

Konrad RUDNICKI

KILKA UWAG O MODELACH KOSMOLOGICZNYCH

Modelowanie jest czynnością od dawna przyjęta w naukach. W zasadzie model służy celom pobocznym, dydaktycznym. Zamiast zbyt kosztownego, zbyt łatwego do zniszczenia, zbyt skomplikowanego, zbyt małego lub zbyt wielkiego przedmiotu badań używa się łatwego w produkcji, mocnego w konstrukcji i posiadającego odpowiednie rozmiary modelu. Model posiada pewne cechy wspólne z oryginałem i służy do unaocznienia, upogładowienia tych właśnie cech.

Fakt, że model nie wszystkie cechy ma wspólne z oryginałem jest jego zaletą. Tej zalety nie miałyby model pod każdym względem z oryginałem identyczny. Odróżniam więc tu wyraźnie model od kopii, to jest od sobowtóra oryginału sporządzonego po to, aby zastąpić oryginał w miejscu lub w czasie, w którym on wystąpić nie może.

Mówiąc o dydaktycznym znaczeniu modelu mam na myśli nie tylko znaczenie czysto szkoleniowe, lecz również proces autodydaktyczny, nieodzowny w każdych badaniach naukowych. Praca badawcza musi być stale połączona z pogłębianiem wiedzy własnej, ze zrozumieniem, z przeżywaniem pewnych nowych faktów i myśli. Dlatego badacze często sporządzają modele. Dzieje się tak zarówno w matematyce (każdy wykres lub rysunek geometryczny jest pewnym modelem), jak i w naukach przyrodniczych.

Chyba pożyteczne będzie zastanowienie się nad dobrze zresztą wszystkim znanym procesem modelowania powierzchni Ziemi. Plan nieruchomości lub mapa jakiegoś obszaru Ziemi jest jego uproszczonym modelem — modelem płaskim. Aby uzyskać model lepszy, bardziej zbliżony do pewnych cech rzeczywistości, trzeba uwzględnić nierówności samej Ziemi i obiektów na niej się znajdujących. Istnieją takie plastyczne przedstawienia pewnych obszarów zabudowanych, „plastyczne mapy” gór itp.

*UWAGA: Tekst został zrekonstruowany przy pomocy środków automatycznych; możliwe są więc pewne błędy, których sygnalizacja jest mile widziana (obi@opoka.org). Tekst elektroniczny posiada odrębną numerację stron.

Aby przedstawić ogólną krzywiznę całej Ziemi sporządzamy globusy wyobrażające Ziemię jako kulę. Ale wiemy, że Ziemia nie jest w istocie kulą. Dlatego, aby otrzymać model przedstawiający lepiej geometryczne stosunki Ziemi niż to czyni kula, używamy elipsoidy obrotowej. Takich elipsoid na ogół nie wykonuje się z żadnego materiału. Podaje się natomiast równanie elipsoidy obrotowej posiadającej możliwie podobny kształt do rzeczywistego kształtu Ziemi. Chcąc uzyskać większą dokładność, to znaczy większą zgodność z rzeczywistością w zakresie interesujących nas właściwości geometrycznych, elipsoidę obrotową zastępujemy trójosiową. W zasadzie można by iść dalej i tworzyć coraz bardziej skomplikowane geometrycznie, a zarazem coraz lepiej aproksymujące rzeczywistość, bryły.

Oczywiście pomiędzy mapą jakichś miejscowości, a równaniem elipsoidy ziemskiej z podanymi dla niej współrzędnymi tych miejscowości istnieją zasadnicze różnice. Pierwsza jest modelem rzeczywiście skonstruowanym w świecie fizycznym, druga — modelem zrealizowanym w świecie myśli. Pierwsza jest lepsza dla zanotowania większej liczby szczegółów, druga — do unaocznienia ogólnych stosunków w położeniu tych miejscowości. Ich znaczenie dydaktyczne (w szerszym sensie) jest jednak podobne.

W dziedzinie kosmologii, jeśli pominiemy pewne zastosowania czysto popularyzacyjne, mamy do czynienia z modelami matematycznymi. Taki model matematyczny ma o tyle sens, o ile jest uproszczoną ideą rzeczywistości tak ujętą, że da się łatwo opisać przez (stosunkowo) proste równania matematyczne. Oczywiście można matematycznie z pomocą równań i nierówności opisać i globus ze wszystkimi jego liniami, zarysami, barwami. Poza jednak zupełnie wyjątkowymi sytuacjami, które są dalekie od potrzeb kosmologii, taki opis będzie mało użyteczny. Dlatego, zależnie od potrzeby, możemy raz kulisty globus z całym jego bogactwem, innym razem abstrakcyjną elipsoidę, uważać za lepszy model Ziemi. Realny opis jakiejś rzeczywistości może być skomplikowany. Jej model matematyczny, aby był użyteczny, musi być prosty.

W przypadku aproksymacji kształtu Ziemi nie ma sensu dążyć do brył geometrycznych coraz doskonalej przedstawiających geometryczne stosunki rzeczywistego globu ziemskiego. Trójosiową elipsoidę przedstawiającą kształt Ziemi możemy przedstawić jeszcze przy pomocy sześciu tylko stałych, a mianowicie trzech kierunków i trzech długości osi. Szukając coraz dokładniejszego opisu dojdziemy (przy odpowiedniej definicji kształtu Ziemi) do geoidy jako do granicznego opisu, ale geoida nie da się opisać żadną skończoną liczbą parametrów, żadnym równa-

niem o skończonej liczbie współczynników. Rzeczywisty kształt Ziemi jest czymś rzeczywistym, żywym.

Model elipsoidalny jest sztywny, martwy, „skryształizowany”, ale za to prosty do ujęcia rozumem. Zabijanie jako metoda naukowa bywa, jak widzimy, używane nie tylko w biologii. Używanie modeli jest usprawiedliwione tylko tak długo, dopóki jest się świadomym tego, że taki model matematyczny jest istotnym uproszczeniem, które służy tylko do łatwiejszego myślowego ujęcia najprostszych właściwości rzeczywistości.

Podobna sytuacja istnieje i w modelach kosmologicznych. Możemy opisywać realną budowę Wszechświata w takim czy innym otoczeniu naszej Galaktyki. Są to opisy rzeczywistości, ale oczywiście, nie matematyczne modele. Budowanie modeli kosmologicznych jest poszukiwaniem czegoś, co dla całości Wszechświata byłoby tym, co kula, elipsoida obrotowa lub może elipsoida trójosiowa dla globu ziemskiego. Ponieważ jednak na całej prawie powierzchni Ziemi istnieją geodezyjne punkty pomiarowe, natomiast we Wszechświecie znamy tylko najbliższe otoczenie naszej Galaktyki i nawet nie wiemy, czy stanowi ono skończenie wielką, czy też nieskończenie małą część całości, zagadnienie staje się znacznie trudniejsze.

Dlatego trzeba się cieszyć faktem, że jeśli jeszcze kilkanaście lat temu uważano za jeden z głównych celów kosmologii wyznaczenie ogólnego kształtu czasoprzestrzeni, wyznaczenie krzywizny jej składowej przestrzennej, o tyle obecnie zdano sobie sprawę, że większość właściwości Wszechświata interesujących kosmologów wystarczy opisywać w płaskim modelu Wszechświata. Gdy do sporządzenia mapy posiadamy tylko dane o topografii jednej gminy, uwzględnianie krzywizny powierzchni ziemskiej jest zupełnie zbędne.

Wiąże się z tym pokrewne zagadnienie modeli coraz to doskonalszych. Jeszcze kilkanaście lat temu uważano za niedostatek kosmologii, iż oprócz stałej Hubble’a i parametru deceleracji (lub jakichś dwu funkcji tych parametrów) brak jest innych stałych występujących w modelach, co do których istniałaby nadzieja wyznaczenia obserwacyjnego. Taki model o dwu stałych musiał być modelem prostym, a chciałoby się mieć model wystarczająco odpowiadający rzeczywistości, a więc skomplikowany. Dziś przeciwnie — chętnie używa się stosunkowo prostego modelu tzw. „standardowego”, myśląc nie tyle o jego ulepszeniu, co o obserwacyjnym badaniu różnic pomiędzy nim, a tym, co o realnym Wszechświecie mogą nam powiedzieć obserwacje. Jest w tym niewątpliwie analogia do modeli Ziemi, od których dawno już przestaliśmy wymagać aby przedstawiały rzeczywisty jej kształt. Znacznie wygodniej w geodezji posługiwać się

umownie ustaloną „elipsoidą międzynarodową” i wyznaczać odchylenia od niej dla każdego miejsca, które nas szczególnie zainteresuje, niż tworzyć coraz to dokładniejsze przybliżenia geoidy.

Uważam, że prawidłowa ewolucja stosunku do modeli kosmologicznych powinna iść nadal w tym kierunku. Należałoby pragnąć:

1. Uświadomienia, że celem modelu nie jest opis rzeczywistości lecz poglądowe przedstawienie pewnych tylko tej rzeczywistości cech. (Powierzchni globusów nie usiłujemy wyklądać „odpowiadającymi rzeczywistości” minerałami, bo nie są to modele geologiczne, lecz tylko geometryczne).
2. Wprowadzenia być może jeszcze pewnych retuszy w „modelu standardowym” Wszechświata, sprecyzowania pewnych jego parametrów liczbowych i przyjęcia go jako umowy model odniesienia, który ma pozostać niezmieniony aż do chwili istotnego postępu w badaniu Wszechświata.
3. Formułowania wyników badań rzeczywistego Wszechświata możliwie w sposób niezależny do matematycznych modeli kosmologicznych (sporządzanie map i globusów jest czynnością inną niż wyliczanie parametrów elipsoidy ziemskiej).

Oczywiście nie znaczy to, żeby nie warto było szukać nowych modeli kosmologicznych, przy nowych założeniach formalnych lub przyjęciu nowych teorii fizycznych. Poznanie ich właściwości i wyszukanie wśród nich takich, które będą się wyróżniać prostotą i zarazem oryginalnymi właściwościami globalnymi (geometrycznymi lub topologicznymi) wzbogaci niewątpliwie arsenał kosmologiczny i ułatwi kiedyś wybór nowego, bardziej korzystnego modelu standardowego, gdy stary w stosunku do istniejących wtedy danych będzie już zbyt naiwny. Zresztą budowanie modeli o coraz nowych właściwościach jest rzeczą zbyt piękną, oby ją uznać za zbędną, nawet jeśli się ma świadomość, że niewielka tylko ich liczba może znaleźć zastosowanie w badaniu realnego Wszechświata.

maj 1979

Konrad Rudnicki
Obserwatorium Astronomiczne UJ
Kraków