

NIEKTORÉ ASPEKTY POUŽITIA MODELOVANIA V BIOLOGICKÝCH VEDÁCH

ANNA REMISOVÁ, Ústav marxizmu-leninizmu pri SVŠT, Bratislava

DAVID REMIŠ, Ústav experimentálnej biológie a ekológie, CBEV SAV, Bratislava

REMIŠOVÁ, A. — REMIŠ, D.: Some Aspects of the Use of Modelling in Biological Sciences.

Filozofia 41, 1986, No. 1, p. 67.

In the paper possibilities of modelling as a method of the scientific research in biology are briefly summed up. This method is used also in solving concrete tasks for practice. It is cheap, quick and it allows for checking of more alternative possibilities of research than is the case with a real object. As a form of scientific prediction modelling makes it possible to predict the most effective interventions into a real biological object at the maximal time economy. It must be stressed, however, that modelling is one of the many methods of scientific cognition only, it cannot be overestimated in any case. The exploitation of a model is a limited knowledge of the real research object itself.

V súčasnej etape vedeckého poznania snáď nenájdeme vednú disciplínu, ktorá by nepoužívala metódu modelovania. Často sa však stretávame s tým, že kategórie „modelovania“, „model“ sú chápané jednostranne, dáva sa im rôzny obsah a význam, čo ďalej vedie k preceneniu, resp. nedoceneniu možnosti modelovania pri riešení zadaného problému. Hlavne v technických a prírodných vedách je modelovanie často redukované na výsostne matematickú metódu. Obsah kategórie „modelovanie“ je však omnoho širší, označuje sa ním „vytvorenie a skúmanie modelov reálne existujúcich predmetov a javov (organických i neorganických systémov, inžinierskych zariadení, rôznych procesov — fyzikálnych, chemických, biologických, sociálnych) s cieľom definovať alebo zlepšiť ich vlastnosti, zracionalizovať spôsoby ich tvorby, riadenia atď.“ (1, s. 381)

S gnozeologickou kategóriou „modelovanie“, ktorá označuje jednu z dôležitých metód vedeckého poznania, úzko súvisí kategória „model“. Stotožňujeme sa s názorom J. Dubníčku (2, s. 10), podľa ktorého je model myslený alebo reálne existujúci systém, ktorý na určitom stupni zhodnosti odráža, alebo reprodukuje objekt výskumu a zastupuje ho v procese poznania tak, že jeho výskum prináša novú informáciu o tomto objekte. Táto definícia výstižne ukazuje na vzťah podobnosti medzi modelom a objektom výskumu, ďalej na rozmanitosť používaných modelov v závislosti od špecifických podmienok jednotlivých vedných disciplín alebo od stanoveného cieľa výskumu.

Využívanie modelovania ako dôležitej metódy vedeckého poznania vedie však k špecifickým problémom. Vo vedeckej praxi sa často niektoré aspekty výskumu reálneho objektu pomocou modelu absolutizujú. Nová informácia získaná prostredníctvom modelu sa chápe ako konečné rie-

šenie zadaného problému. Pritom sa zabúda na fakt, že modelovanie bez vzťahu k reálnemu objektu výskumu stráca funkciu metódy vedeckého poznania, nezohľadňuje sa, že „mimo samotného modelovania model by nebol modelom“ (3, s. 132), nebol by odrazom originálu. Negatívnu úlohu v tomto prípade zohráva aj to, že učenie o modelovaní ako o jednej z metód vedeckého poznania nie je spracované do ucelenej teórie (1, s. 190).

Problémy, ktoré sú charakteristické pre využívanie modelovania vo všeobecnosti a v jednotlivých vedných disciplínach, sa v biologických vedách akumulujú. Tento jav súvisí s prenikaním rôznych vedných odborov do biológie. Je podmienený dialektikou vzťahov medzi rôznymi formami pohybu hmoty. Biológia sa tak stáva „uzlom“ skoro všetkých vedných disciplín, ktoré so sebou prinášajú problémy svojich materských odborov, t. j. i problémy modelovania.

V našej práci ukážeme na niektoré špecifické aplikácie modelovania v biologických vedách. V niektorých prípadoch demonštrujeme konkrétne výsledky dosiahnuté pomocou tejto metódy a zároveň zdôrazňujeme jej význam pre rozvoj jednotlivých biologických subdisciplín.

Modelovanie v biologických vedách

Využitie modelovania ako metódy poznania je v biologických vedách podmienené niekoľkými príčinami. Jednou z nich je časová alebo priestorová nedostupnosť skúmaného objektu. Príkladom využitia modelovania v biológii pri nemožnosti overiť výsledok v reálnych podmienkach je riešenie otázok zrodu živej hmoty. V tomto prípade bolo využité matematické, ale hlavne fyzikálno-chemické modelovanie. Fyzikálno-chemický modelový experiment spočíval v tom, že zmesou amoniaku, metanu, vodíka a vodných pár boli prepúšťané elektrické výboje, pričom vznikli amino- i karboxilové kyseliny (6, s. 131). Aj keď tieto práce nedali konečnú odpoveď na skúmanú problematiku, ukázali, že organické molekuly môžu vznikať za špecifických podmienok i z neorganických zlúčenín. Podobné modelové experimenty pomáhajú získať doplňujúcu informáciu o nedostupných reálnych procesoch alebo objektoch. V uvedenom prípade má výsledok pravdepodobnostnú hodnotu, modelovanie tu vystupuje ako prognostický prvok, určuje najperspektívnejší smer výskumu.

Príkladom využitia modelovania pri priestorovej nedostupnosti reálneho objektu je skúmanie veľkých ekosystémov. Zhodnotenie fauny a flóry bez použitia modelovania by bolo časovo veľmi náročné a neúmerne drahé. Pri podobných výskumoch sa používajú najmä matematické modely. Z vyhodnotenia sledovanej veličiny niekoľkých bodov sledovaného ekosystému možno pomocou modelovania určiť jej hodnoty na celom skúmanom ekosystéme. Treba pripomenúť, že takto získané hodnoty skúmanej veličiny majú pravdepodobnostný charakter.

Pri skúmaní zložitých biologických objektov, akým ekosystém nepochybne je, má modelovanie určité špecifiká. Limitujúcim faktorom pri použití modelovania je v tomto prípade neúmerne množstvo empirických poznatkov, ktoré treba zohľadniť pri stavbe príslušného modelu. V podobných prípadoch nie sú väčšinou známe príčinnno-účinné vzťahy prebiehajúcich procesov. V tomto prípade sa len veľmi ťažko dá použiť postup, pri ktorom získavame informácie o reálnom objekte, na základe ktorých vytvárame a získavaním ďalších informácií zdokonaľujeme model. Ak sú známe určité vlastnosti originálu, ale nie je jasné, či sú príčinou alebo následkom prebiehajúceho procesu, stavba modelu má iné zákonitosti. Model v tomto prípade je maximálnym zjednodušením sledovaného procesu, snaží sa vystihnúť podstatu javu, pričom sa zanedbávajú všetky nepodstatné súbežne prebiehajúce procesy. Takto skonštruovaný model nemusí vždy odrážať reálnu skutočnosť, je skôr ukážkou, ako daný proces môže prebiehať, dosahujúc podobný výsledok ako reálny objekt. Každý model odráža určité vzťahy a štruktúry skúmanej reality. Táto podmienka je v danom prípade dodržaná, originál i model nezávisle od prebiehajúcich procesov dosahujú rovnaký výsledok. Rozpor medzi originálom a modelom sa prejavuje v ďalšom skúmaní reálnej skutočnosti. V danej situácii je zložitá určiť „objektívnu zhodu, dostatočne presne definovať zhodnosť a rozdielnosť medzi originálom a modelom“ (7, s. 141). Model v tomto prípade odráža predstavu o tom, ako dôjsť k danému výsledku.

Veľmi často sa v biológii modelovanie používa ako interpretačný prostriedok. Táto funkcia modelovania vyplýva z rôznorodosti vedných disciplín, ktoré sa zúčastňujú na biologických výskumoch. Niektoré výsledky alebo javy nie sú v rámci vednej disciplíny, v ktorej boli pozorované, interpretovateľné, alebo ich interpretácia je veľmi ťažká. V takom prípade sa využíva modelový aparát iných vedných disciplín, ktoré pracujú na podobnom probléme. Takéto využitie modelov iných vedných disciplín pri riešení a interpretácii vlastných výsledkov je bežné vo väčšine biologických subdisciplín. Modelovanie ako interpretačný prostriedok sa využíva tiež pri získaní doplňujúcej informácie o skúmanom objekte zo starých výsledkov. Ako príklad možno uviesť sledovanie výskytu rôznych druhov fauny a flóry v určitom regióne. Takéto pozorovania sa robia dlhodobo, niekoľko desaťročí. Využitie aparátu modelovania pri spracovaní starších výsledkov dovoľuje určiť podmienky života sledovaného druhu v čase výskumu a v konečnom dôsledku navrhuje riešenie pre zabezpečenie ekologickej rovnováhy v našich podmienkach.

Modelovanie sa zavádza tiež vtedy, ak priame experimenty na reálnom objekte sú nemožné v dôsledku ohrozenia samého skúmaného objektu. V lekárskejších vedách sa napríklad modely používajú pri skúmaní človeka. Faktor ohrozenia stimuluje využívanie modelov i v ekologických výskumoch. Prednosti modelovania v ekológii sú nepopierateľné.

Vplyv rôznych chemikálií, priemyselných imisií, negatívnej ľudskej činnosti môžeme sledovať bez zásahov do reálneho systému, t. j. bez toho, aby sme výskumom zničili sledovaný ekosystém. Riešenie vedeckých problémov v ekológii pomocou modelov má ešte jednu príčinu. Je ňou časová náročnosť výskumných prác na reálnom objekte. Model skracuje dobu výskumných prác, čo má veľký význam pri ohrození ekosystémov a pri nutnosti včasného preventívneho zásahu človeka.

Uvedené možnosti využívania modelovania v biologických vedách sú determinované samou podstatou výskumu. Modelovanie je v týchto prípadoch nevyhnutnosťou, bez neho by bol výskum sledovaných objektov alebo procesov veľmi sťažený alebo celkom nemožný.

Modelovanie ako metóda poznania sa však využíva skoro v každom biologickom výskume. V týchto výskumoch má úlohu prognózy. Hľadanie správneho riešenia na reálnom objekte si vyžaduje množstvo experimentov. Využitie modelu dovoľuje ohraničiť počet možných riešení, umožňuje vybrať tie, ktoré sú s najväčšou pravdepodobnosťou pozitívne. Výsledky získané pomocou modelu sú preverované na origináli, ale už na vyššej úrovni, t. j. preverujú sa len najpravdepodobnejšie riešenia. Takýto postup proces výskumu urýchľuje. Faktorom, ktorý tiež určuje zavádzanie modelovania do biologických vied, je ekonomická stránka. Modelovanie už z uvedených príčin výskum zahmlieva. Využitie modelovania je veľmi široké, úloha modelu ako prognostického prvku pri vedeckej práci je nezastupiteľná. Pomocou modelu možno vybrať najperspektívnejší smer výskumu daného problému pri minimálnej časovej a ekonomickej strate.

Modelový experiment ako jedna z foriem modelovania v biológii

Pred biologickými vedami stoja v súčasnosti závažné úlohy. Ide v prvom rade o ochranu životného prostredia, o objasnenie vplyvu syntetických látok na živé systémy. Nemenej dôležitou je úloha prispievať k zvyšovaniu a skvalitňovaniu poľnohospodárskej produkcie. V poslednej dobe rastie význam využívania biologických procesov v priemyselnom meradle — v biotechnológii.

Nové úlohy, ktoré stoja pred biológiou, si zákonite vyžadujú nové experimentálne prístupy. Jednou z metód dovoľujúcich študovať dané problémy sú modelové experimenty. Modelové experimenty sú najviac využívané v biofyzike, biochémií, ale aj vo fyziológii rastlín a živočíchov.

Modelový experiment našiel podľa všetkého najväčšie uplatnenie s následným vyústením do praxe v modernej genetike. Modelový experiment v genetike je strojcom biotechnológií a ich následného využitia v praxi. Z uvedeného vyplývajú úlohy, ktoré stoja pred genetikou. Ide hlavne o plánovité zmeny vlastností mikroorganizmov, ale aj rastlín a živočíchov a veľké úlohy v oblasti šľachtenia.

Pri plánovaní a tvorbe vopred zadaných vlastností organizmov má

veľkú úlohu metóda klonovania — pestovanie v živých roztokoch nie celých rastlín, ale len fragmentov tkaniva. Pritom z každého fragmentu je možné vypestovať celú rastlinu. Pestovanie tkaniva v rôznych podmienkach, prenášanie žiadúceho genetického kódu dovoľuje vypestovať rastlinu so zadanými vlastnosťami. Táto metóda urýchľuje a zľahčuje šľachtenie. Klasickými metódami šľachtenie trvá roky, ba i desaťročia. Klonovanie je len jeden z príkladov modelových experimentov využívaných v genetike, no názorne ukazuje prednosti jeho využívania s vyústením bezprostredne do praxe.

Široké uplatnenie našiel modelový experiment v biofyzike. Transportné deje na membránach, transformácia energie, prenos informácií v živých systémoch sú riešené hlavne pomocou modelových experimentov. Veľkú úlohu tu zohrala tvorba modelových membrán. V porovnaní s natívnou membránou majú modelové membrány jednoduchšiu stavbu. Sú tvorené alebo homogénnymi lipidmi alebo zmesou lipidov, neobsahujú však rôzne bielkoviny a pod. Modelové membrány sú maximálnym zjednodušením natívnej membrány.

Pri zložitejších experimentoch dovoľujú modelové membrány tiež štúdium rôznych látok, ich transportných vlastností, konformačných alebo konfiguračných zmien v membránach atď. V tomto prípade sa využívajú rekonštitučné experimenty. Študovaná látka je inkorporovaná do modelovej membrány. Modelové membrány dovoľujú teda študovať nie natívnu membránu vcelku, ale jej jednotlivé komponenty. Základ membrány tvorí lipidická dvojvrstva, do ktorej možno následne inkorporovať ľubovoľnú časť natívnej membrány (bielkoviny, enzýmy a pod.). V konečnom dôsledku je možné z jednotlivých častí vytvoriť membránu s vlastnosťami natívnej.

Modelové experimenty sú často využívané pri riešení otázok transformácie energie svetla v zelených rastlinách v procese fotosyntézy. V danom prípade rôzne experimentálne postupy študujú nie celú rastlinu, ale len organely — chloroplasty, na membránach ktorých prebiehajú deje transformácie energie svetla. Modelové experimenty majú v tomto prípade nezastupiteľné miesto pri poznávaní štruktúry a funkcie fotosyntetického aparátu, mechanizmov jeho regulácie. Modelový experiment v genetike, jeho výsledky vyúsťujú do praxe takmer bezprostredne. Pri fotosyntéze je využitie týchto výsledkov vecou budúcnosti. R. 1967 prezident AV ZSSR M. V. Keldyš o fotosyntéze povedal: „Veda musí dôjsť k takým výsledkom pri objasňovaní mechanizmov fotosyntézy, ktoré dovoľia konštruovať umelé fotosyntetické systémy mimo rastliny.“ Predpokladá sa, že štúdium fotosyntézy a následné priemyselné využitie týchto poznatkov bude mať veľký význam pri riešení energetických problémov. Modelové experimenty majú v biológii široké uplatnenie a opísané prípady skôr ilustrujú ich dôležitosť v danej oblasti. Niekedy je ťažko vyznačiť hranicu medzi modelovým experimentom a „experimentom“. V každom prípade treba však zohľadniť fakt, že výsledky

modelových experimentov, ako aj výsledky všeobecne v modelovaní majú pravdepodobnostný charakter, s ktorým treba počítať, pri ich aplikácii na natívne objekty.

V prípade využitia metódy modelovania v praxi má význam väzba výskum—model—prax [7, s. 326—335]. Model má v tomto prípade úlohu „receptu“, obrazu reálnych procesov, podľa ktorého je zostavená praktická činnosť (výroba).

Modelovanie ako metóda vedeckého poznania umožňuje dostatočne rýchle preverovať nepochybne viac alternatívnych možností výskumu ako pri sledovaní reálneho objektu. Ako forma prognózy vedeckého výskumu pri využití výpočtovej techniky dovoľuje modelovanie predpovedať najoptimálnejšie a najvýhodnejšie zásahy do biologického objektu.

V marxistickej literatúre sa modelovanie prirovnáva k mostu medzi výskumom a praxou [7, s. 326—335]. Pritom musíme mať na zreteli, že modelovanie je len jednou z možných foriem vedeckého poznania, v nijakom prípade nie absolútnou. Model je natoľko dokonalý a natoľko odráža reálnu skutočnosť, nakoľko poznáme sám objekt výskumu. Každé nové zlepšenie modelu je možné len vtedy, ak získame novú informáciu o reálnom objekte výskumu, čo zákonite vyžaduje skúmanie samého reálneho objektu.

LITERATÚRA

1. Filosofskij enciklopedičeskij slovar. Moskva 1983.
2. DUBNIČKA, J.: Materialistická dialektika a teória modelov. In: Filozofia 1983, č. 1, s. 10.
3. ČERNÍK, V. — FARKAŠOVÁ, E. — VICENÍK, J.: Teória poznania. Bratislava 1980.
4. MILLER, S.: Voznikovenije žizni na zemle. Moskva 1959.
5. Modelirovanije i poznaniye. Minsk 1974.
6. GIRINOV, G.: Nauka i tvorčestvo. Moskva 1979.
7. ŠTOFF, V. A.: Problemy metodologii naučnogo poznaniya. Moskva 1978.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУКАХ

Анна Ремишова, Давид Ремиш

В статье в кратком виде анализируются возможности моделирования как метода научного исследования в биологии. Этот метод используется также при решении конкретных практических задач. Этот метод дешёв, лёгок и позволяет проверить большое число альтернативных возможностей научного исследования, как при прямом реальном объекте. Моделирование как форма научного прогноза позволяет предвидеть наиболее эффективное воздействие на реальный биологический объект при максимальной экономии времени. Однако, следует подчеркнуть, что моделирование является лишь одним из методов познания, ни в коем случае его нельзя абсолютизировать. Использование модели является лимитированным познанием самого реального объекта исследования.