

Redaktorzy:

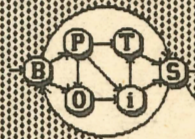
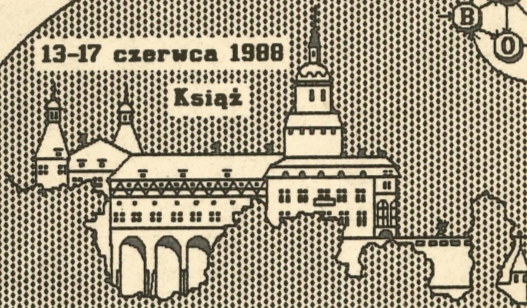
A. Straszak

Z. Nahorski

J. Sikorski

13-17 czerwca 1988

Książ



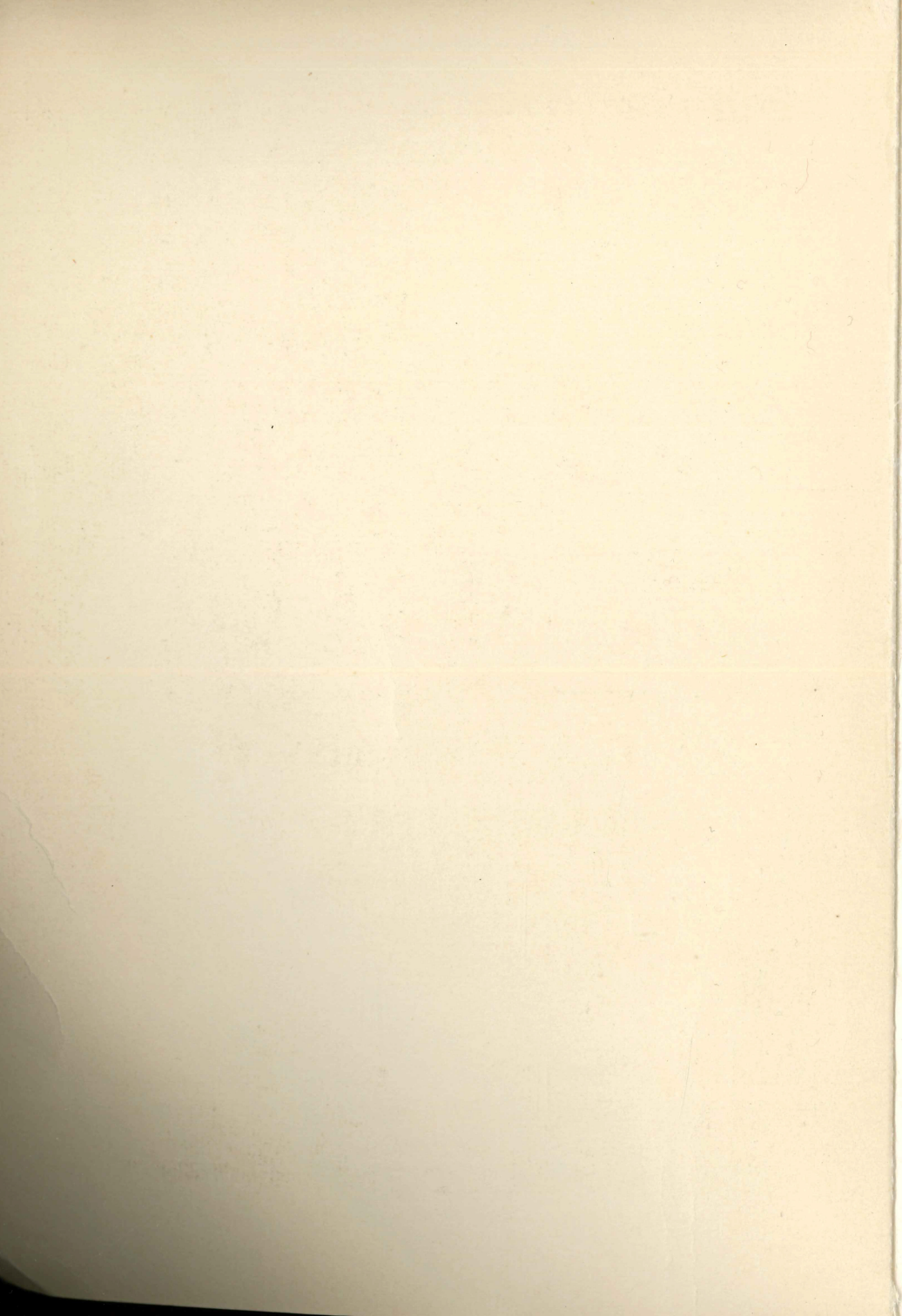
1. Krajowa Konferencja Badań Operacyjnych i Systemowych

TOM 2

BOS'88

POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ
OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH

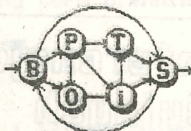
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK



POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH

Tom 2

WSPOMAGANIE PODEJMOWANIA DECYZJI
MODELE I SYSTEMY



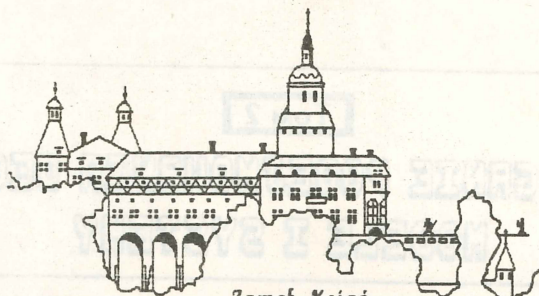
I KRAJOWA KONFERENCJA
BADAŃ
OPERACYJNYCH
i
SYSTEMOWYCH

Książ, 13 - 17 czerwca 1988

BO'S'88

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH POLSKIEJ AKADEMII NAUK

1989
WARSZAWA



Zamek Książ

I Krajowa Konferencja Badań Operacyjnych i Systemowych

Organizator konferencji

Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych
przy współpracy
Instytutu Badań Systemowych PAN

Komitet naukowy konferencji

Jerzy Hołubiec, Andrzej Kałużko, Jerzy Kisielnicki, Henryk Kowalowski,
Roman Kulikowski, Franciszek Marecki, Zbigniew Nahorski,
Stanisław Piasecki, Jarosław Sikorski, Jan Stachowicz, Jan Stasiński,
Andrzej Straszak, Maciej Sysło, Władysław Świtalski

Redaktorzy naukowy materiałów

Andrzej Straszak, Zbigniew Nahorski, Jarosław Sikorski

konf. 41284/II

7. Systemy planowania i prognozowania

7.11

I Krajowa Konferencja
Badań Operacyjnych i Systemowych
Książ, 13 - 17 czerwca 1968r.

METODY RACJONALNEGO PLANOWANIA POSZUKIWANIA NAFTOWYCH I PRZYKŁADY ICH ZASTOSOWANIA W POLSCE

Zbigniew Łucki

Instytut Organizacji i Zarządzania Przemysłem

Akademia Górniczo-Hutnicza

ul. Gramatyka 10

30-067 Kraków

Przedstawiono probabilistyczne modele procesu poszukiwania złóż ropy naftowej i gazu ziemnego oraz podstawowe prawa seostatystyki naftowej. Szczególną uwagę zwrócono na metody oceny populacji generalnej złóż węglowodorów istniejących w badanej jednostce seologicznej. Dokonano przesądu zależności statystycznych umożliwiającą optymalizację decyzji i planów poszukiwawczych z użyciem badań operacyjnych. Podano przykłady otrzymanych prognoz.

1. Oznaczenia

- a - parametr funkcji częstości rozkładu Pareta
- A - współczynnik spadku efektywności poszukiwań
- c - parametr rozkładu Zipfa
- C - współczynnik normalizujący funkcji częstości uciętego rozkładu Pareta
- E - efektywność poszukiwań
- f - funkcja częstości rozkładu wielkości złóż węglowodorów
- k - parametr rozkładu Zipfa
- m - parametr rozkładu Pareta
- n - parametr funkcji częstości uciętego rozkładu Pareta ($n \geq 2$)

- q - znormalizowana wielkość złoża węglowodorów
- Q - wielkość złoża węglowodorów
- Q_f - nastawa filtra poszukiwawczego
- Q_m - mediana odkrytych złóż
- r - ransa złoża węglowodorów według wielkości
- t - czas bezwymiarowy procesu poszukiwań
- W - ilość wierceń zrealizowanych w basenie naftowym
- Z - pierwotna ilość zasobów w basenie naftowym, odpowiadająca populacji generalnej złóż węglowodorów
- Z_0 - ilość odkrytych zasobów węglowodorów

2. Wprowadzenie

Ostatnie lata przyniosły burzliwy rozwój probabilistycznych metod planowania prac seismicznych i ich efektów. Okazało się, że mimo wysoce stochastycznego charakteru tych prac istnieją prawidłowości ich przebiegu, umożliwiające zbudowanie racjonalnego planu poszukiwań i uzasadnionych statystycznie prognoz, w oparciu o dotychczasowe wyniki poszukiwań.

3. Modele poszukiwań

Według Hellwisa (1980), proces poszukiwań naftowych można opisać za pomocą modelu w postaci urny o nie znanych frakcjach kul białych i czarnych, z której losuje się wcz zwracania kolejne kule.

Dokładniejszy opis rzeczywistości przedstawia model filtra poszukiwawczego zaproponowany przez Szpilmana (1982). Kule mają różną wielkość i są losowane z urny za pomocą sita (filtra) o określonej wielkości oczek Q_f . W efekcie w pierwszych losowaniach wyciągane są z populacji generalnej kule duże ze średnimi i małymi (mniejszymi od Q_f), w dalszych ciągnięciach kule średnie z małymi. Po pewnym czasie zachodzi konieczność zmiany sita na inne o drobniejszych oczkach, gdyż poszukiwania przestaną

odkrywać nowe złoża.

4. Prawa geostatystyki naftowej

Powysze oznacza, że próbka odkrytych złóż - nawet jeśli jest duża - ma charakter tendencyjny i nie odzwierciedla charakteru generalnej populacji złóż ropy naftowej i gazu ziemnego występujących w danym basenie. Drosz badań statystycznych Kontorowicz i in. (1985) ustalili moment, w którym zostają odkryte wszystkie złoża większe od założonego Q :

$$T = 0,857 - 0,092 \ln a \quad (1)$$

gdzie: $T = Z_0/Z \quad (2)$

$$a = 1000 Q/Q_{\max} \quad (3)$$

Przez wiele lat geostatystycy popełniali jednak błąd przyjmując, że populacja generalna złóż ma taki sam rozkład - lub co najmniej tego samego typu (jednomodalnego) - jak próbka złóż odkrytych. Rozkład wielkości złóż węglowodorów najczęściej modelowano rozkładem logarytmiczno-normalnym, nie uwzględniającym najliczniejszej grupy małych złóż nie wyłowionych przez filtr poszukiwawczy.

Kryzys energetyczny z lat 70-tych spowodował wzrost zainteresowania małymi złożami i potwierdzenie wysuwanej wcześniej przez wielu hipotezy, że otrzymane w praktyce rozkłady jednomodalne są wynikiem ekonomicznego ucinania lewoskośnego amodalnego, monotonicznie malejącego rozkładu populacji generalnej - patrz Schuenemeyer i Drew (1983). W Polsce natomiast, wskutek bardzo małej nastawy Q_f , rozkład odkrytych złóż zawsze był rozkładem amodalnym.

Rozkładami proponowanymi do modelowania populacji generalnej złóż węglowodorów są głównie: rozkład wykładniczy, prawo Zipfa oraz rozkład Pareta. Z licznych badań wynika, że rozkład wykładniczy zaniża liczbę złóż bardzo dużych i bardzo małych, a zawyża liczbę złóż średnich do odkrycia.

Dla obszarów mało zbadanych stosowane jest prawo Zirfa w postaci

$$\ln Q(n) - k \ln n = c \quad (4)$$

Bardziej znane jest to prawo w wersji $k=-1$, w której stosunek wielkości od największego do najmniejszego złoża jest $1 : 1/2 : 1/3 : 1/4 \dots$ - patrz Ivanhoe (1976). Rozkład ten zawsze liczbę dużych złóż pozostawia do odkrycia.

Największą przydatnością odznacza się rozkład Pareta

$$f(Q) = m a Q^{-(m+1)} \quad (5)$$

gdzie: $Q > 0$ i $m > 0$

który, mimo trudności numerycznych, nadaje się dobrze do szacunku liczby małych złóż pozostawiających do odkrycia.

Kontorowicz i Dielman (1977) zapropowowali uciety rozkład Pareta:

$$f(Q/n) = \begin{cases} C (Q - Z)^{-n} & \text{dla } 1 < Q < Z \\ 0 & \text{dla innych wartości } Q \end{cases} \quad (6)$$

Wartości parametru n oblicza się z założenia, że wszystkie największe złoża (większe od $40m$) zostały już odkryte i dopasowuje rozkład (6) do ilości zasobów zawartych w tych złożach.

5. Funkcje poszukiwań

Drugą grupę modeli nadających się do planowania prac poszukiwawczych stanowią tzw. funkcje poszukiwań, określające zależność pomiędzy efektami poszukiwań (ilością odkrytych zasobów lub efektywnością prac poszukiwawczych) a nakładami na te prace (ilością wierceń) dla dobrze poznanych obszarów (patrz Apps i in. (1971) ora: Bałasanow i Kamieniecki (1977)):

$$Z_0 = Z (1 - \exp(-A W)) \quad (7)$$

$$E = A Z \exp(-A W) = A (Z - Z_0) \quad (8)$$

Ponieważ wielkość A jest stała dla danego basenu naftowego, efektywność poszukiwań maleje proporcjonalnie wraz z ilością zasobów pozostałych do odkrycia. Stosując metodę największej wiarygodności, można otrzymać przedziałowe oszacowania parametrów A i Z o istotnym znaczeniu dla planów i prognoz seologicznych.

6. Zastosowanie modeli

Modele (1-8) umożliwiają w sumie oszacowanie następujących wielkości:

- całkowitej liczby złóż węgłowodorów w rejonie;
- liczby złóż w dowolnie ustalonej klasie wielkości;
- liczby złóż pozostałych do odkrycia (w klasie i osólem);
- całkowitej ilości zasobów węgłowodorów w rejonie;
- ilości zasobów do odkrycia (w klasie i osólem);
- ilości zasobów możliwych do odkrycia za pomocą określonych nakładów;
- ilości nakładów potrzebnych do odkrycia określonych zasobów;
- efektywności poszukiwań w danym momencie czasu bezwymiarowego.

Wielkości te mogą być z kolei wykorzystane do optymalizacji decyzji i planów poszukiwawczych z użyciem takich metod, jak bayesowska teoria decyzji, programowanie liniowe, dynamiczne itd.

7. Przykłady

Jako przykład praktycznego zastosowania omówionych metod, podaje się poniżej prognozy otrzymane dla rejonu Przedsiębiorstwa Karpat za pomocą modeli (4) oraz (6-7).

! Klasa wielkości złóż, mln ton paliwa umownego	! Liczba wszystkich złóż (łącznie z już odkrytymi)		! Ilość wszystkich zasobów (łącznie z już wyeksploatowanymi)	
	! ws modelu (6) i (7)	! ws modelu (4)	! ws modelu (6) i (7)	! ws modelu (4)
! 0,1-2,1	! 353-773	! 499	! 104,9-200,8	! 160,3
! 2,1-4,1	! 7-8	! 12	! 18,7-22,9	! 35,2
! 4,1-6,1	! 2	! 4	! 10,5-11,4	! 20,2
! 6,1-8,1	! 1	! 2	! 7,2- 7,3	! 14,0
! 8,1-10,1	! 0,6	! 1	! 5,4- 5,2	! 8,7
! 10,1-12,1	! 0,4	! 1	! 4,4- 4,0	! 10,5
! 12,1-14,1	! 0,3	! 1	! 3,6- 3,2	! 13,1
! 14,1-16,1	! 0,2	! -	! 3,1- 2,6	! -
! 16,1-18,1	! 0,1	! 1	! 2,7- 2,2	! 17,4
! 18,1-20,1	! 0,1	! -	! 2,4- 1,9	! -
! ponad 20,1	! 0,07	! 2	! 37,3-28,9	! 78,5
! Ogółem	! 365-786	! 523	! 200,2-289,8	! 357,9

Drugi przykład dotyczy zastosowania modelu (8) do długoterminowej prognozy efektywności poszukiwań (w tonach odkrytych zasobów węgłowodorów na 1 metr wierceń naftowych) w tym samym rejonie.

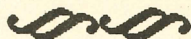
! Kolejne miliony metrów wierceń naftowych	! Efektywność poszukiwań	
	! rzeczywista	! ws modelu (8)
! 1	! 31,15	! -
! 2	! 67,30	! 53,35
! 3	! 37,16	! 39,90
! 4	! 25,00	! 29,83
! 5	! -	! 22,30
! 6	! -	! 16,68
! 7	! -	! 12,47
! 8	! -	! 9,24
! 9	! -	! 6,68
! 10	! -	! 4,69

Prezentowane wyżej badania zostały wykonane w ramach Centralnego Programu Badawczo-Rozwojowego nr 1.7 pt. "Zwiększenie efektywności pozyskiwania i wykorzystywania surowców mineralnych".

Literatura

1. Arps J.J., Mortada M., Smith A.E. (1971) Relationship between proved reserves and exploratory effort. *Journal of Petroleum Technology*, r. 23, Nr 6, ss. 671-675.
2. Bałasanow W.A., Kamieniecki S.G. (1977) Niektóre wnioski z metodiki prognozowania rozwijających się zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego. *Ekonomika Naftianej Promyslnosti*, Nr 9, ss. 26-28.
3. Hellwis Z. (1988) Informacje nie publikowane.
4. Ivanhoe L.F. (1976) Oil/gas potential in basins estimated. *Oil and Gas Journal*, Nr 49, ss. 154-155.
5. Kontorowicz A.E., Diemin W.I. (1977) Metody oceny ilości i rozmieszczenia zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego w dużych łożyskach. *Geologia Nefiti i Gaza*, Nr 12, ss. 18-26.
6. Kontorowicz A.E., Diemin W.I., Strachow I.A. (1985) Zależności wykazujące różnicę w zasobach ropy naftowej i gazu ziemnego w łożyskach. *Geologia i Geofizyka*, Nr 11, ss. 3-16.
7. Schuenemeyer J.H., Drew L.J. (1983) A procedure to estimate the parent population of the size of oil and gas fields as revealed by a study of economic truncation. *Mathematical Geology*, r.15, Nr 1, ss. 145-161.
8. Szpilman W.I. (1982) Ilościowy prognostyk ropy naftowej. *Niedra*.

Zarząd
Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych



Prezes

prof.dr hab.inż. Andrzej Straszak
Instytut Badań Systemowych PAN

Wiceprezes

prof.dr hab.inż. Jan Stasiński
Wojskowa Akademia Techniczna

Wiceprezes

prof.dr hab.inż. Stanisław Piasecki
Instytut Badań Systemowych PAN

Sekretarz generalny

dr inż. Zbigniew Nahorski
Instytut Badań Systemowych PAN

Sekretarz

dr inż. Jarosław Sikorski
Instytut Badań Systemowych PAN

Skarbnik

dr inż. Andrzej Kałużko
Instytut Badań Systemowych PAN

Członkowie

prof.dr hab. Jerzy Kisielnicki
Wydział Zarządzania UW

doc.dr hab.inż. Bohdan Korzan
Wojskowa Akademia Techniczna

doc.dr hab.inż. Jan Stachowicz
Zakład Nauk Zarządzania PAN

doc.dr hab.inż. Maciej Sysło
Instytut Informatyki UW.

Komisja rewizyjna

PRZEWODNICZĄCY

dr Władysław Świtalski
Katedra Cybernetyki i Badań Operacyjnych UW

CZŁONKOWIE

dr inż. Janusz Kacprzyk
Instytut Badań Systemowych PAN

dr inż. Marek Malarski
Instytut Transportu PW

doc.dr hab. Henryk Sroka
Akademia Ekonomiczna w Katowicach

dr inż. Leon Słomiński
Instytut Badań Systemowych PAN

IBS Kauf.

41284/
II

IBS