ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1977

Seria: GÓRNICTWO z. 79 Nr kol. 528

Gerard KROCZEK
Marian KOZDRÓJ

DOBÓR KANDYDATÓW NA STANOWISKA KIEROWNICZE W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie. W pracy podano sposób obiektywnego doboru na stanowiska kierownicze przy pomocy rachunku prawdopodobieństwa oraz algorytm tych obliczeń jak i weryfikację testów ze względu na ich funkcjonalność.

W artykule wykonano i omówiono przykłady zastosowania proponowanego sposobu.

Powierzając stanowisko kierownicze, oddaje się do dyspozycji wybranej osobie majątek państwowy rzędu kilkuset milionów złotych, a niejednokrotnie większy. Zatem dobór kandydata na takie stanowisko wymaga obiektywizmu i wybrania najlepszego.

Bieżąca praca kierownika, polegająca na planowaniu, organizowaniu, pobudzaniu poztywnych inicjatyw oraz kontroli, wymaga częstego podejmowania decyzji, w wyniku których mogą mieć miejsce pozytywne rozwiązania lub negatywne skutki, narażające podległą jednostkę na straty w ogólnym aspekcie, a więc materialne, kadrowe, a nawet ogólnospołeczne. Im wyższe stanowisko tym podjęcie mylnej decyzji może mieć bardziej nieobliczalne skutki od śmiertelnych ofiar w ludziach do milionowych strat w produkcji. Wyłonił się zatem problem, nurtujący zresztą wszystkie wysokouprzemysłowione kraje, szukania obiektywnych sposobów dla doboru personelu kierowniczego.

W różnych krajach i w różnych dziedzinach życia gospodarczego, zagadnienie doboru kadr kierowniczych roziązywane jest różnymi metodami. Daje się zauważyć dwa istotne kierunki prowadzące do tego celu. Jednym z nich jest system sukcesywnych awansów, z równoczesnym stałym szkoleniem i dokształcaniem. Duży nacisk kładzie się w tym wypadku na odpowiedni kierunek rozwoju kwalifikacyjnego pracowników. Takie zasady polityki kadrowej stosowane są na ogół przez wszystkie korporacje i firmy w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej.

Drugim kierunkiem doboru kadr kierowniczych jest system przygotowania i szkolenia, zakończony skomplikowaną i wszechstronną metodą egzaminowania i testowania. Osoby uzyskujące optymalne wyniki tworzą kadrę rezerwową, z której dobiera się następnie odpowiedni personel kierowniczy.

W naszej rzeczywistości gospodarczej na stanowiska kierownicze wyznacza się najczęściej osoby, które posiadają wprawdzie długoletni staż pracy, ale do powierzonych im zadań podchodzą w sposób rutyniarski w oparciu o przyswojone nawyki, uważając, że raz nabyte doświadczenia i wiedza są niepodważalne i nie muszą być modyfikowane. U takich kierowników obserwuje się niechęć do czytania literatury fachowej, co z kolei powoduje, że wiele ciekawych rozwiązań z zakresu ich czynności, jakie można znaleźć w tej literaturze, nie znajduje zastosowania bezpośrednio w praktyce.

Obserwuje się również, że pracownicy inżynieryjno-techniczni a w tym nierzadko kierownicy negują potrzebę znajomości zagadnień ekonomicznych. Podobne zjawisko występuje u pracowników ekonomicznych, którzy z kolei uważają za zbędne legitymowanie się ogólną znajomością zagadnień technicznych.

Dalszy intensywny etap rozwoju gospodarczego będzie się charakteryzował koniecznością osiągnięcia jakości pracy, odpowiadającej zmianom dyktowanym przez oparty na naukowych podstawach postęp techniczny. Aby to umożliwić, należy już teraz rozpocząć dokładną analizę przydatności kadr istniejących i opracować kryteria ich doboru na poszczególne stanowiska. Planowane osiąganie lepszych wyników przez wyższy poziom techniczno-organizacyjno-ekonomiczny wymaga od kierownictwa pełnego zrozumienia znaczenia zagadnień organizacji i ekonomiki produkcji.

Wśród tych zagadnień występować będą zwłaszcza problemy prawidłowej i szybkiej informacji pozwalającej na podejmowanie najwłaściwszych decyzji, problemy właściwego podziału czynności i odpowiedzialności dla podległego personelu, koncentracji i niezawodności produkcji, a także zagadnienia przygotowania oddziałów produkcyjnych w taki sposób, aby pracownicy mieli zapewnione optimum warunków dla realizacji ich zadań. Praca kierownicza inżyniera wymaga zatem umiejętności dokonywania syntezy problemów technicznych i ekonomicznych, w wyniku których projektowanie produkcji powinno wykazywać efektywność i celowość rozwiązań, ich nowoczesność wyprzedzającą podobne rozwiązania, zapewniające bezpieczeństwo załogi, przy jednoczesnej ekonomice wykonania z uwzględnieniem pełnej synchronizacji przebiegu produkcji i optimum wykorzystania mocy produkcyjnych w zainstalowanych urządzeniach. Poza tym, aby kierownik pracował sprawnie, musi dobrze znać i przestrzegać podstawowe zasady kierowania, jak: właściwy stopień decentralizacji decyzji, jednolitość kierownictwa, indywidualizację, ograniczenia interwencji, umiejętne korzystanie z rady podległych zespołów ludzkich, troskę o autorytet kierowników i godność osobistę załogi.

W tym aspekcie postanowiono opracować uniwersalny model odpowiadający jednoznacznie, który z kandydatów powinien zająć wakujące stanowisko.

Założono, że przebieg doboru kandydatów na stanowiska kierownicze powinien się odbywać kilkuetapowo.

Tok postęoowania ustalono następująco:

1. Dobór kandydatów z banku danych (alternatywy).
2. Przeprowadzenie trójetapowego rozeznania:
   A - wstępne w okresie rekrutacji,
   B - ogólne,
   C - szczegółowe wszechstronne.

Ad A. Rozeznanie wstępne obejmuje:

a - ukończony kierunek studiów,
b - prezencję i walory fizyczne,
c - wiek.

Rozeznanie wstępne, wymienione w punkcie A, przeprowadza Dział Kadr. Ze względu na duże koszty dalszych badań kandydaci, uzyskujący pozytywny wynik rozeznania wymienionego w punkcie A, winni być zaakceptowani przez odpowiednie czynniki społeczno-polityczne. Ci z kandydatów, którzy taką akceptację uzyskują poddani będą dalszym ocenom.

Ad B. Rozeznanie ogólne obejmuje:

a - wstępne badania inteligencji (standardowy test na inteligencję),
b - ocenę pracy zawodowej,
c - ocenę ogólnej wiedzy teoretycznej i praktycznej,

Rozeznanie ogólne, wymienione w punkcie B, winno być przeprowadzone przez specjalistę branżowego.

Ad C. Rozeznanie szczegółowe wszechstronne obejmuje:

a - inteligencję,
b - zakres zainteresowań,
c - zdolność analizowania,
d - umiejętność kierowania zespołami ludzkimi,
e - przedsiębiorczość, aktywność, energię,
f - osobowość,
g - szczegółową wiedzę z zakresu teorii i praktyki (branżowej),
h - wiedzę z ekonomiki przedsiębiorstw i informatyki,
i - szczegółową wiedzę z zakresu teorii i praktyki zarządzania.

Rozeznanie wymienione w punkcie C winno być przeprowadzone przez zespół specjalistów branżowych.

RACHUNEK PRAWDOPODOBIENSTWA - NARZĘDZIEM DOBORU KADRY KIEROWNICZEJ

Pytania lub testy, którym poddani zostaną kandydaci, są rejestrowane i prawdopodobieństwa udzielenia przez kandydatów trafnych odpowiedzi obliczone zostaną w sposób klasyczny wg wzoru Laplace´a

$$P = \frac{k}{n},$$

gdzie:

n - ogólna ilość pytań w grupach od a do i,

k - ilość udzielanych trafnych odpowiedzi.

Prawdopodobieństwom z poszczególnych grup przypisuje się oceny punktowe, umieszczone w tablicy 1.

Średnia ocena uszereguje kandydatów według ich potencjału kierowniczego.

Dla kandydatów, którzy uzyskają wysokie średnie oceny np. 4 wg rozeznania wymienionego w punkcie C proponuje się przeprowadzić badania testowe mające wykazać, jakie jest prawdopodobieństwo podjęcia trafnych decyzji w określonym przedziale czasu.

Ilustracją tego rodzaju badań może być następujący przykład oparty na poniższej metodzie:

Na podstawie średnich ocen uzyskanych w rozeznaniu szczegółowym na stanowisko kierownicze jest dwóch kandydatów.

Stanowisko chcemy powierzyć temu kandydatowi, u którego prawdopodobieństwo podjęcia mylnej decyzji w określonym przedziale czasu t będzie najmniejsze. Badania będą przeprowadzone w n = 10 okresach o przedziałach czasu t = 10 min zgodnie z programem wielokrotnego wyboru.

Kandydat dokonuje wyboru jednej odpowiedzi uważanej za prawdziwą spośród kilku odpowiedzi już gotowych, a zawartych w tekście. Wszystkie odpowiedzi zawarte w tekście, z wyjątkiem jednej, są fałszywe lub niepełne.

W naszym przypadku dla każdego przedziału czasu t = 10 min przewiduje się cztery pytania, przy czym na każde z tych pytań jest sześć odpowiedzi, a w tym jedna prawidłowa. Kandydat podkreśla numer odpowiedzi, którą uważa za prawidłową. Komisja egzaminacyjna wpisuje każdemu kandydatowi liczbę nieprawidłowych ocen w jego tabelę.

Kandydat, który będzie miał większą liczbę okresów, w których nie zanotowano pomyłek, będzie miał korzystniejsze wyniki, ponieważ prawdopodobieństwo podjęcia przez niego mylnej decyzji będzie mniejsze. Na podstawie badań przeprowadzonych w opisany powyżej sposób uzyskano wyniki:

Kandydat A

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k		1	2	2	1		2	1		1

Kandydat B

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	3		1				1	3	2	

przy czym

n - liczba okresów, w których przeprowadzone zostały badania,

k - liczba fałszywych odpowiedzi udzielona przez kandydata w odpowiednim okresie.

Zakładając, że liczba fałszywych odpowiedzi k jest w określonym przedziale czasu t zmienną losową (k = 0,1,2,3 i 4), wykorzystujemy do tego celu dwa typy procesów losowych: proces Poissona i proces Poly´a. Za pomocą tych dwóch procesów oceniamy, który z dwu kandydatów powinien objąć stanowisko kierownicze.

Proces Poissona. Prawdopodobieństwo k fałszywych odpowiedzi w okresie t wynosi

$$P_k(t) \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}.$$

Zmienna losowa o takim rozkładzie ma średnią $m_1 = \lambda t$ i wariancję $\sigma_1^2 = \lambda t$. Parametr λ oznacza więc średnią liczbę fałszywych odpowiedzi w jednostce czasu.

Proces Poly´a. Prawdopodobieństwo k fałszywych odpowiedzi w okresie t wynosi

$$Q_k(t) = \frac{v(v+1)\ldots(v+k-1)}{k!}\left(\frac{t}{a+t}\right)^k\left(\frac{a}{a+t}\right)^v$$

Zmienna losowa o powyższym rozkładzie ma średnią $m_2 = \frac{v \cdot t}{a}$ i wariancję $\sigma_2^2 = \frac{v \cdot t}{a}\left(1 + \frac{t}{a}\right)$. Do znajomości potrzebne są więc wartości dwóch parametrów n i k. Na podstawie tablic znajomości tych parametrów obliczamy dla każdego z kandydatów średnią $\bar{x}$ i wariancję z poniższych wzorów

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum k \cdot n_k$$

$$S^2 = \frac{1}{n}\sum k^2 \cdot n_k - \bar{x}^2$$

Aby oszacować nieznane parametry a i v w rozkładzie Poly´a lub λ w rozkładzie Poissona, zastępujemy m przez $\bar{x}$, a σ^2 przez S^2.

Stąd

$$\alpha = \frac{\bar{x}}{t}$$

$$a = \frac{\bar{x} \cdot t}{S^2 - \bar{x}}$$

$$v = \frac{\bar{x}^2}{S^2 - \bar{x}}.$$

Podstawiając obliczone w ten sposób wartości do wyrażeń $P_k(t)$ i $Q_k(t)$, możemy już wyznaczyć prawdopodobieństwo w obu procesach. Na podstawie badań przeprowadzonych w tym zakresie stwierdzono, że gdy $S^2 > \bar{x}$, wówczas proces ten uważamy za proces Poissona. Rozpatrując dane przedstawione poprzednio dla poszczególnych kandydatów wykonamy następujące obliczenia:

Kandydat A

k	0	1	2	3	4
n_k	3	4	3	0	0

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{4} k \cdot n_k = \frac{1}{10} \sum_{k=0}^{4} (4 + 6) = 1$$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{4} k^2 \cdot n_k - \bar{x}^2 = \frac{1}{10} \sum_{k=0}^{4} (4 + 12) - 1 = 0{,}6$$

$$\lambda = \frac{\bar{x}}{t} = \frac{1}{10} = 0{,}1.$$

Kandydat B

k	0	1	2	3	4
n_k	5	2	1	2	0

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{4} k \cdot n_k = \frac{1}{10} \sum_{k=0}^{4} (2 + 2 + 6) = 1$$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{4} k^2 \cdot n_k - \bar{x}^2 = \frac{1}{10} \sum_{k=0}^{4} (2 + 4 + 18) - 1 = 1{,}4$$

$$a = \frac{\bar{x}\ t}{S^2 - \bar{x}} = \frac{1 \cdot 10}{1{,}4 - 1} = 25$$

$$v = \frac{\bar{x}^2}{S^2 - \bar{x}} = \frac{1^2}{1{,}4 - 1} = 2{,}5.$$

Dla kandydata A

$$P_o(10) = \frac{(\Lambda \cdot 10)^0}{0!} e^{-\Lambda \cdot 10} = \frac{(0,1 \cdot 10)^0}{0!} \cdot e^{-0,1 \cdot 10} = e^{-1} = 0.37.$$

Prawdopodobieństwo podjęcia co najmniej jednej fałszywej decyzji w określonym przedziale czasu przez kandydata A wynosi

$$1 - e^{-1} = 0,63.$$

Dla kandydata B

$$Q_o = \left(\frac{10}{a + 10}\right)^o \left(\frac{a}{a + 10}\right)^v = \left(\frac{25}{35}\right)^{2,5} = 0,43$$

Prawdopodobieństwo podjęcia co najmniej jednej fałszywej decyzji w określonym przedziale czasu przez kandydata B wynosi

$$1 - \left(\frac{25}{35}\right)^{2,5} = 0,57.$$

Mimo, że obydwaj kandydaci popełnili przy podejmowaniu decyzji po 10 pomyłek, to jednak kandydat B wykazał mniejsze prawdopodobieństwo podjęcia co najmniej jednej fałszywej decyzji w określonym przedziale czasu. Wynika stąd, że liczba okresów bez fałszywej decyzji u kandydata B jest większa, aniżeli u kandydata A, dlatego też kierownikiem powinien zostać kandydat B. Przy badaniu prawdopodobieństwa podjęcia mylnej decyzji,każde pytanie traktowane jest równorzędnie z innymi. Dlatego, dobór pytań jest sprawą bardzo istotną i musi być przygotowany przez zespół wysoko kwalifikowanych specjalistów.

Pytania mogą być testowe lub składać się z symulowanych sytuacji wymagających podjęcia szybkiej i racjonalnej decyzji. Badania te mogą być zautomatyzowane i zakodowane do maszyn egzaminujących, sprzężonych z maszyną cyfrową. W wypadku testowania N kandydatów, obliczenia poszczególnych prawdopodobieństw można dokonać z użyciem EMC wg podanego w dalszej części algorytmu i odpowiadającego mu schematu blokowego.

Na podstawie wyżej opisanej metody przeprowadzono w Instytucie Organizacji i Ekonomiki Górnictwa Politechniki Śląskiej badania potencjału kierowniczego osób dozoru czterech kopalń węgla kamiennego. Dozór techniczny kopalni poddano egzaminom testowym z różnych dziedzin górnictwa w dwóch teapach. W pierwszym, sprawdzono wiadomości z zakresu techniki eksploatacji, w drugim z pozostałych zagadnień górniczych. Ponadto, przeprowadzono egzamin z języka obcego i poddano pracowników testom psychologicznym.

Obliczenia przeprowadzono na m.c. MKJ-25 w języku BASIC-MKJ na podstawie programu opracowanego w ww. Instytucie i załączonego do pracy. Dzięki otrzymanym wynikom można było na każdej z badanych kopalń wyłonić kadrę rezerwową, wskazać na osoby, które wymagają doszkolenia i na osoby, które nie powinny zajmować kierowniczych stanowisk.

Należy sądzić, że tego typu badania testowe będą w przyszłości coraz częściej stosowane i przyczynią się do właściwego doboru osób na kierownicze stanowiska. Na podstawie otrzymanych wyników można było wyłonić osoby, które mając predyspozycje kierownicze muszą koniecznie uakutalnić swoją wiedzę i osoby, na które warto zwrócić uwagę w przyszłości.

Stosując badania testowe osób należy mieć jednak pewność, że test jest ze wszech miar rzetelny, tzn., że pytania nie są ani zbyt trudne, ani zbyt łatwe, że ilość pytań jest prawidłowa itp. Aby mieć tę pewność należy przeprowadzić również weryfikację testu.

Algorytm obliczeń

1. Obliczenie wartości przeciętnej i wariancji

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{k=0}^{4} k \cdot n_k$$

$$S^2 = \frac{1}{n}\sum_{k=0}^{4} k^2 \cdot n_k - \bar{x}^2$$

2. Obliczenie różnicy R

$$S^2 - \bar{x} = R$$

a) gdy $R > 0$ - proces Poly'a,

b) gdy $R \leq 0$ - proces Poissona.

Ad 2. a) Proces Poly'a

Prawdopodobieństwo k fałszywych odpowiedzi w okresie t wynosi

$$Q_k(t) = \frac{v(v+1)\ldots(v+k-1)}{k!} \; \frac{t}{a+t} \; \frac{a}{a+t}^{v}$$

$$a = \frac{\bar{x}\,t}{S^2 - \bar{x}} \quad \text{i} \quad v = \frac{\bar{x}^2}{S^2 - \bar{x}}$$

Prawdopodobieństwo podjęcia co najmniej jednej fałszywej decyzji przez kandydata w określonym przedziale czasu wynosi

$$1 - Q_0(t) = 1 - \left(\frac{a}{a+t}\right)^{v} = P_{oi}.$$

Ad 2. b) Proces Poissona.

Prawdopodobieństwo k fałszywych odpowiedzi w okresie t wynosi

$$P_k(t) = \frac{(\Lambda t)^k}{k!} e^{-\Lambda t}$$

o nieznanym parametrze

$$\Lambda = \frac{\bar{x}}{t}$$

Prawdopodobieństwo podjęcia co najmniej jednej fałszywej decyzji w określonym czasie przez kandydata wynosi

$$1 - P_o(t) = 1 - \frac{(\Lambda \cdot t)^o}{0!} e^{- t} = 1 - e^{-\Lambda t} = P_{oi}.$$

3. Jeśli mamy ilość N kandydatów, to obliczając kolejno P_{O1}, P_{O2}, P_{Oi}, ..., P_{ON}, uzyskujemy ciąg wartości

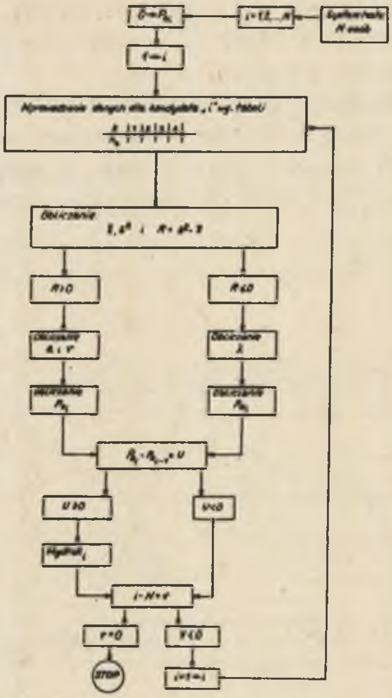
$$\min \left\{P_{O1}, P_{O2}, \ldots, P_{ON}\right\} = P_{Ol}$$

l - jest indeksem kandydata najbardziej odpowiedniego na określone stanowisko.

```
10 PRINT "PROGRAM OCENY KADR"
11 PRINT "ILOŚĆ PRACOWNIKÓW"
12 INPUT C
13 FOR E=1 TO C
30 INPUT D
35 DIM P(20)
40 DIM N(11,5)
60 LET N=10
70 LET T=10
80 LET K=4
90 PRINT "ILOŚĆ PRZEDMIOTÓW"
100 FOR I=1 TO W
110 FOR J=0 TO K
130 INPUT N(I,J+1)
140 NEXT J
150 NEXT I
160 FOR I=1 TO W
165 GOSUB 500
170 LET P(I)=P
180 NEXT I
190 FOR J=0 TO K
200 LET B=0
```

```
210 FOR I=1 TO W
220 LET B=N(I,J+1)+B
230 NEXT I
240 LET N(1,J+1)=B
250 NEXT J
260 LET N=20
270 LET I=1
280 GOSUB 500
290 LET A=P
295 PRINT "NR PRACOWNIKA" D""
300 FOR I=1 TO W
310 PRINT "P"I="P(I)""
320 NEXT I
330 PRINT OGÓLNE PRAWDOPODOBIEŃSTWO="A""
335 NEXT E
340 GOTO 690
500 LET B=0
510 FOR J=" TO K
520 LET B=J N(I,J+1)+B
530 NEXT J
540 LET X=1/N B
550 LET B="
560 FOR J=" TO K
570 LET B=J N(I,J+1)+B
580 NEXT J
590 LET S=1/N B-X 2
600 LET R=SćX
610 IF R O THEN 650
620 LET Q=EXP (-Q  T)
630 LET Q=X/ T
640 RETURN
650 LET A=A T/ (S-X)
660 LET V=X 2/ (S-X)
670 LET P=A (A+T) /V
680 RETURN
690 END
```

Tablica 1



WERYFIKACJA TESTÓW

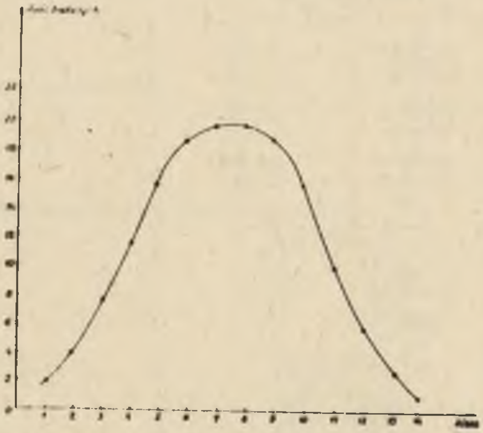
Podstawą prawidłowego badania kadry kierowniczej przy pomocy testów jest ich funkcjonalność. Aby ta cecha była spełniona należałoby po każdym egzaminie, na podstawie metod statystycznych, przeprowadzić weryfikację testu. Trzeba rozpatrzyć następujące zagadnienia:

a. Naturalny rozrzut wyników.
b. Rzetelność testu (wg metody Kudera-Richardsona).
c. Korelację wewnętrzną testu.
d. Rzetelność wewnętrzną testu (wg metody Spearmena-Browna).
e. Współczynnik trudności poszczególnych pytań.
f. Moce dyskryminujące poszczególnych pytań.

Metodę tę można przedstawić na przykładzie opartym na podstawie badania potencjału kierowniczego KWK. Wzięto pod uwagę badaną kadrę kierowniczą trzech kopalń, łącznie 156 osób. Dla badań statystycznych jest to trochę zbyt mała ilość osób, ale nawet na podstawie tej ilości można przedstawić zagadnienie.

Wybrana kadra kierownicza została poddana testom egzaminacyjnym, na które złożyły się dwa przedmioty, a to "Eksploatacja" i "Pozostałe zagadnienia górnicze". Na każdy z przedmiotów składało się po 40 pytań testowych.

Dane empiryczne opracowuje się w następujący sposób: obliczamy ilość osób, które rozwiązały określoną ilość zadań dokonujemy podziału badanej populacji na klasy wg następującego kryterium:
Od liczby wyrażającej maksymalną ilość poprawnie rozwiązanych zadań odejmujemy liczbę wyrażającą minimalną ilość rozwiązanych zadań, do różnicy tej dodajemy 1 i otrzymany wynik dzielimy przez 2, przez liczbę 2 dzielimy w tym celu, aby łączna ilość klas K spełniała warunek $10 \leq K \leq 20$).



Rys. 1

Ilosc poprawnie rozwiązanych zadań oraz podział osób egzaminowanych na klasy podano w tablicy 2. Na podstawie danych zawartych w tablicy 3 można stwierdzić, że naturalny rozrzut wyników zbliżony jest do krzywej Gaussa, co ilustruje rys. 1.

Dla zbadania rzetelności testu posłużymy się metodą Kudera-Richardsona. Rzetelność tę boliczamy wg wzoru

$$R_{tt} = \frac{K}{K - 1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{K} p_i q_i}{\sigma_x^2}\right), \qquad (1)$$

gdzie:

K - liczba zadań w teście,

p_i - stosunek ilości egzaminowanych, którzy rozwiązali poprawnie i-te zadanie do ogólnej ilości egzaminowanych,

q_i - $1 - p_i$,

σ_x^2 - wariancja.

W naszym przypadku:

$$k = 80 \quad \sum_{i=1}^{80} p_i q_i = 5.5902, \qquad \sigma_x^2 = 39.93$$

zatem

$$R_{tt} = \frac{80}{79}\left(1 - \frac{5.5902}{39.93}\right) = 0.8708.$$

Opracowano tabelę współczynników rzetelności, na podstawie której można określić dla danej liczby zadań w teście wielkość rzetelności. Na podstawie tabl. 4 stwierdzamy że dla osiemdziesięciu zadań w teście, współczynnik rzetelności ≈ 0,87 oznacza średnią rzetelność.

Tablica 2

a	0,45	0,45-0,6	0,6-0,75	0,75-0,9	0,9
	1	2	3	4	5
b	0-0,3	0,3-0,5	0,5-0,65	0,65-0,8	0,8
	1	2	3	4	5
c	0-0,4	0,4-0,6	0,6-0,75	0,75-0,9	0,9
	1	2	3	4	5
d	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,75	0,75
	1	2	3	4	5
e	0-0,4	0,4-0,7	0,7-0,85	0,85-0,9	0,9
	1	2	3	4	5
f	0-0,3	0,3-0,4	0,4-0,65	0,65-0,85	0,85
	1	2	3	4	5
g	0-0,4	0,4-0,5	0,5-0,75	0,75-0,8	0,9
	1	2	3	4	5
h	0-0,3	0,3-0,45	0,45-0,65	0,65-0,8	0,8
	1	2	3	4	5
i	0-0,45	0,45-0,6	0,6-0,75	0,75-0,9	0,9
	1	2	3	4	5

W celu wydłużenia testu i tym samym zwiększenia jego rzetelności posłużymy się wynikami Spearmena-Browna. Wzór Spearmena-Browna na rzetelność R_{nn} testu n razy wydłużonego ma postać

$$R_{nn} = \frac{R_{11}}{1 + (n-1)\, R_{11}} \cdot n, \qquad (2)$$

gdzie:

R_{11} - rzetelność testu wyjściowego,

n - stosunek liczby zadań w nowym teście do liczby zadań w tescie wyjściowym.

Tablica 3

Ilość zadań poprawnie rozwiązanych	Ilość osób		Klasa
		Razem	
32 33	1 2	2	1
34 35	1 3	4	1
36 37	5 3	8	3
38 39	9 3	12	4
40 41	9 7	16	5
42 43	19 10	19	6
44 45	8 12	20	7
46 47	4 16	20	8
48 49	7 12	19	9
50 51	4 12	16	10
52 53	3 7	10	11
54 55	1 5	6	12
56 57	1 2	3	13
58 59	1 0	1	14

Tablica 4

Liczba zadań	Współczynnik rzetelności R_{tt}		
	test mało rzetelny	test średnio rzetelny	test bardziej rzetelny
20	0,57	0,67	0,82
30	0,63	0,75	0,87
40	0,70	0,80	0,90
50	0,74	0,83	0,92
75	0,81	0,88	0,95
100	0,85	0,91	0,96
150	0,90	0,94	0,96

Test chcemy wydłużyć tak dalece, aby uzyskać dobrą rzetelność równą 0,9. Niech x oznacza ilość zadań w teście wydłużonym. Przyjmując we wzorze (2) $R_{nn} = 0{,}9$, $n = \frac{x}{80}$, $R_{11} = 0{,}87$, otrzymujemy:

$$0{,}9 = \frac{0{,}87}{1 + (\frac{x}{80} - 1)\, 0{,}87} \cdot \frac{x}{80}.$$

Skąd

$$x = 100.$$

Widać więc, że dla otrzymania rzetelności $R_{tt} = 0{,}9$ test należy wzbogacić co najmniej o 20 nowych zadań.

Zbadamy z kolei rzetelność wewnętrzną testu, korzystając z następującego wzoru Spearmena-Browna:

$$R_w = \frac{2R}{1 + R}, \tag{3}$$

gdzie:

R_w - współczynnik rzetelności wewnętrznej testu,

R - współczynnik między połówkami testu.

Współczynnik korelacji R oblicza się wg następującego wzoru Pearsona:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{N} \bar{X}_i \bar{Y}_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} \bar{X}_i^2 \sum_{i=1}^{N} \bar{Y}_i^2}}, \tag{4}$$

gdzie $\bar{X}_i$, $\bar{Y}_i$ są odpowiednimi odchyleniami od średniej, obliczone w ten sposób, że do pierwszej połowy testu zalicza się wszystkie zadania np. z techniki eksploatacji, a do drugiej z pozostałych zagadnień górniczych. Na podstawie tabl. 2, dla N = 156, otrzymujemy:

$$\sum_{i=1}^{156} \bar{X}_i^2 = 2345; \qquad \sum_{i=1}^{156} \bar{Y}_i^2 = 2400; \qquad \sum_{i=1}^{156} \bar{X}_i \bar{Y}_i = 1043$$

Zatem wobec wzoru (4) mamy

$$R = \frac{1045}{\sqrt{2345 \cdot 2100}} \cong 0{,}47.$$

Między połówkami testu istnieje więc korelacja umiarkowana, zaś zależność jest istotna.

Przyjmując we wzorze (3) $R = 0{,}47$ mamy

$$R_w = \frac{2 \cdot 0{,}47}{1 + 0{,}47} = 0{,}6394.$$

Rzetelność wewnętrzna testu wynosi więc 0,64. Stąd wynika, że rozmieszczenie zadań w teście jest średnio rzetelne. O przydatności testu informują również współczynniki trudności poszczególnych zadań i moce dyskryminujące tych zadań. Współczynnik trudności j-tego zadania obliczamy następująco:

$$T_j = \frac{N_i}{N}, \tag{5}$$

gdzie:

N - ogólna ilość badanych,

N_i - ilość badanych, którzy poprawnie rozwiązali j-te zadanie.

Przyjmuje się następującą ocenę stopnia trudności zadań:

$0 \leqslant T_j < 0{,}2$ - zadanie bardzo trudne (BT)

$0{,}2 \leqslant T_j < 0{,}4$ - zadanie trudne (T)

$0{,}4 \leqslant T_j < 0{,}6$ - zadanie przeciętne (P)

$0{,}6 \leqslant T_j < 0{,}8$ - zadanie łatwe (Ł)

$0{,}8 \leqslant T_j < 1$ - zadanie bardzo łatwe (BŁ)

Zwykle w tesatach dobiera się zadania w ten sposób, aby współczynnik ich trudności spełniały warunek:

$$0{,}4\ (+0{,}1) \leqslant T_j \leqslant 0{,}7\ (+0{,}1) \tag{6}$$

Oceny poszczególnych zadań podano w tablicy 5.

Z tablicy 5 wynika, że należałoby zmienić treść zadań 12, 18, 27, 29, 33, 52, 76, 79, 58, gdyż ich współczynniki trudności nie spełniają warunku (6). Zbadamy z kolei moc dyskryminującą trafność, która pozwala wnioskować na ile dane zadanie (tj. jego treść) różnicuje badaną populację.

Moc dyskryminującą R_d obliczamy wg wzoru:

$$R_d = (A_i - B_i) : \frac{N}{2},$$

gdzie:

A_i - ilość poprawnych rozwiązań i-tego zadania w lepszej połowie egzaminowanych,

B_i - ilość poprawnych rozwiązań i-tego zadania w gorszej połowie,

N - ilość wszystkich egzaminowanych.

Tablica 5

Numer zadania	Ilość poprawnych odpowiedzi	Współczynnik trudności	Ocena j-tego zadania	Numer zadania	Ilość poprawnych odpowiedzi	Współczynnik trudności	Ocena j-tego zadania
1	61	0,39	T	41	109	0,69	ł
2	67	0,43	P	42	121	0,77	ł
3	106	0,68	ł	43	122	0,78	ł
3	99	0,69	ł	44	118	0,75	ł
5	97	0,62	ł	45	122	0,78	ł
6	68	0,43	P	46	85	0,54	P
7	77	0,49	P	47	83	0,53	P
8	93	0,59	P	48	119	0,76	ł
9	109	0,69	ł	49	118	0,75	ł
10	76	0,48	P	50	70	0,44	P
111	109	0,69	ł	51	155	0,73	ł
12	136	0,87	Bł	52	126	0,80	Bł
13	77	0,49	P	53	116	0,74	ł
14	43	0,27	T	54	76	0,48	P
15	66	0,42	P	55	102	0,65	ł
16	94	0,60	ł	56	107	0,68	ł
17	79	0,50	P	57	57	0,36	T
18	28	0,17	BT	58	8	0,05	BT
19	92	0,58	P	59	115	0,73	ł
20	91	0,58	P	60	109	0,69	ł
21	92	0,58	P	61	115	0,73	ł
22	77	0,49	P	62	47	0,30	T
23	68	0,43	P	63	119	0,76	T
24	97	0,62	ł	64	76	0,48	P
25	115	0,73	ł	65	116	0,74	ł
26	119	0,76	ł	66	115	0,73	ł
27	141	0,90	Bł	67	104	0,66	ł
28	55	0,35	T	68	84	0,53	P
29	152	0,97	Bł	69	92	0,58	P
30	101	0,64	ł	70	39	0,25	T
31	97	0,62	ł	71	103	0,66	ł
32	98	0,62	ł	72	100	0,64	ł
33	133	0,85	Bł	73	120	0,76	ł
34	102	0,65	ł	74	118	0,75	ł
35	86	0,55	P	75	38	0,24	T
36	106	0,67	ł	76	152	0,97	Bł
37	102	0,65	ł	77	114	0,73	ł
38	84	0,53	P	78	32	0,20	T
39	55	0,35	T	79	19	0,12	BT
40	44	0,28	T	80	118	0,75	ł

Tablica 6

Numer zadania	Moc dyskryminująca R_d	Numer zadania	Moc dyskryminująca R_d
1	0,3761	41	0,0946
2	0,2507	42	0,2291
3	0,2897	43	0,2506
4	0,3125	44	0,2439
5	0,4317	45	0,2398
6	0,2442	46	0,2900
7	0,3014	47	0,2579
8	0,2962	48	0,4238
9	0,3617	49	0,3573
10	0,2193	50	0,3239
11	0,2479	51	0,2387
12	0,0932	52	0,2471
13	0,2821	53	0,3502
14	0,3279	54	0,3163
15	0,2098	55	0,3327
16	0,2777	56	0,2873
17	0,2905	57	0,2558
18	0,2739	58	0,3762
19	0,3178	59	0,3509
20	0,2164	60	0,2374
21	0,2913	61	0,2861
22	0,3409	62	0,2850
23	0,4402	63	0,3247
24	0,3731	64	0,2991
25	0,2575	65	0,3872
26	0,2821	66	0,3507
27	0,1907	67	0,4016
28	0,2120	68	0,4249
29	0,0771	69	0,3873
30	0,2917	70	0,3482
31	0,3362	71	0,4576
32	0,2736	72	0,2117
33	0,2094	73	0,2850
34	0,3167	74	0,2632
35	0,3876	75	0,3179
36	0,2379	76	0,1693
37	0,2438	77	0,2558
38	0,2115	78	0,4676
39	0,2746	79	0,0672
40	0,2907	80	0,2235

Moce dyskryminujące poszczególnych zadań przykładowego testu podano w tablicy 6.
Na ogół przyjmuje się, że moc dyskryminująca R_d winna spełniać warunek:

$$R_d \geqslant 0,2. \tag{7}$$

Z tablicy 5 wynika, że zadania 12, 27, 29, 41, 76 i 79 nie spełniają warunku (7). Po porównaniu wniosków wynikających z warunków (6) i (7) można określić zadania, które koniecznie należy zmienić w badanym teście. Są to pytania 12, 27, 29, 76 i 79. Uwzględniwszy wyżej podane poprawki, jak wydłużenie testu i zmianę niektórych pytań na nowe, otrzymamy test, który będzie dobrym narzędziem do wyłaniania kadry kierowniczej.

ПОДБОР КАНДИДАТОВ НА РУКОВОДИТЕЛЬНЫЕ ДОЛЖНОСТИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Р е з ю м е

В статье подано способ объективного подбора на руководительные должности при помощи анализа вероятности как и алгоритм этих расчетов и тоже проверку тестов вероятности по их функциональности.

Совершено тоже и обсуждено примеры применения предложенного метода.

SELECTION OF CANDIDATES FOR MANAGERIAL FUNCTIONS IN THE COAL MINES

S u m m a r y

In the paper the method of people selection for managerial functions with the help of calculus of probability and algorith of these calculations and verification of probability tests with regard to their functionality has been given.

Some examples for applying of the method habe been accomplished and discussed.