

*Andras Kocsondi*OSOBLIWOŚCI GNOZEologiczne I METODOlogiczne
MODELI NAUKOWYCH

Za istotę naukowego poznania uważamy jedność dialektyczną przedmiotu i podmiotu, która realizuje się w procesie historycznym jako w miarę wierne odzwierciedlenie istoty przedmiotu, przyswojenie myślowe praw rządzących rzeczywistością. Na każdym poziomie naukowego poznania oddziaływanie na przedmiot wymaga zastosowania pewnych sposobów badawczych, metod i środków. Rozwój naukowego poznania, coraz głębsze wnikanie do istoty przedmiotu pociągnęło za sobą z jednej strony nieprzerwane udoskonalanie metod i środków, opracowywanie nowych metod (bowiem zdobyte już wiadomości w dalszych etapach poznania funkcjonują jako metody, względnie mogłyby jako metody funkcjonować), z drugiej zaś strony wymagało to wypracowania nowych sposobów, postępowania badawczego. Dotyczy to szczególnie współczesnego postępowania naukowego, którego jedną z cech charakterystycznych jest próba dotarcia do poziomów rzeczywistości nieosiągalnych ludzkimi zmysłami (np. mechanika kwantowa, biologia molekularna), bądź do dziedziny zjawisk bardzo skomplikowanych (np. procesy fizjologiczne, zjawiska psychiczne, systemy ekonomiczne itp.). Ponieważ w takich przypadkach często jest niemożliwe (względnie niecelowe) bezpośrednie badanie obiektu poznania, stosuje się w coraz szerszym zakresie, nie tylko w naukach przyrodniczych, lecz przede wszystkim w naukach społecznych, tak zwaną metodę modeli¹.

Rozpowszechnianie się metody modelowania w najprzeróżniej-

¹ Szerzej o zastosowaniu modelowania w procesie poznania naukowego napisano w: A. K o c s o n d i, *Modeli modszar*, Budapeszt 1976.

szych dziedzinach naukowego poznania, stosowanie modeli w coraz szerszym zakresie i z coraz lepszymi rezultatami, tak na polu badań teoretycznych, jak i techniki stosowanej, spowodowało, że metoda ta zwróciła na siebie uwagę badaczy interesujących się zagadnieniami metodologicznymi i gnozeologicznymi nauki i stała się przedmiotem teoretycznych interpretacji i polemik. W ich wyniku uzyskano niezwykle doniosłe rezultaty. Uświadomiono sobie swoistość postępowania badawczego na tym polu. Zostały określone najistotniejsze kontury reguł metodologicznych, odkryto nowe środki logiczne, a także warunki i granice ich zastosowania. Równocześnie pojawiły się w literaturze tendencje (czasami formułowane otwarcie, czasami zaś w formie zamaskowanej) do zdecydowanego przeceniania roli metody modelowania i zbytniego uogólniania pojęcia modelu. Tendencja ta jest zauważalna przede wszystkim w interpretacji pojęcia modelu, w rozszerzeniu na wielką skalę jego zakresu. W ten sposób niektórzy autorzy wszystkie (lub prawie wszystkie) metody i wyniki poznania uważają za modele. Mamy tu na myśli wszystkie te koncepcje, według których hipotezy, teorię, różne rachunki matematyczne i logiczne, abstrakcyjne systemy znaków itp. są modelami.

Najbardziej charakterystycznym z filozoficznego punktu widzenia stanowiskiem jest pogląd, według którego nie tylko zanika różnica pomiędzy modelowaniem a poznaniem (odbiciem) rzeczywistości, ale to ostatnie pojęcie (odbicia) zostaje potraktowane jako podrzędne względem modelowania. Istotą takiego ujęcia jest potraktowanie nie tylko wszelkiego procesu poznania jako modelowania, ale także produktu procesu poznawczego - odzwierciedlenia, odbitki rzeczywistości, a nawet materialnego nosiciela tej odbitki (podmiotu) jako modeli materialnej rzeczywistości².

Podobne problemy pojawiają się obecnie w związku ze stosowaniem pojęcia modelu w naukach szczegółowych. Pojęcie modelu bywa interpretowane w różnych dziedzinach wiedzy (ba, często nawet w

² Z takim ujęciem zagadnienia autor spotkał się w następujących pracach: G. K l a u s, *Kybernetik und Gesellschaft*, Berlin 1964; K. D. W ü s t n e c k, *Zur philosophischen Verallgemeinerung und Bestimmung des Modellbegriffs*, "Deutsche Zeitschrift für Philosophie" 1963, nr 12; H. M. A m o s o w, *Modelirowanie myszlenija i psichiki*, Kijów 1965; K. E. M o r o z o w, *Matematičeskoje modelirowanije w naucznom poznanii*, Moskwa 1969; J. A. P o n o m a r i e w, *Psichika i intuicya*, Moskwa 1967; S. P i e t r o w, *Poznaniye i modelirowanije*, [w:] *Lenińska teorija otraženija i sowriemiennost*, Sofia 1969.

tej samej dziedzinie) na różne sposoby, często są to wręcz interpretacje przeciwstawne. Pojęcie to - równoległe z rozpowszechnieniem się metody modelowania - wiele straciło ze swej jednoznaczności i ścisłości, stało się nieostre. Ta nieostrość spowodowała, że zakres jego obejmuje obok ogólnych hipotez - zdania jednostkowe, obok nosiciela informacji - prototyp, obok struktury abstrakcyjnej - makietę, obok systemu znaków - izomorficzne odzwierciedlenie zbioru, obok teorii naukowej - schemat matematyczny. Większość obiegowych interpretacji pojęcia modelu daleko odbiega od tradycyjnego sposobu rozumienia tego terminu, od tego sposobu rozumienia, jaki był charakterystyczny dla nauk, w których metodę modelowania wypracowano i zastosowano po raz pierwszy. W związku z rosnącym znaczeniem modelowania w poznaniu naukowym, a także różnorodnością interpretacji pojęcia modelu, jest rzeczą pożądaną dokonanie prezentacji i analizy modeli naukowych oraz charakterystycznych cech metodologii i gnozeologii modelowania. Niniejsza rozprawa stanowi próbę rozwiązania tego zadania z pozycji marksistowskiej teorii poznania.

1. CHARAKTERYSTYCZNE WŁAŚCIWOŚCI MODELOWANIA

Model jest jednym ze specyficznych środków poznania naukowego, jest specyficzną formą odzwierciedlenia obiektu, która pozostaje w nierozdzielalnym związku z modelowaniem jako specyficznym procesem badawczym i ze stosunkowo samodzielną i typową metodą poznania naukowego. Dlatego też model funkcjonuje tylko w procesie modelowania, wszystkie obiekty jedynie w trakcie modelowania, czyli tego procesu, posiadają właściwość "bycia modelem" i istotne właściwości modelowania możliwe są do przedstawienia w ramach tego procesu. W literaturze związanej z tym tematem nie znajdujemy jednomyślnego pojęcia metody modelowania. Spośród wielu ujęć metody modelowania postaramy się dokładniej omówić dwa skrajne. Przedstawiciele jednej z koncepcji zbyt poszerzyli pojęcie modelu traktując modelowanie jako wszelkie naukowe poznanie. Między innymi przedstawicielem takiego poglądu jest radziecki psycholog N. M. Amosow, według którego poznanie = modelowanie³ i K. E. Morozow, który twierdzi, że "... wszystkie fo-

³ Amosow, *op. cit.*, s. 46.

rmy działalności poznawczej rozpatrujemy w określonym znaczeniu jako modele⁴. Przedstawiciele drugiej koncepcji, w przeciwieństwie do wyżej wspomnianej, zbyt wąsko ujmują pojęcie modelowania, gdyż utożsamiają je z taką czy inną konkretną formą. Na przykład dość często za pojęcie modelowania uznają jedynie modele matematyczne (lub ogólnie: środki matematyczne).

Naszym zdaniem modelowanie jest *uniwersalną metodą pośredniego* badania obiektywnej rzeczywistości. Dwie cechy, czyli pośredniość i uniwersalność odróżniają tę metodę poznania od innych. Dlatego też w oparciu o ich analizę możliwe są do wyłożenia główne charakterystyczne cechy tej metody.

1.1. Przede wszystkim charakter *pośredni, specjalny* metody modeli wyraża się w tym, że proces badawczy właściwego przedmiotu nie jest związany z tym przedmiotem lub z bezpośrednio dotyczącymi go obrazami zmysłowymi i myślowymi, nie przebiega drogą wyznaczoną przez symbole badawcze, lecz realizuje się w drodze bardziej dostępnej podmiotowi, łatwiejszej, bardziej giętkiej, ekonomiczniejszej w stosunku do badanego obiektu. W procesie modelowania badacz nie wpływa bezpośrednio na obiekt poznania, lecz działalność poznawczą skierowuje na inny obiekt, który zastępuje poprzedni w procesie badawczym. W poznaniu naukowym często zdarzają się takie sytuacje, w których staje się niemożliwe lub też niecelowe bezpośrednie badanie obiektu. Wtedy badacz sięga po inny obiekt badawczy znajdujący się w odpowiednim, obiektywnie określonym stosunku do pierwotnego przedmiotu poznania (analogia, izomorfizm, homomorfizm), by poznając ten ostatni (względnie jego pewne właściwości) zdobyć wiadomości o pierwotnym obiekcie. W ten sposób w procesie modelowania obiekt oryginalny jest badany w innej, prostszej i bardziej dla badacza dostępnej formie. Dzięki temu model z reguły jest prostszy i bardziej znany niż pierwotny obiekt i dlatego bardziej nadaje się do przeprowadzania badań. W następstwie tego staje się możliwym badanie i poznanie takich zależności i cech pierwotnego obiektu oraz jego strukturalnych i funkcjonalnych właściwości, których nie jest się w stanie zbadać bezpośrednio w modelowanym obiekcie. Jedną z zalet metody modelowania, w przeciwieństwie do innych metod badawczych, jest to, że stwarza ona możliwość badania i poznania w sposób

⁴ Morozow, op. cit., s. 9.

pośredni i specjalny struktury i funkcji pierwotnego przedmiotu poznania niemożliwej do zbadania w sposób bezpośredni. Tu jednak ujawnia się ograniczony charakter tej metody: bo jeżeli można zdobyć potrzebne wiadomości o obiekcie w drodze badań bezpośrednich lub w miarę pośrednich, z pomocą innych metod poznania naukowego, wtedy nie ma potrzeby uciekania się do procesu badań pośrednich na modelu.

1.2. Na czym polega inna cecha charakterystyczna metody modelowania, jej uniwersalny charakter? Ta właściwość modelowania przede wszystkim ujawnia się w tym, że metodę tę można stosować na wszystkich obszarach poznania naukowego dla rozwiązania najprzeróżniejszych zadań badawczych. Wynika to między innymi stąd, że z punktu widzenia struktury i natury modeli mogą one być materialne lub myślowe. Zatem poznanie na poziomie empirycznym, gdy przedmiotem badań są głównie rzeczywiste przedmioty, zjawiska i procesy, stosowane są materialne modele zastępujące te przedmioty, zjawiska, procesy. W przeciwieństwie do tego na poziomie teoretycznego poznania, kiedy przeprowadza się różne teoretyczne i logiczne rozważania w oparciu o elementarne obrazy, pojęcia, znaki itp. odnoszących się do rzeczywistych przedmiotów, zjawisk i procesów stosuje się przede wszystkim idealne modele zbudowane z tych obrazów, pojęć i znaków. Modelowanie można zatem stosować: 1) na poziomie empirycznej rzeczywistości, przede wszystkim jako szczególny środek i przedmiot doświadczenia naukowego (doświadczenia z modelami); 2) na poziomie teoretycznego poznania rzeczywistości, na przykład w eksperymentach myślowych, w tworzeniu hipotez i procesie sprawdzania, w tworzeniu teorii itp.; oprócz tego model może się stać ogniwem wiążącym ze sobą poznanie empiryczne i teoretyczne, wiążącym teorię z rzeczywistością, może też być 3) środkiem przejścia od wiedzy empirycznej do teorii naukowej, np. przy interpretacji faktów lub w trakcie wyjaśniania; 4) środkiem odniesienia teorii naukowej do rzeczywistości i faktów, na przykład w związku z naukowym prognozowaniem; 5) środkiem praktycznego zastosowania teorii naukowej, np. jako interpretacja abstrakcyjnego systemu znaków.

1.3. Po wtóre, jak wykazano wyżej, uniwersalny charakter systemu modelowania wyraża się i w tym, że za pośrednictwem modelu mogłaby też być urzeczywistniona każda forma i funkcja poznania naukowego. Na empirycznym poziomie poznania naukowego model może być wła-

czony do obserwacji pomiarów, do systematyzowania i oceny danych empirycznych oraz do opisu tych danych. Na poziomie teoretycznym może spełniać funkcję wyjaśniającą, predykatywną i interpretacyjną, może wiązać eksperymenty myślowe z hipotezą i teorią naukową. Na każdym poziomie i w każdej fazie badań może spełniać funkcję poznawczą, odbicia i funkcję heurystyczną. Na obydwu zaś poziomach spełniać może funkcję kryterium włączając się do procesu uzasadniania. W tym znaczeniu modelowanie właściwie nie stanowi samodzielnej formy badawczej, lecz pojawia się jako osobliwy typ podstawowych form i funkcji poznania naukowego (np. badania modelowe, opis modelowy, wyjaśnianie modelowe, przewidywanie modelowe itd.). Dlatego też możemy jednocześnie modelowanie traktować jako osobliwą drogę badania naukowego, mianowicie jako pośrednie realizowanie drogi poznania rzeczywistości za pośrednictwem modelu, który podobnie jak badanie bezpośrednie obiektu prowadzi do nagromadzenia wiadomości empirycznych i ich usystematyzowania, do tworzenia teorii naukowej i stąd jej odniesienia do rzeczywistości i praktycznego zastosowania.

1.4. Do tej pory zajmowaliśmy się analizą istoty procesu modelowania w oparciu o jego dwie podstawowe właściwości. Wynik tej analizy możemy zreassumować następująco: Przyjmijmy, że M - to dany system obiektów materialnych czy myślowych, O - to zaś inny system różniący się od poprzedniego; i dalej M' - to system wiadomości odnoszących się do systemu M , zaś O' - to system wiadomości odnoszących się do systemu O . W trakcie modelowania system O , który stanowi pierwotny przedmiot badania, zostaje zastąpiony systemem M i odpowiednie badania przeprowadzane są nad systemem M . Czyli system M' zostaje wzbogacony, względnie poszerzony, o nowe wiadomości. W następstwie tego system M' lub jego nowe elementy odnoszą się do systemu O i w ten sposób system ten zawiera pewną nową wiedzę o systemie O . Tym samym w trakcie badania systemu M zyskujemy pełną lub częściową wiedzę o systemie O . W procesie modelowania system M znajduje zastosowanie w badaniu systemu O , system M występuje jako środek badań nad systemem O . Żeby system M rzeczywiście mógł być środkiem badawczym i zastępować system O , jest rzeczą konieczną, by z jednej strony między pewnymi elementami i relacjami systemów O i M zachodził określony obiektywny stosunek, czyli by te dwa systemy odpowiadały sobie pod względem pewnych

właściwości, a po wtóre stosunek ten powinien być znany osobie badającej. Z punktu widzenia pozytywnej realizacji modelowania jest niezmiernie istotne, by zachodził taki czy inny, lecz jasno określony, obiektywny stosunek podobieństwa między modelem a obiektem modelowanym.

Biorąc powyższe pod uwagę, pojęcie modelowania możemy ująć następująco: modelowanie jest uniwersalną metodą pośredniego poznania obiektywnej rzeczywistości, w następstwie której badanie i poznanie obiektu realizuje się w drodze badania innego systemu, który pozostaje w obiektywnie określonym stosunku do niego i jego odpowiedniki znane są badaczowi, a sam system znajduje się w materialnym lub myślowym stosunku z badanym obiektem. Ten pośredni system, zastępujący rzeczywisty obiekt poznania, na który są skierowane wszystkie operacje poznawcze na danym obszarze badania i przez studiowanie którego zdobywamy nowe wiadomości o rzeczywistym obiekcie nazywanym modelem. Do tego, by model mógł spełniać swą funkcję, koniecznym jest, by znajdował się w określonym stosunku do rzeczywistego przedmiotu poznania, czyli do tzw. modelowanego obiektu.

2. MODEL I STOSUNEK MODELU DO MODELOWANEGO OBIEKTU.

RELACJA MODELOWANIA

Najistotniejszą cechą charakterystyczną modelowania, odróżniającą je od wszystkich innych metod poznania naukowego, jest relacja między modelem a modelowanym obiektem. Stosunek ten stanowi jednocześnie klucz do powodzenia metody modelowania, gdyż jest on podstawą z jednej strony wyboru i tworzenia modelu, zaś z drugiej strony jest podstawą przeniesienia nowych wiadomości z modelu na obiekt pierwotny.

2.1. W czasie analizowania tego stosunku trzeba przede wszystkim podkreślić, że modelowanie nie zakłada - nawet w stosunku do materialnych obiektów i ich modeli materialnych - wzajemnego oddziaływania materialno-energetycznego między modelem i obiektem, czy istnienia realnych związków. Przeciwnie, pojęcie modelu wyklucza jakiegokolwiek materialne zależności i bezpośredni wpływ między nimi. "Kontakt" między modelem i modelowanym obiektem tworzy poznając podmiot, to on przyporządkowuje, w oparciu o obiektywne właściwości, model - modelowanemu obiektowi. Dlatego jedną z

istotnych właściwości stosunku modelu do obiektu stanowi fakt istnienia tu *społecznie uwarunkowanego związku, w którym pośredniczy podmiot*. Modelowanie jako specyficzna metoda badawcza zawsze zakłada obecność podmiotu, który tworzy zależności między modelem i obiektem, który wybiera lub stwarza i pobudza do działania model i dla którego jakiś przedmiot funkcjonuje jako model, zaś inny jako obiekt modelowy. Wynika stąd, że relacja modelowania⁵ jest trójczołowa i zachodzi między modelem, podmiotem modelującym (badaczem) i modelowym obiektem (rzeczywistym przedmiotem poznania)⁶.

Na relację modelowania, jak wynika z powyższych wywodów składają się *elementy obiektywne i subiektywne*. Zrozumiałe, że ten subiektywny charakter jest zawsze względny, gdyż z jednej strony relacja modelowania w stosunku do innych komponentów jest tylko subiektywna, zaś z drugiej jest to subiektywność określona przez obiektywne czynniki. Ponadto różne typy modeli i relacji modelowania w różny sposób i w różnych rozmiarach objawiają swą obiektywną i subiektywną stronę. Tak więc na przykład przy modelach teoretycznych, a zwłaszcza przy modelach myślowych, ich związek ze zmysłowymi obiektami ma charakter bardziej pośredni, rzecz można przenośny.

2.2. *Subiektywna strona relacji modelowania* polega na tym, że podmiot tworzy lub wybiera model, który nie może istnieć bez niego. W ogóle poza sferą działalności człowieka nie istnieje ani model, ani modelowany obiekt, istnieją po prostu obiekty. W ten sposób *każdy materialny lub zmysłowy system nie sam w sobie, lecz jedynie dla podmiotu funkcjonuje jako model*. Charakter subiektywny modelowania zawiera się w tym, że powołanie do życia lub wybór modelu zależy zawsze z jednej strony od poziomu wiadomości zdobytych wcześniej o obiekcie (i modelu), z drugiej strony od celów, które się stawia na danym obszarze badania i środków, które służą ich realizacji. Ostatecznie podmiot określa - na podstawie posiadanych wiadomości i stawianych zadań badawczych - które elementy i stosunki modelu odpowiadają stosunkom i elementom obiektu i które cechy charakterystyczne należałoby pominąć, a które uwzględnić.

⁵ Relację modelowania rozumiemy jako tak ujęty stosunek między modelem a obiektem modelowanym.

⁶ Oprócz powyżej wymienionych za komponenty modelowania trzeba także uważać wykorzystane środki badawcze i w pewnym sensie także wyniki modelowania,

2.3. Natomiast wybór czy powołanie do życia modelu nie jest zależne od woli podmiotu, ba! nawet nie wyłącznie od celów badawczych, lecz przede wszystkim od obiektywnych stosunków wzajemnych między modelowanym obiektem a przyszłym modelem. Obiektywną podstawę modelowania stanowi wzajemne odpowiadanie sobie modelu i modelowanego obiektu, a właściwie pewna konkretna forma tego stosunku: analogia, izomorfizm lub homomorfizm. Dlatego też najistotniejszym warunkiem zastosowania metody modelowania jest, *by tak model, jak i modelowany obiekt, posiadał pewne podobne, względnie wspólne właściwości*, by strukturalnym lub funkcjonalnym cechom charakterystycznym obiektu odpowiadały takie same cechy modelu. Model bowiem tylko w tym przypadku może w procesie badania zastąpić obiekt i właśnie w oparciu o te podobne cechy charakterystyczne możemy wysnuć wnioski, że nowo poznane właściwości modelu przysługują i pierwotnemu obiektowi. W zależności od celów badawczych i typu modelowania można ustalić stosunek odpowiedniości między elementami obiektu i modelu, między ich strukturą lub funkcjami. Nie zakładamy jednak, że na wszystkich tych trzech płaszczyznach ma zachodzić jednoznaczna relacja odpowiedniości, a nawet musimy przyjąć, że model bezwzględnie różni się od obiektu, bo gdyby pod każdym względem był on identyczny z obiektem, to tak samo nie nadawałby się do realizacji danego zadania badawczego, jak i sam obiekt. W trakcie procesu badawczego model tylko wtedy jest zdolny skutecznie zastąpić obiekt, gdy nie posiada tych właściwości, które utrudniłyby lub uniemożliwiły bezpośrednie badanie (studiowanie) obiektu. Dlatego też między modelem i modelowanym obiektem powinna zachodzić zawsze tylko określona zależność - "odpowiadanie sobie" w zakresie np. struktury lub funkcji.

M. B. Hesse z punktu widzenia stosunku do obiektu dzieli właściwości modelu na trzy grupy: 1) pierwszą grupę stanowią te właściwości, które są podobne do właściwości modelowanego obiektu (nazywa je "pozytywną analogią"); 2) do drugiej grupy należą te właściwości, którymi nie dysponuje obiekt ("analogia negatywna"); 3) do trzeciej grupy właściwości modelu zalicza te ce-

czyli te wiadomości dotyczące badanego obiektu, które uzyskaliśmy w drodze badania modelu.

chy charakterystyczne, o których jeszcze nie wiemy, czy są one typowymi dla obiektu czy nie ("analogia neutralna")⁷.

W oparciu o powyższą koncepcję można następująco skonkretyzować modelowanie, a równocześnie i pojęcie modelu: mamy $O = \{P_1, \dots, P_n\}$, gdzie O stanowi zbiór właściwości obiektu⁸, zaś $M = \{P'_1, \dots, P'_m\}$ jest zbiorem właściwości modelu M . Weźmy A jako taki podzbiór zbioru O , którego elementami są już znane nam właściwości $P_1, \dots, P_k$ zbioru O ; w podobny sposób przyjmijmy B jako taki podzbiór zbioru M , którego elementy stanowią już znane cechy $P'_1, \dots, P'_k$ zbioru M i wtedy:

$$\begin{aligned} A_1 &= A \cap B \neq \emptyset \\ A_2 &= A \setminus B = A \cap \bar{B} \neq \emptyset \\ B_1 &= B \cap A \neq \emptyset \\ B_2 &= B \setminus A = B \cap \bar{A} \neq \emptyset, \end{aligned}$$

gdzie $\bar{B}$ jest dopełnieniem zbioru B , $\bar{A}$ zaś dopełnieniem zbioru A ; $\emptyset$ - to zbiór pusty, $=$ oznacza identyczność zbiorów, $\neq$ - to nieidentyczność, $\cap$ - iloczyn zbiorów, $\setminus$ - zaś oznacza różnicę zbiorów.

Gdy te warunki są spełnione, wtedy - ponieważ $A_1 = B_1$ - to między pewnymi właściwościami zbioru O i M zachodzi zależność izomorficzna i dlatego zbiór M może być modelem zbioru O i odwrotnie. To jednak wymaga, by w czasie wyboru modelu lub konstruowania go wziąć pod uwagę wcześniej zdobyte wiadomości odnoszące się do obiektu, czyli do zbioru O (i przyszłego modelu, czyli odnoszące się do zbioru M), należy skonstruować podzbiory A i B , przestudiować ich wzajemne stosunki, odkryć ich wspólne i rozbieżne właściwości, czyli dokładnie określić podzbiory A_1 i B_1 , a ponadto podzbiory A_2 i B_2 . Wybór modelu powinien zawsze przebiegać w oparciu o porównanie zbiorów A i B , opierać się na opisie i ocenie wspólnych (analogicznych) i rozbieżnych właściwości, czyli stwierdzenie zachodzenia $A_1 = B_1$ realizowane być musi na drodze w przybliżeniu dokładnego określenia podzbiorów A_1 i B_1 . W czasie konstruowania modelu w oparciu o podzbiór A już z góry tak się buduje model, by pewne i-

⁷ M. B. B e s s e, *Models and analogies in science*, Londyn-New York 1963, s. 9f.

⁸ Termin 'właściwość' tak tu, jak i w dalszym ciągu tekstu, używać będziemy w najszerszym sensie, tj. oznaczać on będzie zarówno cechę istotną jak współzależność, stosunki, funkcje itd.

stotne jego właściwości były podobne lub zbieżne z określonymi właściwościami obiektu (czyli z góry zapewniamy że $A_1 = B_1$). Równocześnie abstrahujemy od nieistotnych (z punktu widzenia badań) ubocznych i przeszkadzających w ukazaniu istotnych cech (właściwości) obiektu Q (czyli z góry należy określić podzbiór A_2 , tj. te właściwości, pod względem których model powinien różnić się od obiektu).

Po powołaniu do życia lub wyborze modelu bada się jego jeszcze nieznanne właściwości, czyli podzbiór $\bar{B} \{P'_{1+1}, \dots, P'_m\}$, a w następstwie jego nowe właściwości, np. poznaje się właściwość P_{1+1} . Przez to krąg wiadomości dotyczących obiektu M poszerza się, gdyż podzbiór B wzbogaca się o nowy element ($P'_{1+j} \in B$). Wzbogaceni tą drogą o zdobytą wiadomość możemy wyciągnąć wnioski dotyczące modelowanego obiektu Q . Na przykład możemy domniemywać, że obiekt Q dysponuje właściwościami P_{1+j} analogicznymi z właściwościami P_{k+1} . Czyli w procesie modelowania badanie podzbioru $\bar{B} \{P'_{1+1}, \dots, P'_m\}$, poznanie właściwości P_{1+j} , oraz znajomość stosunków między zbiorami Q i M ($A_1 + B_1$) stwarza możliwość i warunkuje istnienie $P_{k+1} \in A$, czy też $P_{k+1} \in Q$. Jak wynika z powyższego stosunek modelu do obiektu zawiera w sobie swoistą sprzeczność: z jednej strony model dysponuje wspólnymi lub analogicznymi z obiektem właściwościami, zaś z drugiej - bezwzględnie różni się od obiektu, "...kiedy model staje się zbyt dokładny traci swój sens, przestaje być modelem, kiedy zaś jest on niedoskonały jest źródłem błędów"⁹. Oznacza to, że typowym dla relacji modelowania jest nie stosunek identyczności, lecz odpowiedniości. W prostszych przypadkach ta odpowiedniość wyraża się w formie podobieństwa geometrycznego, w innych przypadkach niezmienności praw fizycznych lub identyczności formy opisu matematycznego, czasami zaś w pokrywaniu się pewnych funkcji, w podobnym sposobie zachowywania się itd.

3. GŁÓWNE CECHY CHARAKTERYSTYCZNE MODELI NAUKOWYCH.

NAUKOWA DEFINICJA MODELU

Dokonana wyżej charakterystyka metody modelowania i relacji modelowania stwarza możliwość, by w zarysie przedstawić osobi-

⁹ W. A. S z t o f f, *O roli modelei w poznaniu*, Leningrad 1963, s. 49-50.

wości gnozeologiczne i metodologiczne modeli naukowych, przedstawić cechy charakterystyczne pojęcia modelu, które odróżniają go od wszystkich innych środków i form badania naukowego.

3.1. Podstawowym celem i przeznaczeniem modelowania jest - jak widzimy - badanie i poznanie pierwotnego obiektu. Dlatego jedną z istotniejszych cech charakterystycznych modelu jest to, że jest swoistym środkiem poznania obiektywnej rzeczywistości. Model nie istnieje sam w sobie, jego gnozeologiczne przeznaczenie jest takie, że przy jego pomocy można zdobywać nowe wiadomości o innym obiekcie. W ten sposób jakikolwiek materialny lub myślowy system tylko wtedy może być uważany za model, gdy jest wykorzystany dla zdobycia wiadomości odnoszących się do pierwotnego obiektu.

3.2. Na podstawie dokonanej wyżej charakterystyki relacji modelowania zauważamy drugą istotną właściwość modelu, a mianowicie *obiektywną zgodność i podobieństwo* między modelem a modelowanym obiektem. Model tylko wtedy jest zdolny służyć poznaniu pierwotnego obiektu, jeżeli dysponuje tymi właściwościami, istotnymi z punktu widzenia celów badania, a zapoznanie się z którymi (przy pomocy modelu) umożliwia osiągnięcie tego celu. Jak widzieliśmy ta zgodność nie może być identycznością, lecz równocześnie istniejąca różnica między nimi też nie może być zbyt wielka; lub inaczej, wzajemne podobieństwo nie może być powierzchowne, drugorzędne.

3.3. Dalszą istotną właściwością tego stosunku, a w związku z tym także właściwością pojęcia modelu - która między innymi odróżnia je od pojęcia odbicia rzeczywistości - jest to, że pojęcie modelu nie zawiera ni w formie pośredniej, ni też w bezpośredniej istnienia związku przyczynowego lub innych oddziaływań materialnych między modelem a modelowanym obiektem. Jedną z istotnych różnic między modelem a odbiciem jest to, że pojęcie modelu definitywnie wyklucza jego kauzalne związki z obiektem, zaś pojęcie odbicia nie tylko tego nie wyklucza, ale nawet znaczna grupa odzwierciedleń (obrazy zmysłowe) jednoznacznie jest warunkowana wpływem bezpośrednim świata zewnętrznego na podmiot (lub na narządy zmysłowe).

3.4. Podmiot zawsze "wprowadza w kontakt" model z obiektem, podmiot ustanawia relację modelowania. Dlatego też model zawsze jest *produktem działalności podmiotu* (podmiot wybiera zarówno

modele naturalne, jak i inne). Poza sferą działania podmiotu model - jako model - nie istnieje. W następstwie tego jakkolwiek naturalny, czy sztuczny system jedynie dla podmiotu funkcjonuje jako model, tylko dla podmiotu dysponuje właściwością "bycia modelem".

3.5. Ponieważ między modelem a obiektem zachodzi obiektywna odpowiedniość, model materialnie reprodukuje lub rozumowo odzwierciedla pewne strukturalne lub funkcjonalne właściwości modelowanego obiektu. Dlatego model zawsze stanowi swoisty obraz modelowanego obiektu. Jego obraz jest modelem pierwotnego obiektu wtedy, gdy pewnym elementom i stosunkom tego pierwszego odpowiadają określone elementy i stosunki tego drugiego, a także jest swoistym obrazem, jeżeli ta odpowiedniość ma charakter formalny.

3.6. Model - w następstwie swych cech i budowy - dogodniejszy jest dla rozwiązywania danych zadań badawczych niż oryginalny obiekt. Konieczność stosowania modelowania i jego celowość związane są z tym, że bezpośrednie badanie obiektu uniemożliwiają lub utrudniają jakieś obiektywne lub subiektywne czynniki. Dlatego wybieramy jako model taki obiekt lub tworzymy go w taki sposób, aby był on wolny od tych właściwości, które utrudniają badanie, aby zadania badawcze można było rozwiązywać łatwiej i ekonomiczniej.

3.7. Ogólnie biorąc model dlatego jest dogodniejszy w realizacji celów badawczych niż pierwotny obiekt, bo stwarza możliwość badania tych jego właściwości i zależności, które są nie do zbadania na oryginalnym przedmiocie, bo model ma mniej złożoną strukturę, prostsza jest jego budowa, w ogóle model w większości przypadków jest prostszy od modelowanego obiektu, a jedną z cech charakterystycznych modelowania jest upraszczanie.

3.8. Obiekt zastosowany jako model musi być bardziej znany od obiektu badanego. Inną charakterystyczną cechą postępowania w modelowaniu jest "sprowadzanie" nieznanymi zjawisk do już znanych. W procesie modelowania mamy na ogół do czynienia z teoriami opisującymi jakieś zjawiska, a nie z samą rzeczywistością. Dzieje się przy tym tak, że wiedzę o lepiej poznanej sferze zjawisk przenosimy na zasadzie analogii do teorii mających opisywać zjawiska jeszcze w ogóle nieznanne lub poznane w sposób niedostateczny. I tak np. w drugiej połowie zeszłego stulecia próbowano

zjawiska elektryczne, magnetyczne i świetlne objaśniać na zasadzie analogii ze znanymi zjawiskami i odkrytymi prawami w dziedzinie rozwiniętej fizyki (mechaniki, hydrodynamiki itp.); lub inaczej, procesy mechaniczne, hydrodynamiczne służyły jako model dla badania zjawisk należących do nie znanych jeszcze dziedzin rzeczywistości.

3.9. Ponieważ w procesie modelowania pierwotny przedmiot poznania jest zastąpiony jego modelem, a badanie obiektu realizuje się drogą badania modelu, jedną z właściwości modelu naukowego w odróżnieniu od innych środków poznania jest to, że staje się on zastępcą oryginalnego obiektu poznania. Model jako środek badawczy nie jest więc powołany do tego, by przy jego pomocy badacz oddziaływał na badany przedmiot lub utrzymywał, mierzył i obserwował jego wpływy i zachodzące w nim zmiany, lecz w tym celu, by zastąpił obiekt badań, wkroczył w jego miejsce i reprezentował go. W związku z tym należy zwrócić uwagę na pewną istotną cechę sytuacji modelu: każdy obiekt może w pewnym sensie funkcjonować jako reprezentant jakiegoś innego obiektu poznania, mianowicie jako reprezentant identycznych z nim naturalnych przedmiotów "fizycznych" lub ich kategorii (w przypadku systemu myślowego odbitych w nim kategorii rzeczy). Model zaś jako zastępca modelowanego obiektu nie jest z nim identyczny, ani też nie jest jego odbiciem, nie reprezentuje zjawisk lub ich zbioru, lecz reprezentuje inny zbiór zjawisk (pozostający w obiektywnym stosunku zależności z poprzednim).

3.10. Ponieważ model jest reprezentantem pierwotnego obiektu, to dalszą jego cechą istotną jest to, że w procesie modelowania staje się on *przedmiotem bezpośredniego badania*. Na danym obszarze badań badacz włącza model do procesu badania i na tym obszarze każda czynność poznawcza skierowana jest *bezpośrednio* na model, a nie na oryginalny przedmiot poznania. Badacz swe badania przeprowadza na modelach, a nie na obiektach. W przeciwieństwie do tego inne badania i środki badawcze w procesie poznania przedmiotu jedynie przekazują obiektowi wpływy podmiotu i odwrotnie, same nie stając się bezpośrednim przedmiotem badania (najwyżej w niektórych przypadkach wzajemne oddziaływania pomiędzy przedmiotem a podmiotem są przedmiotem analizy).

3.11. Z poprzednich właściwości modelu wynika, że w procesie badania dostarcza on nam *nowych wiadomości o obiekcie poznania*.

To oczywiście nie oznacza, że te wiadomości są bezwarunkowo pozytywne, modele nie w każdym przypadku określają dokładnie istotne współzależności obiektu, nie zawsze dostarczają adekwatnej wiedzy. Stosowanie metody modelowania, jak uczy historia nauki, prowadziło nie tylko do sukcesów, lecz także do fiaska, niejednokrotnie było źródłem błędów i pomyłek. Jednakże i w takich przypadkach też służy nam model, też dostarcza nam pewnych wiadomości, takie nieadekwatne modele też pozytywnie wpływają na dalszy tok poznania. "Takie modele, których zastosowanie przynosi pełne niepowodzenie uczą nas tego, że zasady i struktury tworzące ich podstawę nie odpowiadają tym naturalnym procesom, które powinny odzwierciedlać. Takie negatywne poznanie jest też wiedzą istotną"¹⁰. W ten sposób zdobywanie nowych wiadomości jest rzeczywiście cechą istotną każdego modelu.

3.12. Modelowi stawiane są istotne wymagania metodologiczne, gdyż musi istnieć możliwość przeniesienia zdobytych w trakcie badania wiadomości na modelowany obiekt. Model tylko w tym przypadku zamienia się rzeczywiście w skuteczny środek poznania obiektu, jeżeli wiedza zdobyta w drodze badania w takiej, czy innej formie, dotyczy pierwotnego obiektu poznania. Podstawę przeniesienia wiedzy z jednej strony tworzą odpowiedniości istniejące między obiektem a modelem, z drugiej strony związane z nim procedury teoretyczne i logiczne, za których pośrednictwem realizuje się to przeniesienie. Oznacza to, że tylko wtedy może służyć wiarygodnymi wiadomościami o obiekcie, gdy jego istotne właściwości odpowiadają właściwościom obiektu, a podmiot zna te odpowiedniości, a raczej ich konkretną formę.

3.13. Z powyższego wynika istotna cecha modelu i jeden z podstawowych warunków pozytywnej realizacji modelowania - *poznanie relacji modelowania* lub też, że podmiot powinien posiadać już w momencie rozpoczynania modelowania odpowiednie wiadomości o stosunku modelu do obiektu. Z jednej strony wybranie lub powołanie do życia modelu, zaś z drugiej strony przeniesienie wiadomości na pierwotny obiekt jest możliwe jedynie w oparciu o posiadanie tych wiadomości. Jedną z trudności stosowania metody modelowania jest właśnie to, że "...choć nieznanne są właściwości intere-

¹⁰ G. K l a u s, *Kybernetik in philosophischer Sicht*, Berlin 1961, s. 278.

sujące badacza, to jednak model powinien być wybrany zgodnie z nimi"¹¹. Oczywiście w momencie podjęcia modelowania badacz nie ma przed sobą całkowicie nieznanego obiektu modelowania, a w procesie modelowania poznając określone właściwości modelu (a także i obiekt) staje się możliwym dokładniejsze określenie ich wzajemnych stosunków. Znane już właściwości obiektu oraz stopniowe ukazywanie relacji model-obiekt stwarzają nie tylko możliwości wyboru, ale i udoskonalenia modelu, przybliżenia go do obiektu, a co za tym idzie ujawnienia nowych, wspólnych im właściwości.

3.14. Zarysowane wyżej właściwości modelu warunkują się wzajemnie: obiekt występujący jako model, reprodukując materialnie, względnie odzwierciedlając rozumowo pewne właściwości oryginalnego obiektu poznania na podstawie obiektywnych odpowiedniości zachodzących między nimi, zdolny jest zastąpić obiekt w procesie badawczym, stać się bezpośrednim przedmiotem badania, czym wspomaga poznanie obiektu. Dlatego biorąc pod uwagę naszkicowane główne cechy modelu naukowego możemy dać następującą definicję: *model jest systemem reprodukującym lub odzwierciedlającym obiekt naszego poznania, jest od niego niezależny materialnie, lecz znajduje się w stosunku obiektywnej odpowiedniości, w procesie badawczym materialnie lub myślowo go zastępuje i w trakcie badania dostarcza wiadomości o oryginalnym obiekcie poznania.* Takie zdefiniowanie pojęcia modelu naukowego, a szczególnie scharakteryzowanie jego podstawowych cech charakterystycznych, jak sądzimy, ukazuje jednoznacznie specyficzny charakter modelu naukowego i metody modelowania, a równocześnie odróżnia je od innych środków, metod i form badania naukowego. Definicja ta równocześnie wyklucza taką interpretację pojęcia modelu, która przeceniając rzeczywistą rolę metody modelowania, uważa ją za jedyną uniwersalną metodę poznania naukowego, gdyż wyżej wyrażone myśli ukazują ograniczoność tej metody, a także i to, że ta metoda nie tylko nie wyklucza stosowania innych metod i procesów poznania, lecz po prostu uwarunkowuje je, a mo-

¹¹ B. S. Griaznow, B. S. Dynin, E. P. Nikitin, *Gnozieologiczaskije problemy modelirowanija*, "Woprosy Filosofii" 1967, nr 2, s. 66.

delowanie w realnym procesie poznania naukowego bezwzględnie splata się z innymi procesami i formami badawczymi.

Uniwersytet w Szegedzie

WRL

Z jęz. węgierskiego tłum. H. Hemmert-Udalska

Андраш Кочонди

ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
НАУЧНЫХ МОДЕЛЕЙ

Автор пытается дать точное понятие модели, определения объёма работы и методов, называемых моделированием. Модель - это косвенная система, замещающая действительный предмет познания, и которая остается в определенной реляции по отношению к этому предмету. Моделирование является универсальным методом косвенного исследования действительности и относится к объектам, которые не могут быть исследованы непосредственным путём. Универсальность моделирования заключается в том, что можно его использовать по отношению к любым предметам исследования. Можно также его использовать на различных ступенях процедуры исследования. При посредничестве модели можно выразить каждую форму и функцию научного познания.