

BIBLIOTEKA
2
Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

POLSKA
RZECZYPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

58397

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 16.VI.1966 (P 115 157)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 30.X.1969

Kl. 42 m⁴, 7/52

MKP G 06 g 7/52

UKD 681.335.13-
-501.72:519.2

Twórca wynalazku: inż. Kazimierz Piądlowski
Właściciel patentu: Centralny Urząd Jakości i Miar, Warszawa (Polska)

Urządzenie elektryczne do obliczania parametrów zmiennej losowej ze zbioru danych o niewielkiej liczności, zwłaszcza wyników pomiarów

1 Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do obliczania parametrów zmiennej losowej ze zbiorów danych o niewielkiej liczności, zwłaszcza wyników pomiarów.

Doświadczalne prace badawcze, prowadzone w celach naukowych lub przemysłowych, wymagają przeprowadzania znacznej ilości pomiarów w seriach o niewielkiej liczności. Analiza statystyczna takich serii jest pracochłonna.

Analizę statystyczną rozumie się tu jako proces ujawniania informacji, jakie zawiera przypadkowy zbiór danych dotyczący określonego przedmiotu fizycznego lub zjawiska, kiedy te informacje nie są oczywiste w pierwotnej postaci takiego zbioru. Informacje te są parametrami statystycznymi zmiennej losowej, której ten zbiór podlega. Taką zmienną losową opisuje funkcja rozkładu prawdopodobieństwa, która jest tak zbudowana, że dla każdej wartości elementu zbioru, przyporządkowane jest prawdopodobieństwo zdarzenia się tej wartości. Funkcja ta może być znana mniej lub bardziej dokładnie, a często może być wywnioskowana z posiadanego zbioru danych.

Zbiór danych może być całkowity, lub może stanowić przypadkowo wybraną część zbioru całkowitego. Taka część zbioru nazywa się wtedy próbą zbioru całkowitego.

Najczęściej obliczanymi parametrami statystycznymi są, tzw. „wartość oczekiwana”, obliczana jako średnia arytmetyczna z wartości poszczególnych

2 elementów zbioru oraz tzw. „odchylenie standardowe”, obliczane jako średnia kwadratowa odchyleń poszczególnych wartości elementów zbioru od wartości oczekiwanej. To ostatnie używane jest jako miara rozproszenia wartości elementów zbioru.

Wyznaczanie parametrów statystycznych całego zbioru na podstawie parametrów obliczonych z próby nazywa się wnioskowaniem statystycznym. Przy takim wnioskowaniu wymaga się oceny wiarygodności parametrów uzyskanych z próby. Do tego bardzo przydatna jest znajomość jeszcze innych parametrów statystycznych, między innymi określających rodzaj i symetrię rozkładu zmiennej losowej. Wiadomo, na przykład, że rozkład prawdopodobieństwa dla liczb losowych za pomocą kostki do gry jest równomierny, co oznacza, że istnieją jednakowe prawdopodobieństwa wylosowania, dla każdej liczby zapisanej na ściankach tej kostki. Wartość średnia takiego zbioru istnieje tylko fikcyjnie, gdyż leży ona pomiędzy trójką i czwórką, a takiej liczby nie ma na żadnej ściance kostki.

Jeżeli natomiast obliczyć wartość średnią wzrostu wszystkich mieszkańców, na przykład, pewnego miasta, to nie jest wykluczone, że wśród nich znajduje się taki, którego wzrost ściśle odpowiada tej średniej. Ponadto jest wyczuwalne, bez obliczeń, że prawdopodobieństwo spotkania na tym terenie, mieszkańca o wzroście zbliżonym do przeciętnego

jest większe niż prawdopodobieństwo spotkania najwyższego, lub najniższego. W takim przypadku rozkład prawdopodobieństwa nie jest równomier-
ny, posiada wyraźne maksimum w okolicy war-
tości średniej i znajomość tej średniej ma większe
praktyczne znaczenie niż w poprzednim przykła-
dzie. Rozkład taki jest znany jako rozkład nor-
malny. Może jednak zdarzyć się inaczej, gdy weź-
miemy próbę wzrostu z gromady dzieci znajdują-
cych się pod opieką ludzi starszych. Średnia wzięta
z takiego zbioru nie reprezentuje ani wzrostu
dziecka ani też wzrostu osoby starszej i takiej
średniej nie można praktycznie wykorzystać, bo
rozkład jest inny.

Dla rozróżnienia tych przypadków, istotna jest
znajomość rodzaju rozkładu. Rodzaj rozkładu moż-
na zbadać poprzez podzielenie zbioru na grupy
elementów o zbliżonej wartości. Ustawienie tych
grup kolejno według wartości, którą one repre-
zentują, w postaci słupków o wysokości odpo-
wiedniej do liczebności każdej grupy, utworzy tzw.
„histogram”, który pozwoli na odczytanie infor-
macji o rodzaju rozkładu badanej wielkości. Ułoże-
nie jednak histogramu dla niewielkiego zbioru da-
nych jest często utrudnione z uwagi na małą liczbę
tych danych.

W takich przypadkach można obliczyć pewne
współczynniki jak, na przykład, iloraz tzw. mo-
mentu statycznego i momentu dynamicznego dla
zbioru odchyleń od średniej. Iloraz taki wskazuje
na pewne ukształtowanie postaci geometrycznej,
poszukiwanej funkcji rozkładu prawdopodobień-
stwa. Iloraz ten jest również parametrem staty-
stycznym i może spełniać rolę współczynnika przy-
datnego do wnioskowania o rodzaju badanego roz-
kładu. Symetrię badanego rozkładu można określić
na podstawie ilorazu wartości średnich kwadra-
towych, wziętych osobno dla zbiorów wartości
położonych po przeciwnych stronach wartości śred-
niej.

Wiadomo z doświadczenia, że rodzaj i symetria
rozkładu z próby różni się od rodzaju i symetrii
rozkładu macierzystego. Zaobserwowano również,
że wartości średnie i odchylenia standardowe o-
trzymywane z próby i ze zbioru macierzystego róż-
nią się między sobą i te różnice są w pewnym
stopniu zależne od różnic obserwowanych w ro-
dzaju i symetrii rozkładu. Znajomość współczyn-
ników rodzaju i symetrii rozkładu może wpłynąć
na uściślenie wnioskowania statycznego o śred-
niej i odchyleniu standardowym, jeżeli rodzaj i
symetria rozkładu macierzystego jest znana, lub
może wpłynąć na rozpoznanie tych parametrów,
jeżeli nie były one znane.

W praktyce pobierania próby, obserwuje się po-
myłki znane jako „błędy grube”. Przypadek taki
zaistnieje, gdy do próby dołączy się przez po-
myłkę element pochodzący z innego zbioru, albo
też nastąpi błąd liczbowy w zapisie wielkości, jak
przesunięcie punktu dziesiętnego, lub przestawie-
nie cyfr. Takie pomyłki trudno jest wyeliminować,
gdyż w przypadkowym zbiorze nie widać tego w
sposób oczywisty. W większości takich przypad-
ków może pomóc znajomość współczynnika sym-
etrii rozkładu, który wyraźnie zależy od tego
zjawiska.

Znane są urządzenia zwane analizatorami staty-
stycznymi, tworzące histogram przez zliczanie wy-
ników pomiaru leżących w obszarze ustalonych
przedziałów, które stosuje się wyłącznie do obli-
czania zjawisk o dużej liczebności. Do analizowa-
nia zbiorów danych o niewielkiej liczebności, urzą-
dzenia te są całkowicie nieprzydatne, gdyż trud-
no jest ułożyć histogram z niewielkiej liczby da-
nych.

Znane są urządzenia zwane statystycznymi ana-
logowymi maszynami liczącymi lub korelatorami,
obliczające funkcję gęstości prawdopodobieństwa,
lub współczynniki korelacji wielu zmiennych,
zwłaszcza jako funkcję ciągłą. Tego rodzaju urzą-
dzenia mają linie opóźniające oraz układy mnożą-
ce i całkujące. Do analizy statystycznej zbioru da-
nych o niewielkiej liczebności nie nadają się, gdyż
posługują się dużym zbiorem danych i nie oblicza-
ją współczynników rodzaju i symetrii rozkładu
zmiennej losowej. Dotychczas nie spotyka się urzą-
dzeń analogowych, które umożliwiałyby analizę
statystyczną niewielkiego zbioru danych.

Wykorzystanie dużych maszyn cyfrowych do ana-
lizowania zbioru danych o niewielkiej liczebności
jest nie opłacalne ze względu na pracochłonny pro-
ces kodowania.

Najczęściej stosowaną praktycznie metodą obli-
czeniową, dla zbioru danych o niewielkiej liczeb-
ności, jest użycie takich pomocy jak suwak logaryt-
miczny i sumator, lub czterodziałaniowa maszyna
licząca. Złożoność obliczeń statystycznych polega-
jących na przemennych operacjach dodawania,
dzielenia, odejmowania, mnożenia, potęgowania itp.
następcza wiele trudności natury wykonawczej i
stwarza okazję do pomyłek liczbowych, trudnych
do wykrycia, gdyż wyniki takich obliczeń, z samej
natury, nie posiadają bilansu, a wykrycie pomy-
łek jest możliwe jedynie drogą powtórzenia całego
cyklu obliczeniowego.

Celem wynalazku jest budowa urządzenia do
obliczania parametrów zmiennej losowej ze zbioru
danych o niewielkiej liczebności, zwłaszcza wyników
pomiarów.

Według wynalazku cel ten osiągnięto przez skon-
struowanie urządzenia, które ma blok wejściowy,
do wyjścia którego dołączony jest blok uśrednia-
nia bezwzględnego oraz blok uśredniania w kwa-
dracie i rozdzielnic, przy czym wyjścia bloku uśred-
niania bezwzględnego i bloku uśredniania w kwa-
dracie dołączone są do bloku ilorazowego rodzaju
rozkładu, a do wyjść rozdzielacza dołączony jest
blok uśredniania w kwadracie części ujemnej i blok
uśredniania w kwadracie części dodatniej, przy
czym wyjścia tych bloków dołączone są do bloku
ilorazowego symetrii rozkładu.

Blok uśredniania w kwadracie, blok uśrednia-
nia w kwadracie części ujemnej i blok uśrednia-
nia w kwadracie części dodatniej składają się każ-
dy z szeregowego połączenia kwadratora z uśred-
niaczem i obwodem pierwiastkującym. Blok wej-
ściowy ma obwód uśredniania, pomiędzy którego
wejście i wyjście dołączony jest układ odejmowa-
nia dołączony swym wyjściem do rozdzielacza. Blok
uśredniania bezwzględnego ma układ zamiany war-
tości zwykłych na wartości bezwzględne połączony
szeregowo z uśredniaczem.

Wynalazek zostanie objaśniony na przykładzie wykonania przedstawionym na rysunku. Zbiór danych o niewielkiej liczebności, przedstawiający zmienną losową, którym może być seria powtarzalnych pomiarów lub wyniki pomiaru szeregu przedmiotów fizycznych należących do określonego zbioru, jest wprowadzony do bloku wejściowego 1 na wejście uśredniacza 14, który oblicza wartość średnią tego zbioru. Ta wartość średnia podawana jest na wyjście 16 oraz jest odejmowana w układzie odejmowania 15, od zbioru danych wprowadzonego na wejście urządzenia. Zbiór różnic z wyjścia układu odejmowania 15, doprowadzany jest do bloku 3 uśredniania bezwzględnego oraz bloku 4 uśredniania w kwadracie i rozdzielacza 2. Zbiór różnic jest uśredniany bezwzględnie w bloku 3 i uśredniany w kwadracie w bloku 4.

Wynik uśrednienia z bloku 4, stanowiący odchylenie standardowe, wyprowadzony jest na wyjście 18. Wyniki uśrednienia z bloku 3 i bloku 4 wprowadzone są oddzielnie do bloku ilorazowego 7 rodzaju rozkładu, gdzie oblicza się iloraz tych wyników, wyprowadzony na wyjście 17, stanowiący bezwymiarowy współczynnik o wielkości zależnej od rodzaju rozkładu. Ten sam zbiór różnic rozdzielony jest w rozdzielaczu 2 na zbiór różnic o wartości ujemnej i zbiór różnic o wartości dodatniej, które są następnie wprowadzone oddzielnie do bloku 5 uśredniania w kwadracie części ujemnej i bloku 6 uśredniania w kwadracie części dodatniej.

Wyniki tych uśrednień wprowadzane są do bloku ilorazowego 8 symetrii rozkładu, gdzie oblicza się iloraz tych wyników, wyprowadzony na wyjście 19, stanowiący bezwymiarowy współczynnik o wielkości zależnej od symetrii rozkładu. Blok 3 zawiera układ 12 przetwarzający liczby zwykłe na liczby bezwzględne. Obwód elektryczny tego układu rozwiązany jest w sposób konwencjonalny, na przykład przy pomocy diod półprzewodnikowych. Układ ten dołączony jest szeregowo do uśredniacza 13 zbudowanego na obwodzie sumatora prądowego, gdzie wartość wyjściowa jest odwrotnie proporcjonalna do liczby wprowadzonych danych, na przykład przez dostosowanie oporności wyjściowej sumatora do tej liczby.

Bloki 4, 5 i 6 zbudowane są jednakowo i każdy z nich zawiera połączenie szeregowo kwadratora 9 z uśredniaczem 10 i obwodem pierwiastkującym 11. Kwadrator 9 z uśredniaczem 10 i obwodem pierwiastkującym 11 zbudowane są w sposób konwencjonalny na przykład przy pomocy obwodów kształtujących charakterystykę elektryczną oporności, napięcia lub prądu. Uśredniacz 10 zbudowany jest tak jak uśredniacz 13 z tym, że wartość wyjściowa jest odwrotnie proporcjonalna do liczby danych zmniejszonej o jeden.

Wartość średnia uzyskiwana na wyjściu 16 i odchylenie standardowe uzyskiwane na wyjściu 18, mogą być użyte do wnioskowania statystycznego

dotyczącego zbioru danych wprowadzonych na wejście urządzenia, a wyniki wyprowadzone z wyjść 17 i 19 bloków ilorazowych 7 i 8 zależne od rodzaju i symetrii rozkładu zmiennej losowej mogą być użyte do wnioskowania statystycznego dotyczącego wartości średniej i wartości odchylenia standardowego otrzymanego z tego zbioru danych.

Zbiór wyników otrzymywany z urządzenia według wynalazku może być dodatkowo przetworzony, drogą mnożenia przez znane współczynniki, dla otrzymania dodatkowych wyników, takich jak odchylenie standardowe wartości średniej, otrzymywane przez dzielenie odchylenia standardowego przez pierwiastek z liczby danych, lub granic przedziału dla zbioru danych losowych przy wybranych poziomach ufności według funkcji t Studenta.

Współczynniki rodzaju i symetrii rozkładu otrzymywane z urządzenia mogą być również użyte do wydzielania ze zbioru danych, tych danych, które nie należą do oczekiwanego zbioru, lecz zostały tam umieszczone przez pomyłkę co jest znane jako występowanie błędów grubych. Zbiór wyników otrzymywany z urządzenia według wynalazku może być zastosowany do automatycznego sterowania procesem, którego dotyczą dane wejściowe wprowadzone do urządzenia.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie elektryczne do obliczania parametrów zmiennej losowej ze zbioru danych o niewielkiej liczebności, zwłaszcza wyników pomiarów, **znamiennie tym**, że ma blok wejściowy (1), do wyjścia którego dołączony jest blok (3) uśredniania bezwzględnego oraz blok (4) uśredniania w kwadracie i rozdzielacz (2), przy czym wyjścia bloku (3) uśredniania bezwzględnego i bloku (4) uśredniania w kwadracie, dołączone są do bloku ilorazowego (7) rodzaju rozkładu, a do wyjść rozdzielacza (2) dołączony jest blok (5) uśredniania w kwadracie części ujemnej oraz blok (6) uśredniania w kwadracie części dodatniej, przy czym wyjścia tych bloków dołączone są do bloku ilorazowego (8) symetrii rozkładu.

2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że blok (4) uśredniania w kwadracie, blok (5) uśredniania w kwadracie części ujemnej i blok (6) uśredniania w kwadracie części dodatniej składają się każdy z szeregowego połączenia kwadratora (9) z uśredniaczem (10) i obwodem pierwiastkującym (11).

3. Urządzenie według zastrz. 1 i 2, **znamiennie tym**, że blok wejściowy (1) ma obwód uśredniania (14) pomiędzy którego wyjście i wyjście dołączony jest układ odejmowania (15), dołączony swym wyjściem do rozdzielacza (2).

