 \frac{1}{t} + b_2 \cos \frac{2\pi}{34} t + b_3 \sin \frac{2\pi}{34} t + b_4 \sin \frac{4\pi}{34} t + b_5 \cos \frac{6\pi}{34} t + b_6 \sin \frac{6\pi}{34} t + b_7 \sin \frac{6\pi}{34} t$$

I	Y	Yest	Y-Yest	Yd	Yg	eps [i]
1	120.0000	119.5116	0.4884	116.1333	122.8900	0.41%
2	125.0000	128.0598	-3.0598	126.3078	129.8117	2.45%
3	135.0000	130.7854	4.2146	128.9827	132.5880	3.12%
4	133.0000	133.9756	-0.9756	132.2364	135.7148	0.73%
5	138.0000	138.2007	-0.2007	136.4873	139.9142	0.15%
6	142.0000	142.6809	-0.6809	140.9237	144.4381	0.48%
7	147.0000	146.4663	0.5337	144.8166	148.1161	0.36%
8	149.0000	149.0568	-0.0568	147.6344	150.4792	0.04%
9	150.0000	150.5593	-0.5593	149.1307	151.9880	0.37%
10	151.0000	151.4355	-0.4355	149.7559	153.1151	0.29%
11	153.0000	152.0522	0.9478	150.2520	153.8524	0.62%
12	152.0000	152.3340	-0.3340	150.6309	154.0370	0.22%
13	152.0000	151.7389	0.2611	150.1018	153.3760	0.17%
14	150.0000	149.5858	0.4142	147.8459	151.3257	0.28%
15	144.0000	145.5484	-1.5484	143.7752	147.3215	1.08%
16	142.0000	140.0242	1.9758	138.4333	141.6152	1.39%
17	132.0000	134.1405	-2.1405	132.7190	135.5619	1.62%
18	130.0000	129.3488	0.6512	127.8060	130.8917	0.40%
19	128.0000	126.7924	1.2076	125.0608	128.5239	0.94%
20	127.0000	126.7633	0.2367	125.0346	128.4920	0.19%
21	129.0000	128.5459	0.4541	126.9103	130.1815	0.35%
22	130.0000	130.7509	-0.7509	129.0748	132.4271	0.58%
23	130.0000	131.9966	-1.9966	130.2404	133.7527	1.54%
24	131.0000	131.6047	-0.6047	129.9493	133.2600	0.46%
25	132.0000	129.9579	2.0421	128.5029	131.4129	1.55%
26	130.0000	128.3255	1.6745	126.8455	129.8055	1.29%
27	129.0000	128.2279	0.7721	126.5360	129.9197	0.60%
28	127.0000	130.6452	-3.6452	128.8778	132.4125	2.87%
29	135.0000	135.4627	-0.4627	133.7852	137.1402	0.34%
30	141.0000	141.4333	-0.4333	139.7715	143.0952	0.31%
31	149.0000	146.6882	2.3118	144.9289	148.4475	1.55%
32	151.0000	149.5561	1.4439	147.8242	151.2880	0.69%
33	148.0000	149.3030	-1.3030	147.7098	150.8961	0.88%
34	146.0000	147.4418	-0.4418	144.6825	148.2011	0.30%

## P R O G N O Z A

I	Y	YD	YG	SR.BLAD	KW.SR.BLEDU
35	142.4776	138.5335	146.4217	1.9188	3.6817
36	139.2238	135.2088	143.2388	1.9533	3.8152
37	138.0269	134.0255	142.0283	1.9467	3.7895

Koniec obliczeń

## LITERATURA

1. BROWN R.G.: Smoothing, forecasting and prediction of discrete time series, Mc-Graw Hill, New York 1963.
2. HELLMIG Z.: Schemat budowy prognozy statystycznej metodą wag harmoniczných. Przegląd Statystyczny 2, 1967.
3. KOZDRÓJ M., PRZYBYŁA H.: Teoria organizacji i zarządzania, część III - Modele matematyczne w organizacji produkcji górniczej. Skrypt Pol. Śl. 1986.
4. KOZDRÓJ M.: Metody rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej w produkcji górniczej. Wyd. Śląsk, Katowice 1969.
5. PAWŁOWSKI Z.: Prognozy ekonometryczne. PWN, Warszawa 1973.
6. PAWŁOWSKI Z.: Ekonometryczna analiza procesu produkcyjnego. PWN, Warszawa 1976.
7. WAGNER W.: Praca doktorska.

Recenzent

Prof. dr hab. inż. Wiktor Krawczyk

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ  
В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

## Р е з ю м е

В работе рассматриваются производственные ситуации в горной промышленности. Дан пример добычи угля в шахте с малым временным опережением производства для суточной, недельной, месячной и годовой проходки.

## THE PROGNOSTICATING OF PRODUCTION CAPACITY IN MINING

## S u m m a r y

In the paper are discussed some production situations occurring in coal mining. By the way of an example, the output of coal in a mine with small time lead of prediction for a daily, weekly, monthly and yearly prognosis has been considered.