

Honorata Korpikiewicz

dr hab., prof. UAM

Statystyka, przypadek, zdeterminowanie

Słowa kluczowe: stochastyczny opis przyrody, przypadek, determinizm

I. Statystyka *contra* zdeterminowanie

Filozofowie od starożytności doceniali wagę *przypadku* w przyrodzie, traktując go jednakże jako zjawisko będące poza zasięgiem praw fizycznych i jako takie niemożliwe do pojęcia. Nie przeczyło to determinizmowi głoszonemu przez pierwszych materialistów. Demokryt wprawdzie nie znajdował miejsca na przypadek, traktując wszystkie zjawiska jako ściśle skutki określonych przyczyn, jednak już Epikur dopuszczał istnienie przypadku – odchylenia od konieczności, jakim miało być: „zboczenie atomów z torów prostoliniowych”.

Wyrazem poglądów Greków była ich mitologia. Sędzią sprawiedliwie rozdzielającą dobro i zło była bogini przeznaczenia Nemezis. Przedstawiano ją z kołem obrazującym zmienność losu. Rzymianie przejęli od Greków tę boginię losu, nazywając ją Fortuną. Od jej koła pochodzi dzisiejsze powiedzenie: fortuna kołem się toczy. Ale starożytni wiedzieli też, że nie wszystko można podporządkować sprawiedliwemu rozdziałowi dobra i zła. Zawsze może zdarzyć się coś nieprzewidzianego przez Nemezis, za co odpowiedzialna jest bogini ślepego przypadku – Tyche. Natomiast konieczność i przymus – przekonanie, że są zdarzenia nieuchronne, przed którymi nie ma ucieczki – uosabiała bogini Ananke (gr. *przeznaczenie*). Odpowiednik Ananke w Rzymie to Fatum. W ten sposób mądrość starożytnych pogodziła ze sobą tkwiące w człowieku sprzeczne tendencje: chęć zrozumienia świata i umiejętność przewidywania zjawisk, wiarę w istnienie w nim jakiejś wyższej celowości oraz nadzieję, że jednak nie wszystko jest konieczne i raz na zawsze ustalone. Było to niezwykle rozwiązanie problemu egzystencjalnego, zważywszy, że tendencje filozoficzne, ucieleśnione w wierze w boginię losu, będą się w przyszłości wykluczać (determinizm, indeterminizm, teleologia).

W filozofii hinduskiej nie rozważano problemu przypadku, gdyż starohinduska nauka *karmy* jest systemem przyczynowo-skutkowym, według którego można wyjaśnić zdarzenia z życia człowieka przez jego postępowanie w poprzednich wcieleniach. Ludzki los jawi się więc jako ściśle zdeterminowany.

W spuściznie po greckich filozofach otrzymaliśmy pogląd deterministyczny, który w europejskiej myśli filozoficznej skryształizował się jako oparty na trzech zasadach: 1) wszystkie zjawiska podlegają prawom (*determinizm nomologiczny*), 2) każde zjawisko ma swoją przyczynę oraz 3) w równych warunkach jednakowe przyczyny wywołują jednakowe skutki (*determinizm kauzalny*). Na dwa ostatnie punkty, a szczególnie na możliwość przewidywania zjawisk, kładą nacisk niektórzy filozofowie, wątpiący w możliwość poznania obiektywnej rzeczywistości (np. pozytywści, kantyści, a z kosmologów współczesnych np. S. Hawking).

Wraz z rozwojem naukowego poglądu na świat coraz częściej rozważano problem zdeterminowania zjawisk, a zarazem możliwość występowania *przypadku*. Różnie wszakże rozumiano przypadek. Podczas gdy, zgodnie z tradycją grecką, przypadek miał być wyłomem w deterministycznym, z zasady, świecie zjawisk przyrody, i był przeciwstawiany *konieczności*, finaliści zarzucali materialistom, że wszędzie dopatrują się przypadku. Przyczyną takiego stanu rzeczy było odmienne rozumienie przypadku: dla finalistów było to zjawisko, które nie wynikało z nakreślonego z góry planu (np. boskiego), a więc nie przeciwstawiali oni przypadkowi konieczności, ale raczej *celowości* (Krajewski, 1966).

Rozwój mechaniki klasycznej w XVII i XVIII w. oraz entuzjazm dla jej rozwiązań, szczególnie w mechanice nieba – wyznaczania orbit i przewidywania ruchów ciał niebieskich, umocnił pogląd deterministyczny (a nawet superdeterminizm), którego ukoronowaniem był *demon Laplace'a* – owa istota o niezwykłym umyśle, która znając wartości składowych położenia i pędu wszystkich cząstek świata w pewnej chwili czasu, mogłaby, na podstawie równań ich ruchu, przewidzieć jego przyszłość.

Jednak już wtedy, i to na gruncie mechaniki klasycznej, zdano sobie sprawę, że nie można przewidzieć zachowań pewnych układów, opisanych równaniami mechaniki (np. dowód J.S. Hadamarda, ograniczone zagadnienie trzech ciał i rozwiązania H. Poincarégo czy problem słynnych trzech kul Newtona, Korpikiewicz, 1998).

Kolejno mechanicznym determinizmem zachwiało twierdzenie Kołmogorowa-Arnolda-Mosera o szybkim rozbieganiu się wyników w zależności od danych wyjściowych, co potwierdziły prace E. Lorenza (1964) dotyczące prognozowania pogody i teoria chaosu deterministycznego. Przewidzieć z absolutną ścisłością ruchu wszechświata pojmowanego jako układ mechaniczny opisywany ścisłymi równaniami mechaniki nie można z wielu względów: zabrakłoby atomów w komputerze, czy w mózgu demona, aby zapisać tylko równania ruchu wszystkich cząstek wszechświata albo chociaż ich dane (po 3 składowe położenia i prędkości

oraz czas). Z twierdzenia KAM ponadto wynika, że należałoby znać i zapisać każdą daną z całym jej rozkładem dziesiętnym, a to jest niemożliwe nawet dla jednej danej cząstki.

Istnieniu przypadkowości przeciwstawiał się Benedykt Spinoza. Przypadek miał być wyrazem naszej niewiedzy. Słynne jest także powiedzenie Goethego: „Odwieczne i niezmiennie prawa wytyczyły ścieżki, którymi wędrujemy”, a także Alberta Einsteina: „Bóg nie gra w kości we wszechświecie”. Einstein w przyjęciu indeterminizmu w wyjaśnianiu zjawisk mikroświata upatrywał przejściową ułomność i niewydolność umysłu naukowców i dostępnego im aparatu matematycznego.

Poważną próbą odejścia od determinizmu kartezjańsko-newtonowskiego i od opisu ruchu w układzie współrzędnych prostokątnych („kartezjańskich”) był relatywizm Gottfrieda Leibniza. Jego *relacyjna teoria przestrzeni i czasu*, według której nie istniał absolutny czas i absolutna przestrzeń, ale były one względne, stała się poważną konkurencją dla teorii Newtona, jednak na długie wieki zatrumfował już istniejący i niezwykle rozbudowany, zwarty gmach mechaniki dziś zwanej klasyczną, a wraz z nim kartezjańsko-newtonowski opis zjawisk fizycznych. Z jednej strony Leibniza należałoby uważać za deterministę, choćby ze względu na jego *zasadę racji dostatecznej*: nic się nie dzieje (nie istnieje) bez racji; o każdej rzeczy i zjawisku można powiedzieć, dlaczego istnieje (zachodzi) i dlaczego właśnie tak, a nie inaczej. Z drugiej jednak strony założenie istnienia *harmonii przedustawnej* (*harmonia prestabilita*) przywodzi na myśl problem współcześnie odkrytej nielokalności zjawisk wszechświata i pytanie o pierwotne skorelowanie cząstek w Wielkim Wybuchu (*niedeterministyczny porządek*, o czym piszę pod koniec artykułu).

Do XIX w. panowało przekonanie o subiektywności pojęcia *prawdopodobieństwa*. Rodzący się rachunek prawdopodobieństwa dawał dobre wyniki, szczególnie w teorii gier hazardowych, co zdawało się być niewytłumaczalne: jakże „hipoteza niewiedzy”, jak ją nazywał P. Laplace, miałaby mówić nam coś o otaczającej nas rzeczywistości? Z czasem zaczęto jednak sądzić, że prawdopodobieństwo i prawa statystyki mają walor obiektywny (Krajewski, tamże). Laplace jednak stał na stanowisku, że o prawdopodobieństwie można mówić, gdy nie znamy wszystkich warunków doświadczenia; on to sformułował klasyczną definicję prawdopodobieństwa, której zarzucano błędne koło. Określenie „stosunek liczby wypadków sprzyjających do ogólnej liczby równie możliwych” zawiera bowiem w sobie pojęcie prawdopodobieństwa (jak inaczej ocenić ilość przypadków „równie możliwych”?). Powiedzmy, że przy rzucie kostką obliczamy prawdopodobieństwo wyrzucenia „piątki”. Zgodnie z definicją, wynosi ono $1/6$, bo zdarzeń sprzyjających jest 1, oraz *zakładamy*, że wszystkie wyniki (1, 2, 3, 4, 5, 6,) są równo możliwe, czyli *równo prawdopodobne*. Spodziewamy się więc, że te przypadki będą pojawiać się mniej więcej z taką samą częstością. W rzeczywistości wyniki te nie są wcale

równie prawdopodobne, gdyż ma na nie wpływ zarówno eksperymentator, jak i budowa kostki. Jeśli będziemy eksperymentować, „piątka” wcale nie wypadnie po jednym razie w każdym ciągu sześciu rzutów, czasami pojawi się częściej, a czasem wcale. Tylko jeśli będziemy rzucać kostką dostatecznie długo, średnia liczba wyrzuconych „piątek” w każdej serii będzie się zbliżać do 1. A więc informacja, że prawo wielkich liczb spełnia się przy ogromnej ilości zdarzeń (ciągów obserwacji), nie jest w codziennym życiu przydatna.

Statystyczne myślenie wkrađło się do fizyki stosunkowo wcześnie, bo już Galileusz zdawał sobie sprawę z problemu błędów pomiarów astronomicznych i próbował dane pomiarowe uśredniać. Aby to uczynić, musiał mieć możliwie jak największą ilość wielkości uzyskanych z pomiaru. Począwszy od C.F. Gaussa (XVIII w.) rozwija się teoria błędów pomiaru jako obszerna i oddzielna nauka, mająca wielkie znaczenie m.in. w mechanice nieba i astrometrii.

Rachunek prawdopodobieństwa jest teorią matematyczną zajmującą się prawami, które rządzą zjawiskami *przypadkowymi*, czyli inaczej *losowymi*. Pierwsze teoretyczne prace powstały w XVIII wieku i dotyczyły gier hazardowych, którymi zainteresowali się matematycy B. Pascal i P. Fermat. Przełomem jednak były dwudziestowieczne prace A.N. Kołmogorowa, który sformułował aksjomaty teorii; odtąd statystyka jest uważana za dział matematyki.

W przyrodoznawstwie powoli następował odwrót od przekonania o całkowitym zdeterminowaniu zjawisk – do uznania ich pewnej losowości. W 1927 r. B. Russell stwierdził, że prawdopodobieństwo stanowi najważniejsze pojęcie we współczesnej wiedzy, ale „nikt dobrze nie wie, czym jest prawdopodobieństwo” (Bernal 1957).

W tym też roku statystyk L.H.C. Tippett ogłosił drukiem niezwykłą książkę: *Random Sampling Numbers*, zawierającą 41 600 cyfr ułożonych w kolumnach po 4. Jeszcze bardziej niezwykły był sposób osiągnięcia tych kolumn: autor wykorzystał dane dotyczące powierzchni parafii, odrzucając dwie pierwsze i dwie ostatnie cyfry z każdej liczby i umieszczając je nieco przemieszczane, jedna pod drugą. Była to pierwsza księga *liczb losowych*, która stała się bestsellerem.

Ciąg liczb losowych jest to taki ciąg, którego nie można zapisać w postaci algorytmu krótszego od samego ciągu. Ciągi losowe można generować w najróżniejszy sposób: można rzucać monetą i zapisywać kolejność uzyskanych „orłów” i „reszek”, rzucać kostką do gry czy wyciągać kule z worka zawierającego równą liczbę czarnych i białych kul, zapisując otrzymane wyniki albo np., jak to robił Radhakrishna Rao – zapisywać ciąg narodzin chłopców i dziewczynek w pewnym, przypadkowo wybranym szpitalu (Radhakrishna, 1994). Można też, oczywiście, wymyślać ciągi cyfr w sposób dowolny i wydawałoby się, że to także będzie ciągiem losowym, jak ciągi uzyskane w sposób naturalny. Co okazało się zadziwiające, tak jednak nie jest, jak to pokazują *rozkłady częstości* tych wydarzeń. Jak to zauważył J.B. Haldane: „Człowiek jest zwierzęciem uporządkowanym. Nie

umie imitować nieporządku natury” (cytuję za Radhakrishna Rao: Radhakrishna, 1994, s. 77). Testy statystyczne wykazują, że wspomniany wyżej ciąg urodzin daje bardziej losowy ciąg binarny niż sztuczne generowanie takiego ciągu. Co ciekawsze, w ten sposób można sprawdzić, czy wyniki pewnych badań, tworzące ciąg losowy, nie zostały sfalszowane.

G. Mendel w 1870 roku ogłosił swoje prawa dziedziczności, w których badaniu wykorzystał zasady statystyki, obserwując dane, podlegające przypadkowym jak się wydaje, fluktuacjom. Eksperymenty Radhakrishny (Radhakrishna, dz. cyt., s. 78) z *wyobrażaniem sobie* przez studentów wyników rzutów monetą i porównanie ich z otrzymanymi w sposób naturalny ciągami losowymi pokazują, że „studenci wyobrażali sobie więcej zbiorów zrównoważonych co do liczby orłów i reszek, niż to jest możliwe przypadkowo”. (Zastosowano tutaj pomiar wartości χ^2 , pokazującej odchylenie otrzymanej wartości od wartości oczekiwanej). Na podstawie podobnych obliczeń A. Fisher, autor kolejnej książki ciągów losowych, doszedł do wniosku, że dane z doświadczeń Mendla najprawdopodobniej zostały sfalszowane (!) (Radhakrishna, tamże).

Sztucznie generowane ciągi losowe, które współcześnie otrzymuje się czasem także przy pomocy... procedur deterministycznych (!), pozwalają objaśniać występowanie zjawisk naturalnych. Jedną z takich metod jest *technika Monte Carlo*, czyli *symulacyjna*, mająca dziś szerokie zastosowanie.

Zaczęto więc konstruować modele statystyczne, żeby wyjaśnić zachowanie się różnych układów fizycznych, w których nie udawało się uwzględnić ruchu poszczególnych cząsteczek, jak np. *ruchy Browna* (ruch pyłku pod wpływem zderzeń z cząsteczkami wody o różnych prędkościach), opis gazu w termodynamice (*termodynamika statystyczna*), zasadę nieoznaczoności Heisenberga itd. Stosowanie liczb losowych i statystyki do zjawisk fizycznych m.in. pozwoliło rozwinąć teorię fraktali B. Mandelbrota, tak często dziś wykorzystywaną w związku z teorią chaosu.

Rachunek prawdopodobieństwa przedstawia dowód twierdzenia, że statystyczne własności układu zawierającego ogromną liczbą elementów podlegających działaniu wielkiej liczby niezależnych od siebie czynników, można opisać *rozkładem Gaussa* (*krzywa Gaussa*), zwanym też w statystyce *rozkładem normalnym*. Wyjaśnianie zjawisk fizycznych na podstawie teorii prawdopodobieństwa opiera się na *prawie wielkich liczb*, wprowadzającym pewną stabilność w chaotyczne rozkłady zdarzeń dotyczące dowolnego zjawiska: zdarzeń, przyjmujących wartości najmniejsze lub największe jest najmniej, natomiast najwięcej jest zdarzeń o parametrach zawartych pomiędzy maksimum a minimum. Krzywa Gaussa pokazuje więc np., że ludzi bardzo wysokich oraz bardzo niskich jest niewielu, natomiast ludzi o wzroście pomiędzy tymi ekstremami – najwięcej.

Należy sobie jednak zdawać sprawę, że rozkład Gaussa opisuje układy, nie wnikając w ich istotę; w taki sam sposób można przedstawić rozrzut wyników

losowania gry liczbowej, wypadków śmiertelnych w przebiegu epidemii, rozkład mas gwiazd Galaktyki itd.

Termodynamika zakładała, że rozkład prędkości cząsteczek układu znajdującego się w równowadze jest chaotyczny. (W zadanej chwili położenia cząsteczek są przypadkowe). Prędkości, które zdarzają się najczęściej, nazywamy najbardziej prawdopodobnymi. Takimi właśnie okazywały się średnie prędkości cząsteczek gazu; tych najwolniejszych i o największej prędkości jest bardzo niewiele. W tej sytuacji jedyną sensowną metodę badania procesów termodynamicznych widziano w potraktowaniu zbioru cząsteczek jako *układu statystycznego*, do którego można zastosować metody rachunku prawdopodobieństwa.

Z braku możliwości ścisłego rozwiązania równań ruchu cząsteczek gazu zastosowano ów rozkład do termodynamiki. Prawa dynamiki Newtona wraz z zapożyczoną ze statystyki funkcją Gaussa stanowią podstawę termodynamiki statystycznej. Opierając się na rozkładzie Gaussa, J.C. Maxwell wyprowadził kinetyczno-molekularną teorię gazów (dla gazu doskonałego) i uzyskał rozkład prędkości cząsteczek, zwany rozkładem Maxwella-Boltzmann. W istocie jednak prędkości tych nikt nigdy nie zmierzył; w każdym pojemniku z gazem nieustannie rozkład prędkości cząsteczek się zmienia i teoretycznie jest możliwe, że kiedyś zdarzy się niezwykle mało prawdopodobny *przypadek*: jak za sprawa *demon* Maxwella ze wspaniałej książki G. Gamowa woda na dnie szklanki zamarźnie, a u góry – zacznie wrzeć (Gamow, 1961). W naczyniu będą tylko cząsteczki z prędkościami największymi i najmniejszymi.

II. Przypadek a prawidłowość

Pojecie *przypadku* wymaga ścisłego określenia. Czym innym jest przypadek w mowie potocznej, czym innym w rachunku prawdopodobieństwa, jeszcze czymś innym w fizyce i filozofii.

Natrafiamy w literaturze na różne definicje „przypadkowości”

Przypadkowe, tj [...] takie, których przebiegu czy wyniku nie można przewidzieć. [...] na przebieg zjawiska losowego ma na ogół wpływ wiele przyczyn, z których jedynie część udaje się kontrolować (Szlenk, 1971 s. 6).

Pojęciem przypadku zajmował się polski fizyk Marian Smoluchowski.

Powstaje pytanie: skąd się biorą te prawidłowości, dlaczego z wielkiej liczby przypadkowych zdarzeń (uzyskanie np. przez molekułę pewnej prędkości w danej chwili możemy uważać za zdarzenie zupełnie przypadkowe z punktu widzenia warunków, w jakich znajduje się gaz) wyłania się określona prawidłowość? Skąd się biorą te „prawa przypadku”? Często uczeni powołują się tu na działanie prawa wielkich liczb, które właśnie mówi o wyrównywaniu się przypadkowych odchyśleń. Jeżeli jednak ograniczymy się do tego, wówczas, jak trafnie zauważył Marian Smoluchowski, prawo wielkich liczb nabiera jakiegoś mistycznego charakteru. Smoluchowski wskazuje

że prawo to jest następstwem szczególnej formy, jaką przybiera w takich przypadkach związek przyczynowy między wchodzącymi w grę zdarzeniami (Krajewski, 1966, s. 79).

Smoluchowski rozgraniczał wyraźnie potoczne i naukowe rozumienie przypadku i różnice pomiędzy przypadkiem w grach hazardowych a przypadkiem w fizyce

[...] wyrazu przypadek w fizyce nie rozumiemy w znaczeniu potocznym, które jest równoważne z nieobliczalnym i zupełnie dowolnym kaprysem, lecz raczej jako pewnego rodzaju prawidłowość, która daje się sprawdzić doświadczalnie ze stosunkowo coraz większą dokładnością w miarę wielokrotnego powtarzania się zjawiska (Smoluchowski 1956, s. 293).

Zjawisko przypadkowe definiuje on jako takie, w którym „rozkład przyczyn nie wpływa na rozkład skutków i wydaje się, jak gdyby to były zjawiska niezależne” (dz. cyt., s. 294). Wydaje się, bo przecież zarówno chaotyczne ruchy cząsteczek cieczy, jak i tasowanie kart czy potrząsanie kostkami do gry nie są zjawiskami bezprzyczynowymi. W dwóch ostatnich wypadkach zjawisko jeszcze bardziej odpowiada pojęciu przypadku, gdyż przyczyną jest tutaj człowiek, który posiada „wielki obręb przypadkowej zmienności” (dz. cyt., s. 295). Jego potrząsanie, tasowanie, rzucanie kostką, wyrzucanie piłeczek itd. jest źródłem bardziej różnorodnych możliwości niż ruch cząsteczek gazu w naczyniu. Rozkład skutków wydaje się być niezależny od złożonej przyczyny. Dlatego właśnie rozkład skutków w grach hazardowych, przy dużych ciągach zdarzeń, zgadza się z przewidywaniami rachunku prawdopodobieństwa, wprowadzonego przecież dla zjawisk przypadkowych. Smoluchowski jednak przypuszcza, że dla mechaniki statystycznej metoda ta nie będzie ścisła, i trudno mu odmówić słuszności.

Nie ma absolutnego, czystego przypadku. To, co rozumiemy pod tym pojęciem, nie jest zaprzeczeniem prawidłowości, niezależnością od przyczyn, jak to się czasami rozumie potocznie. O przypadku mówimy wtedy, kiedy rodzaj związku pomiędzy przyczyną i skutkiem jest dla nas niepoznawalny ze względu na złożoność zjawiska. Posługiwanie się pojęciem przypadku nie jest jednoznaczne z przyjęciem indeterminizmu, zgodnie z tym, co sugerowali mechanicy (Krajewski, 1956, s. 45, w: [Smoluchowski 1956]). Niewątpliwie stanowisko w sporze determinizmu z indeterminizmem zależy będzie od sposobu zdefiniowania przypadku. Smoluchowski nawiązuje do Laplace'owskiej nieznajomości przyczyn i taki pogląd – według mnie – jest fundamentem pojmowania zjawisk mikroświata jako „indeterministycznych”. Już H. Poincaré dowodził, że gry hazardowe: rzut monetą, gra w kości czy ruletka, są deterministyczne; przypadek wynika jedynie z naszej niewiedzy. (Do problemu innego rozumienia determinizmu powracam na końcu artykułu).

Przyjmujemy, że w grach hazardowych prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia zależne jest w jakiś sposób od człowieka. Nie ma tego w zjawiskach fizycznych.

Dotyczy to w szczególności zjawisk badanych przez fizykę współczesną. Np. rozpad promieniotwórczy atomu może służyć jako doskonały przykład przypadku: nie można przewidzieć, który z grupy atomów dozna przemiany. Sam rozpad promieniotwórczy podlega ścisłym prawom, jednak nie znamy „sposobu wyboru” tego, a nie innego atomu do rozpadu. Czy nie znamy, czy może go nie ma i jest to zjawisko akauzalne?

Marian Smoluchowski wyróżnia te dwie klasy zjawisk, nazywając je *przypadkiem molekularnym* i *przypadkiem fizjologicznym*. Często zdarzenie jest kombinacją przypadku fizjologicznego i molekularnego. Zdaje on sobie jednak sprawę, że te dwie grupy mogą nie wyczerpywać wszystkich możliwości, a także z tego, że zjawiska fizjologiczne mogą mieć podłoże molekularne. Implikuje to niezwykłą trudność, jeśli nie wręcz niemożliwość, przewidywania i ujęcia w prawa tych zjawisk, trudność tym większą, im bardziej złożone jest zjawisko. Wynika stąd także poważna wątpliwość, czy do zjawisk złożonych (biologicznych, społecznych) można stosować proste prawa teorii prawdopodobieństwa, czy wynika z nich prawdziwy obraz rzeczywistości.

Zastosowanie rachunku prawdopodobieństwa do opisu fizycznej rzeczywistości doprowadza niektórych autorów do wniosku, że prawa natury są prawami statystycznymi. Takie podejście implikuje próby zastąpienia (bądź uzupełnienia) związku przyczynowo-skutkowego innym rodzajem zależności pomiędzy zjawiskami. Rodzi m.in. pytanie o istnienie *związków akauzalnych*, które zdają się wynikać logicznie z przesłanek, jakimi są prawdy statystyczne. W świetle istnienia takich zjawisk *przypadek* nabiera całkiem innego znaczenia. Nie jest to już zdarzenie o takiej różnorodności przyczyn, że nie potrafimy go przewidzieć, ale zdarzenie *bezprzyczynowe*. Jest to zupełnie nowe i dość rzadko spotykane „oblicze” przypadku, ujawniające się najwyraźniej w seriach zdarzeń.

Ojcem poglądu o zjawiskach akauzalnych był Artur Schopenhauer. Z początku wierzył on w absolutny determinizm zjawisk. Doszedł jednak do wniosku, że naukowy pogląd na świat, choć uważał go za właściwy, jednak jest pozbawiony czegoś, co odgrywa ważną rolę w intuicyjnych odczuciach człowieka – uwzględniania zjawisk pojawiających się jednocześnie, a niepowiązanych przyczynowo (lub ściślej takich, których związek przyczynowy wydaje się niepojęty). Chodzi tu przede wszystkim o *podwojenie przypadków*, które nie mają żadnego ze sobą związku. Paul Kammerer zwraca nawet uwagę na całe *serie wydarzeń*, które są „przypadkowe” (nie mają wspólnej przyczyny, która pozwoliłaby im zaistnieć jako seria), ale posiadają pewną inercję, zwaną przez niego *cechą uporczywości*. Zastarzałe przekonanie o absolutnej ważności prawa przyczynowości nie pozwala nam tych wydarzeń widzieć, co najwyżej – traktujemy je jako przypadkowe, choć sprzeniewierzamy się wtedy powszechnie przyjętej definicji przypadków jako zdarzeń o różnorodnych i nieznanych przyczynach, podczas gdy zdrowy rozsądek podpowiada, że żadnej wspólnej przyczyny tu być nie może.

Każdy z własnego doświadczenia może zacytować serie zdarzeń, z których każde przecież ma swoją przyczynę, ale które, ustawione w serię, żadnej wspólnej przyczyny mieć nie mogą. Za takie koincydencje uważam zaobserwowane tzw. sympatie liczb, wyszukiwane przez teoretyków gier liczbowych. Okazuje się, że pewne liczby „wołą” pojawiać się w towarzystwie jednych, a drugih unikają, i czynią to z częstotliwością znacznie przewyższającą „przypadki” przewidziane przez teorię prawdopodobieństwa. Z tabel opracowanych dla „dużego lotka” wynika, że w latach 1957–1993, w losowaniach numerów, liczba np. 20 pojawiła się obok liczby 29 aż 59 razy, a np. liczba 49 koło 48 – tylko 24 razy, czyli przeszło dwa razy mniej (Bębnik, 1994, s. 34). Dowolna para pojawiała się razem średnio około 41 razy. Wynika stąd, że wartości ekstremalne odchyłały się od średniej aż o 41–43%. (W tym momencie przypominają się wyniki badań R. Radhakrishny, cytowane wyżej, pokazujące, odwrotnie, że naturalne ciągi losowe są „bardziej przypadkowe” niż te, które wyobrażają sobie studenci).

Powyższe przypadki, jak i wiele podobnych wydarzeń, choć teoretycznie możliwe – jak maszerowanie jedna za drugą cząsteczek gazu w naczyniu – są statystycznie tak mało prawdopodobne, że należałoby je uznać za niemożliwe. A jednak się wydarzają! Zjawisk takich nie można rozważać w kategorii związków przyczynowo-skutkowych. Traktuje się je jako zjawiska *akauzalne*. Dla nich to właśnie Carl Gustaw Jung wprowadził nazwę *synchroniczność*. O ile wzbraniamy się przyjmując hipotezę akauzalności, należałoby uznać je za czysty przypadek, czyli zdarzenia z punktu widzenia rachunku prawdopodobieństwa nieprawdopodobne. Stereotyp myślenia kieruje nas w stronę poszukiwań związków przyczynowych dla wydarzeń synchronicznych bądź tłumaczenia ich przyczyną transcendentalną, której istnienia, *ex definitione*, udowodnić nie można.

Fizycy współcześni, choć dopuszczają istnienie zjawisk akauzalnych (ściślej: indeterminizm zjawisk), nie posługują się określeniem synchroniczność.

III. Probabilistyczna rzeczywistość czy probabilistyczny opis?

Stosując do obliczeń ciągi losowe uzyskane na podstawie pewnych zdarzeń naturalnych czy rozkład Gaussa, zastanawiamy się nad ich statusem poznawczym. Wyniki statystyczne są często źródłem błędnego rozumienia zjawisk, nawet pośród filozofów i fizyków, nie wspominając o tzw. przeciętnych ludziach, wierzących np. w porzekadło, że „nieszczęścia chodzą parami”. Z tego też względu przeciwnicy statystyki powtarzają złośliwie, że np. „według statystyki, jeśli jedna kobieta rodzi dziecko po dziewięciu miesiącach, to dziewięć kobiet urodzi dziecko w miesiąc”. Jest to trafne zwrócenie uwagi na fakt, że statystyka opisuje zjawiska, zupełnie nie wnikając w ich istotę. Wielu jednak zwolenników statystyki podchodzi do niej z ogromnym entuzjazmem, acz często bez zrozumienia.

Niemiecki filozof Karl Marbe na podstawie badań nad urodzinami dzieci w szpitalu (1916 rok) doszedł do wniosku, że szansa na urodzenie chłopca przez daną kobietę rośnie, jeśli w ciągu poprzednich dni w szpitalu urodziła się znaczna liczba dziewczynek (!). Znam też profesora fizyki, który z przekonaniem dowodzi, że należałoby brać do samolotu ładunek wybuchowy, bo prawdopodobieństwo, że znajdują się w nim dwie bomby, jest niezwykle małe. Powyższe przykłady rozumowania przypominają przekonanie, że jeśli z worka zawierającego równą liczbę białych i czarnych kul wyciągniemy kolejno kilka białych kul, zwracając je po losowaniu do worka i ponownie tasując, to wzrasta szansa na wyciągnięcie kuli czarnej. Oczywiście tak nie jest, bo są to zdarzenia od siebie *niezależne*. Jest nawet możliwe (choć powiemy, że niezwykle mało prawdopodobne), że wyciągniemy najpierw po kolei wszystkie kule białe, a potem wszystkie czarne, podobnie, jak w 1936 roku w kasynie w Monte Carlo kolor czerwony wypadł 36 razy pod rząd! Tak samo zdarzeniami niezależnymi od siebie są urodziny kolejnych dzieci. Podobnie – terrorysta może wziąć do samolotu bombę *niezależnie* od tego, co my zabraliśmy na pokład.

W przypadku termodynamiki statystycznej mamy wrażenie, że prawa oparte na statystyce dają właściwe wyniki przewidywań, ponieważ na nich zbudowano cały wewnętrznie niesprzeczny gmach statystycznej teorii gazów. Jeśli jednak przyjąć, że rozwiązania uzyskane statystycznie są właściwe, to jak to się dzieje, że *przypadek* mówi nam tyle o *rzeczywistości*, że wynik działania przypadku daje się obliczyć, innymi słowy, że przypadkowe przyczyny mają określone, prawidłowe skutki?

Prawo Gaussa jest opisem braku uporządkowania, który ma być właściwy układom termodynamicznym w równowadze (*rozkład Maxwella-Boltzmanna*). Powstaje więc problem, dyskutowany przez fizyków od czasów P. Laplace'a po dziś dzień: czy termodynamikę można zredukować do mechaniki statystycznej? Odpowiedź twierdząca oznaczałaby, że można wyprowadzić nieodwracalne prawa termodynamiki z praw rachunku prawdopodobieństwa i mechaniki (które są odwracalne). Jednak nie udało się wyprowadzić praw termodynamiki z teorii ruchu cząsteczek gazu, a rozważania najbardziej zbliżające się do rozwiązania tego problemu oparte zostały na *zacieraniu* (zubożeniu) pewnych informacji o układzie. Szerzej rozważam te problemy w innym miejscu (Korpikiewicz, 1998).

Zwolennicy podejścia statystycznego powołują się na *prawo wielkich liczb Bernoullego*, twierdząc, że nieprawidłowości, wynikające ze zdarzeń przypadkowych, znikają w ogólnym obrazie zjawisk i następuje, jak to ujął Władysław Krajewski, „wyrównanie się przypadkowych odchyleń” (Krajewski, 1966, s. 79). Byłoby to jak gdyby „zacieranie informacji”, odbywające się w naturze, analogiczne do tego, co czynili fizycy, próbując z praw odwracalnych uzyskać nieodwracalne prawa termodynamiki.

Czym więc w takiej sytuacji tłumaczyć, że mechanika statystyczna w zadowalający sposób opisuje obserwowane zjawiska? Opiera się przecież na prawach matematyki, nie nawiązując w żaden sposób do parametrów układu cząsteczek. Opis jednak, nawet jeśli z grubsza przewiduje stany przyszłe, nie musi dawać prawdziwej informacji o układzie. Czy należałoby założyć, że uzyskiwana informacja jest *przypadkowo* zgodna z rzeczywistością? Czy może prawa rachunku prawdopodobieństwa są w jakiś głębszy, a nieznany nam jeszcze sposób związane z prawami przyrody? Może zjawiska mechaniczne zacierają różnorodność układu, doprowadzając w każdym przypadku do podobnego rozkładu? (jak wstrząsanie woreczkiem zaciera kolejność monet lub tasowanie talii kart ich kolejność w talii). Jeśli tak by było w istocie, to zacieranie informacji za pomocą pewnych założeń, przy przejściu od opisu mechanicznego do termodynamicznego (jak w próbach wyprowadzenia równania Boltzmanna z równania Liouville'a), byłoby tylko naśladowaniem zacierania informacji przez naturę? „Wyrównaniem się przypadkowych odchyleń”, jak to określił Krajewski.

Dodać także należy jeszcze inną wątpliwość, a mianowicie problem, czy rozkład normalny (Gaussa) i wyprowadzony z niego przez Maxwella *rozkład Maxwella-Boltzmanna* jest najlepszym ze wszystkich ciągłych rozkładów prawdopodobieństwa, nadającym się do zastosowania w termodynamice? A dlaczego nie np. podobny do niego *rozkład beta*, *trójkątny*, *Cauchy'ego* czy *Weibulla*? (Mizerski, 2004, s. 341). Wątpliwości wzmacnia jeszcze fakt, że Maxwell zastosował ten rozkład dla gazu *doskonałego*, a więc wyidealizowanego.

Ujawnia się tutaj wyraźnie działalność fizyków z rozważań Stanisława Lema, którzy przerzucają skład ubrań szytych przez szalonego krawca (tj. matematykę) i wybierają coś, co ich zdaniem *dobrze pasuje* do opisu ich kawałka świata (Lem, 1964).

Odpowiedź na pytanie o *istotę rzeczy* nie może być odpowiedzią statystyczną. Statystyka wskazywać może zaledwie stany *przeciętne* i *najbardziej prawdopodobne* oraz rozkład prawdopodobieństwa zdarzeń, które zająć mogą, choć wcale nie muszą. Opisy statystyczne, podobnie jak inne matematyczne teorie, są wybierane do opisu zjawisk przyrodniczych i jest to opis bardzo przydatny, z braku opisu ścisłego, jednak zawsze przybliżony. Może on dawać coraz lepszy obraz zdarzeń przy eksperymentowaniu z jakimś procesem możliwie wielką ilość razy. Stosując jednak *opis probabilistyczny* nie wolno nam twierdzić, że *prawa przyrody są probabilistyczne*.

Ma to być jakoby argumentem za koniecznością uznania poglądu indeterministycznego, którym szermuje się w związku z opisem cząstek mikroświata, w szczególności w związku z interpretacją zasady nieoznaczoności Heisenberga. Problem ten specjalnie tutaj pomijam, jako nazbyt często, a bywa że jałowo, roztrząsany. Jednak nie sposób nie podkreślić, że właśnie z danych eksperymentalnych płynących z mikroświata, a dokładniej – z interpretacji eksperymentów

EPR oraz implikacji twierdzenia Bella – jawi się nam zgoła inny wszechświat, a mianowicie wszechświat w pewnym sensie skrajnie zdeterminowany.

Jeżeli żyjemy we wszechświecie nielokalnym, to nie jest prawdą, że mamy do czynienia ze zjawiskami autonomicznymi: wszystko, co się wydarza, ma związek z tym, co się kiedyś wydarzyło gdzieś w odległym rejonie wszechświata. Zjawiska są ze sobą skorelowane – istnieją pomiędzy nimi ściśle związki, choć nie zawsze są to związki przyczynowo-skutkowe. Jeśli był Wielki Wybuch, to istnieje możliwość *pierwotnego skorelowania* cząstek elementarnych w Wielkim Wybuchu: każda para cząstek jest ze sobą na zawsze związana, chociaż mogą je dzielić odległości miliardów parseków. A więc wydarza się tylko to, co się *musiało* wydarzyć; nie ma miejsca na przypadek. Niektórzy autorzy nazywają to *superdeterminizmem*. Ja proponowałam bardziej adekwatną, moim zdaniem, nazwę: *niedeterministyczny porządek* (Korpikiewicz, 1998). Nie ma tu bowiem związków przyczynowo-skutkowych, na których determinizm się opiera. Jak to zauważył Władysław Krajewski:

[...] determinizm to nie tylko przekonanie, że każde zjawisko ma przyczynę, ale również przekonanie o powtarzalności, prawidłowości działania, o tym, że w jednakowych warunkach te same przyczyny wywołują te same skutki (Krajewski, 1966, s. 71).

Warunki te nie zachodzą w przypadku utworzenia się par cząstek elementarnych w Wielkim Wybuchu.

Wszechświat więc może być skrajnie uporządkowany, a zdarzenia w nim konieczne, chociaż nasza ułomna wiedza pozwala nam opisać go (jak również przewidywać w nim zdarzenia) jedynie w sposób probabilistyczny.

Rozwiązania nieściśle, przybliżone, królują w nauce, także w ścisłej, wydawałoby się, fizyce, a u podstaw takiego stanu rzeczy leży *sposób opisu* fizycznej rzeczywistości. Jak to uzasadniałam w innym miejscu (Korpikiewicz, 2000), otrzymywanie rozwiązań *chaotycznych* zarówno w mechanice klasycznej, jak i teorii chaosu, i konieczność zastosowania do nich metod statystycznych wynika bezpośrednio z przyjętego w mechanice klasycznej kartezjańsko-newtonowskiego opisu położenia punktu w prostokątnym układzie współrzędnych. Być może, gdyby swojego czasu zastosowano do opisu rzeczywistości *relacyjną teorię przestrzeni i czasu* Gottfrieda Leibniza, dziś nie byłoby ani teorii chaosu, ani empiryzmu logicznego.

Czy wyniki obliczeń statystycznych mogą być wiarygodne, jeśli stosuje się je do małej próbki elementów? Producenci kremów często piszą: „testowano na 30 kobietach”, astrologzy znajdują zależności pomiędzy znakiem zodiaku a pewnymi cechami charakteru kilkudziesięciu osób. Potem te wyniki mają mieć zastosowanie do... tysięcy, a nawet milionów ludzi. Statystyka ma sens, jeśli stosuje się ją do wielkiej liczby zdarzeń. Stanowi błędne narzędzie, jeśli badana próbka będzie mała.

Tym bardziej: czy można zastosować statystykę do opisu ważnych, znaczących, wyjątkowych i niepowtarzalnych momentów z życia jednostki czy wszechświata? Oczywiście, nie. Możemy opisać przy pomocy praw statystyki np. nasz czas dojazdu do pracy przez wiele lat oraz formowanie się miliardów gwiazd i miliardów galaktyk, ale już nie *zdarzenia jednostkowe* (tzn. pojawiające się tylko raz): ewolucję biologiczną czy rozwój wszechświata jako całości.

W naturze zachodzą zdarzenia niezwykle mało prawdopodobne; zwróćmy uwagę, że istotne wydarzenia w historii ewolucji były niezwykle mało prawdopodobne. Nieprawdopodobne są np. siły i parametry fizyczne wszechświata, które musiały być takie, a nie inne, aby narodziło się życie (zasada antropiczna). Chociaż, jak to uzasadniam w innym miejscu (Korpikiewicz, 2006), zespół zupełnie innych parametrów fizycznych *także* mógł sprzyjać rozwojowi życia, to przy obecnych parametrach niewielka zmiana któregoś z nich doprowadziłaby do wszechświata jałowego.

Zadziwiające koincydencje stałych fizycznych wszechświata (Korpikiewicz 2002, 2006) i „nieprawdopodobieństwo zdarzeń”, które przywiodły do tego, że teraz właśnie ktoś czyta ten artykuł, należałoby tłumaczyć tym, że we wszechświecie powszechnie występują zdarzenia, które potocznie nazywamy „nieprawdopodobnymi” (nieskończenie mało prawdopodobnymi), a więc takie, których wystąpienia nie można przewidzieć przy pomocy praw statystyki. Być może taka właśnie jest cecha wszechświata, którą uparczywie wzbraniamy się zauważyć: jego rozwój opiera się na zjawiskach *nieskończenie mało prawdopodobnych*, które nazywamy *przypadkowymi*. Oto kolejne rozumienie przypadku: zjawisko nieskończenie mało prawdopodobne, aczkolwiek fundamentalne w dziejach wszechświata.

Takim zjawiskiem mogła być biogeneza ze swym „zbyt krótkim czasem” na dokonywanie eksperymentów w zakresie połączeń aminokwasów i takimi mogły być narodziny wszechświata z niezwykle koincydencją wielkich liczb Diraca. I być może te ważne, a niezwykle mało prawdopodobne zdarzenia w życiu wszechświata, zostały wpisane w scenariusz jego rozwoju już w Wielkim Wybuchu, w pierwotnym skorelowaniu par cząstek elementarnych.

Bibliografia

- Bernal I.D. 1957. *Nauka w dziejach*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Bebnik W. 1994. *Wiktor*, cz. III.
- Gamow G. 1961. *Mister Tompkins w krainie czarów*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Korpikiewicz H. 1998. *Koncepcja wzrostu entropii a rozwój świata*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.

- Korpikiewicz H. 2000, *Czy matematyka jest językiem Przyrody*, w: *Matematyka–Język–Przyroda*, (red.) E. Piotrowska, H. Korpikiewicz, *Pisma filozoficzne*, t. 66, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Korpikiewicz H. 2002. *Kosmoekologia z elementami etyki holistycznej. Hipoteza Gai-Uranosa*, Prodruk, Poznań.
- Korpikiewicz H. 2006. *Kosmoekologia – Obraz zjawisk*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Krajewski W. 1956. *Wstęp*, w: Smoluchowski M., *Wybór pism filozoficznych*, PWN, Warszawa.
- Krajewski W. 1966. *Główne zagadnienia i kierunki filozofii*, cz. II *Ontologia*, PWN, Warszawa.
- Lem S. 1964. *Summa technologiae* wyd. IV, Wydawnictwo Lubelskie, Lublin.
- Mizerski W. (red.) 2004. *Tablice matematyczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa.
- Radhakrishna Rao C. 1994. *Statystyka i prawda*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Smoluchowski M. 1956. *Wybór pism filozoficznych*, PWN, Warszawa.
- Szlenk W. 1971. *Rachunek prawdopodobieństwa*, PZWS, Warszawa.

Statistics, Chance and Determinism

Key words: *stochastic description of natural phenomena, chance, determinism*

The article analyzes the basis of statistical descriptions of physical phenomena. The author examines their cognitive status and focuses on the description of chance events. Her main purpose is to establish whether natural events are statistical by nature, or whether they appear to be so because they are presented in stochastic statements.