



Marvin Minsky

Attēls no: [Accelerating Future, Seven Influential Transhumanists](#)

Kas kopīgs visiem modeļiem?

Kārlis Podnieks
LU profesors

Atklātā lekcija 2011.gada 17.maijā

SOME RIGHTS RESERVED This work is licensed under a [Creative Commons License](#) and is copyrighted © 2011 by me, Karlis Podnieks.

Plāns

1. Visplašākā iespējamā modelēšanas definīcija (M.Minsky).
2. Teorēma (K.Podnieks). Daudzas lietas nevar “uzmodelēt”, t.i. modelēšanai ir robežas.
3. Hipotēze (N.Cartwright). Pasaule nav “regulāra piramīda”, pasaule ir “ielāpu sega”.



Nancy Cartwright

Attēls no: [London School of Economics](#)

Adrese šo slaidu lasīšanai: www.google.com, meklēt “Podnieks”
Lekcijas videoierakstu sk. [šeit](#).

Šīs lekcijas idejas ir publicētas, t.sk. starptautiski recenzētā izdevumā:

K. Podnieks. [Is Scientific Modeling an Indirect Methodology?](#) *The Reasoner*, Vol. 3, N 1, January 2009, pp. 4-5.

K. Podnieks. [Towards Model-Based Model of Cognition](#). *The Reasoner*, Vol. 3, N 6, June 2009, pp. 5-6.

K. Podnieks. [Limits of Modeling](#), PhilSci Archive, July 15, 2010, 4 pp.

K. Podnieks. [Towards a General Definition of Modeling](#). *SciRePrints Archive*, ID Code 155, 25 November 2010.

No manas iepriekšējās atklātās lekcijas 2005.gada maijā ir pagājuši 6 gadi...

Carl Adam Petri

(12 July 1926 – 2 July 2010)

[Memoriālais simpozijs](#)

Kas kopīgs visiem modeļiem?

Vai atbilde nebūtu jāprasa filozofiem?

Bet liekas, ka atbildes vietā viņi gandrīz visi piedāvā tikai dažādas **modeļu klasifikācijas**, piemēram:

“Probing models, phenomenological models, computational models, developmental models, explanatory models, impoverished models, testing models, idealized models, theoretical models, scale models, heuristic models, caricature models, didactic models, fantasy models, toy models, imaginary models, mathematical models, substitute models, iconic models, formal models, analogue models and instrumental models...”

Frigg, Roman and Hartmann, Stephan (2006). [Models in Science](#). *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2006.

Vēl vairāk:

“... since just about anything can be used to represent anything else,

there can be no unified ontology of models”.

(Izcēlums mans.)

Giere, Ronald N. (2010) An agent-based conception of models and scientific representation. *Synthese*, 2010, 172(2), pp. 269-281 ([online version](#), p. 269).

Te runa ir par modeļiem zinātnē. Bet arī citi rakstītāji sūdzas, ka “dažādās nozarēs modeļa jēdziens tiek traktēts dažādi”... Modeles?

Bet datorīkiem universāla atbilde bija gatava jau 1965.gadā... Tā tiešām aptver visus “dažādos traktējumus”, arī modeles...

Vēsture

Kad un no kā radies vārds “modelis”, kā tas dažādos laikos un kontekstos ir izmantots. Sk.

Müller, Roland (2009) [Model history is culture history](http://www.muellerscience.com/), <http://www.muellerscience.com/>, 2009.

Modeļu piemēri

Rotaļu automašīna. Vēja tunelis.

Ēkas arhitektūras uzmetums. Zīmējums, modelis “kokā” vai virtuāla “realitāte”... Vispirms modelis, tikai pēc tam – “objekts”. Un kad “objekts” uzbūvēts? Tad lomas mainās. **Ēkas celtniecības dokumentācija.** Pirms un pēc ēkas uzbūvēšanas...

Uzņēmuma informācijas sistēmas datubāze.

Saules sistēmas modeļi. To ir daudz: Aristarhs, [Ptolemejs,] Koperniks, Keplers, Ņūtons, Einšteins. **Matemātiskie modeļi. *Mechanism behind...***

Trauks ar gāzi: a) vienādojums $pV=RT$, b) **[kinētiskais modelis](#)**. **Matemātiskie modeļi. *Mechanism behind...***

Ūdeņraža atoma modelis. To ir daudz: Demokrīts, Daltons, Rezerfords, Bors, Šrēdingers. **[1913.gadā](#) un [tagad](#)**. “Objektu” te neviens “ar aci” nav redzējis... ***Mechanism behind...***

Slimnieka modelis (kad ārsts nosaka diagnozi...).

Laboratorijas žurka: cilvēkiem domātu medikamentu testēšana.

Model organisms.

Meteorologu modeļi: **[simulācija](#)**.

Zemeslodes uzbūves modelis (kodols, mantija, dreifējošās plates). ***Mechanism behind...***

Kosmoloģija: **[Visuma modeļi](#)**. Visuma modeļu evolūcija no senajiem laikiem līdz mūsdienām. Kur atrodas paša modeļa modelis? ***Mechanism behind...***

Evolūcijas teorija un cilvēka evolūcijas modeļi. Kā tie mainījušies.

Vēstures modeļi? Vai vēstures grāmatas ir modeļi? Nav pierasts ta domāt... Bet – PSKP vēsture?

[Tirgus groza modelis](#). Asociāciju meklēšana matricā. **Fenomenoloģiskie modeļi (tikai virspuse!).**

Mans Kanta “modelis”? Matemātikas struktūras ir cilvēka smadzenēs iebūvēti mehānismi sajūtu sakārtošanai. Kas tas ir?

Dators – cilvēka smadzeņu modelis? Robots – cilvēka modelis?

Romāni, filmas, spēļu virtuālās “realitātes”. **Vai arī tie ir modeļi?**

Sapņi un halucinācijas. **Vai arī tie ir modeļi?**

Modeles. **Vai viņas arī modeļi?**

Nejaukt šajā sarakstā:

Matemātiskās loģikas formālās teorijas un to interpretācijas (modeļus) – tas ir žargons, kas lietas nostāda kājām gaisā! Tas ir pārmetums tikai terminoloģijai – labāk vajadzēja

iztikt ar terminu “interpretācija”. **14:45**

Kas tad kopīgs visiem šiem modeļiem?

Pamatideju datorīki bija apjautuši jau 1945.gadā, bet vēl nebija to atklāti un vispārīgi noformulējuši. Palasiet:

Rosenblueth, Arturo, **Wiener, Norbert**. The Role of Models in Science. *Philosophy of Science*, Vol. 12, No. 4 (1945), pp. 316-321.

Marvin Minsky, 1965:

Objekts X^* ir objekta X modelis,
ja kāds pētnieks **X -a vietā var izmantot X^*** ,
lai atbildētu uz viņu interesējošiem jautājumiem
par X .

“We use the term "model" in the following sense: To an observer B , an object A^* is a model of an object A to the extent that B can use A^* to answer questions that interest him about A . **The model relation is inherently ternary.** Any attempt to suppress the role of the intentions of the investigator B leads to circular definitions or to ambiguities about "essential features" and the like.” (Izcēlums mans.)

Minsky, Marvin L. (1965). Matter, Mind and Models. *Proceedings of IFIP Congress 65*, 1965, Vol. 1, pp. 45-49 ([online version](#)).

Jeff Rothenberg, 1989:

“Modeling in its broadest sense is the cost-effective use of **something in place of something else for some [cognitive] purpose.**”
(Izcēlums mans.)

Rothenberg, Jeff (1989). The Nature of Modeling. In: *Artificial Intelligence, Simulation, and Modeling*, John Wiley and Sons, 1989, pp. 75-92 ([online version](#)).

Modeļa jēdziena definīcija (priekšlikums):

Princips Nr. 1. *Modelis ir jebkas, ko izmanto (vai var izmantot) kaut kā cita vietā kaut kādam nolūkam.*

Šis “kaut kas cits” var **pagaidām neeksistēt**, to var uzbūvēt vēlāk – vai arī neuzbūvēt vispār... Jums liekas, ka te ir pretruna?

Sapņi, halucinācijas, spēļu virtuālās “realitātes” kā modeļi? Sk. tālāk, un šaubas zudīs...

Kognitīvs modelis, ja

nolūks = atbildēt uz jautājumiem par “kaut ko citu”.

Kas tad ir kopīgs visiem modeļiem? Nekas..., izņemot piedalīšanos 3-vietīgā *model relation* (modelēšanas relācijā).

Kā no šīs definīcijas viedokļa izskatās augšminētie modeļu piemēri? Tā patiešām aptver visus vārda “modelis” lietojumus: gan kognitīvos, gan inženieriskos, gan izklaidei domātos. **Arī modeles! Arī sapņus un halucinācijas?**



Herbert Stachowiak (1921-2004)

Attēls no [europa dokumentaro 12\(1999\)](#)
Waldfriedhof Berlin-Zehlendorf

Modeļu filozofijas vēsturē ir vēl viens interesants cilvēks.

Vienā laikā un neatkarīgi no M.Minska *H.Stachowiak* bija nonācis diezgan tuvu vispārīgai modeļu definīcijai.

Bet viņš rakstīja tikai vācu valodā, rezultātā viņu citē gandrīz tikai vācieši. Liekas, ir izveidojusies pat savdabīga “vācu modeļu zinātne” (*Wirtschaftsinformatik* ietvaros).

Stachowiak, Herbert (1965). Denken und Erkennen im kybernetischen Modell. Wien: Springer, 1965, 247 Seiten.

Stachowiak, Herbert (1973). Allgemeine Modelltheorie. Wien: Springer, 1973, 494 Seiten.
Stachowiak, Herbert (1983). Konstruktion der Wirklichkeit. In: *Modelle – Konstruktion der Wirklichkeit*. Fink Verlag, 1983, 317 Seiten.

Stachowiak modeļu teorija īsi izklāstīta:

Thomas, Oliver (2006). Das Modellverständnis in der Wirtschaftsinformatik: Historie, Literaturanalyse und Begriffsexplikation. In: **Scheer**, A.-W. (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz. Heft 184, 2006, 41 Seiten ([online copy](#)).

Stachowiak bija aizdomājies līdz **modelēšanas relācijai**, bet viņam tā bija 5-vietīga:

**M ir objekta O modelis
lietotājam L laika periodā P nolūkam N.**

Bet citādā ziņā viņš turējās pie datorīkiem pierastās vienkāršotās idejas, ka modelis *attēlo izvēlētu daļu* no modelējamā objekta īpašībām, ka varētu uzmodelēt arī pilnīgāk, bet negribas...

Kāpēc viņu ignorē? Tikai valodas dēļ? Vai arī viņa radikālās idejas dēļ, ka cilvēku izziņa notiek caur modeļiem un tikai caur modeļiem?

Iespējamie trūkumi?

Varbūt, šī definīcija ir tukša, jo sanāk, ka “jebkas ir modelis”? Mākslas darba rāmis vesera vietā? Cirvis atslēgas vietā?

Kontrintuitīvi secinājumi?

Ne vienmēr kādai lietai pašai par sevi ir kādas sevišķas īpašības, kas to padara par modeli. Dalīt lietas modeļos un ne-modeļos nav prātīgi.

“... in principle, **anything can be a model**, and that what makes the thing a model is the fact that it is regarded or used as a representation of something by the model users. ... it would be a mistake for the general account of the use of models in science to specify more narrowly what can function as a model.” (Izcēlums mans.)

Teller, Paul (2001). Twilight of the Perfect Model Model. *Erkenntnis*, 2001, Vol. 55, pp. 393–415 ([online version](#), p.397).

Modeļi piedalās modelēšanas relācijā un tā ir 3-vietīga:

MOD(modelis, nolūks, [mērķ]objekts).

MOD(model, purpose, [target]object)

Jebkas ir modelis? $\forall m \exists n \exists o MOD(m, n, o)$?

T.i. katram m eksistē n un eksistē o ? Varbūt... Nu un tad?

Vēl vairāk, vai $\forall m \forall n \exists o MOD(m, n, o)$? Varbūt... Nu un tad?

Vai $\forall m \forall o \exists n MOD(m, n, o)$? Maz ticams...

Varbūt, $\forall m \forall o \forall n MOD(m, n, o)$? Tas gan nevar būt!

Tātad mūsu modeļa definīcija nebūt nav tukša!

Vai vislabākais objekta modelis ir pats šis objekts:

$\forall o \forall n MOD(o, n, o)$?

Ne visiem nolūkiem! Piemēri Rotenberga stilā: Ja objekts ir tīģeris? Vai ASV valsts? Vai cilvēks? Vai zemeslode? Vai Visums? Eksperimenti ar pašiem objektiem var būt vai nu pārāk bīstami, vai pārāk dārgi, neētiski (non-cost-effective), vai vispār neiespējami.

Vai no tik vispārīgas modeļa definīcijas ir atvasināmi kādi noderīgi secinājumi? Šodien pārlicināsimes, ka ir...

Modelējamais objekts pats var būt modelis:

$MOD(m, n, o) \wedge MOD(o, n', o')$.

Vai var modelēt pašu modelēšanas procesu? Tas ir matemātiskās loģikas vai filozofijas uzdevums?

Un pats galvenais jautājums:

Vai visu var “uzmodelēt”?

Vai modelēšanai ir kādas robežas? Ko tas varētu nozīmēt:

Vai $\forall o \forall n \exists m MOD(m, n, o)$?

Vai papildus prasīsim, lai $m \neq o$? Lai m noteikti būtu dator-simulācija?

Ja $m \neq 0$, tad **15:00**

Secinājums. Parasti modelis eksistē neatkarīgi no modelējamā objekta!

Kādas tam ir sekas?

Modeli var modificēt! Bet vai tas nenojauks asociāciju MOD(m, n, o)? Var nojaukt!

Modelis mums ir definēts kā “ kaut kas, ko izmanto... ”, bet šis “ kaut kas ” taču parasti eksistē arī neatkarīgi no minētās izmantošanas! Tātad, ja neievērojam izmantošanu, tad modelis ir pilnīgi patstāvīgs objekts, ko var modificēt kā tādu, t.i. neievērojot attiecības ar modelējamo objektu. Tādā veidā šīs attiecības var arī pazaudēt – un tas nereti notiek ar matemātiskiem modeļiem.

Secinājums. Tātad ir iespējami modeļi, kas neko konkrētu nemodelē, bet ir līdzīgi citiem modeļiem, kas “modelē”!

Modelējamo objektu var uzbūvēt pēc tam... Vai arī neuzbūvēt...

Kinofilmas un romāni IR modeļi.

Sapņi un halucinācijas ir kā kinofilmas vai romāni, tātad arī IR modeļi!

Virtuālā realitāte kā jaunas sabiedrības projekts? Kaut kur jau redzēta ideja?

Atcerēsimies, ka modelēšana ir 3-vietīga relācija. Ja **tekstu izmanto** kāda pasaules fragmenta vietā - tad tā var būt avīžu ziņa vai vēstures grāmata. **Bet teksts var "uzburt"** arī pats savu virtuālo pasauli, kas kaut kādos aspektos ir līdzīga tai, ko uzskatām par reālo pasauli. To varētu mēģināt (vai nemēģināt) realizēt. Boļševiki pamēģināja...

Vai “nemodelējošie modeļi” mūsu modeļu definīciju padara nevērtīgu? Vai tie mums rada kādas problēmas?

Otrs secinājums. Modelis var “deformēt” modelējamo objektu, un tam var būt “liekas” īpašības.

Datoriķu iecienītajā ideālajā gadījumā modelis ir formāla sistēma, kurā ir rūpīgi “izfiltrētas” tikai tās objekta īpašības, kas mūs interesē, un kurā nav nekādu deformāciju attiecībā pret šo objektu.

Piemērs: uzņēmuma informācijas sistēmas datubāze.

Bet zinātnē tāda situācija gandrīz nav iespējama...

Parasti modelis (kā jau neatkarīgs objekts) satur gan deformācijas, gan pilnīgi “liekas” īpašības, kādu modelējamam objektam nevar būt.

Piemērs: krītoša akmens modelis Ņūtona mehānikā, ātrums un ceļš:

$$v = g t ; s = \frac{1}{2} g t^2 ; \text{ātrumam pieaugot, gaisa pretestības dēļ šis modelis strādā}$$

arvien sliktāk, prognozējot pārāk lielu ātrumu.

Piemērs: **rotaļu automašīna**. Tas ir koka gabaliņš, kas deg kā koks, nevis kā īsta automašīna. Bet pētījumiem aerodinamiskajā caurulē tā, varbūt, der labāk nekā īsts auto. Tātad īstenībā mūs interesējošais modelis te ir nevis visa rotaļlieta, bet noteikta tās īpašību apakškopa.

Piemērs: **žurka kā cilvēka organisma modelis**. Liekas īpašības? Deformācijas? Bet medikamentus tomēr testējam...

Modeļu loma izziņas procesā

Modelis ir *viens konkrēts objekts*, ko izmanto (vai var izmantot) kāda cita *viena konkrēta objekta* vietā kaut kādam nolūkam.

Piemērs: uz datora simulējams Saules sistēmas modelis.

“Patvaļīga n planētu sistēma” **nav** modelis, bet **modeļu šablons**, no kura var iegūt daudzu konkrētu planētu sistēmu modeļus, gan eksistējošu, gan reāli neeksistējošu. Sk. tālāk.

Vai modeļi ir tikai viens no daudziem citiem izziņas procesa produktiem?

Vai arī tomēr modeļi ir izziņas galamērķis? Kāpēc cilvēks vispār cenšas izziņāt pasauli? Vai ne nolūkā sadzīvot ar konkrētiem objektiem? Tātad

jebkuras zināšanas ir noderīgas tikai par tik, par cik tās dod iespēju būvēt un pētīt modeļus?

Ja pieņem, ka modeļi ir izziņas procesa galamērķis, tad iznāk

Princips Nr. 2. *Izziņas procesā mums ir vajadzīgi tikai modeļi un modeļu būves un pētīšanas līdzekļi.* [Paldies Kasparam Balodim.]

Viss pārējais ir nevajadzīgs...

Ir izveidojusies ļoti vienkārša izziņas procesa aina. Vairs nekādas mistikas...

Teoriju loma izziņas procesā

Strīdēsimies par to, kas ir teorija?

Teoriju piemēri:

Aristoteļa mehānika

Ņūtona (klasiskā) mehānika

Einšteina speciālā relativitātes teorija

Einšteina vispārīgā relativitātes teorija

Maksvela elektrodinamika

Kvantu mehānika

Kvantu elektrodinamika

Kvantu hromodinamika

Termodinamika

Gāzu kinētiskā teorija

Alķīmija

Flogistona teorija

Daltona atomu teorija

Šūnu teorija

Evolūcijas teorija

utt.

Matemātiskā loģika cenšas teorijas jēdzienu precizēt:

a) teorijas pamatā ir precīzi definēta (formāla) **valoda** (sintakse), kurā pieraksta apgalvojumus;

b) teorijai ir **pamatprincipi** (postulāti, aksiomas) – apgalvojumi, ko pieņem bez pierādījuma (bet ne bez pamatojuma...);

c) teorija izmanto tādu vai citādu **loģiku** – secināšanas līdzekļus, ar kuru palīdzību no pamatprincipiem iegūst citus apgalvojumus (secinājumus, teorēmas).

Ne visas zinātnes (ne-zinātnes un anti-zinātnes) teorijas tuvojas šim ideālam...

[Diskusiju par sintaksi un semantiku atliekam...]

Bet kāpēc strīdēties, ja mums ir princips Nr. 2?

Teorijas nav modeļi. Neviena teorija nemodelē vienu konkrētu objektu...

Princips Nr. 2. Izziņas procesā mums mums ir vajadzīgi tikai modeļi un modeļu būves un pētīšanas līdzekļi.

Teorijas nav modeļi.

Tātad – kas ir teorijas?

Secinājums. (Vajadzīgās) teorijas ir **modeļu būves un pētīšanas līdzekļi.** Ne vairāk! Pārējās teorijas ir nevajadzīgas...

Piemēri:

Klasiskā (Ņūtona) mehānika prot būvēt dažādu mehānisku sistēmu modeļus.

Kvantu mehānika ir uzbūvējusies šobrīd labāko zināmo [ūdeņraža atoma modeli](#).

Evolūcijas teorija ļauj būvēt [cilvēka evolūcijas modeli](#), balstoties uz arheologu atrastajiem seno skeletu fragmentiem.

Einšteina vispārīgā relativitātes teorija ļauj būvēt šobrīd labāko [Visuma evolūcijas modeli](#) (bet ar šo teoriju vien tam nepietiek...)

Šāds teoriju traktējums nav mans izgudrojums:

teorijas veido *The Toolbox of Science*, sk.

Suarez, Mauricio and Cartwright, Nancy (2008). Theories: Tools versus Models. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 2008, Vol. 39, pp. 62-81 ([online version](#)).

Bet ir cilvēki, kas domā, ka teorijas ir kas vairāk kā tikai modeļu būves un pētīšanas līdzekļi! Kaut kas smalkāks!

Cēlāks! Diženāks!

Labākās teorijas “izskaidro” pasauli!

Ko tas nozīmē? Kam gan varētu būt noderīga teorija, kas labi “izskaidro pasauli”, bet kaut vai netieši nepalīdz būvēt labus modeļus? **15:20**

Modeļu šabloni

Vidū starp modeļiem un teorijām eksistē konstrukcijas, kas dažkārt jauc galvas, neļaujot precīzi atšķirt teorijas no modeļiem.

Datoriķi tās sauc par *model templates* (modeļu šabloniem), un tie ir modeļi ar parametriem.

Ievietojot parametru vietā konkrētus skaitļus, iegūst konkrētus modeļus (šablona instances).

Piemērs:

“patvaļīga” n planētu sistēma ir modeļu šablons ar šādiem parametriem:

n – planētu skaits;

D, M – sistēmas centrālā ķermeņa diametrs un masa;

d_i, m_i – i -tās planētas diametrs un masa;

visu minēto sākuma stāvokļi un sākuma ātrumi.

Šablonā ir jāiekļauj arī Ņūtona mehānikas likumi un Ņūtona gravitācijas likums (vai Einšteina vispārīgā relativitātes teorija – tas būs cits modelis!), tad varēsīm uzrakstīt kustības vienādojumus un var noprogrammēt modeli kā dator-simulāciju. Ievietojot parametru vietā konkrētas vērtības ($n=8$ vai $n=9$ utt.), var iegūt šablona instances – konkrētus modeļus, piemēram, Saules sistēmas dator-simulāciju.

Bet sajukumu rada tas, ka dažas teorijas var attēlot gandrīz pilnīgi kā modeļu šablonus.

Piemērs:

Ņūtona mehānika [Hamiltona formulējumā](#) ir “patvaļīgas” mehāniskas sistēmas modeļu šablons, kam ir $6n+2$ parametri:

n – sistēmas komponentu skaits;

H – sistēmas Hamiltona funkcija (pilnās enerģijas izteiksme);
sākuma stāvoklis – $6n$ koordinātes un impulsi;

evolūciju laikā nosaka Hamiltona vienādojumi – skaitā $6n$.

Kvantu mehāniku arī var attēlot kā modeļu šablonu.

Tātad dažas teorijas tiešām ir “modeļi”, bet – modeļi ar parametriem! Ja to ievērosim, sajukums neradīsies.

“Atklātie” un izgudrotie modeļi

Modelēšanas triviālais gadījums: modelis tiek iegūts “abstrakcijas” ceļā, t.i. atmetot daļu no modelējamā objekta īpašībām. Viss objekta darbības mehānisms mums ir pieejams. **Principā mēs varētu veidot pilnīgāku objekta modeli, bet to nedarām...**

Piemēri:

uzņēmuma informācijas sistēmas datubāze;

ēkas arhitektūras uzmetums.

Kāds šai gadījumā ir rezultāts? Modelis ir “izomorfs” ar modelējamo objektu (vai “homomorfs” – t.i. izomorfs ar kādu tā aspektu)?

Bet ja modelējamā objekta “iekšējais mehānisms” (vai tāds ir?) mums nav pieejams? Kas ir zvaigznes pie debesīm? Kā ir “uzbūvēta” zeme mums zem kājām? Kā ir “uzbūvēti” gaiss un ūdens? To nevar saskatīt vai izsecināt, to var tikai izgudrot!

Lielāka daļa zinātnes modeļu tiek izgudroti. Sākot jau ar **heliocentrismu** – tas ir izgudrots, nevis atklāts, jo **kā gan citādi var rasties doma, ka Zeme nav Visuma centrs?**

Galileja “domu eksperimenti” par vienmērīgo taisnvirziena kustību, kas dabā tīrā veidā neeksistē.

Kā var rasties doma par **atomiem** – pēc analogijas – redzot, kā izskatās smiltis no tālienes? Cīņas ap atomu “eksistenci”?

Un tomēr – šie izgudrotie modeļi izrādījās auglīgāki par veselā saprāta diktētajiem modeļiem:

par plakano Zemi,

par debesu kristāla sfēru,

par Aristoteļa mehāniku...

Alberts Einšteins, 1930:

"It seems that **the human mind has first to construct forms independently, before we can find them in things**. Kepler's marvelous achievement is a particularly fine example of the truth that **knowledge cannot spring from experience alone**, but only from the comparison of the inventions of the intellect with observed fact."

[Izcēlums mans. No empīrisma un pozitīvisma uz priekšu – uz deduktīvismu (Kārlis Poppers) un paradigmatismu (Tomass Kūns) – šo diskusiju atliekam...]

[Mechanism behind ...]

Secināšanas līdzekļi – modeļu sastāvdaļa

Piemērs: Saules sistēmas modelis. Tajā vajag ietvert Ņūtona mehāniku vai kādu citu teoriju kā **secināšanas līdzekļi**, citādi nevarēs izveidot modeļa simulācijas programmu. Bet tie būs divi dažādi modeļi – Ņūtona modelis un Einšteina modelis.

Modelis satur ne tikai to informāciju, kas atklātā veidā ir ielikta tā definīcijā. Tas satur arī to informāciju, ko no šīs definīcijas var **izsecināt**. Arī tā ir informācija, kas palīdz “atbildēt uz jautājumiem”. Kādi ir šie secināšanas līdzekļi? Loģika? Teorija? “Veselais saprāts”?

Darbam ar doto modeli nepieciešamie secināšanas līdzekļi (loģika, teorijas) pieder pie modeļa definīcijas. Šo niansi daudzi gandrīz visi ignorē. Darbošanos ar modeļiem daži pat sauc par “*surrogate reasoning*”. It kā būtu vēl citāda domāšana... “Domāšana tiešā veidā par pasauli”? **15:25**

Vai visu var “uzmodelēt”?

Vai modelēšanai ir robežas?

Vai $\forall o \forall n \exists m \text{ MOD } (m, n, o) ?$

Prasīsim, lai $m \neq n$?

Lai m noteikti būtu dator-simulācija?

Kaut kas te ir atkarīgs no cilvēku rīcībā esošajiem resursiem – zināšanām, tehnoloģijām. Ko vakar nevarēja, šodien var...

Bet vai nav kaut kas tāds, ko modelēšana nespēj principā – tieši tāpēc, ka tā ir modelēšana?

[Kas ir modelēšana? Atcerēsimies definīciju...]

Vai modelēšanai ir robežas?

Laplasa dēmons, 1814

Zinātnes lielākā triumfa brīdis!

Cilvēkiem tobrīd bija *Theory of Everything* (Ņūtona mehānika un Ņūtona gravitācijas likums), kas ļāva izskaidrot Saules sistēmas un Zemes izveidošanos no putekļu mākoņa (pirmais to izdarīja filozofs Imanuels Kants).

P. S. Laplace. Essai philosophique sur les probabilités, 2^{me} edition, 1814, p. 2-3:

“Let us imagine an **Intelligence** who would know at a given instant of time all forces acting in nature and the position of all things of which the world consists; let us assume, further, that this Intelligence would be capable of subjecting all these data to mathematical analysis. Then it could derive a result that would embrace in one and the same formula the motion of the largest bodies in the universe and of the lightest atoms. Nothing would be uncertain for this **Intelligence**. The past and the future would be present to its eyes. [...] All our efforts in our search of truth tend, without respite, to approximate this **Intelligence imagined**, but **our efforts will always fall infinitely short of this mark**.” (Izcēlumi mani. Citēts no: Kevin D. Hoover. Causality in macroeconomics, 2001, pp. 101-102.)

Laplass bija saskatījis ideālu, ko piedāvā tā laika *Theory of Everything*: ja kāds dēmons precīzi zinātu visu pasaules “daļiņu” stāvokli šobrīd, tad principā varētu precīzi izrēķināt gan to, kas notiks nākotnē, gan to, kas noticis pagātnē.

Laplass uzskatīja, ka tikai **cilvēka prāta un citu iespēju ierobežotība** neļauj tuvoties šim ideālam. Kas nogalināja prezidentu Kenediju?

Vai izrēķināt precīzu atbildi mūs kavē tikai resursu ierobežotība? **15:30**

Modelēšanas robežas

Es tomēr gribu apgalvot vairāk nekā Laplass:

No modelēšanas definīcijas seko, ka **ir lietas, ko detalizēti uzmodelēt nevar pat principā!**

Piemēram, cik lielu daļu no Visuma var ietvert **vienā** modelī?

Cik detalizēta var būt Visuma dator-simulācija? Vai tā var simulēt **katru** fotonu un **katru** neitrino, kas klejo Visumā? Bet tie klejo jau 13,7 miljardus gadu...

Vai Visuma modelis var ietvert arī paša simulējošā datora modeli? Pretruna?

Cik lielu Visuma daļu var atveidot modelī – mazītiņā Visuma fragmentā?

Vai šādas neatrisināmas problēmas rodas tikai, mēģinot modelēt Visumu? Vai tās nerodas jau stipri mazākiem objektiem?

Manuprāt, **modelēšanas robežas ir “iebūvētas” pašā modelēšanas principā: mēs mēģinām aizstāt vienu objektu ar citu – ar modeli.**

Pārāk augstā detalizācijas līmenī tāda aizvietošana var nebūt iespējama. Un **ši** robeža ir “iebūvēta” fiziskā Visuma struktūrā. Ļoti detalizēti Visuma modeļi vienkārši nevar eksistēt... pašā Visumā – kādu nu mēs to šobrīd domājam pazīstam. [Protams, tā ir metafiziska hipotēze par to “kāda pasaule ir īstenībā”.]

Kur tad ir šīs robežas?

Cik daudz “detaļu” ir jābūt objektā, lai to nevarētu detalizēti “uzmodelēt”, t.i. atveidot “visās detaļās” **citā objektā?**

Ja kādā objektā mūs interesē tikai 1000 detaļu, tad šādu struktūru mēs pratīsim atveidot datorā.

Bet ja objektā ir tik daudz detaļu kā Visumam, tad mēs nespēsīm uzbūvēt otru objektu ar tikpat daudzām detaļām.

Kur atrodas **robeža** starp šīm divām galējībām?

Cik lielam ir jābūt skaitlim N, lai divas fiziskas sistēmas, kas katra satur N “separablas komponentes”, nekad nevarētu būt “pietiekami izomorfās”, lai viena varētu atveidot otru “visās detaļās”? Nav pat svarīgi, ko tas viss precīzi nozīmē...

Apzīmēsim mazāko šādu skaitli N ar L (“Laplasa konstante”).
Mana hipotēze:

$$10^{19} < L \leq 10^{22}.$$

Sk. <http://en.wikipedia.org/wiki/Petabyte>. Lielais hadronu paātrinātājs katru gadu ģenerēšot 15 petabaitus datu (petabaitis = 1000 terabaitu = 10^{15} baitu $\approx 10^{16}$ bitu). Ja sakrāsies 1000 petabaitu (10^{19} bitu), vai cilvēki spēs izgatavot šiem datiem identisku drošības kopiju? Ja spēs, tad $L > 10^{19}$.

Tātad liekas, ka $L > 10^{19}$?

Lai pierādītu, ka $L \leq 10^{22}$, aplūkosim izolētu trauku, kas satur 1 litru gaisa. Cik detalizētu šīs sistēmas dator-simulāciju var izveidot? Ja gaiss sastāv no molekulām, tad to skaits ir ap 10^{22} . Lai šādas sistēmas stāvokli attēlotu datora atmiņā, tur jāieraksta vismaz 6×10^{22} skaitļi (molekulu koordinātes un ātrumi). Un lai simulētu šī stāvokļa evolūciju laikā, ir jāprot ļoti ātri rēķināt 6×10^{22} Hamiltona vienādojumu atrisinājumus. (Ja klasiskā modeļa vietā mēģināsim veidot kvantu modeli – nepieciešamo detaļu skaitu tas nesamazinās. Paldies Alvim Brāzdam.)

Tādu datoru mēs nepratīsim uzbūvēt. Vēl vairāk, tāds dators Visumā nevar eksistēt! Vēl vairāk:
Visumā nevar atrast divus vienādus litrus gaisa.

Tā ir mana **metafiziskā hipotēze**. Es gribētu apgalvot, ka vispār:

Princips Nr. 3 (mana metafiziskā hipotēze):

Divas fiziskas sistēmas, kas katra satur 10^{22} “separablas komponentes”, nekad nevar būt “pietiekami izomorfās”, lai viena varētu atveidot otru “visās detaļās”!

Tātad liekas, ka $L \leq 10^{22}$?

Izsludināsim konkursu precīzākai L vērtības noteikšanai?

“Separablu komponentu” pārāk liels skaits nav vienīgais šķērslis detalizētai modelēšanai.

Tāda ir arī neiespējamība pietiekami precīzi izmērīt dažādus parametrus (masas, koordinātes, ātrumus utt.). Pie tam mikro-pasaulē to vienkārši nepieļauj kvantu mehānikas likumi...

Bet, modelējot sarežģītas sociālās sistēmas, visi būtiskie “likumi”, kas jāietver modelī, veido tik sarežģītu tīklu, ka iegūtie modeļi reālos procesus nespēj izsekot. Sk.

Batty, Michael and Torrens Paul M. (2001). Modeling Complexity : The Limits to Prediction, *Cybergeo: European Journal of Geography*, Dossiers, 12th European Colloquium on Quantitative and Theoretical Geography. St-Valery-en-Caux, France, September 7-11, 2001, document 201, mis en ligne le 4 décembre 2001. URL : <http://cybergeo.revues.org/index1035.html>.

Secinājums no principiem Nr. 1, 2, 3. Ne roboti, ne cilvēki nevar cerēt *ar vienu modeli* aptvert parāk lielu savas apkārtnes daļu.

Kādas tam ir sekas? **15:45**

Pasaule ir “ielāpu sega”! (Dappled World)

Precīzāk: mūsu pasaules aina vienmēr būs tikai “ielāpu sega”! Neesam raduši šķirot pasauli un savas pasaules ainas...



Ar autora laipnu atļauju. © Gatis Šūka, 2011, www.karikatura.lv
[Paldies Mārtiņam Opmanim par norādi.]

Sāksim ar modeļu līmeni, pēc tam palūkosimies teoriju līmenī.

Secinājums. Izziņas procesā **modeļu līmenī** mūsu pasaules aina vienmēr būs tikai “*ielāpu sega*” no daudziem modeļiem, katrs no tiem savos lietojumos būs ļoti ierobežots.

Viens no šiem modeļiem būs “globāls” – mūsu priekšstats pat Visumu, galaktikām, zvaigznēm, planētām, dzīvību, cilvēka izcelšanos un savu vietu sabiedrībā. Bet ar tik maz detalizētu modeli mēs nekur tālu netiksim...

Bet teoriju līmenī? Vai arī te mūsu pasaules aina vienmēr būs “ielāpu sega”? Pieņemsim, ka nebūs. Ko tas nozīmētu?

Teorijas ir modeļu būves un pētīšanas līdzekļi. Tātad jājautā: **vai kādreiz mums būs viena *Theory of Everything*, ar kuras palīdzību, **neievedot nekādus papildus postulātus**, mēs varēsim būvēt un pētīt visus modeļus, kas mums vajadzīgi?**

Tēze par papildus postulātu neieņemšanu ir principiāli būtiska, jo te nav runas par pasaules izskaidrošanu “principā”, bet par modeļu būvi. Un modeļus mums vajag iemācīties būvēt reāli, nevis tikai “principā”. [Nevis, piemēram, kā matemātikā, kur var pierādīt teorēmu par modeļa eksistenci, pašu modeli nemaz neuzbūvējot.]

Varbūt, vienas teorijas vietā mums būs piramīda no vairākām teorijām, kas tiks galā ar visu mums vajadzīgo modeļu būvi un pētīšanu?

Atbildi piedāvā:

Nancy Cartwright

Cartwright, Nancy (1983). **How the Laws of Physics Lie**. Oxford University Press, 1983, 232 pp.

Cartwright, Nancy (1999). **The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science**, Cambridge University Press, 1999, 260 pp.

Šajās grāmatās viņa analizē zinātnes pagātņi un tagadni, konstatējot *ad hoc* pieņēmumu “globālo” izplatību zinātnieku modeļos. **Kāpēc tā, kā to izskaidrot? Ar cilvēku pagaidu mazspēju vai ar to, ka pati pasaule ir tāda?**

“... we live in a world rich in different things, with different natures, behaving in different ways. The laws that describe this world are a patchwork, not a pyramid.” (1999, p. 1)

“... fundamental equations do not govern objects in reality; they only govern objects in models.” (1983, p. 129)

Principis Nr. 4 (N.Cartwright):

Pasaulē nav likumu, likumi darbojas tikai modeļos.

Tāpēc likumus nevajag tik ļoti cienīt... Ja modelis ir “labs”, tad tā likumiem, droši vien, ir kāds sakars ar pasauli...

Protams, ne visi tam piekrīt. Pretiniekus sauc par **fundamentālistiem**. [Diskusiju atliekam.]

Princips Nr. 5 (N.Cartwright):

Modeļu likumi neveido “regulāru piramīdu”, tie veido “ielāpu segu”.

Secinājums. *Theory of Everything* šī vārda pilnajā nozīmē nav iespējama. Viena teorija nevar uzbūvēt visus mums vajadzīgos modeļus. Arī teorijas vienmēr veidos tikai “ielāpu segu”!

Fiziķiem *Theory of Everything* nozīmē specifiskāku lietu – teoriju, kas sevī apvieno visu šobrīd zināmos “spēku laukus”. Bet pat ja tāda tiks izveidota, tas nenozīmēs, ka ar tās palīdzību (**bez papildus postulātiem**) varēs uzbūvēt visus modeļus – kaut vai tikai tos, kas vajadzīgi ķīmiķiem. Mums tikai liekas, ka “principā” atomu un molekulu visas īpašības var izrēķināt kvantu elektrodinamikā, bet praksē skaitļošanas grūtības ir nepārvaramas. [Emerdžentisms](#) kā secinājums no “ielāpu segas”?

Sk. piemēram, http://en.wikipedia.org/wiki/Helium_atom – “ielāps uz fizikas”.

Modeļi un modeļu apraksti

Ir vēl viena problēma, kas daudzus mulšina. Nevienojoties par tās risinājumu, arī mēs viens otru līdz galam nesapratīsim.

Kā modeli nodot citam cilvēkam (vai citam datoram)?

Sapņi un halucinācijas. Varam mēģināt aptuveni izstāstīt vai uzrakstīt... Vai adresāts spēs nosapņot precīzi tū pašu?

Romāna vīzija rakstnieka galvā – romāna teksts – rada romāna vīzijas lasītāju galvās.

Saules sistēmas modelis (piemēram, balstīts uz Ņūtona mehāniku un Ņūtona gravitācijas likumu). Mēs varam izmantot jebkuru no 3 koordinātu sistēmām: Dekarta, cilindrisku vai sfērisku. Visos gadījumos mēs varēsim uzrakstīt vienādojumu sistēmas, kas nosaka planētu kustību. Tās būs visai atšķirīgas, bet matemātiski ekvivalentas vienādojumu sistēmas.

Vai tas nozīmē, ka te mums ir Saules sistēmas modelis, kas eksistē neatkarīgi no koordinātu sistēmas izvēles? Un, ievēdot noteiktu koordinātu sistēmu, mēs šo modeli tikai aprakstām? KUR šāds modelis eksistē? Mūsu galvās? Vai Platona ideju pasaulē?

Bet vai tā nav mirāža? Visi 3 aprakstu varianti ir matemātiski ekvivalenti. Vai mums vajag kaut ko vairāk par šo ekvivalenci? Vai jēdziens par vienu kopīgu modeli, kas “stāv aiz vienādojumiem” nav lieks?

Modeļus nododam citiem cilvēkiem vai datoriem ar aprakstu palīdzību.

Modeļa apraksts ir “modeļa modelis”, kas izveidots, izmantojot kādu formālu vai neformālu valodu, un ko var (labāk vai sliktāk) izmantot paša modeļa vietā (tas jau pieder pie modeļa jēdziena definīcijas).

Sapņu un halucināciju apraksti – cik precīzi spējam izstāstīt citam cilvēkam? Un vai mums to vajag?

Romāna teksts – rakstnieka vīzijas modelis, kas ierosina lasītāju vīzijas.

Saules sistēmas modelis – izvēlamies koordinātu sistēmu un uzrakstām vienādojumus, tas būs modeļa apraksts. Vai tomēr – tas būs pats modelis?

Daļēji apraksti un pilnīgi apraksti (definīcijas). Definīcija viennozīmīgi specificē modeli, no tās var izsecināt visas modeļa īpašības.

Kurus no modeļiem var pilnīgi aprakstīt (nedefinēt), izmantojot kādu formālu vai neformālu valodu?

Fiziskos objekti – tos līdz galam aprakstīt nevar, jo tiem pašiem ir milzīgi daudz “lieku” īpašību...

Dator-modeļi – tie ir aprakstīti jau no paša sākuma. Noprogrammēti C++ vai Java...

Sapņus un halucinācijas – līdz galam precīzi aprakstīt nevar.

Matemātiskos modeļus – parasti var definēt precīzi. Saules sistēmas modelis. Vai ir izņēmumi? Sk. tālāk.

Vai modeļu aprakstu jautājumā var būt kādas problēmas? Var:

Frigg, Roman and Hartmann, Stephan (2006). [Models in Science](#). *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2006.

Frigg, Roman (2010). [Models and fiction](#), *Synthese*, 2010, 172(2): 251-268.

“It is now common to construe models as non-linguistic entities

rather than as descriptions.” [*construe* nozīmē izskaidrot jēgu, interpretēt, sk.
<http://www.thefreedictionary.com/construe>].

“...when we introduce a model we use an identifying description, but the object itself is not exhaustively characterized by this description.”

”The view of model systems that I advocate regards them as imagined physical systems, i.e. as hypothetical entities that, as a matter of fact, do not exist spatio-temporally but are nevertheless not purely mathematical or structural in that **they would be physical things if they were real.**” (2010, p. 253, izcēlums mans).

Sapņi un halucinācijas varētu būt nelingvistiski modeļi. Lai tiek...

Bet nelingvistiski modeļi zinātnē?

Vai zinātnē ir iespējami tādi modeļi, ko neviens apraksts pat principā nevar definēt pilnīgi? Un tomēr, tādi modeļi eksistē kā kaut kas **pilnīgi noteikts**, tikai “ar vārdiem līdz galam nepasakāms”?

Piemērs: naturālie skaitļi 0, 1, 2, 3, ... Populārais viedoklis: Gēdela teorēma par nepilnību apgalvojot, ka naturālos skaitļus nevar līdz galam aprakstīt neviena aksiomu sistēma. **Vai tā nav vēl viena mirāža?**

Dažās aprindās šis strīds notiek par to, vai **domāšana** var notikt **bez valodas**, un vai šai problēmai ir kādas nopietnas sekas?

Matemātiķu aprindās tas pats strīds notiek starp **platonistiem un formālistiem**.

Ātra vienošanās te nebūs iespējama...

Tēmas turpinājums

Kas ir **ontoloģijas**?

Kas ir **metamodeli**?

Modeļi **statistiskajā fizikā**: fiziķi būvē modeļu šablonus, kuru instances dabā nevar eksistēt, bet par kurām viņi pierāda vispārīgas teorēmas.

[Matemātiskie modeļi un matemātika. Kas ir matemātika?](#)

[Pilnībā "modelizēta" filozofija?](#) (publiski par to runāt Latvijā ir pārāgi...)

Pateicības

Paldies (alfabēta secībā)
Kasparam Balodim,
Alvim Brāzdam,
Mārtiņam Opmanim
par kritiskām piezīmēm tēmas attīstības gaitā...

Šos slaidus rītdien vajag pārlasīt.

www.google.lv, meklēt “Podnieks”

Piezīmes pēc lekcijas

24.05.2011, pēc prof. Ingūnas Skadiņas lekcijas “Mašintulkošana – vai dators saprot tulkoto?”

Cilvēka “pasaules modelis”

Tas ir jēdziens no tā paša klasiskā M.Minska raksta:

Minsky, Marvin L. (1965). Matter, Mind and Models. *Proceedings of IFIP Congress 65*, 1965, Vol. 1, pp. 45-49 ([online version](#)).

Savā publicētajā rakstā:

K. Podnieks. [Towards Model-Based Model of Cognition](#). *The Reasoner*, Vol. 3, N 6, June 2009, pp. 5-6.

es to pārrakstīju apmēram tā:

Mans “pasaules modelis” – tas ir viss manas galvas “saturis”, attiecināts un manu apkārtējo vidi: visas manas zināšanas un ticējumi – pilnīgie un nepilnīgie, precīzie un neprecīzie, konsekventie un pretrunīgie, atmiņas par visām izlasītajām grāmatām un redzētajām filmām, visas manas sajūtu atmiņas un tagadējās sajūtas, visi mani sapņi... Ar šī modeļa palīdzību es prognozēju savas apkārtējās vides reakcijas un cenšos atbilstoši rīkoties. Un katra manas dzīves sekunde papildina šo modeli ar jaunām atmiņām...

Pie šī mana modeļa pieder arī priekšstats, ka citiem cilvēkiem arī ir katram savs “pasaules modelis”, līdzīgs manējam un tomēr atšķirīgs, un viņi – tāpat kā es –

rīkojas saskaņā ar saviem modeļiem. Tāpēc man ir vērts šos modeļus kaut kādā mērā zināt, t.i. veidot manā “pasaules modelī” aptuvenus jūsu “pasaules modeļu modeļus”.

Kas ir cilvēka apziņa?

Protams, kā tagad zinām, šis mans lielais visaptverošais pasaules modelis neizbēgami ir “ielāpu sega” no daudziem mazākiem modeļiem. Bet tā ir **viena** labāk vai sliktāk integrēta “ielāpu sega”.

Raksta:

Hernandez, Carlos, Sanz, Ricardo and Lopez, Ignacio (2008). Consciousness in Cognitive Architectures. A Principled Analysis of RCS, Soar and ACT-R. *Autonomous Systems Laboratory*, Report R-2008-004, Madrid, 2008, 131 pp. ([online version](#)).

60.lpp.:

“Principle 5: Model-driven perception – Perception is the continuous update of the integrated models used by the agent in a model-based cognitive control architecture by means of real-time sensorial information.

This principle implies that the result of perception is not a scattered series of independent percepts, but these percepts fully incorporated into an integrated model.”

Tādā veidā mans **vienīgais** integrētais pasaules modelis katru sekundi tiek papildināts ar jauniem uztveres datiem.

Šī raksta autori secina, ka it kā mistiski noslēpumainā **cilvēka apziņa nav nekas vairāk kā viņa pasaules modeļa vienīgums**. Šorīt pamodies, es sev liekos esam tas pats, kas vakar aizmīgu, tāpēc, ka mans šodienas pasaules modelis ir tā paša vecā vakardienas modeļa nedaudz “apdeitota” versija. **Vairs nekādas mistikas!**

Paanalizējiet no šī viedokļa *teleportāciju* (tas gan ir tikai fantastisks domu eksperiments): raidītājs jūs izjauc “pa atomiem”, precīzi nokodē un šo kodu pārraida uztvērējam, kas pēc koda uzbūvē jums identisku kopiju. Kopijai liksies, ka tā ir dzīvojusi jūsu dzīvi kā savu... Bet jūsu domas par nāvi pārraides brīdī ir tīrās muļķības!

Ko nozīme “saprast”?

No šī viedokļa, saprast vārdu, teikumu, tekstu, grāmatu, filmu, teorēmu, teoriju utt. nozīmē “iebūvēt” to savā pasaules modelī. Tā ir sapratnes visplašākā forma:

“saprotot”, es izmantoju **visu** savu “garīgo bagāžu”. Tādā veidā cilvēki spēj saprast arī dzeju, kur dažos vārdos var izveidot satriecošu asociāciju, kas gan būs saprotama tikai tiem, kuriem jau iepriekš ir zināmas asociācijas “puses”.

“Laikam asinīs manās savas lūpas tu mērc..” (A.Čaks) – kuriem lasītājiem tas “ir par kanibālismu”, un kuriem nav?