

10549

*Prof. Dr. K. Twardowski
przyjacieli*

10549

M. Ernst

O przypadkowości w przyrodzie



Odbitka z „WSZECHŚWIATA”

M. ERNST.

O przypadkowości
w przyrodzie.

1054g

Odbitka z „Wszechświata“

Prof. Dr. K. Twardowski

H-117446

WARSZAWA.

Druk Warsz. Tow. Akc. S. Orgelbranda Synów.

1902

<http://rcin.org.pl>

10549



Дозволено Цензурою.

Варшава, 14 сентября 1902 года.

PAN 10549



K
19.12.50
A. 880

<http://rcin.org.pl>

Przebieg jakiegoś zjawiska, które od innego zjawiska znajduje się w zależności liczbowej, można, jak wiadomo, przedstawić w sposób graficzny zapomocą krzywej, odniesionej do układu prostokątnego spólrzędnych. Odległość każdego punktu od osi odciętych, czyli rzędna, daje nam miarę liczbową zjawiska zależnego, odpowiadającą mierze liczbowej zjawiska niezależnego, wyrażonej przez odciętą (abscysę) tegoż punktu. W ten sposób np. możemy przedstawić prawo Mariottea, wyrażające związek między ciśnieniem wywieranem na gaz a jego objętością. Zmiany objętości, zależne od ciśnienia, będą przedstawione przez hyperbolę równoboczną, której asymptoty są osiami spólrzędnych.

W ten sam sposób można przedstawić przebieg jakiegoś zjawiska w czasie, np. prędkości spadającego pionowo kamienia w każdym momencie czasu spadania. Krzywa szybkości będzie linią prostą, pochyloną względem osi odciętych.

Tego samego sposobu graficznego używać można do wyobrażania wyników statystycznych, odnoszących się czy to do pewnych własności przedmiotów, czy też dotyczących częstości występowania jakichś faktów. Można więc np. narysować krzywą, wyobrażającą liczbę ludzi żyjących, będących w różnym wieku, albo też krzywą częstości pożarów, przypadających w różnych dniach roku. W pierwszym przykładzie na osi odciętych obieramy równo odległe punkty, dające nam wiek człowieka, rzędna zaś, temu punktowi odpowiadająca, da nam liczbę ludzi w tym wieku będących, wyrażoną w jakichkolwiek jednościach; w drugim przykładzie punkty na osi odciętych oznaczają kolejne dni roku, rzędne zaś odpowiednie dają liczbę pożarów, w danym dniu zaszłych.

W najrozmaitszych dziedzinach badań przyrodniczych oraz statystycznych spotykamy się z krzywami, które co do

ogólnego przebiegu swego posiadają ogromne podobieństwo. Częstość, z jaką owe krzywe w dziedzinach całkiem odrębnych występują, mimowoli narzuca pytanie, czy niema jakichś ogólniejszych przyczyn, które sprowadzają ów kształt typowy. W artykule niniejszym mamy zamiar zastanowić się bliżej nad tem pytaniem oraz wziąć pod uwagę jeszcze niektóre kwestye, wiążące się ściśle z rozważanym przedmiotem.

Jeżeli w ciągu wielu lat obserwowano w jakiejś miejscowości temperaturę w każdym dniu, to, biorąc średnie ze wszystkich lat obserwacji dla każdego dnia roku, możemy skonstruować krzywą temperatury rocznej w owej miejscowości. Jestto krzywa tembardziej prawidłowa, im z dłuższego okresu obserwacji została wyprowadzona. Jeżeli weźmiemy pod uwagę półkulę północną, to przebieg owej krzywej jest wszędzie bardzo podobny. U nas wykazuje ona jedno minimum w styczniu, poczem podnosi się w górę, dosięga maximum w lipcu i spada aż do następnego minimum w styczniu. Krzywe temperatury rocznej w różnych miejscowościach oczywiście wykazują różnice, mianowicie co

do epok, w których przypada maximum i minimum, co do wartości rzędnych w różnych dniach, co do różnic między maximum a minimum i t. p., ale pod jednym względem zachowują podobieństwo: pomiędzy minimum a maximum upływa mniej czasu, aniżeli pomiędzy maximum a minimum, t. j. krzywe te nie są symetryczne. Podobne krzywe otrzymujemy na półkuli południowej z tą różnicą, że tam maximum przypada w styczniu, a minimum w lipcu.

W podobny sposób można przedstawić dzienny przebieg temperatury na podstawie obserwacji np. robionych co godzina lub też automatycznych notowań termografów. I tu dla oddzielnych dni i miejscowości spostrzeżemy różnice, które wszakże nie zacierają przebiegu typowego krzywych: minimum przypada około wschodu słońca, maximum około 3-ej po południu, poczem temperatura spada aż do następnego wschodu słońca. Tu podnoszenie trwa średnio tylko 9 godzin, spадanie zaś 15, a więc asymetrya krzywej i szybsze podnoszenie się występuje znacznie wybitniej.

Jedynym źródłem ciepła na ziemi, a więc i zmian temperatury, które tu

wchodzi w grę, jest słońce. Im silniej i dłużej słońce promieniuje, tem więcej ciepła otrzymujemy, i mogłoby się wydawać, że temperatura wzrasta równolegle ze zwiększaniem się promieniowania słonecznego. Promieniowanie słońca równa się zeru, gdy słońce znajduje się pod poziomem i rozpoczyna się z chwilą wschodu słońca; w miarę wznoszenia się słońca promieniowanie wzrasta i staje się największem, gdy słońce góruje, t. j. w południe; w miarę zniżania się słońca aż do zachodu promieniowanie w ten sam sposób się zmniejsza. A więc gdy nakreślimy sobie krzywą dzienną promieniowania słonecznego, będzie to krzywa zupełnie symetryczna z jednym maximum w południe.

Jak zmiany temperatury dziennej uważamy za skutek zmiennego promieniowania słońca w ciągu dnia, tak samo różnica temperatury w różnych częściach roku musi być uważana za wynik niejednakowej ilości ciepła, którą otrzymuje jakiś punkt ziemi od słońca w różnych dniach. Jak wiemy, skutkiem tego, że słońce zdaje się poruszać po kole nachylnem względem równika pod kątem $23\frac{1}{2}$ stopnia, znajduje się ono przez

pół roku na północ od równika, przez drugie pół roku na południe od niego, i odległość słońca od równika (zбочzenie) z każdym dniem się zmienia. Zależnie od tego znajduje się ono nad poziomem dłużej lub krócej i góruje w większej lub mniejszej wysokości nad poziomem. Wysokość górowania równa się sumie szerokości geograficznej i zбочzenia; ponieważ zбочzenie słońca zmienia się w granicach $+23\frac{1}{2}^{\circ}$ do $-23\frac{1}{2}^{\circ}$, więc wysokość górowania zmienia się w granicach 47° .

Jeżeli dla każdego dnia oznaczymy ilość ciepła otrzymywanego od słońca, to oczywiście najmniej ciepła daje nam słońce, gdy bawi nad poziomem najkrócej i góruje najniżej, t. j. w pierwszym dniu zimy; w najdłuższym dniu, w którym też słońce w południe ma największą wysokość roczną, ilość otrzymywanego ciepła jest największa. Krzywa roczna promieniowania słonecznego jest zupełnie prawidłową, wznosi się od minimum, przypadającego w dniu 22 grudnia statecznie do maximum w d. 22 czerwca, i spada analogicznie do drugiego minimum 22 grudnia. Krzywa ta nie jest zupełnie symetryczna, a to z powo-

du niejednostajnego ruchu słońca po ekliptyce, skutkiem eliptycznego kształtu drogi ziemskiej oraz wynikającej z tego kształtu drogi niejednakowej odległości słońca od ziemi. Ale biorąc pod uwagę tylko zależność promieniowania od wysokości słońca nad poziomem, krzywą promieniowania rocznego możemy uważać za symetryczną.

Kreśląc obok siebie krzywą temperatury w ciągu dnia i krzywą promieniowania słonecznego dla tegoż dnia, spostrzeżemy dwie wybitne różnice: po pierwsze, co już zaznaczyliśmy wyżej, pierwsza jest asymetryczną i podnoszenie się temperatury jest szybsze niż opadanie, druga zaś jest symetryczną; powtóre, maximum krzywej temperatury względem krzywej promieniowania jest spóźnione. Te same różnice wykazują krzywa temperatury rocznej i krzywa promieniowania rocznego.

Trzymając się założenia, że decydującym czynnikiem, warunkującym wysokość temperatury, jest promieniowanie słoneczne, musielibyśmy się spodziewać, że przebieg krzywych temperatury i krzywych promieniowania będzie równoległy o tyle, że maxima i minima przy-

padać będą jednocześnie, i że symetria zostanie zachowana; poza tem krzywa temperatury mogłaby się znacznie różnić od krzywej promieniowania, a to w zależności od postaci funkcji, która wyraża związek między promieniowaniem a temperaturą. Tu zaznaczyć należy, że krzywa promieniowania nie jest identyczna z krzywą ilości ciepła otrzymywanej od słońca, albowiem wchodzi tu w grę czynniki, wpływające ujemnie na ilość otrzymywanego ciepła, jak np. chmury i t. p. Ale przypuszczając, że czynniki te mają charakter przypadkowy, t. j. że w średnich wynikach z dłuższych okresów czasu wpływ ich na różne punkty krzywej jest jednaki, zmieniłyby one tylko o ilość stałą wartość wszystkich rzędnych, a więc krzywa przebiegałaby pod idealną krzywą promieniowania równoległe do niej, ale symetria jej zostałaby zachowana. Zapatrywania na występowanie krzywych asymetrycznych, gdy zjawisko, które one wyobrażają, zależne jest od innego, przebiegającego symetrycznie, opierają się na zasadach teorii błędów spostrzeżeń.

Jeżeli mierzymy jakąś znaną niezmien-

ną wielkość, to w ogólności otrzymujemy szereg wyników odmiennych. W każdym z tych wyników tkwi jedna stała wielkość, mianowicie owa niezmienna wartość mierzonej wielkości, oraz błędy obserwacji (mierzenia). W ogólności te błędy mogą być systematyczne, t. j. wywołujące różnice między wartością prawdziwą a otrzymaną z mierzenia o pewnym określonym znaku, oraz przypadkowe. Te ostatnie mogą być zarówno dodatnie, jak i odjemne. Co do błędów owej drugiej kategorii, przyjmuje się, jako zasadę, że prawdopodobieństwo popełnienia błędu przypadkowego, dodatniego lub odjemnego tej samej wartości bezwzględnej, jest jednakowo duże. Wynika stąd, że jeżeli dodamy do siebie wyniki bardzo licznych pomiarów jednej jakiejś wielkości, to w sumie otrzymanej przypadkowe błędy dodatnie i odjemne wzajemnie się zniosą, t. j. suma ta błędów przypadkowych zawierać już nie będzie. Jeżeli zaś podzielimy tę sumę przez liczbę pomiarów, t. j. utworzymy średnią arytmetyczną ze wszystkich wyników mierzenia, to średnia ta da nam wartość mierzonej wielkości, wolną od błędów przypadkowych.

Co dotyczy błędów systematycznych, to mogą one posiadać wartość stałą lub zmienną według jakiegoś prawa. W pierwszym przypadku każdy pomiar obarczony jest błędem systematycznym jednakowym, a więc błąd ten pozostanie w tych samych rozmiarach także w średnim wyniku. Ponieważ wynik średni jest już wolny od błędów przypadkowych, jak to wyżej powiedziano, więc, gdy od średniej odejmiemy znaną wartość mierzonej wielkości, to, jako resztę, otrzymamy wartość stałego błędu systematycznego. Jeżeli błąd systematyczny jest zmienny, to w średniej arytmetycznej błędy przypadkowe wprowadzie również się zniosą, ale różnica pomiędzy ową średnią a prawdziwą wartością daje nam tylko pewną przeciętną wartość błędu systematycznego, ale nie daje nam żadnego pojęcia o przebiegu jego zmienności. Dokładniejsze wskazówki pod tym względem daje nam znajomość t. zw. prawa błędów przypadkowych.

Wspomniane prawo błędów wyraża prawdopodobieństwo popełnienia błędu przypadkowego określonej wielkości, a więc wobec określonej liczby pomiarów pozwala przewidzieć, ile razy błąd

pewnej wielkości zostanie popełniony. Wyrażenie matematyczne prawa błędów jest $\varphi(\varepsilon) = Ae^{-\alpha^2\varepsilon^2}$, t. j. prawdopodobieństwo popełniania błędu wielkości $\pm \varepsilon$ (jednakowe dla błędów dodatnich i ujemnych) równa się $Ae^{-\alpha^2\varepsilon^2}$; w tem wyrażeniu e oznacza zasadę logarytmów naturalnych, zaś A i α są stałe, których wartość zależna jest od dokładności pomiarów. Jeżeli prawo to przedstawimy graficznie zapomocą krzywej, biorąc na osi odciętych różne wartości ε , a na odpowiednich rzędnych wartości prawdopodobieństwa $\varphi(\varepsilon)$, obliczone podług podanego wzoru, to otrzymamy krzywą symetryczną, asymptotycznie zbliżającą się do osi ε , z jednym maximum dla $\varepsilon = 0$.

Prawo błędów, wynikające z założeń teoretycznych, w dostatecznej mierze zgadza się z doświadczeniem. Liczne szeregi pomiarów, czynione w różnych czasach i okolicznościach, były używane jako materiału do zbadania, o ile matematyczne prawo błędów znajduje się w zgodzie z rzeczywistą częstością występowania błędów oznaczonej wielkości. Przeprowadzając statystykę różnej wielkości błędów, zawsze znajdowano liczby,

bardzo dobrze zgadzające się z liczbami obliczonymi według wzoru teoretycznego; a więc też, przedstawiając wyniki statystyki graficznie zapomocą krzywej, otrzymujemy dla błędów przypadkowych krzywą symetryczną z maximum przy $\epsilon = 0$.

Ten symetryczny rozkład względem osi rzędnych jednakowoż ma miejsce tylko w tym razie, gdy pomiary są wolne od błędów systematycznych. Jeżeli zaś w każdym pomiarze oprócz błędu przypadkowego tkwi jeszcze stały błąd systematyczny c , to cały błąd jest sumą błędu systematycznego i przypadkowego. Jeżeli cały błąd jest ϵ , to błąd przypadkowy jest $\epsilon - c$. W tym razie wartości $\varphi(\epsilon - c)$ podlegać będą symetrycznemu prawu błędów, otrzymamy krzywą symetryczną z maximum dla $\epsilon - c = 0$, czyli dla $\epsilon = c$. A więc gdy w pomiarach występuje stały błąd systematyczny, krzywa wyobrażająca ilości błędów różnej wielkości posiada taki sam kształt, jak w razie nieistnienia błędów systematycznych, ale jest przesunięta o wartość błędu systematycznego c od osi rzędnych, a więc i maximum jej znajduje się przy $\epsilon = c$.

Jeżeli statystyka błędów prowadzi do krzywej asymetrycznej, to należy wnioskować, że tkwi w tych błędach błąd systematyczny zmienny. Nie będziemy bliżej uzasadniali tego twierdzenia, gdyż zaprowadziłoby to nas zbyt daleko. Chcieliśmy tylko dać pojęcie o tem, w jaki sposób z punktu widzenia teorii błędów, zapatrywać się trzeba na krzywe symetryczne, przedstawiając statystykę błędów różnej wielkości.

Zasady teorii błędów znajdują częste zastosowanie w badaniach przyrodniczych, a podstawą tego zastosowania jest analogia. Jeżeli zjawisko jakieś jest wynikiem działania jednej jakiejś przyczyny, to gdy ta przyczyna jest stała, zjawisko to również nie będzie ulegało zmianom. Tak samo, gdy mierzymy jakąś wielkość zmienną, nie popełniając przytem błędów, musimy zawsze otrzymać, jako wynik pomiaru, ilość niezmienną. Jeżeli wartość mierzonej wielkości się zmienia (np. spółrządne planet), to i wynik mierzenia zmienia się tak samo, jak mierzona wielkość. Podobnie zmiany przyczyny zjawiska wywoływać będą zmiany w zjawisku, stosownie do związku, jaki istnieje

między przyczyną a zjawiskiem przez nią wywołanem. Jeżeli obok przyczyny zjawiska, na przebieg jego wpływają jeszcze okoliczności, mające charakter przypadkowy, to wpływ tych okoliczności na przebieg zjawiska będzie taki sam, jak wpływ błędów przypadkowych na wynik pomiaru, t. j. w średnim wyniku one się zniosą, i średnia krzywa, wyobrażająca przebieg zjawiska, będzie taką samą, jakgdyby owe okoliczności przypadkowe nie istniały, ale wchodziła w grę tylko główna przyczyna.

Dalsze analogie dotyczą błędów systematycznych. Wyobraźmy sobie, że przebieg przyczyny zjawiska wyraża się krzywą symetryczną i że zjawisko, przez tę przyczynę wywołane, znajduje się w takiej zależności od niej, że występuje ono tem wybitniej, im silniejszym jest działanie przyczyny. W tym przypadku, jeżeli, obok owej przyczyny, wchodzi w grę jeszcze tylko okoliczności przypadkowe, przebieg zjawiska musi się wyrazić również krzywą symetryczną, i maxima obu krzywych powinny sobie wzajemnie odpowiadać. W takiej zależności np. znajduje się natężenie promieniowania ciepła i temperatura ciała,

poddanego owemu promieniowaniu. Jeżeli jednakże druga z tych krzywych przesunięta jest względem pierwszej tak, że jej maximum przypada o c dalej, przyczem symetria zostaje nienaruszona, to przedstawia się nam przypadek analogiczny z tym, kiedy w pomiarach występuje stały błąd systematyczny. W badaniach przyrodniczych powiada się wtedy, że występuje jakiś stale w pewnym kierunku działający czynnik, który opóźnia lub wyprzedza (ten ostatni przypadek nie zdarza się) działanie przyczyny. Jeżeli zaś krzywa zjawiska przebiega przytem asymetrycznie, to wnioskuje się, że ów systematyczny czynnik jest zmienny.

Jeżeli naprzykład w ten sposób będziemy się zapatrywali na średnią krzywą temperatury dziennej, to wywnioskujemy, że, prócz promieniowania słonecznego, na przebieg jej wpływa jeszcze jakiś czynnik, którego działanie wzrasta w ciągu dnia. Oczywiście nie jest to koniecznie pojedynczy jakiś czynnik, może to być kombinacja całego szeregu czynników elementarnych, których wypadkowa sprawia zmiany w przebiegu i kształcie krzywej.

W istocie, różne czynniki tego rodzaju meteorologii wykryć się udało. Nie wchodzimy w to, o ile w przypadku krzywej temperatury czynniki te są w stanie kształt tej krzywej wyjaśnić. Chodziło nam o zaznaczenie, że badania tego rodzaju mają za punkt wyjścia zasady teorii błędów spostrzeżeń.

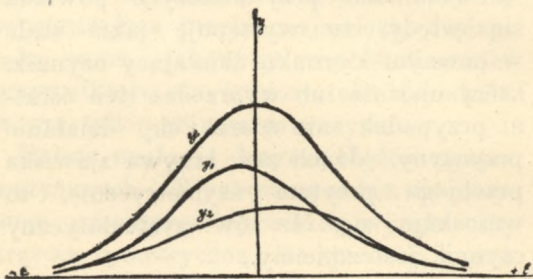


Fig. 1.

Ale zasady teorii błędów nie są należycie ugruntowane. Zasada średniej arytmetycznej, według której średnia arytmetyczna z szeregu pomiarów jest najprawdopodobniejszą wartością oznaczonej wielkości, nie jest ogólnie dowiedziona. Ponieważ jej za pewnik uważać nie można, więc ma ona charakter tylko hipotezy. Wprawdzie symetryczne pra-

wo błędów, wynikające z tej zasady, z doświadczeniem się zgadza, co można by uważać za poparcie trafności samej zasady, jednakowoż można się zapatrywać na tę sprawę także inaczej. Można sobie wyobrazić krzywą symetryczną jako wypadkową z dwu krzywych asymetrycznych, jak to przedstawia fig. 1. Jeżeli więc przypuścimy, że błędy obserwacyi składają się z błędów dwu kategorii, jednych, których liczby wyrażają się prawem, wyobrażonem przez krzywą y_1 , i drugich, podlegających prawu y_2 , to wszystkie błędy mimo to podlegać będą ^{metry}systematycznemu prawu y . Oczywiście takich krzywych asymetrycznych może być ilość jakakolwiek, a przecież wypadkowa może być krzywą symetryczną.

Czy możemy wobec tego powiedzieć, że wogóle okoliczności przypadkowe w przyrodzie podlegają prawu symetrycznemu? Nie wiemy, jak powstają błędy przypadkowe mierzenia, składa się na nie mnóstwo elementów fizycznych i psychicznych, działających i kombinujących się w nieuchwytny dla nas sposób. Być może, że prawo symetryczne, określające prawdopodobieństwo ich wy-

stępowania, uwarunkowane jest specjalnymi okolicznościami, w których błędy przypadkowe powstają, że w tych okolicznościach specjalnych oddzielne krzywe asymetryczne wytwarzają symetryczną wypadkową. W ogólności w przyrodzie te warunki mogą nie być spełnione, a wtedy możemy się spodziewać, że prawo, któremu podlegają okoliczności przypadkowe w przyrodzie, będzie innym, niż prawo błędów przypadkowych, że, być może, wyrażać się ono będzie funkcją asymetryczną.

Jeżeli tak jest w istocie, to zasady teorii błędów, stosowane bez zastrzeżeń w badaniach przyrodniczych, prowadzić mogą do błędnych całkiem poglądów. Dla ilustracyi weźmy jeden przykład z astronomii, mianowicie kwestyą ruchu układu słonecznego w przestrzeni.

Rozumuje się tak: Słońce jest taką gwiazdą jak wszystkie inne. Ponieważ wszystkie gwiazdy, obserwowane dostatecznie długo, ^{wykazują} posiadają pewien ruch własny, więc zapewne posiada go i słońce. W jaki sposób przekonać się o istnieniu tego ruchu? Wyobraźmy sobie, że tylko słońce zmienia miejsce w przestrzeni, wszystkie zaś inne gwiazdy są

nieruchome. Ponieważ poruszamy się w przestrzeni wraz ze słońcem, a ruchu tego nie czujemy, więc musiałoby się nam wydawać, że wszystkie punkty nieruchome, a więc wszystkie gwiazdy poruszają się w przeciwnym kierunku, podobnie jak w czasie jazdy kolejną wydaje się nam, że nie my zbliżamy się ku górą, lasom, budynkom, ale że góry, lasy i budynki biegną naprzeciw nam. A więc w tym przypadku wszystkie gwiazdy musiałyby posuwać się w jednym stałym kierunku z szybkością tem większą, im mniej są od nas odległe. W rzeczywistości gwiazdy posuwają się w różnych kierunkach, a kierunek i szybkość ruchu gwiazdy, którą obserwujemy, jest wypadkową z jej ruchu własnego i ruchu pozornego, zależnego od ruchu słońca. W każdym więc ruchu gwiazdy tkwi ruch słońca, i zadanie określenia ruchu słońca polega na tem, aby go z owych ruchów wypadkowych wydzielić. Jeżeli przypuścimy, że wszystkie kierunki ruchów własnych gwiazd są jednakowo prawdopodobne i że w ogólności każdej gwiazdzie z daną szybkością odpowiada gwiazda, mająca tę samą szybkość, ale kierunek przeciwny, to przedstawia się

nam zagadnienie zupełnie analogiczne z zagadnieniem, aby z szeregu pomiarów danej wielkości wyprowadzić wartość mierzonej wielkości. W tym przypadku wielkości mierzonej odpowiada tkwiący we wszystkich ruchach obserwowanych ruch słońca, ruchy zaś własne gwiazd odpowiadają błędom przypadkowym. Stosując zasady teorii błędu powiadamy, że gdy utworzymy sumę (wypadkową) ze wszystkich ruchów obserwowanych, to wszystkie ruchy własne się ~~zniosą~~^{zniosą}, a otrzymana suma będzie taką samą, jak gdyby gwiazdy wcale się nie poruszały. Kierunek owej wypadkowej określa nam wobec powyższych założeń kierunek ruchu słońca, a n —ta część wypadkowej, jeżeli było uwzględnionych n gwiazd, jest wielkością ruchu słońca, widzianą z odległości użytych do rachunku gwiazd.

Pomijając zasadnicze założenia, że ruchy gwiazd nie podlegają żadnym wspólnym prawom, t. j. przyjmując czystą przypadkowość w kierunkach i szybkościach tych ruchów, zauważyć trzeba, że ruchy własne w średniej tylko w tym razie się zniosą, jeżeli prawo owej przypadkowości będziemy uważali za

symetryczne, t. j. identyczne z prawem błędów przypadkowych. A czy ono takim jest w istocie, o tem nic nie wiemy, wiemy natomiast, że błędy przypadkowe pomiarów powstają w całkiem innych warunkach, aniżeli kierunki i szybkości biegu słońc we wszechświecie. Wystarczy przypuścić, że prawo przypadkowości w tym ostatnim razie jest asymetryczne, to ruchy własne w średniej arytmetycznej bynajmniej się nie zniosą, i otrzymamy dla ruchu słońca określony kierunek i szybkość nawet wtedy, gdy ono jest całkiem nieruchome. Nie powiadamy, aby wyniki żmudnych badań nad ruchem słońca w przestrzeni były wprost iluzorycznymi, ale nie możemy ich uważać za fakty naukowe tak długo, dopóki nie zostanie stwierdzone, że gdy w badaniach przyrodniczych przypadkowość występuje w postaci analogicznej, jak błędy przypadkowe w mierzeniu, można też same wyciągać wnioski, do jakich prowadzi teoria błędów przypadkowych.

Niestety, nic nam nie potwierdza, że tak jest, natomiast na każdym kroku spotykamy się z faktami, które zdają się mówić coś wręcz przeciwnego. Weź-

my znowu przykład z astronomii. Wielokrotne obserwacje gwiazd spadających doprowadziły między innymi do dwu wyników, dotyczących częstości ich ukazywania się. Po pierwsze, liczby średnie, otrzymane dla różnych dni roku, wykazują jedno minimum w lutym i jedno maximum w sierpniu, przyczem pomiędzy maximum a minimum upływa dłuższy okres czasu, niż od minimum do maximum. Po drugie, liczby średnie dla różnych godzin nocy wykazują stateczne wzrastanie do godziny 3-ej rano, poczem liczby zaczynają się zmniejszać; niewątpliwie istnieje i dla tych liczb minimum, ale nie można czasu jego określić, ponieważ przypada we dnie, gdy gwiazd spadających nie widzimy.

Okresy roczny i dzienny, wybitnie występujące w obfitości gwiazd spadających, musiały narzucić przypuszczenie, że istnieje związek pomiędzy liczbą ukazujących się meteorów a ruchami ziemi. Na czem polega ten związek, wykazał Schiaparelli. Jeżeli mianowicie przypuścimy, że wszystkie kierunki meteorów są jednakowo ^{ciężko} reprezentowane w tej części układu planetarnego, który przebiega ziemia, to liczba ukazujących się nam

gwiazd spadających zależy będzie od wysokości nad poziomem miejsca obserwacji punktu, ku któremu w danej chwili ziemia dąży, czyli t. zw. apeksu. Ów apeks znajduje się na ekliptyce w odległości 90° na zachód od słońca i góruje średnio na 6 godzin przed słońcem, t. j. około 6-ej rano. Roczna wysokość apeksu w chwili górowania waha się w tych samych granicach ($47''$) co i wysokość słońca i największą jest w pierwszym dniu lata, a najmniejszą w pierwszym dniu zimy.

Widzimy z powyższego, że liczba gwiazd spadających powinna się w zależności od wysokości apeksu zmieniać analogicznie jak np. promieniowanie w zależności od wysokości słońca, t. j. krzywa częstości spadania powinna być symetryczną, a maximum dzienne powinno przypadać w chwili górowania apeksu, maximum roczne w pierwszym dniu lata, minimum roczne w pierwszym dniu zimy. Tymczasem owe krzywe częstości są asymetryczne: w krzywej rocznej asymetria występuje wyraźnie w różnicach czasu, upływającego od minimum do maximum i od maximum do minimum, w krzywej zaś dziennej w tem,

że liczba meteorów obserwowanych po 3-ej rano zmniejsza się powolniej aniżeli wzrasta w godzinach przed 3-cią. Obie krzywe są podobne pod tym względem, że wznoszenie się ich odbywa się szybciej, aniżeli spadanie, jak to widzieliśmy też dla krzywych temperatury dziennej i rocznej. Jeszcze wybitniej, aniżeli asymetria, występuje w obu krzywych przesunięcie się maximum i minimum względem epok najmniejszej i największej wysokości apeksu. W krzywej dziennej maximum wyprzedza o 3 godziny chwilę górowania apeksu, w krzywej rocznej opóźnione jest, podobnie jak i minimum, o 2 miesiące względem maksymalnej wysokości rocznej górowania apeksu.

Zapatrując się na te fakty z punktu widzenia teorii błędów spostrzeżeń znowu musielibyśmy wnioskować, że istnieją jakieś czynniki zmienne, stale w jednym kierunku działające, które powodują asymetrią oraz przesuwają maxima krzywych. Ale, o ile wyszukanie czynników tego rodzaju dla objaśnienia krzywej temperatury może się wydać możliwem ~~do rozwiązania~~, w przypadku gwiazd spadających napróżno się oglądamy za hy-

potezami, któreby dało się jako tako uzasadnić. W tym przypadku pozostaje nam tylko pytanie, czy przypadkowość w przyrodzie w istocie podlega prawu symetrycznemu? Wiemy, że Schiaparelli, opierając się na danych statystycznych, był w stanie określić w przybliżeniu szybkość gwiazd spadających w przestrzeni, a dalej wysnuł całą swą wspaniałą teorią kometarnego pochodzenia gwiazd spadających. A przecież i względem tej teorii musielibyśmy wobec powyższego zapytania zachować sceptyczną rezerwę, jak względem wyników dotyczących ruchu słońca w przestrzeni, gdyby wiele innych faktów a posteriori nie utwierdzało nas w przekonaniu o słuszności poglądów Schiaparellego.

Oczywiście pojedyncze występowanie krzywych asymetrycznych nie dawałoby nam dostatecznej podstawy do snucia zbyt daleko idących wniosków, ale właśnie jest faktem, z którym się koniecznie liczyć musimy, że z krzywymi temi spotykamy się na każdym kroku w najróżnorodniejszych badaniach przyrodniczych i statystycznych. Wspomnijmy tylko o krzywej rocznej opadów, o krzywych wilgotności, o krzywej zmian elementów

magnetycznych, o krzywej zmian głębokości w czasie przypływów i odpływów i t. d., aż do krzywej plam słonecznych i krzywych zmienności gwiazd długookresowych. Nie chcemy mnożyć tych przykładów, których mnóstwo możnaby przytoczyć, na przykład z dziedziny statystyki społecznej i wielu innych dziedzin.

Aby rozstrzygnąć, czy krzywe te są wprost tylko wyrazem przypadkowości, czy też na wytworzenie ich wpływają czynniki systematyczne, analogiczne z błędami systematycznymi w pomiarach, nie wystarcza nawet wynalezienie takich hypotetycznych czynników, albowiem prawda jest tylko jedna a hipotez może być wiele. Trzeba do tego celu móżd dowolnie modyfikować wpływ owego czynnika i badać doświadczalnie wpływ owych zmian na kształt krzywej. Jeżeli zaś krzywa jest tylko wyrazem przypadkowości, w takim razie zmiany owego przypuszczalnego czynnika nie wywołają przewidzieć się dających zmian krzywej.

Tego rodzaju doświadczenia w większości przypadków nie dadzą się wykonać, ponieważ modyfikacja czynności nie

podlega naszej woli. Do doświadczeń takich, mojem zdaniem, mogłyby się nadawać krzywe asymetryczne, otrzymywane w biologii. Tak na przykład, gdy wysiejemy pewną ilość ziarn fasoli o równej długości, to w zbiorze otrzymuje się ziarna długości rozmaitej (można też zamiast równej długości wziąć równy ciężar i t. p. z tym samym wynikiem). Gdy wykonamy statystykę rozmaitej długości ziarn, t. j. obliczymy ilość ziarn różnych długości, począwszy od najkrótszych do najdłuższych, i wynik przedstawimy graficznie, to otrzymamy krzywą asymetryczną, podobną do tych, o których była mowa wyżej. Przyjmując istnienie czynnika, powodującego przewagę pewnych długości, wnioskujemy, że wpływ tego czynnika zmienia się zależnie od długości ziarna. Możemy więc wysiać z pierwszego zbioru ziarna najdłuższe i znowu wykonać statystykę drugiego zbioru, wysiać ponownie najdłuższe i t. d. Otóż, jeżeli w istocie taki czynnik istnieje, to można dowieść matematycznie, że po kilkakrotnem powtórzeniu operacji dojdziemy do granicy, t. j., że dłuższych ziarn, aniżeli pewna długość graniczna, już nie otrzymamy.

W tym przypadku na podstawie kilku zbiorów, można wyznaczyć matematyczne wyrażenie dla owego czynnika i na jego podstawie zgóry obliczyć wartość graniczną oraz czas, kiedy do niej dojdziemy, a nawet obliczyć prognozę dla każdej następnej krzywej. Jeżeli zaś asymetria takiej krzywej jest tylko wyrazem przypadkowości w występowaniu różnych długości, to owej określonej prawidłowości w zmianach kolejnych krzywej nie będzie. Nastęcza się tu więc możliwość rozwiązania tak ważnej kwestyi przynajmniej w tym specjalnym przypadku, a nie wątpię, że możliwe w tym przypadku zastosowanie matematyki do badania przemian w świecie roślinnym może się okazać pożytecznym do wyjaśnienia niektórych kwestyj czysto biologicznych. Dodać należy, że tego rodzaju badania robione już były (np. przez prof. Raciborskiego w Dublinach) i w istocie doprowadziły do stwierdzenia, że istnieją takie graniczne wartości; zresztą wiedzą o tem i hodowcy, że w kultywowaniu i powiększaniu pewnej cechy, czy to w świecie roślinnym, czy w zwierzęcym, istnieją granice. Jednakowoż w kwestyi nas zaj-

mującej wyniki te nie są decydujące, albowiem kulturę prowadzi się zawsze w warunkach, najbardziej celowi odpowiadających, które właśnie mogą stanowić ów czynnik systematyczny, sprowadzający asymetrię, a który w warunkach, jakie wytwarza przyroda sama, być może wcale nie występuje.

Jeżeli krzywe asymetryczne typu tak często spotykanego są wyrazem przypadkowości przyrodzonej, to rodzi się pytanie, co przez tę przypadkowość rozumieć należy, w jaki sposób ona powstaje. Wogóle określenie przypadku jest rzeczą nader trudną, albowiem nie dzieje się nic w przyrodzie, czegoby w razie dostatecznej znajomości przyrody i dostatecznych środków do kontrolowania zjawisk w niej zachodzących nie dało się zgóry przewidzieć. Nie ma w przyrodzie zjawisk izolowanych, a wszystko, co spotykamy, jest ogniwem długiego łańcucha zjawisk powiązanych ze sobą ściśle określoną kolejnością. Badania przyrodnicze doprowadziły nas do poznania owej kolejności w całym szeregu zjawisk częstszych i prostszych. Ale daleko więcej jest zjawisk takich, w których ta kolejność usuwa się z pod

kontroli, w których ta kolejność podlega wszelkim możliwym kombinacyom, powodując niezliczone ilości wypadkowych mniej lub bardziej różnych. Nieznajomość praw, według których owe kombinacje się zmieniają, praw, które być może, są wyrazem jakichś najistotniejszych cech naszej przyrody, zastępuje się w mowie ludzkiej wyrazem przypadkowość. Jeżeli więc mówimy o przypadkowości w przyrodzie, której wyrazem mają być pewne krzywe, to mamy na myśli uszeregowanie obok siebie owych wypadkowych, których różnice zależą od różnego ugrupowania składających się na nie zjawisk elementarnych.

Jeżeli taką wypadkową nazwiemy wprost zjawiskiem gromadnem, to powyższy wywód musimy streścić w słowach następujących: zjawiska gromadne danej kategorii podlegają zmienności wyrażającej się graficznie zapomocą krzywej asymetrycznej, która podnosi się szybciej aniżeli opada. W istocie wszystkie przykłady, które były przytoczone, można uważać za zjawisko gromadne w znaczeniu wyżej określonym.

W przeważnej większości przypadków powstawania oddzielnych elementów

krzywej zupełnie badać nie jesteśmy w stanie. Nie wiemy, co wytwarza pewną wielkość ziarna fasoli w strąku, albo asymetryę krzywej wzrostu rekrutów, powołanych do wojska w jednym czasie i z jednego okręgu. Łatwiej może byłoby wyjaśnić asymetryę krzywej procentów śmiertelności dla różnych lat życia ludzkiego, ponieważ warunki życia ludzkiego, zasadniczo rzecz biorąc, zbadać można. Zdaje mi się, że przykład następujący jest w stanie najlepiej wykazać związek, jaki zachodzi między zjawiskami gromadnymi a krzywymi asymetrycznymi.

Weźmy pod uwagę stosunek szerokości jakiegoś obrazu do jego długości. Format każdego pojedynczego obrazu możemy uważać za zjawisko masowe, ale widzimy zarazem na tym przykładzie, że w powstaniu tego zjawiska gromadnego niema nic przypadkowego. Malarz obiera sobie temat całkiem świadomie (na wybór tematu składać się mogą najrozmaitsze okoliczności, powiązane ze sobą jakimś logicznym węzłem), a format obrazowi nadaje taki, jaki, według jego zdania, dla przedstawienia tematu jest najodpowiedniejszym. Gdy

weźmiemy pod uwagę wszystkie obrazy, znajdujące się w jakiejś wielkiej galerii, to na każdy obraz w ten sam sposób zapatrywać się możemy. Wymierzmy dla każdego obrazu stosunek szerokości do długości, obliczmy ilość obrazów, dla których otrzymaliśmy ten sam stosunek; uszeregujmy te liczby według wzrastających stosunków i wreszcie wynik tej statystyki przedstawmy graficznie zapomocą krzywej, to otrzymamy znówu krzywą asymetryczną znanej postaci.

W tym przypadku widzimy wyraźnie, że każdy element tej krzywej jest wynikiem pewnej znanej kombinacji zjawisk gromadnych i zdajemy sobie tu dokładnie sprawę z tego, w jaki sposób taka krzywa powstaje. Powstawanie takich krzywych w innych przypadkach nie da się tak dokładnie podpatrzeć, ale możemy podejrzewać, że powstają one analogicznie, jako wyraz skombinowania zjawisk gromadnych.

Możemy iść jeszcze dalej, mianowicie wnikać głębiej w naturę i sposób powstawania zjawisk gromadnych, naturalnie w szczególnym przypadku, który przecież, być może, w gruncie rzeczy

daje obraz tego, jak powstają zjawiska gromadne wogóle.

Weźmy jakąś tablicę logarytmów i policzmy, ile razy na jakiejś stronie logarytmu kończy się dowolną jakąś cyfrą, na przykład zerem. Policzmy dalej dla każdej takiej liczby zer ilość stron, na których ona występuje, uszeregujmy te ilości stron według liczby zer i przedstawmy wynik tej statystyki graficznie, to znowu otrzymamy znaną nam krzywą asymetryczną. Każde zero na końcu logarytmu jest niewątpliwie zjawiskiem gromadnym, a więc postać krzywej zgadza się najzupełniej z tem, co o naturze tych krzywych sądzimy. Ale tu widzimy zarazem, jak zjawisko gromadne powstało. Każde zero na końcu logarytmu jest wynikiem całego szeregu ściśle określonych działań rachunkowych. Przy tych działaniach 10 cyfr kombinuje się w najrozmaitszy sposób ale żadna z tych kombinacyj nie jest dowolna, każda posiada swoje uzasadnienie logiczne. Dalej same wyniki są uszeregowane kolejno według wzrastających liczb, których logarytmy podają tablice. A więc w występowaniu zer na końcu logaryt-

mów niema nic przypadkowego i dowolnego.

Ten przykład popiera wyżej podane zapatrywanie na przypadkowość w przyrodzie, wyrażającą się w zjawiskach gromadnych. Podobnie jak kombinacja cyfr w działaniach rachunkowych jest koniecznym wynikiem wykonywanego działania, tak i kombinacje kolejności zjawisk, wytwarzających w wypadkowej zjawisko gromadne, są ściśle określone warunkami, w których powstają. Wiemy, w jaki sposób powstaje 0 na końcu logarytmu, ale nie jesteśmy w stanie zbadać wszystkich czynników, które wytworzyły wzrost człowieka, albo spowodowały określoną temperaturę powietrza atmosferycznego w danej chwili. Różnice są czysto subiektywne. Idąc dalej, możnaby jeszcze zapytać, czy owe warunki, czy wogóle przyroda nasza nie jest taką właśnie, że krzywe symetryczne określonego typu są w pewnych razach koniecznym wynikiem kombinacji zachodzących w niej zjawisk, że kombinacje inne, prowadzące do innej postaci krzywych są niemożliwe i sprzeczne z charakterem sił przyrody. A w takim razie i to nas nie powinno dziwić, że

krzywe takie spotykamy w dziedzinach, nie mających, zdaje się, nic wspólnego z siłami przyrody. Bo przecie i logika nasza i matematyka nasza tkwią w tej przyrodzie, a więc też wyniki rozumowań i rachunków ostatecznie prowadzić nas muszą tam, skąd wyszły, muszą w wynikach gromadnych prowadzić do krzywych, charakterystycznych dla całej przyrody.

Siły przyrody. jakiegokolwiek jest ich znaczenie i uogólnienie, objawiają się w formach tak rozlicznych, że małą mamy nadzieję, ażebyśmy je poznać i należycie zbadać mogli. Nie możemy też wobec tego szukać warunków, w jakich wspomniane kilkakrotnie kombinacje prowadziłyby musiały do krzywych symetrycznych. Nie wolno nam jednak zapominać, że reguła, dotycząca krzywych asymetrycznych, posiada wyjątek, a jest nim symetryczne prawo występowania błędów przypadkowych. Niewątpliwie błędy przypadkowe zaliczyć należy do kategorii zjawisk gromadnych i asymetria prawa błędów, pomimo wszelkich reguł prawdopodobieństwa, nie mogłaby nas dzisiaj dziwić, ale z faktem doświadczalnym liczyć się mu-

simy. Być może, że w istocie prawo błędów jest wypadkową praw asymetrycznych, ale dopóki tego udowodnić nie możemy, nie możemy reguły odwrócić, t. j. nie możemy powiedzieć, że zawsze, gdy w badaniach zjawisk gromadnych występują krzywe asymetryczne, są one wprost tylko wyrazem przypadkowości przyrodzonej. A więc nie możemy wprost pomijać tych wniosków, do których prowadzi zastosowanie względem tych krzywych teorii błędów. W wielu przypadkach niewątpliwie na tej drodze dojdziemy do wykrycia czynników, analogicznych ze zmiennymi błędami ^{systematycznymi} ~~systematycznymi~~, jak to wyżej wyjaśniliśmy. Wystarczy przytoczyć jako przykład krzywe temperatury.

Praktyczny wynik, jaki z tych rozważań wypływa jest ten, że gdy mamy do czynienia z krzywami asymetrycznymi, nie potrzebujemy się koniecznie upierać przy teorii błędów i szukać czynników, których, być może, wcale niema, lub stworzyć hipotezy dla objaśnienia rzeczy nie istniejących. Dalej, równoległy przebieg krzywych w zjawiskach peryodycznych niekoniecznie świadczy o związku wzajemnym takich zjawisk, ponieważ

jednakowa asymetria posiadać może głębsze źródło w samej istocie powstawania takich krzywych. Innym razem obszerniej zajmę się przypadkowością pewnych okresów, z których (często tylko pozornego) występowania w przebiegu najróżnorodniejszych zjawisk zbyt daleko idące wyciąga się wnioski. Oczywiście pod wpływem czynników, działających w pewnym niezmiennym kierunku, i krzywe asymetryczne ulegać muszą zmianom. Ale punktem wyjścia do zbadania tych czynników muszą być krzywe asymetryczne, oparte na doświadczeniach ogólniejszych, aniżeli specjalny przypadek błędów spostrzeżeń. Niestety, trudności, jakie się tu następują, są tak wielkie, że dzisiaj nauka jeszcze zupełnie nie doszła do tego, aby dać sobie z nimi radę. Pomijając już, że matematyczne traktowanie krzywych asymetrycznych jest znacznie trudniejsze i zawilsze, wprost nie wiemy, jaką krzywą obrać za podstawę dociekań, a nie ulega wątpliwości, że w każdym specjalnym przypadku krzywa ta, przynajmniej co do pewnych stałych parametrów, jest inna. Jeżeli jeszcze zważymy, że w ogólności i doświadczalne pozna-

nie tych krzywych jest niemożliwym, to musimy się na to zgodzić, że zasady teoryi błędów długo jeszcze będą tą jedyną deską zbawienia, na której będziemy się starali utrzymać na powierzchni niezgłębionego morza zjawisk. Ale powinniśmy mieć tę świadomość, że znajdujemy się na gruncie nietrwałym i niepewnym.



