

UWAGI O MODELOWANIU W BADANIACH NAUKOWYCH

REMARKS ABOUT THE MODELLING IN SCIENCE RESEARCHES

W pracy przedstawiono krytyczne podejście autorów do modelowania w badaniach naukowych. Zaproponowano systematykę pojęć związanych z modelowaniem oraz ich klasyfikację. Rozważania zilustrowano przykładem modelowania układu słonecznego.

The paper presents authors' critical approach to modelling in science researches. Systematic of notions concerning modelling and their classification are proposed. Considerations are illustrated with an example of the system modelling.

Nadużywanie określenia "modelowanie" bardzo się rozpowszechniło w ostatnich czasach. To, co można by nazwać "ocena", "badaniem", "wyznaczeniem", "poznawaniem" itp. nazywa się niekiedy niepotrzebnie "modelowaniem" [1 - 3, 13]. Po pierwsze dlatego, że używanie większej liczby nazw, spełniających zadanie zbliżone do synonimów, urozmaica tekst i stanowi wartość - jak gdyby - literacką. Po drugie: jest to właśnie modne. Wbrew pozorom nauka, choć powszechnie przypisuje się jej pewne znamiona konserwatywności w zakresie formy, jest - tak, jak i inne dziedziny aktywności twórczej - szczególnie łasa na pokusy, jakie są zawarte w modzie: wszak forma może w łatwy sposób zastąpić mózół tworzenia nowych treści.

Na tle nauk ścisłych, w tym technicznych i przyrodniczych, gdzie jednak - choćby częściowo - jest wymagana lub przynajmniej przychylnie oceniana dokładność i jednoznaczność wyrażania myśli, nauki humanistyczne i społeczne przodują w szkodliwym ograniczaniu skuteczności przekazywania treści, szczególnie aktywnie wtedy, gdy tych treści faktycznie brakuje.

Badanie modelowania jako znaczącego elementu procesu poznawczego wydaje się być z oczywistych względów w gestii filozofów. W pracach filozoficznych na temat modelowania zauważa się niestety wszystkie wady, o których wspomniano powyżej [11, 12]. Wynika to z kilku podstawowych powodów, dotyczących samego przedmiotu rozważań, jak również wykształcenia i predyspozycji ludzi zajmujących się tym zawodowo, a zatem najaktywniej zaznaczających w społeczeństwie swą pozycję w tym zakresie.

Overuse qualifications as "modelling" increased very much in last times. Assessment, research, determining, recognising etc. is often unnecessarily called of a "modelling" [1 - 3, 13]. Firstly: because, usage greater numbers of names, realising close meaning to synonyms, diversifies text and create a value - as if - literary. Secondly: this is just fashionable. Against appearances, science even commonly recognised as conservative in a form in fact is - as other fields of human creative activity - especially sensitive on temptations of fashion: in easy way, the form can take a place of creation a new contents.

Taking into account, technical and natural sciences, where - even if partly - is required or at least favourable evaluated exactitude and unequivocal of expression of thought, humanities and social science are leading in harmful limitation of efficiencies of delivering contents, especially actively when in fact there are not any contents.

Modelling researches, as a significant element of a cognition process appears to be clearly in philosopher's regards. In philosophical works on the theme of modelling, many defects mentioned above can be noticed [11, 12]. This is result of a few basic reasons, relating to the object of considerations, and also education and predisposition of people interesting this professionally, so the most actively marking in society his own position on their field.

Na wstępie należy zwrócić uwagę, że pojęcie zawodu filozofa w ścisłym tego słowa znaczeniu nie istnieje. Być filozofem oznacza zajmować pewną postawę intelektualną. Uczelnie kształcą co najwyżej specjalistów problemów filozoficznych, historyków filozofii, literatów filozoficznych itd. W przypadku tych specjalistów o profilu humanistycznym przygotowanie formalne jest zazwyczaj niezadowalające, a ścisłość wyrażania myśli nie może być tolerowana w nauce. Nie bez powodu ten fakt zawsze wzbudzał protesty, jak np. odmowa traktowania metafizyki jako nauki przez Kanta [6, 7]. Podstawowym wymaganiami, aby rozważania będące przedmiotem badań mogły być traktowane jako nauka jest możliwość ścisłego komunikowania się. W tym celu nauka musi mieć swój język zdefiniowanych pojęć, wywodzących się hierarchicznie z systemu pojęć podstawowych przyjętych jako aksjomaty. Jest konieczna oczywiście jednoznaczność stosowanych określeń. W pracach zawodowych filozofów oraz tzw. osób "uprawiających filozofię", jakże często nawet o wykształceniu ścisłym, najczęściej zauważa się duże niedoskonałości w stronie formalnej. Często uniemożliwia to wręcz prowadzenia badań nad treściami zawartymi w tych pracach. Prace takie charakteryzują się zatem w większej mierze wartościami estetycznymi niż naukowymi.

Drugi powód trudności bogatszego korzystania z dorobku pisarzy filozoficznych wynika z ideologicznych więzów typowych dla tej grupy twórców. Od zarania ludzkości droga do władzy nad ciałami prowadzi przez władzę nad umysłami, stąd masowość kształcenia zinstytucjonalizowanych specjalistów przewidzianych do działalności intelektualnej na wysokich poziomach ogólności, oddanych ideologii. W ten sposób przez bez mała dwa tysiąclecia została zmonopolizowana filozofia kręgu kulturowego Europy przez chrześcijaństwo, podobnie jak przez kilkadziesiąt lat XX w. produkowano masowo specjalistów od filozofii marksistowskiej w Związku Radzieckim. Obecnie masowo rozwija się w świecie kultury zachodniej liberalna ideologia Niemcy. Niezależnie od wysokiej oceny myśli filozoficznych, uprawianych przez niektórych przedstawicieli tych grup twórców, należy jednak zwrócić uwagę, że masowość produkowania specjalistów filozofii zazwyczaj prowadzi do obniżenia poziomu ogólnego, do tworzenia niespójnych i niewyrazistych systemów, do braku indywidualności. Jeszcze większe ograniczenia wynikają z więzów ideologicznych. W tym przypadku trudno jest wręcz oczekiwać oryginalności myśli, skoro musi ona mieć znamiona pracy nakładczej.

First of all we should remember, that an occupation of philosopher in precise meaning of this word does not exist. To be a philosopher means to have a certain intellectual attitude. Colleges educate only specialists of philosophical problems, historians of philosophy, philosophical writer's etc. In a case of specialists with a humanistic preparation, the formal education is often not satisfying, and unequivocal expressions of thought cannot be tolerated in science. Not without reason this fact always aroused protests, e.g. refusal of treatment of metaphysics as a science by Kant [6, 7]. The basic requirement, that the considerations could be called as science, is possibility of precise communications. In this of aim the science has to have its own language of defined notions, hierarchically derived from basic notions accepted as axioms. Unequivocal of definitions is of course essential.

In works of professional philosophers and so-called, of persons "cultivating philosophy", with scientific education, large imperfections in the formal side can be seen very often. It often makes impossible to do researches over real contents of this works. Such works have more often esthetical than scientific value.

The second reason of difficulty in exploring of philosophical writer's results comes from typical fetters for these groups of creators. From the dawn of mankind the way to power over corpses leads through the power over minds, so the massive education of formal specialists for intellectual activities on high levels of generality, devoted ideology. In this manner through almost two millenniums, Christianity monopolised European culture, similarly how by tens of year's XX century in Soviet Union masses specialists of Marxism were produced. At present in the western culture liberal ideology of faintness is being developed. Regardless of high estimation of philosophical thought, created by some representatives of these groups of creators, we should pay an attention, that massive production of specialists of philosophy usually leads to lowering of general level, to creations of incoherent and unclear systems, and to lack of individuality. The greater limitations result from ideological tightness. In this case it is hard to expect originalities of thought, if it has to have marks of compulsory work.

Wszystkie wymienione ograniczenia skuteczności prowadzenia działalności naukowej przez pisarzy filozoficznych nasilają się szczególnie w przypadku takiego przedmiotu badań, jakim jest modelowanie. Pierwszym powodem jest fakt, że modelowanie stanowi element procesu poznawczego, i jako takie dotyczy zagadnień naukowych o najwyższym poziomie ogólności. Choć ten fakt powinien przemawiać na korzyść tzw. zawodowego uprawiania filozofii, to jednak jednocześnie naraża badaczy na ograniczenia ideologiczne. Drugi powód jest konkretny i znacznie poważniejszy, mianowicie modelowanie ma swe zastosowania w naukach ścisłych, gdzie jednoznacznie jest weryfikowana skuteczność tej metody badań. Wymaga to zatem rzetelnej wiedzy merytorycznej i formalnej, aby uniknąć niebezpieczeństw trywialności czy wręcz ignorancji.

Powyższe ograniczenia w traktowaniu tematu modelowania skłoniły autorów do przedstawienia w rozprawie w zasadzie wyłącznie własnych przemyśleń i praktycznie zaniechania dyskusji nad rozważaniami innych specjalistów, nie jest bowiem celem autorów dawanie świadectwa swej ewentualnej erudycji w rozważanych tematach. Wynika to w znacznej mierze z faktu, że autorzy reprezentują specjalność naukową w zakresie nauk ścisłych, a ponieważ większość rozważań nad modelowaniem jako elementem procesu poznawczego ma charakter ogólny z przewagą znamion literackich, możliwości komunikowania się nie zapewniają - zdaniem autorów - wystarczająco dużej skuteczności, jaka jest wymagana w pracach naukowych. W celu zapewnienia dostatecznie wysokiego poziomu komunikatywności przedstawianych rozważań autorzy starają się czynić je *more geometrico*, posiłkując się w miarę możliwości przykładami.

Rozważania ograniczono do modelowania wykorzystywanego w procesie poznania. Nie zajmowano się zatem modelami, stosowanymi w innych dziedzinach działalności człowieka, związanych m.in. z nauczaniem, wychowywaniem, kształtowaniem osobowości ideologicznej czy dostarczaniem doznań estetycznych. Są to tematy, choć fascynujące, zasadniczo odległe od roli, jaką modelowanie spełnia w procesie poznawczym. Na tle tych rozważań, zazwyczaj wzbogaconych metafizycznymi ozdobnikami, lśni siłą prawdy i pragmatyki, jak oszlifowane kamienie szlachetne, modelowanie zastosowane w procesie poznania, szczególnie w zakresie nauk ścisłych [1, 4, 5, 8-10, 13].

Do dalszych rozważań jest przyjmowana gnoseologiczna definicja modelu [2, 3]: model jest to twór uczyniony jako odwzorowanie przedmiotu poznania zgodnie z przyjętymi kryteriami odwzorowania, którego to tworu badania umożliwiają sformułowanie sądów odnoszących się do tegoż przedmiotu poznania.

All mentioned above limitations in efficiency of scientific activity by philosophical writers grow more in tense especially in case of researches like modelling. The first reason is a fact, that modelling is an element of cognition process, and as such refers to high level of generality scientific problems. Even that this fact should speak on advantage so-called professional of tilling of philosophy, it simultaneously exposes of explorers on ideological limitations. Second reason is more solid and more serious; namely modelling has its own uses in sciences, where efficiency of research methods is unequivocally verified. So, it demands of solid and formal knowledge, in order to avoid of triteness or even ignorance.

All abovementioned limitations in the theme of modelling induced authors to introduce in the paper mainly own considerations and in fact relinquish of discussion over considerations of other specialists - is not the aim of authors giving certificate of potential erudition in these themes. Because of the fact that authors represent scientific specially in area of exact sciences, and because most of considerations over modelling as a cognition process has a general character with domination of literary marks, possibilities of communication do not assure - by authors - necessary efficiencies, which is required in scientific works. To assure enough high level of communication introduced considerations, authors try to make them *more geometric*, giving examples were possible.

Considerations are limited to modelling used in a cognition process. Models used in other man's activity like an education; formation of ideological individuality or delivery of esthetical experiences had not been taken into account. These are topics, even fascinating, fundamentally far away from the role that modelling realises in a cognitive process. On this background, usually enriched by metaphysical ornaments, sparkles with full power of truth and pragmatic, as polished precious stones, modelling used in a cognitive process, especially in the science area [1, 4, 5, 8 - 10, 13].

For further considerations the gnoseological definition of the model has been adopted [2, 3]: model is a creature, made as an image of cognition object in accordance with adopted image criterions; researches of this creature make possible expression of judgement referring to this object.

W ścisłym sensie definicja ta ma charakter zarówno ontologiczny, wynikający z określenia sposobu tworzenia modelu, jak i gnoseologiczny - celu jego tworzenia i zastosowania. Z tego powodu, że w zastosowaniach aspekt gnoseologiczny ma wymierne znaczenie praktyczne, tylko on jest zaakcentowany w opisie definicji. Do praktycznego aspektu modelowania autorzy będą się zresztą odwoływali w tych rozważaniach wielokrotnie.

W definicji tej pojęcia tworu, przedmiotu poznania, odwzorowania, kryteriów i formułowanych sądów mają znaczenie powszechnie stosowane i nie wymagają wcześniejszej predefinicji.

Kryteriami odwzorowania przy tworzeniu modelu są przede wszystkim ze względu na praktyczne cele modelowania kryteria:

- podobieństwa formy (in. strukturalnego lub morfologicznego),
- podobieństwa funkcjonalnego.

Właściwość modelu, wywodząca się z zastosowania do jego tworzenia kryteriów podobieństwa strukturalnego, nazywa się izomorfizmem (niekiedy: homomorfizmem), natomiast właściwość, wywodząca się z zastosowania kryteriów podobieństwa funkcjonalnego - izofunkcjonalizmem [12].

W konsekwencji dotychczasowych rozważań modelowanie można określić jako tworzenie i badanie modelu.

W dalszej części rozważań jest rozwijana myśl, że modelowanie jest niezbędnym elementem poznania, nawet na poziomie powstawania wyobrażenia, choć najczęściej podmioty poznania nie zdają sobie z tego sprawy. Można zatem stwierdzić wręcz, że o zaistnieniu modelowania decyduje świadomość tego faktu!

Ze względu na poznanie systematyczna klasyfikacja bytów sprowadza się do podziału na podmiot i przedmiot poznania. W poznaniu przedmiotu inspirujące znaczenie ma doświadczenie: zarówno zmysłowe, jak i umysłowe.

W wyniku doświadczenia zmysłowego na podstawie wrażeń, będących reakcją zmysłów na oddziaływanie rzeczywistości, tworzone są w podmiocie poznania wyobrażenia. Na tym etapie następują organiczne odwzorowania, stanowiące - zazwyczaj nieświadome - modelowanie. O tym, że proces ten spełnia warunki modelowania świadczą możliwości powstawania jakościowo znacząco różnych wyobrażeń na podstawie tych samych wrażeń. Istnieje możliwość empirycznej weryfikacji prawdziwości tego stwierdzenia, jeśli tylko przyjmie się kryteria, na których podstawie można sformułować sąd, że wyobrażenia są jakościowo znacząco różne.

In precise sense this definition has ontological character, resulting from manner of creation a model, and also as a gnoseological aspect - the aim of creation and applying. For this reason, that in applying the cognition aspect has measurable practical meaning, only it is stressed in the description of definition. To the practical aspect of modelling, authors will recall considerations many times.

In this definition, the notions of creature, the object of cognition, images, criteria and expression of judgement have commonly used meaning and will not demand earlier predefinition.

Criteria of image at creation of model are first of all that from regard on practical aims of modelling:

- similarity of form (structural or morphological),
- functional similarity.

Characteristic of model, coming from applying to its creation, criteria of structural resemblance, is called isomorphism (sometimes: homomorphism), and characteristic, coming from applying functional resemblance criteria is called - (isofunctionalism) [12].

As a consequence of above-mentioned considerations modelling can be qualified as creation and research of model.

In further parts of considerations is unrolled thought, that modelling is indispensable element of cognition, even on level of idea formation, although most often subjects of cognition are not aware of this matter. So we can declare that about existence of modelling, awareness of this fact is decisive!

From regard on cognition, the systematically classification of beings is reduced to partition on subject and object of the cognition. In the cognition of object inspiring meaning has experience: both sensual and intellectual.

In a result of sensual experience on the ground of impressions, being reaction of senses on influences of reality, in the subject of cognition ideas are created. On this stage the follow organic images, determining - usually unaware - modelling. That this process realises modelling conditions testifies possibility of formation qualitatively significantly different ideas on the ground of these same impressions. There is possibility of empirical verification the truth of this statement, if only we will take criteria, on the base of which, judgement that ideas are qualitatively significantly different, can be formulated.

W wyniku doświadczenia umysłowego mogą powstawać zarówno wyobrażenia, jak i byty abstrakcyjne. I w tym przypadku istnieje i jest wręcz konieczna dowolność odwzorowania, w czym spełniony jest warunek modelowania. Zatem już u podstaw warunkujących zaistnienie procesu poznania znajduje zastosowanie modelowanie.

Na zwrócenie szczególnej uwagi zasługuje w procesie poznania fakt konieczności dokonania intuicyjnego wyboru przedmiotu poznania jako obiektu doświadczenia. Ta rola czynnika irracjonalnego w procesie poznania jest zazwyczaj pomijana - zupełnie niesłusznie - wszak może on mieć decydujące znaczenie dla osiągniętych wyników. Akt wyboru jest niewątpliwie aktem twórczym i jako taki ma sens kreowania rzeczywistości. Jest w tym również element modelowania, jako że wybór obiektu doświadczenia już jest pewnym odwzorowaniem doświadczonej rzeczywistości.

Na podstawie wrażeń i wyobrażeń syntezowanych w doświadczeniach zmysłowych i umysłowych powstają spostrzeżenia. Są one źródłem wiedzy i punktem wyjścia do działań, mających na celu rozwijanie procesu poznania.

Często ze względu na świadomość podmiotu poznania jego angażowania się w czyn doświadczenia przedmiotu przyjmuje się jako graniczne kategorie: postrzeganie i eksperyment (niekiedy utożsamiany w ogóle z doświadczeniem). Przez postrzeganie pojmuje się działanie nastawione na praktyczne zachowanie się w odróżnieniu od eksperymentu, który jest znamieny świadomym zaangażowaniem umysłowym. Różnica ta, gdyby ją sprowadzić tylko do udziału aktywności umysłowej w procesie poznania, jest w zasadzie umowna, jedynie świadomość aktywności umysłowej rozróżnia te elementy procesu poznawczego.

W poznaniu naukowym rzeczywistości, czego by ono nie dotyczyło, warunkującą ten proces rolę odgrywają kategorie abstrakcyjne, które są przedmiotem oceny. Są to wielkości: w naukach ścisłych zwane wielkościami fizycznymi, jako że w czystym przyrodoznawstwie nauki przyrodnicze mogą być w ostateczności sprowadzone do fizyki.

Pierwszym systematycznym działaniem w procesie poznania w naukach ścisłych jest dobór układu fizycznego przedmiotu poznania. Układem fizycznym jest zbiór wielkości fizycznych opisujących spostrzeżenia związane z przedmiotem poznania.

Kolejnym elementem modelowania w procesie poznania jest tworzenie modelu fizycznego przedmiotu poznania. Modelem fizycznym jest zbiór elementów o wzajemnych zależnościach, który może być opisany wielkościami fizycznymi, przyjętymi jako

As a result of intellectual experience both images and abstract beings can arise. Also in this case exists and is outright necessary free choice of image, in which condition of modelling is fulfilled. Therefore at the base conditioning creation of cognition process, the modelling is applicable.

In the process of cognition, special attention should be paid on necessity of making an intuitive choice of cognition object of experience. The role of irrational factor in the cognition process is usually skipped - completely incorrectly - thus it can have decisive meaning for reached results. Act of choice is doubtless creative act and as such has sense of creating realities. There is also in it element of modelling, as the choice of experience's object already is certain image experienced realities.

On the base of impressions and ideas synthesised in sensual and intellectual experiences, observations are created. They are source of knowledge and the beginning point to activities, having in view unrolling the cognition process.

From regard on awareness of subject of cognition, its engaging in experiencing of the object it is often assumed following limiting categories: perception and experiment (sometimes identified with experience). Perception is understood as activity directed on practical behaviour in distinction from experiment, which is meaningful conscious intellectual engagement. Such a difference, if to bring it only to participation of intellectual activity in the process of cognition, is in fact agreed upon, only consciousness of intellectual activity differentiates these elements of cognition process.

In scientific recognition of realities, whatever it would refer abstract categories play conditioning role they are subjects of estimation. This are quantities, called in natural sciences physical quantities, as in pure nature, natural science can be brought to physics.

First systematically activity in the cognition process in sciences is selection of physical system of the cognition object. Physical system is a system of physical quantities describing observations connected with cognition object.

The following element of modelling in the cognition process is creation of physical model of cognition object. Physical model is a system of elements having properties and mutual dependencies, which can be described directly or (and) indirectly by physical quantities, accepted as a physical sys-

układ fizyczny przedmiotu poznania. Na etapie tworzenia modelu fizycznego wykorzystuje się kryteria podobieństwa do przedmiotu poznania. Kryteriami tymi są, jak wspomniano wcześniej podobieństwa formy lub (oraz) funkcjonowania. Często niektóre kryteria, szczególnie podobieństwa formy, mogą mieć charakter postulatu, gdy nie jest możliwa empiryczna weryfikacja przyjętego modelu fizycznego. W wielu przypadkach ta weryfikacja musi odbywać się w sposób pośredni: na podstawie stosownych badań formułuje się hipotezę o strukturze przedmiotu poznania i kryterium podobieństwa dotyczy wówczas formy modelu fizycznego i teź hipotezycznej struktury.

Modele fizyczne tworzone zgodnie jedynie z kryterium podobieństwa funkcjonowania z przedmiotem poznania można nazwać modelami behawiorystycznymi (często używane jest również określenie "czarnej skrzynki").

Następnym elementem modelowania w procesie poznania jest tworzenie modelu matematycznego. Model matematyczny jest opisem modelu fizycznego za pomocą aparatu matematycznego. Są to zatem opisane z zastosowaniem aparatu matematycznego związki wielkości fizycznych, opisujących model fizyczny.

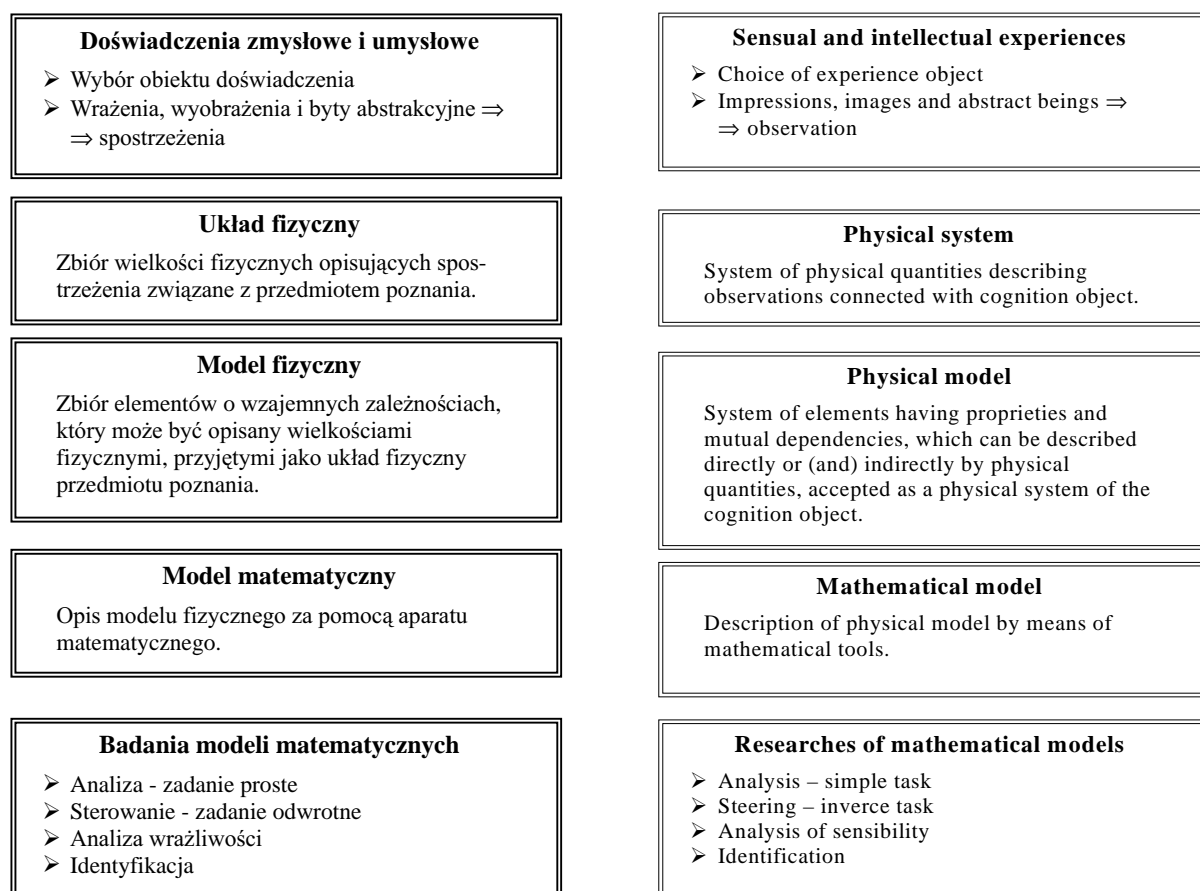
Sposób modelowania przedmiotu poznania można prześledzić na klasycznym przykładzie Układu Słonecznego. Spostrzeżenia, które od lat towarzyszyły obserwatorom bezchmurnego nieba, sprowadzały się do następujących stwierdzeń: spośród świecących obiektów niektóre zachowywały się w miarę upływu czasu obserwacji inaczej niż inne. Były to: Słońce, Księżyc oraz planety - obiekty, które wzięły swą nazwę od sposobu zachowania się "*planásthai*" (greckie "błądzić"). Układ fizyczny opisujący te odróżniające się obiekty stanowiły współrzędne kątowe określające położenie tych obiektów na sferze niebieskiej oraz czas, przyjęty jako zmienna niezależna. Spośród wielu możliwych do utworzenia modeli fizycznych do historii przeszły dwa: Ptolemeusza i Kopernika. Pierwszy jest zwany Systemem Geocentrycznym, drugi Systemem Heliocentrycznym. Nazwy te biorą się od zastosowanych przez autorów kryteriów podobieństwa formy. Konsekwencją przyjętych modeli fizycznych są różne modele matematyczne badanego układu. W przypadku modelu fizycznego Kopernika model matematyczny jest prostszy, a praktyka badań modelu potwierdziła, że okazał się on bardziej skuteczny niż model Ptolemeusza. Powszechnie stosowaną trywializacją problemu jest jednak stwierdzenie, który model jest prawdziwy, nie ma bowiem w ścisłym tego słowa znaczeniu pojęcia prawdziwości modelu: na podstawie badań modelu są formułowane jedynie sądy, o których postuluje się, że odnoszą się one do przedmiotu poznania.

tem of the cognition object. In the phase of creation physical model criteria of resemblance to the object of recognition are used. These criteria are, as one mentioned earlier resemblance's of form or (and) of functioning. Some criteria often, especially resemblance's in form, can have character of postulate, when there is not possible empirical verification of accepted physical model. In many cases such verification has to take place in indirect way: on the ground of suitable researches hypothesis about structure of the object is formulated and similarities criterion refers to form of physical model and this hypothetical structure.

Physical models created only on the base of functioning resemblance's criterion to the cognition object can be called behaviour models (qualification "the black box" is often used).

The next step of modelling in a cognition process is creation of mathematical model. Mathematical model is a description of physical model by means of mathematical tools. These are relations of physical quantities describing physical model using mathematical tools.

The way of cognition model modelling can be traced on classical example of the Solar System. Observations, which for many years accompanied to observers of cloudless skies, were limited to the following ascertainments: among shining objects some behaved in outflow of time of observation otherwise than others. They were: Sun, Moon and planets - objects, which took own names from the manner of behaviour "*planasthai*" (Greek - "behave different"). Physical system describing these differing objects determined angle co-ordinates qualifying position of these objects on celestial sphere and the time, accepted as independent variable. Among many physical models to the history came two: Ptolemy and Copernican. The first one is called Geocentric System, and the second one is called Heliocentric System. Names of these systems come from form criteria of resemblance applied by authors. The consequences of accepted physical models are different mathematical models of system examined. In case of Copernican physical model, the mathematical model is of more simple, and researches of model confirmed, that is more efficient than Ptolemy model. However, commonly trivialization of the problem is acceptance, which model is real, in a precise meaning of this word there in no notion of truth model: on the ground of model's researches only opinions are formulated, about which is postulated, that they refer to the object of cognition.



Rys. 1. Stopnie poznania naukowego

Fig. 1. Stages of cognition process

Sposoby klasyfikowania modeli matematycznych wywodzą się z matematyki i z fizyki oraz nauk pochodnych od nich.

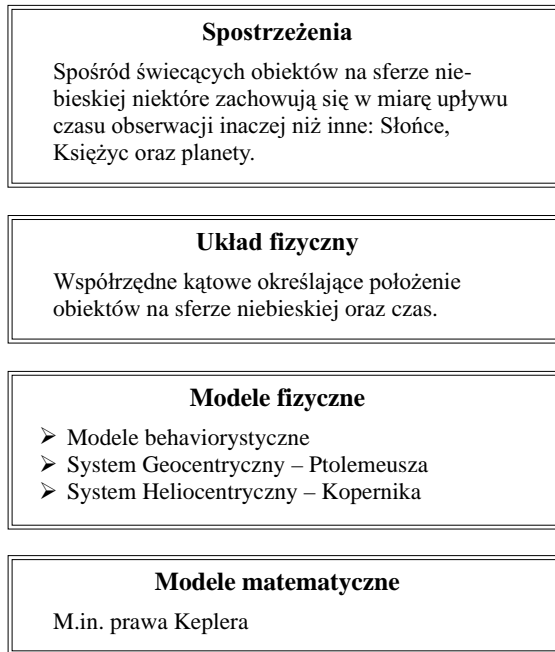
Ważna klasyfikacja zależy od wielkości fizycznych występujących w modelu. Jedną z wyróżnionych wielkości fizycznych jest czas. Zazwyczaj przyjmuje się tę wielkość jako niezależną od innych wielkości (ale nie zawsze). Jeśli wszystkie wielkości fizyczne występujące w modelu matematycznym nie są jawnie zależne od czasu, to model ten jest statyczny. W każdym innym przypadku model nazywamy dynamicznym.

Jeśli charakterystyki procesów opisywanych w modelu, w szczególności wartość oczekiwana i funkcje korelacji własnej i wzajemnej, są niezależne od czasu, to model nazywa się stacjonarnym. Jeśli w przypadku co najmniej jednego procesu ten warunek nie jest spełniony, to model jest niestacjonarny. Jako proces jest rozumiana wielkość, która jest funkcją czasu lub innej wielkości, będącej rosnącą funkcją czasu (najczęściej liniową, np. droga uogólniona w przypadku stałej prędkości uogólnionej).

Ways of classifying mathematical models come from mathematic, physic and of sciences derivative from them.

An important classification depends on physical quantities existing in model. One of distinguished physical quantities is time. Usually it is accepted as an independent from others quantities (but not always). If all physical quantities appearing in the mathematical model are not openly dependent from time, then model is static. In any other case the model is called dynamic.

If characteristics of processes described in model, especially expected value and functions of own and mutual correlation, are independent from time, then model is called stationary. If in least one of these processes such condition is not realised then model is called non-stationary. As a process is understood quantity, which is function of the time or other quantity, of being a growing function of the time (most often linear, e.g. way generalised in case of constant generalised speed).



Rys. 2. Modelowanie Układu Słonecznego

Ze względu na uwzględnianie zjawisk relatywistycznych modele dzieli się na relatywistyczne i nie-relatywistyczne. W tych drugich czas, wymiary przestrzeni i masa są niezależne od prędkości obserwatora.

Ważna klasyfikacja dotyczy sposobu traktowania modelowanych zjawisk ze względu na ich określoność, wynikającą z obowiązywania związku przyczynowo-skutkowego. Modele, w których między wszystkimi wielkościami fizycznymi mogą zachodzić jedynie związki przyczynowo-skutkowe nazywamy modelami przyczynowymi (inaczej: zdeterminowanymi). Jeśli w modelu występuje między wielkościami fizycznymi przynajmniej jeden związek nie będący związkiem przyczynowo-skutkowym, to model nazywa się przypadkowym (inaczej: losowym, niekiedy probabilistycznym, stochastycznym, statystycznym). O sposobie traktowania modelu jako przyczynowego lub przypadkowego decyduje na etapie tworzenia układu fizycznego lub modelu fizycznego akt wyboru badacza.

Ze względu na rodzaj zależności występujących w modelu matematycznym można wyróżnić modele opisane funkcjami lub operatorami. Formalne rozwijanie klasyfikacji modeli matematycznych przekracza możliwości niniejszej publikacji. Obowiązują w tym przypadku reguły powszechnie przyjęte w matematyce. Jedną z charakterystycznych klasyfikacji modeli matematycznych jest podział na modele liniowe i nieliniowe. Inna ważna klasyfikacja dotyczy liczby stopni swobody modeli: modele o skończonej liczbie stopni swobody (dykretne) i o nieskończonej (ciągłe). Szczególną kategorią są modele o jednym stopniu swobody.

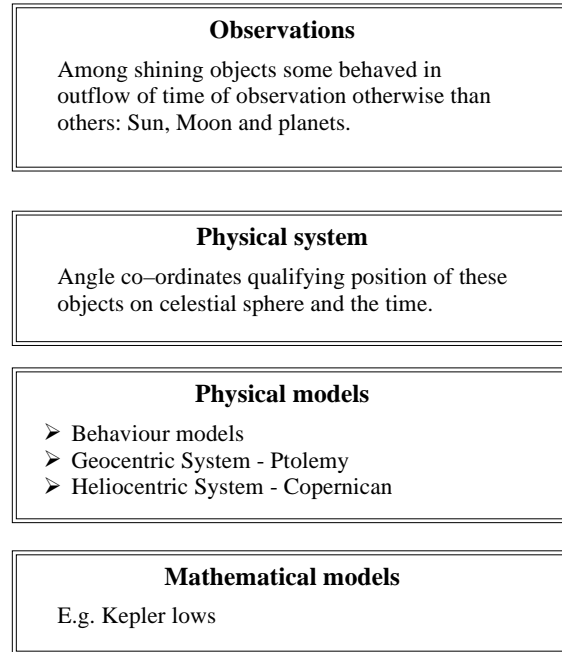


Fig. 2. Modelling of the Solar System

Taking into account relativistic occurrences the models can be divided on relativistic and non-relativistic. In non-relativistic the time, space dimension and mass are independent from the speeds of observer.

An important classification refers to manner of treatment-modelled occurrences from regard on there determinate, resulting from necessity of cause-effect relations. Models, in which between all physical quantities, the only cause-effect relationships can happen we call causal models (otherwise: determined models). If in the model, between physical quantities exists at least one relation not being cause-effect; this model is called accidental (otherwise: random, sometimes probabilistic, stochastic or statistic). The way of treatment the model as causal or accidental, on the stage of physical system or physical model creation, decides the act of choice of explorer.

From regard on the type of dependencies existing in mathematical model, models described with functions or operators can be formulated. Formal developing of the mathematical model classification exceeds framework of this publication. Common rules universally accepted in mathematic are obligatory. One of typical classification of mathematical models is division on linear and non-linear models. Other important classification refers to numbers of freedom degrees of the models: models with complete number of freedom degrees are called discreet and with infinite are called continuous. The special category is models with only one degree of freedoms.

Istnieje jeszcze wiele możliwości klasyfikowania modeli ze względu na przyjęte kryteria i cele stawiane w procesie poznania.

Często są prowadzone rozważania na temat m.in. prawdziwości, dokładności oraz najczęściej pojmowanych wymiennie: adekwatności, odpowiedniości, zgodności, niesprzeczności czy trafności. Zazwyczaj w literaturze brak jest dostatecznie formalnych określeń tych właściwości modeli. Na temat prawdziwości modelu poglądy autorów zostały już przedstawione wcześniej, natomiast pojęcia dokładności i zgodności wymagają zastosowania opisu matematycznego. W poglądowy sposób kryterium dokładności modelu można opisać odległością charakterystyk, będących związkami wielkości: układu fizycznego i modelu matematycznego. Kryterium zgodności jest związane z tendencjami relacji tych charakterystyk. Szczegółowe rozważania na te tematy przekraczają możliwości zakresu tej pracy.

Obiektywnymi kryteriami oceny modeli są ponadto ich użyteczność i skuteczność. Użyteczność modelu charakteryzuje jego praktyczne zastosowanie, natomiast skuteczność - relację skutków badania modelu do nakładów, związanych z jego używaniem.

W literaturze specjalistycznej istnieje zwyczaj przypisywania atrybutów modeli układom. W ścisłym tego słowa znaczeniu jest to niesłuszne. Używa się określeń np. układ dynamiczny czy nieliniowy, choć te właściwości występują dopiero na poziomie modelu matematycznego. Wydaje się, że należy jednak z pewną wyrozumiałością potraktować tę nieformalność, a - być może - nawet przyjąć taki sposób opisu jako metodę, której celem jest poprawienie jakości komunikowania się w skomplikowanych procesach modelowania.

Podstawowymi rodzajami badań modeli matematycznych są:

- analiza, czyli zadanie proste,
- sterowanie, czyli zadanie odwrotne,
- analiza wrażliwości,
- identyfikacja.

W modelu matematycznym wielkości można traktować jako:

- wejściowe,
- wyjściowe,
- charakteryzujące model.

Związki między wielkościami charakteryzującymi model oraz ich zależności od wielkości wejściowych i wyjściowych stanowią jego charakterystykę. Charakterystyka modelu jest określona przez jego strukturę i parametry.

Analiza modelu polega na wyznaczeniu wielkości wyjściowych przy znajomości charakterystyki modelu i wielkości wejściowych. Zadanie odwrotne, czyli sterowanie oznacza taki dobór wielkości wej-

There are yet many possibilities for model classification depending on regard accepted criterions and aims of the cognition process.

There are many often considerations on the theme e.g. of truths, exactitudes and most often comprehended interchangeably: adequate, suitability, compatibility, not discrepancies or accuracy. In literature, there is usually lack of enough formal qualifications these proprieties of models. Author's opinions concerning the truth of model were already introduced, but the ideas of exactitude and compatibility demand uses of mathematical description. In simple way, the criterion of model exactitude can be described by distance of characteristics, being in relations of quantities: physical system and mathematical model. Agreement criterion is connected with relation's tendencies of these characteristics. Detailed considerations on these themes exceed the range of this paper.

Objective criterions of model estimation are also their usefulness and effectiveness. Usefulness of the model is characterised by its practical use, and effectiveness by account of outcome relations of model researches to outlays, connected with its usage.

In a professional literature exists custom of ascribing attributes of models to systems. In exact meaning this word it is unjustified. For example, uses of qualifications e.g. dynamic system, or non-linear, even these proprieties step out only on the level of mathematical model. However, we should treat this informality with same leniency, and - maybe - even to accept such way of description as method, of which the aim is improvement of communication quality in complicated modelling process.

Basic types of researches of mathematical models are:

- analysis, if task is simple,
- steering, if task is inverse,
- analysis of sensibility,
- identification.

In the mathematical model quantities can be treated as:

- entrance,
- exit,
- characterising the model.

Relationships between quantities characterising model and their dependencies from entrance and exit quantities are its characteristic. Characteristic of the model is definite by its structure and parameters.

Model analysis relies on delimitation of exit quantities at acquaintances of model characteristic and entrance quantities. Inverse task, that is steering means such selection of entrance quantities, so at well-known model characteristic receive required exit quantities.

ściowych, aby przy znanej charakterystyce modelu otrzymać wymagane wielkości wyjściowe. Analiza wrażliwości (inaczej czułości) zajmuje się badaniem wpływu parametrów modelu na wielkości wyjściowe. Identyfikacja modelu jest zadaniem wyznaczenia charakterystyki modelu na podstawie znajomości wielkości wejściowych i wyjściowych. Identyfikacja może dotyczyć struktury modelu - jest to identyfikacja strukturalna lub parametrów - identyfikacja parametryczna.

Istnieje wiele dotychczas niedostatecznie usystematyzowanych problemów związanych z modelowaniem, traktowanym jako element procesu poznania. W szczególności w celu zmniejszenia niejednoznaczności rozważań na temat modelowania jest konieczne zastosowanie do tego celu matematycznych sposobów opisu kryteriów tworzenia, klasyfikowania i badania modeli. Konwencja przystępnego przedstawiania poglądów, przyjęta przez autorów w niniejszej pracy, uniemożliwia realizację tego celu w ramach wykonywanego zadania, autorzy są jednak świadomi zasadności podjęcia takich działań, rola modelowania w procesie poznania jest bowiem doniosła, choć często badacze są tego nieświadomi.

Sformalizowanie modelowania w procesie poznania przedmiotu umożliwi potraktowanie wyznaczenia właściwości przedmiotu poznania jako tworzenie takiego modelu, którego identyfikacja jest rozwiązaniem tego zadania. Zatem w ścisłym tego słowa znaczeniu poznanie przedmiotu jest zadaniem identyfikacji jego modelu. Jest to, co prawda, wiedza na temat modelu przedmiotu, a nie na temat samego przedmiotu, ale potwierdza to tylko fakt słuszności negatywnej odpowiedzi, którą Kant udzielił na sformułowane przez siebie fundamentalne pytanie: "jak na podstawie przedstawień możemy wiedzieć cokolwiek o rzeczach?" [6].

W wyniku rozważań przedstawionych w niniejszej pracy dowiedziono tezę, że modelowanie jest fundamentalnym i koniecznym elementem procesu poznania. Świadomość tej prawdy umożliwia poprawę skuteczności procesu poznania dzięki racjonalizacji działań podejmowanych w tym celu.

Sensibility analysis (otherwise tenderness) makes researches of influence of model parameters on exit quantities. The model identification is an assignment of determining a model characteristic on the base of entrance and exit quantities. Identification can refer to structure of model - it is structural identification, or of parameters - it is parametric identification.

There is many, till now insufficiently systematised problems connected to modelling, treated as element of cognition process. Especially in the aim to reduce a number of unequivocal of considerations concerning modelling it is necessary use to a mathematical ways of description of criterion creation, classifying and researching the models. The principle of introducing in a accessible way the opinions, accepted by authors in this paper, makes impossible realisation of this aim in the frame of executed assignments, however authors are conscious of legitimatise of such activities, the role of modelling in the cognition process is important, even very often the explorers are not aware of this.

The formalising the modelling in the cognition process of the object makes possible treatment of determining proprieties of the cognition object as a creation such a model, which identification is the solution of this task. So in a precise meaning of this words, cognition of an object is the task of identification its model. In fact, it is a knowledge on theme of object's model, but not of the model itself, nevertheless it confirms the fact of rightness negative answer, given by Kant on formulated by himself one of the fundamental question: "how on the ground of representations we can know anything about things?" [6].

As a result of considerations introduced in this paper it has been proved thesis, that modelling is fundamental and necessary element of a cognition process. Consciousness of this truth makes possible improvement in cognition's process efficiency, through rationalisation of activities undertaken to achieve this aim.

References

- [1] Chłopek Z.: *Identyfikacja nieliniowego układu dynamicznego z zastosowaniem równania Fokkera-Plancka-Kołmogorowa oraz funkcji modulujących*. Rozprawa doktorska. Warszawa 1982 (praca nie publikowana).
- [2] Chłopek Z., Piaseczny L.: *Prolegomena do rozważań o roli modelowania w procesie poznania*. Konferencja "Humanizacja techniki". Wilno 2001.
- [3] Chłopek Z., Piaseczny L.: *O roli modelowania w badaniach naukowych*. Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej, No 2/2001.
- [4] Dietrich M.: *O modelowaniu w budowie maszyn*. Mechanika Teoretyczna i Stosowana 1983, nr 21 - 4.
- [5] Hume D.: *Badania dotyczące rozumu ludzkiego*. Lwów 1919.

- [6] Kant I.: *Krytyka czystego rozumu*. PWN. Warszawa 1957.
- [7] Kant I.: *Prolegomena do wszelkiej przyszłej metafizyki, która będzie mogła wystąpić jako nauka*. PWN. Warszawa 1993.
- [8] Orkisz M.: *Modelowanie systemów rzeczywistych*. Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych. Dęblin 1999.
- [9] Poincaré H.: *Wartość nauki*. Warszawa 1908.
- [10] Rosenbluth A., Wiener N: *The Role of Models in Science*. Phil. Sci. 1945, Vol. 12, No 4.
- [11] Schaff A.: *Główne zagadnienia i kierunki filozofii*. Cz. I. Teorie poznania. PWN. Warszawa 1965.
- [12] Sztuff W.: *Modelowanie i filozofia*. PWN. Warszawa 1972.
- [13] Thomson W.: *Baltimore Lectures on Molecular Dynamics and Wave Theory of Light*. London 1904.

Dr hab. inż. Zdzisław Chłopek

Politechnika Warszawska

Instytut Pojazdów

ul. Narbutta 84

02-524 Warszawa

Kmdr. dr hab. inż. Leszek Piaseczny prof. AMW

Akademia Marynarki Wojennej

Instytut Technicznej Eksploatacji Okrętów

ul. J. Śmidowicza 51

81-919 Gdynia
