

J. Štěpán: Svět z pohledu počítačů

(Znění přednášky přednesené na semináři

"Kognitivní vědy" dne 15.6.1994)

Abstract:

The control of complex technical and economical systems depends on the quality of information which we have about these systems. Complex systems have mostly hundreds of sensors with different accuracy and reliability characteristics (see [2]). The measured data are mostly given with a precision lower than two decimal places (see [12],[13],[14]). At the present time problems connected with the control of complex systems, i.e. problems based on data corrupted with uncertainties, are beyond the effective reach of the control theory. The fundamental dilemma of this situation lies in the fact that the uncertainty cannot be simply included in formal theories. In the paper the failure of formal theories by the control of complex systems is discussed in the framework of the philosophical theory of the knowledge. Two concepts are compared with respect to their historical grounds. The first - the Leibniz concept of the knowledge - is based on mathematics. The uncertainty of information cannot be considered. So formal theories based on this concept cannot be used in scientific branches which start from uncertain data (control science, information theory, artificial intelligence, system engineering). Here the second concept - the modified Kant concept of the knowledge - must be used because only this concept respects uncertainties in input data, i.e. the limited accuracy of measured data ([20],[21],[22]). So we have tried in this paper to show that including uncertainties in the science should lead to the new paradigm not only in technical sciences but in mathematics and philosophy too.

Resumé:

Rozhodování při řízení technických a ekonomických systémů je závislé na jejich poznání, tzn. na informaci, kterou o těchto systémech máme k dispozici. Kvalita našeho poznání objektů reálného světa je určena v první řadě sémantickou informací. V případě řízených systémů lze zjednodušeně říci přesností měření rozhodujících parametrů řízených systémů. Čím přesněji měříme, tím přesněji lze řídit. Řízení tedy závisí na stupni poznání řízeného

systému. Jinými slovy lze obecně říci na poznání světa. V článku jsme se pokusili o globální pohled na problematiku poznání, který sahá od filozofie až po technické vědy. V článku jsou proti sobě postaveny dva přístupy k poznání reálného světa. Prvý, který označujeme jako Leibnizovo pojetí poznání, vychází jen z dvouhodnotového ocenění informace. Informace o nějaké skutečnosti buď je a nebo není k dispozici. Nepřihlíží se tedy k přesnosti informace. Druhý přístup k poznání, který označujeme jako Kantovo pojetí poznání, vychází z kvality informace, tzn. z přesnosti dat naměřených přímo na řízených systémech. Celá tato problematika těsně souvisí s rolí počítačů ve vědě a technice. Rozvoj počítačů teoreticky měl vést k explozi vědění. Očekávalo se, že počítače umožní využití složitých teorií jak v technice tak i v ekonomice. Toto očekávání se nesplnilo. Ukázalo se totiž, že poznání reálného světa závisí na informaci o reálném světě a ta se s příchodem počítačů nijak dramaticky nezměnila.

Klíčová slova:

poznání, informace, Kantova koncepce poznání, exaktní vědy, Ž neúplná informace, neurčitost, přesnost měřených dat, Ž stabilita numerických procesů, řízení systémů.

Úvod

Tato přednáška vznikla jako odezva na některé přednášky přednesené na semináři "Kognitivní vědy". Proto byl použit název "Svět z pohledu počítačů", tedy obdoba názvu přednášky prof. Fabiána "Bayesův pohled na svět" popř. Dr. Kramosila "Shafer- Dempsterův pohled na svět". V těchto i některých dalších přednáškách a navazujících diskusích se ukázalo, že názorové rozdíly jsou dány z největší části rozdílným pojetím filozofické koncepce poznání. Navíc se ukázalo, že se mezi protichůdnými koncepcemi, zjednodušeně řečeno mezi Leibnizovou a Kantovou koncepcí poznání, nerozlišuje. Překvapující také bylo, že se většina diskutujících přiklání k Leibnizovu pojetí poznání, které je ve filozofii pokládáno za překonané. Cílem přednášky je proto ukázat, že v současné době, tzn. v době počítačů, jedině Kantova koncepce poznání může splnit požadavky, které současná věda klade na poznání přírody. Není snad třeba zdůrazňovat, že při tak širokém tématu přednášky je třeba výklad omezit jen na klíčové body celé problematiky.

V přednášce se pokusím diskutovat podle mého názoru klíčové otázky poznání přírody z pohledu počítačů, tzn. z pohledu nové situace, jak vznikla po zavedení počítačů do vědy. Půjde především o tyto otázky:

(i) Možnosti počítat, tzn. řešit úlohy matematicky, se zavedením počítačů zvětšily mnohonásobně, přesto efekt vědeckého zkoumání přírody se zvětšil jen málo. To signalizuje závažné nedostatky racionalistického pojetí teorie poznání.

(ii) Prvý bod lze zesílit poukazem na selhání počítačů při řízení složitých technologických systémů. Vše, co požaduje Leibnizova koncepce poznání, bylo splněno, ale přesto se úlohu řízení nepodařilo řešit ([2],[12],[14]).

(iii) Další otevřenou otázkou je nezájem technických popř. ekonomických věd o filozofickou koncepci poznání. Nezájem popř. někdy dokonce odpor vůči filozofii lze částečně vysvětlit nebla- hou úlohou, kterou filozofie sehrála v nedávné době. Ovšem jsou tu i další možno říci historické důvody, které vedly k vytlačení filozofie z technických věd. Na její místo nastoupila matematika, která se stala konečným arbitrem pro řadu vědních disciplín v duchu Leibnizovy koncepce poznání. Kde je třeba hledat prapříčiny tohoto neutěšeného stavu? V této přednášce se pokusím ukázat, že tou základní příčinou současného pojetí vědy jsou potíže se začleněním "neurčitých" dat popř. "neurčité" informace do formál- ního aparátu vědy ([2],[6],[13],[22]).

(iv) Otevřenou otázkou současné teorie poznání je problema- tické pojetí informace. Termín informace, který se dnes vyskytuje v nejrůznějších souvislostech a významech v odborných časopisech i v denním tisku, nemá ve vědě stabilizovanou pozici [24] a tak neujasněné pojetí informace destabilizuje současnou vědu. Příči- nou je, jak již bylo uvedeno, neurčitost informace. Neurčitost informace není obsažena ani ve zprostředkované podobě v úvahách racionalistů. Toto nerespektování neurčitosti informace je charakteristické pro pojetí poznání, které v této práci zjednodu- šeně označuji termínem Leibnizova koncepce poznání. Kant naproti- tomu neurčitost počitků, tzn. omezenost nazírání, začlenil do své koncepce.

(v) Rozdíl mezi Leibnizovým a Kantovým pojetím poznání zrcadlí nejvýrazněji meze poznání. Leibnizovo pojetí poznání je založeno na absolutně přesné matematice a proto pojem meze poznání nezná. Kant naopak tvrdí, že naše informace o světě je vždy neúplná a svět je proto nepoznatelný.

(vi) Zdůrazněme ještě, že technický pokrok naší civilizace v posledních dvou stoletích lze připsat z největší části na vrub Kantovy koncepce poznání, tzn. jeho poznatku, že naše poznání je omezeno naší zkušeností. Úspěchy fyziky jsou postaveny na vyvážené rovnováze mezi formálními teoriemi a verifikačními experimenty, tzn. na rovnováze mezi formálními teoriemi a naší informací o přírodě.

(vii) V novější době se pokusily některé vědní obory o napodobení fyziky. Tyto pokusy se většinou z nejrůznějších důvodů přiklonily k formálním postupům a potom nutně ztroskotaly na rozporech mezi teoriemi a omezenou informací o přírodě. Typickým příkladem je teorie řízení složitých systémů. Nedostatek informa- cí, tzn. neúplný popis složitých systémů a příslušných provozních situací, nutně vede k selhání formálních postupů odvozených pro řízení složitých systémů ([2],[13],[15],[16],[17]). Tyto teorie překračují meze prakticky dosažitelného poznání. Také systémové inženýrství se řadí k těm oborům, které ztroskotávají na ne- dostatku informace [17].

1. Vztah filozofické teorie poznání a teorie regulace

Úvodem této přednášky je třeba nejprve vysvětlit, jak je propojeno poznání přírody s teorií regulace. Jakou cestou musí projít pracovník vědy o regulaci, tzn. pracovník technické vědní

disciplíny, aby se dostal až k filozofické teorii poznání. Odpověď je jednoduchá. Je to teorie identifikace systémů. Dříve než lze přistoupit k řízení systémů, je třeba znát jejich popis.

1.1. Řízení složitých systémů

Termín řízení systémů je míněn co nejobecněji. Půjde tedy jak o řízení technických systémů, tak o řízení ekonomiky popř. o řízení státu stejně jako o řízení právního systému. Proč bylo zvoleno právě řízení systémů? Odpověď zní: Protože všechny slabiny teorie poznání se nejvýrazněji projeví právě při řízení systémů.

Při řízení dynamických systémů musíme rozlišit dvě základní situace:

(i) Pokud vyjdeme z formální teorie řízení systémů, potom lze pomocí počítačových experimentů ukázat, že řízení složitých systémů by mělo být bez problémů. Vychází se z kouzelné formule: Mějme systém popsáný diferenciální rovnicí a uvažujme odezvu pro poruchu ve tvaru jednotkového skoku na vstupu prvního podsystemu atd. Takové formální pojetí řízení má závažný nedostatek, který se ukáže již při modelování na počítači. Abychom dostali použitelné výsledky, musíme předpokládat v měřených datech tak přesnou informaci o systému a jeho okolí, že se dostaneme většinou mimo možnosti praxe. Dostáváme tak pojetí řízení systémů v duchu Leibnizovy teorie poznání. Toto pojetí může posloužit jako explanatorní teorie, ale pro praxi je většinou nepoužitelné.

(ii) Uvažujme teď řízení složitých systémů v praxi. Pokusme se vžít do role regulátoru. Vše co zná, je pouze několik málo naměřených dat. Z těchto údajů má regulátor popř. řídící počítač odvodit, nejen jaká provozní situace nastala, ale navíc má zvolit vhodnou strategii řízení a téměř okamžitě má toto řízení realizovat. Uvážíme-li navíc, že řízení v blízkosti žádané hodnoty musí vycházet z prakticky nulové informace, tak se nesmíme divit, že teoretické postižení této situace, tzn. řízení systémů při malé informaci v datech, je v současné době neřešitelný problém ([2],[15],[16]). Pokusy o řízení technologických procesů pomocí počítačů (viz např. řízení 500MW bloku v el. Mělník) skončily vesměs fiaskem.

Překvapující je, že tato selhání formálních teorií při řízení složitých systémů bylo možno předpovědět pomocí Kantovy koncepce poznání [5], tzn. pomocí úvah starých dvě stě let. Podle této koncepce je každá teorie omezena zkušeností. Řízení systémů je dáno nejen příslušnou teorií ale také informací o systému a o podmínkách provozu. O kvalitě řízení systémů rozhoduje schopnost regulátorů popř. řídících počítačů vyčíst informace potřebné pro řízení z naměřených dat. Jde o typickou úlohu teorie poznání, tzn. o základní vztah mezi zkušeností a teorií ([5],[6]).

1.2. Vztah zkušenosti a teorií podle Körnera

Ukažme souvislost mezi řízením systémů a filozofickou koncepcí poznání z pohledu filozofie. Vyjdeme z Körnerovy knihy ([6], str.211, kap.XII, Soulad teorie a zkušenosti): *Můžeme-li srovnávat diferenciaci zkušenosti pomocí podobnosti a různosti i logických kombinací v rámci modifikované dvouhodnotové (nebo obdobné) logiky s pojmovou sítí rozprostřenou přes zkušenost nebo v ní rozloženou, můžeme teorii přirovnávat k nějaké jiné*

pojmové síti. Tato se liší od první tím, že některá vlákna byla odstraněna, zbytek zpevněn a struktura vazeb zjednodušena. Od jedné sítě k druhé nevede žádné vlákno deduktivních vztahů. Přesto používáme obou těchto sítí společně při zobrazování našeho okolí, predikci, explanaci a uvážlivé činnosti. Povahu tohoto mimologického spojení mezi dvěma druhy sítí, o němž jsem naznačil, že tkví v identifikaci empirických pojmů a výroků s teoretickými pojmy a výroky, je třeba podrobněji prozkoumat.

V uvedeném citátu jsou zachyceny potíže při řízení složitých systémů v obecné úrovni. Jde o rozpor mezi absolutní přesností matematiky, tzn. formálních teorií, a nepřesností měřených dat. Zkoumání mimologického spojení obou uvedených sítí by mělo být klíčem k využívání počítačů při poznávání světa. Zdůrazňovat, že se pro řešení této úlohy až dosud udělalo málo, je snad zbytečné. Stačí poukázat na řadu článků popř. dokonce i knih, kde v nadpisu najdeme klíčový termín "neurčitost", abychom později zjistili, že se tu zpravidla nabízí matematická popř. logická konstrukce v praxi nepoužitelná. Tyto práce navíc ukazují, že pomocí matematiky ztěžší rozpory mezi zkušeností a teoriemi vysvětlíme. Potřebujeme proto nějakého arbitra, který by tyto rozpory posoudil z nějakého širšího hlediska. Tímto arbitrem by mohla být jediné filozofie.

Vhodnost filozofie jako arbitra v otázkách neurčitosti konečně plyne i z definice filozofie v práci ([1], str.35): *Filozofie je kritická rozumová věda o podmínkách možnosti empirické skutečnosti jako celku.* Takové pojetí filozofie je přímo předurčeno k analýze potíží s neurčitostí, jak se s nimi setkáváme při řízení složitých systémů.

1.3. Identifikační experimenty

V této přednášce vstupujeme na půdu filozofie a je tedy otázkou, zda chceme čerpat jen z poznatků filozofie či přinášíme do diskuse o teorii poznání nové postupy, které současná filozofie nezná. Pokusíme se o druhou alternativu a tak určitou výhodou při následné diskusi poznání budou výsledky, které byly získány pomocí teorie identifikace. V celé této přednášce se budeme tedy pohybovat na rozmezí filozofie vědy a teorie řízení.

Naznačme, v čem budeme vidět přínos teorie řízení k současnému pojetí filozofické teorie poznání. Budou to postupy, které byly odvozeny v rámci teorie identifikace. Jde o typické poznávací procedury, které umožňují z naměřených dat odvodit matematický popis dynamických systémů. Tyto postupy, pokud mají být v praxi úspěšné, tak musí respektovat neurčitost naměřených dat. Z předcházejících úvah vyplynulo, že ne všechny identifikační postupy mohou mít význam pro naše další úvahy ([13],[21]). V této přednášce se omezíme na jedinou metodu. Bude to DNLS metoda (Damped Nonlinear Least Squares method), která byla odvozena v pracích ([18],[19]) a která má proti ostatním identifikačním postupům jednu nespornou výhodu pro analýzu poznání. Je vnitřně robustní [22]. To znamená, že výpočet odhadu popisu systému není ovlivněn stabilitou numerického řešení. Navíc ji lze použít ke zpětné analýze (backwards analysis) procesu poznání. Na počítači lze zadat odezvu známého systému a zpětně zkoumat pro různou přesnost bodů této odezvy vliv neurčitosti dat na spolehlivost popisu uvažovaného systému. Známe tedy "jsoucno", tzn. přesný popis systému, a pro zvolenou přesnost dat lze ověřovat možnosti identifikace. V dalších úvahách této přednášky máme tedy k dispozici výsledky identifikačních experimentů, které dobře vystihují vliv neurčitosti na proces poznávání reálného světa. To je důležitá skutečnost pro analýzu procesu poznání.

Zdůrazněme proto výhody, které má uvedená zpětná analýza založená na DNLS metodě:

(i) Dále uvedené závěry o omezených možnostech poznání lze ověřit na počítači. V dalším výkladu nepůjde proto o čistě spekulativní pojetí teorie poznání, jak je to obvyklé ve filozofii.

(ii) Je možné upřesnit význam zkušenosti, tzn. vstupní informace, pro proces poznání. Formální teorie řízení, tzn. teorie ve smyslu Leibnizovy koncepce poznání, neuvažují přesnost vstupní informace. Předpokládají, že je věcí uživatele teorie, aby si sám obstaral dostatečně přesnou informaci. Kantova koncepce poznání klade důraz na vstupní informaci, která je rovnocennou částí procesu poznání. Pomocí zmíněné DNLS metody lze ukázat nepoznatelnost světa ve smyslu Kantovy koncepce poznání. Lze ukázat, že pokud se přesnost měřených dat dostane pod určitou mez, tak použitelný odhad popisu systému vůbec nelze získat. To je ovšem fundamentální rozdíl proti Leibnizovu pojetí poznání.

2. Neurčitost dat

Jak vyplynulo z předcházejících úvah je klíčovým problémem teorie poznání neurčitost. Jde o v současné době rozsáhlou problematiku, ze které nás budou zajímat dvě otázky, které hrají klíčovou roli při porovnání Leibnizovy a Kantovy koncepce poznání. Je to jednak přesnost dat a na ni navazující pásmo neurčitosti a jednak absolutní přesnost matematiky, jak ji předpokládá Leibnizova koncepce poznání.

2.1. Přesnost měřených dat

Největší současnou překážkou pro další rozvoj teorie poznání je bezesporu nepřesnost dat. Již jen skutečnost, že učebnice statistiky a regulace přesnost dat používají pouze kvalitativně, signalizuje hlubokou krizi teorie poznání. V literatuře chybí dokonce i jen rámcová koncepce neurčitosti. Představa vědců i pedagogů končí na dvojhodnotovém pojetí informace. Informace buď je nebo není. Pojetí uvažující různě spolehlivou informaci v současné době chybí. Než přistoupíme k dalším úvahám, tak je třeba uvést alespoň zjednodušený model neurčitosti založený na neúplných číslech.

Uvažujme jednotkový kanál signálů $y(t)$, tzn. $0 \leq y(t) < 1$ pro každé t . Počet respektovaných desetinných míst označíme dd . To znamená, že pro přesnost měření $dd=2$ dostaneme data zadaná na dvě platná místa. Pro časový okamžik t naměříme např. údaj $y(t_k, dd=2)=0.33$. Přesnější údaj zadaný na $dd=8$, tzn. na osm desetinných míst, je dán údajem $y(t_k, dd=8)=0.33425862$. Zjednodušeně řečeno je neurčitost dána zanedbanými desetinnými místy ([21],[22]). Při uvedeném pojetí neurčitosti lze velikost neurčitosti, tzn. šířku pásma neurčitosti, kvantifikovat, jak ukážeme dále.

Pro další úvahy má rozhodující význam skutečnost, že Leibnizova koncepce poznání předpokládá nekonečný počet desetinných míst, tzn. absolutní přesnost dat. V uvedeném příkladu půjde o hodnotu $y(t_k, dd=')$. Jak lze vůbec poznání za těchto okolností praktikovat? Odpověď je jednoduchá. Mlčky se předpokládá nebo lépe předpokládala data zadaná na dostatečně velký počet desetinných míst, která zaručila přibližnou platnost matematických

vztahů v aplikacích. Bez počítačů bylo možno řešit jen ty nejjednodušší příklady a tak nenastaly většinou nějaké nepřekonatelné potíže. Změna nastala s příchodem počítačů. Pojednou se ukázalo, že podmínku žádající data zadaná na "dostatečně" velký počet desetinných míst nelze jednoduše řešit a tak nastala krize numerické matematiky, regulační techniky a informatiky, tzn. těch oborů, kde otázka dostatečně přesných dat je klíčová pro správnost výsledků.

Přejdeme k technickému měření. Uvedený údaj, $T_{zn.y}(tk, dd=2) = 0.33$, lze jednoduše přepočítat na údaj o přesnosti měřících přístrojů, jak se používá v technice, kde se hovoří o třídách přesnosti. Údaj naměřený přístrojem třídy přesnosti 1% udává, že správná hodnota parametru leží prakticky jistě v mezích $\pm 1\%$ z maximálního rozsahu stupnice přístroje kolem ukázané hodnoty. Používání teorií nezáleží jen na přesnosti měření d ale také na přesnosti počítání dc ([21],[22]). Výhodou zvoleného pojetí neurčitosti je tedy jednotnost pojetí přesnosti jak v měřící technice tak i v numerické matematice resp. počítačové technice. Při zvoleném pojetí přesnosti měření je důležitým údajem hodnota $D = 10d$, který udává počet rozlišitelných dílků v jednotkovém kanálu signálů. Nyní již lze uvést základní tabulku přesnosti měření resp. přesnosti počítání ([21],[22]), tzn. pro $dd=dc=d$.

Tabulka 1.

D d $\pm$ L

Přesnost formálních teorií $\pm$ O

Přesnost číslicových dvojité přesnosti 10^{16} 10^{16} $2,4 \cdot 10^{-17}$

počítačů jednoduchá přes. 10^7 10^7 $2,4 \cdot 10^{-8}$

Přesnost analogových počítačů 10^3 10^3 $2,4 \cdot 10^{-4}$

Přesnost regulačních O,5% 10^2 10^2 $2,4 \cdot 10^{-3}$

měřících přístrojů 1% 10^1 10^1 $2,4 \cdot 10^{-3}$

5% 10^0 10^0 $2,4 \cdot 10^{-2}$

Diskuse této tabulky je v pracích ([21],[22]). Zde se omezíme jen na problematiku řízení složitých systémů. Klíčová pozice teorie řízení systémů pro celou teorii poznání plyne ze skutečnosti, že při řízení složitých systémů používáme celý uvedený rozsah přesností. Pokud jsme odvodili formální teorii, tak tato teorie platí pro $\pm$ přesnost. Pokud použijeme pro řízení počítač, potom budeme zpravidla počítat s přesností $dc=16$. Budeme-li vycházet z naměřených dat, potom půjde o přesnosti dat $dd \sim 2$. Přitom při regulaci na zadanou hodnotu

budeme pro malé odchylky vycházet z téměř nulové přesnosti. Řízení systémů vychází z celého rozsahu přesností a problematika řízení by se proto měla stát motivací pro nové pojetí celé teorie poznání.

Uvednou tabulkou jsme se dostali do oblasti měřicí techniky, tzn. do oblasti, která je pro většinu teoretiků záhadou. Většina teoretiků a tím spíše matematiků nemá ani rámcový názor o možnos- tech měřicí techniky. Uvedu proto několik orientačních údajů. Začneme mezními údaji, tzn. mezními přesnostmi technických snímačů [21], které jsou nejslabším článkem informačních řetězců. Základní třída přesnosti čidel je 0,6% (D=83 dílků). Výběrové třídy přesnosti jsou 0,4% (D=125 dílků) a 0,25% (D=200 dílků). Řízení složitých systémů bude tedy probíhat výlučně na těchto přesnostech.

Zde je třeba vložit poznámku, která by oddělila možnosti měření veličin v provozech a v laboratořích. Zdůrazněme proto, že uvedené přesnosti snímačů ukazují možnosti průmyslových provozů. Na druhé straně to ovšem neznamená, že nejsme schopni měřit přesněji v jiných situacích - viz např. verifikační experimenty ve fyzice, tzn. v laboratorních experimentech, kde přesnosti jsou někdy větší než 10^{-10} , tzn. D=10¹⁰. Závěry o měření veličin při řízení složitých systémů, které se se v současné době publikují v časopisech a které se předkládají studentům na školách, jsou v rozporu s možnostmi měřicí techniky, jak je udává tab.1. Tento závěr lze zesílit a říci, že údaje v tab.1 jsou ve značném rozporu nejen se současným paradigmatem regulační techniky ale i matematiky a fyziky.

2.2. Pravděpodobnostní přístup k neurčitosti

Ve vědě i technice panuje představa, že všechny problémy neurčitosti lze řešit pomocí teorie pravděpodobnosti. Začneme konstatováním, že termín neurčitost není v této práci míněn jako náhodnost ve smyslu aplikované teorie pravděpodobnosti. Ta rozhodující neredukovatelná neurčitost je dána především systema- tickými chybami. Obraz o možnostech pravděpodobnosti si uděláme podle Tutubalinovy práce ([23], str.13): *Kdybychom se mohli na základě teorie pravděpodobnosti dozvědět něco věcného o výsledku libovolného pokusu, o němž je známo pouze to, že není jednoznač- ný, pak by byla teorie pravděpodobnosti vědou věd. Ve skutečnosti je její úloha mnohem skromnější. Teorie pravděpodobnosti se nezabývá libovolnými pokusy, ale pouze těmi, které mají vlastnost statistické četnosti neboli stability četnosti*

. Na další straně můžeme číst: *Všechny myslitelné pokusy lze rozdělit do tří skupin. V první skupině jsou "dobré" pokusy, u nichž je zaručena úplná stabilita výsledku pokusu. V druhé skupině jsou "horší" pokusy, které nejsou sice úplně stabilní, jsou však statisticky stabilní. Do třetí skupiny patří zcela "špatné" pokusy, které nejsou ani statisticky stabilní. V první skupině je vše jasné bez teorie pravděpodobnosti. Ve třetí skupině je tato teorie nepoužitelná. Druhá skupina je právě ona oblast, k níž lze teorii pravděpodobnosti použít, avšak sotva kdy si můžeme být zcela jisti, že pokus, který nás zajímá, patří k druhé, a ne k třetí skupině*

. Pokud budeme dále hovořit o neurčitosti dat, budeme mít vždy na mysli experimenty patřící do třetí skupiny. Budeme tedy předpokládat, že odstranitelné chyby jsme již odstranili a zbyly pouze neredukovatelné chyby typu systematických chyb. Připojme poznámku o sémantické informaci, která bývá rovněž spojována s teorií pravděpodobnosti. Začneme konstatováním, že pojetí informace v rámci teorie pravděpodobnosti je přijatelné, jde-li o přenos informace

sdělovacím kanálem. Jiná situace je u sémantické informace. Používání termínu sémantická informace je v literatuře nejednotné. V této práci budeme termín sémantická informace používat jen v případech, kdy jde o informaci zdroje informace. V této přednášce budeme označovat jako sémantickou informaci jen tu informaci, kterou jsme získali pomocí měřicích přístrojů. Přesnost měření dat souvisí potom s přesností sémantické informace. Zdůrazněme, že teoretické pozadí měření jako zdroje sémantické informace je otevřená otázka. Potvrzuje to i závěr, který najdem v knize ([24] str.11): *Tedy právě ta nejslibnější a nejperspektivnější část teorie informace, teorie sémantické informace, je zatím ve stadiu hledání přesto, že již byly získány některé hodnotné výsledky, které slibují i praktické využití*

.

2.3. Stabilita numerických procesů

Ukažme, že matematika ve smyslu Cantorovy teorie množin platí obecně jen pro přesnost dat a počítání $dc=dc'$. V literatuře se setkáme v této souvislosti s tvrzením, podle kterého pravdy matematiky nezávisí na stavu světa resp. pravdy matematiky platí ve všech možných světech. Demonstrujme tento závěr na řešení kvadratické rovnice. Vyjdeme ze známého vztahu (cf.[22]) $\ddot{x} = x^2 + 2bx + c$ pro podmnožinu případů pro $c=10$ a reálné kořeny $x_1 = -10 \exp d$ a $x_2 = -10 \exp(1-d)$ ($d=1,2,\dots$). Bude tedy platit $b^2 > c$. Budeme analyzovat tři alternativy: (1) b je počítáno ze vztahu b (2) b je dáno přímo, tzn. pro $d=3$ dostaneme $b=1000.01/2$, (3) b resp. c je zadáno s přesností na dvě platná místa v plovoucí čárce, tzn. přesnost vstupních dat je $dc=2$. Pro $d=1$ resp. $d=2$ dostaneme $b=11/2$ resp. $b=1,0 \times 10^2/2$. Hodnoty malého kořene x_2 pro uvažované tři alternativy ($k=1,2,3$) a příslušné relativní chyby vzhledem k správné hodnotě $1 \text{ } \dot{\text{a}} = \frac{|x_2 - x_{2k}|}{|x_2|} 100\%$ ($k=1,2,3$) byly spočítány na kalkulačce TI 59 (Texas Instruments 59), která počítá s přesností na 13 decimálních míst ($dc=13$) a jsou uvedeny v tab.2.

@LH 3

Tabulka 2

@LH 6

d $|x_2|$ $|x_{21}|$ $\dot{\text{a}}_2$ $|x_{22}|$ $\dot{\text{a}}_2$ $|x_{23}|$ $\dot{\text{a}}_3$

1 1 1 0 1 0 1 0

2 1.10^{-1} 1.10^{-1} 0 1.10^{-1} 0 $1,001.10^{-1}$ 0,1

3 1.10^{-2} 1.10^{-2} 0 1.10^{-2} 0 $1,00001.10^{-2}$ 0,001

5 1.10^{-4} $1,0001.10^{-4}$ 0,01 $1,0001.10^{-4}$ 0,01 $1,0001.10^{-4}$ 0,01

6 1.10^{-5} $1,04.10^{-5}$ 4,0 $1,01.10^{-5}$ 1,0 $1,01.10^{-5}$ 1,0

7 1.10^{-6} 2.10^{-6} 100 2.10^{-6} 100 2.10^{-6} 100

8 1.10^{-7} 6.10^{-5} 59900 0 100 0 100

Pro alternativu 1 resp. 2 lze spočítat pro $\delta < 4$ přesné výsledky, pro $\delta < 7$ výsledky s malou chybou a pro $\delta = 7$ vypočtený výsledek má chybu 100%. Rozdíl těchto dvou alternativ pro $\delta = 6$ resp. 8 je dán skutečností, že b je počítáno v první alternativě přibližně a ve druhé alternativě je přímo zadáno. Chtěli jsme tak demonstrovat, že připojení sebejednodušší další operace vede k zvětšování chyb výsledků.

Vstupní data v alternativě 1 resp. 2 jsou zadána s přesností počítání, tzn. $dd = dc$, jak je to běžné v numerické matematice. Jestliže nyní vyjdeme ze vstupních dat zadaných s přesností $dd < dc$, např. $dd = 2$ v alternativě 3, potom oblast chybných výsledků podstatně vzroste (cf. tab.2).

Příčinou potíží v uvažovaném příkladu je skutečnost, že dvě blízká čísla jsou odečítána a tím se zaokrouhlovací chyba stane dominantní částí výsledku. Jednoduchou změnou metody lze tuto chybu eliminovat. Postačí zavést podmínku $x_1 k x_2 k = 10$, která zajistí regularizaci metody. Ovšem u většiny algoritmů, tzn. především složitých algoritmů, jak se používají při řízení složitých systémů, není tato cesta schůdná. Ukažme ještě, že vztah pro výpočet kořenů kvadratické rovnice, jak se uvádí v učebnicích, platí jen pro absolutní přesnost dat a počítání, tzn. $dd = dc = \infty$. Důkaz je jednoduchý. Postačí uvážít, že δ lze libovolně zvětšovat a tak konstruovat protipříklady.

Většina pracovníků používajících počítače se domnívá v rozporu s uvedeným příkladem, že otázky přesnosti dat a počítání nehrají roli. V literatuře se předpokládá, že přesnost a rychlost počítačů lze zvětšovat. Přesnost počítání lze do jisté míry zvětšovat [22], ale u měřených dat to bohužel není pravda, jak ukazují hodnoty uvedené v tab.1. Předpokládat dosažení libovolné přesnosti vstupních dat, jak to dělá současná teorie řízení, je pro praxi ztěžilý přijatelný obrat. Toto "Leibnizovo" pojetí teorie řízení bylo umožněno nekritickým přijetím Kolmogorovovy koncepce pravděpodobnosti. Zde totiž jde o hypotetickou teorii pravděpodobnosti, která má s praxí, tzn. s měřením dat, jen málo společného [4].

3. Přesnost dat ve vědě

Až dosud jsme hovořili o roli přesnosti dat v teorii řízení. Zůstala ale otázka, jakou roli hraje přesnost dat v matematice a filosofii. Údaje o přesnosti dat a počítání, jak byly uvedeny v tab.1, jsou pro většinu jak matematiků tak i filozofů nepochopitelné. Pokusím se zdůvodnit, proč tomu tak je. Jak vidí otázky přesnosti Leibnizova koncepce poznání. Ta vychází, jak jsme ukázali na řešení kvadratické rovnice, z nekonečné přesnosti dat i počítání a proto nerozlišuje různou přesnost dat. Má to jednu nespornou výhodu. Lze tvrdit, že základem takového pojetí poznání jsou nevyvratitelné pravdy, jak je může poskytnout jedině absolutní přesnost matematiky popř. dvouhodnotové logiky.

Takové pojetí má ale na druhé straně závažný nedostatek. Nelze rozlišit rozdílnou přesnost počítků, tzn. rozdílnou přesnost informace o světě. Zhruba lze říci, že Leibnizova koncepce poznání vychází ze zjednodušeného pojetí vědy, jak to bylo běžné v dobách, kdy nebyly k dispozici počítače. Ačkoliv v těchto dobách byly k dispozici jen hrubá data, tak věda dosahovala dobrých výsledků, protože řešila jen jednoduché úlohy s malými nároky na přesnost dat. Tak se stalo, že se věda přimkla k matematice a přestala rozlišovat pravdy

matematiky o matematice od pravd matematiky o reálném světě [6]. Již Leibniz ale věděl, že tento rozpor mezi teoriemi a zkušeností je otevřený problém, který je třeba řešit.

Klíčovou postavou filozofické teorie poznání je Kant, který se pokusil o začlenění neurčitých popř. nepřesných počátků do teorie poznání. V tomto místě je třeba vložit jednu poznámku. Kant sám neuvažoval přesnost dat v podobě, jak ji najdeme v tab.1. Kant pouze připustil, že schopnost našich smyslů je omezena a je tedy menší než přesnost našeho uvažování, tzn. přesnost matematiky a klasické logiky. Již tento obrat sám o sobě stačil na fundamentální změnu v pojetí teorie poznání přírody.

3.1. Pojetí přesnosti dat ve filozofii

i Filozofie termín přesnost dat používá jen okrajově. Anzenbacher, když diskutuje tématicky redukované a metodicky abstraktní reálné vědy, tak říká ([1], str.22): *Rozmach přírodních věd počátkem novověku byl umožněn novým metodickým přístupem: matematizací (či metrizací) jevů. Vědci se stále více snažili převádět kvalitativní určení na kvantitativní, tj. učinit je měřitelnými (např. teplotu měřit teploměrem a tak ji vyjádřit v číslech). Heslem bylo: Měřit všechno, co je měřitelné, a snažit se učinit měřitelným to, co dosud měřitelné není (G.Galilei, 1564-1642).* Tato jistě z pohledu našich úvah o přesnosti dat, tzn. z pohledu tab.1, správná myšlenka nachází jen malou odezvu v dalším vývoji filozofie. Vysvětlení, proč tomu tak je, je jednoduché. Tab.1 ukazuje, že měření je vždy spojeno s neurčitostí a neurčitost nebyla resp. nemohla být respektována v absolutně přesné matematice a logice. Ta zmíněná kvantifikace měřených veličin měla sice rozhodující vliv na rozmach věd, ale nepodařilo se ji začlenit do aparátu filozofie. V této souvislosti je opět třeba připomenout, že se dosud nepodařilo odvodit použitelnou fyzikální teorii měření.

Hledejme další argumenty v Körnerových úvahách. Při analýze odvozování a využívání hypoteticko-deduktivních teorií dochází Körner k následujícímu závěru ([4], str.112): *Hypoteticko-deduktivní systém není tudíž přímo spjat se zkušeností. Spojuje-me-li jej se zkušeností tím, že "identifikujeme" některé z jeho predikátů a výroků s vnitřně nepřesnými empirickými predikáty a výroky, nedosáhneme toho, aby byly totožné, ale pouze s nimi nakládáme tak, jako kdyby totožné byly. Ukázalo se ovšem, že tato procedura je pro jisté účely a v jistých kontextech neobyčejně rozumná a plodná.* Nejdříve uvedeme poznámku k terminologii. Pod označením "hypoteticko-deduktivní systém" je zde třeba rozumět hypoteticko-deduktivní teorie. Termín "identifikujeme" je v citátu použit ve smyslu ztotožňujeme. Körner nemá tedy na mysli dynamické systémy a identifikaci těchto systémů ve smyslu teorie řízení. Při výkladu Körnerova závěru o relevantnosti fyzikálních teorií je rozhodující přesnost dat, tzn. údaje v tab.1. Naznačený postup při odvozování a využívání fyzikálních teorií bude plodný pro ty úlohy, kdy použijeme dostatečně přesné verifikační experimenty. Zde je třeba hledat vysvětlení, proč mohl nastat takový rozmach techniky a vědy v uplynulých dvou stoletích. Je nyní otázkou, proč v novější době nastaly potíže, když fyzika vystačila s tak jednoduchým pojetím teorií. Některé důvody jsme již uvedli. Naznačme jednu podstatnou změnu charakteru vědy způsobenou počítači. Je si třeba uvědomit, že všechny fyzikální teorie ověřené pomocí verifikačních experimentů mají charakter explanatorních teorií. Tyto teorie nelze použít přímo v aplikacích. Jiná je situace při řízení systémů, kdy informaci v datech musíme v krátkém čase vyhodnotit a bezprostředně potom použít při řízení ([15],[16],[17]). Potřebujeme tedy "uživatelskou" teorii a nikoliv jen explanatorní teorii. Navíc půjde u těchto uživatelských teorií o hrubou informaci v měřených

datech na rozdíl od přesných dat, jak se s nimi setkáváme u laboratorních verificačních experimentů ([21],[22]).

Současné regulační teorie byly až dosud budovány jako experimentální teorie a tento přístup je jedním z důvodů, proč je v současné době regulační technika v hluboké krizi. Tyto teorie nemohou být relevantní z hlediska praxe. Předcházející úvaha ukázala, že uživatelské teorie je třeba postavit na úplně jiných základech - na modifikované Kantově koncepci poznání.

3.2. Neurčitost v matematice

Položme si ještě otázku, proč do vědy nebyla až dosud zavedena neurčitost popř. přímo přesnost dat. Tato otázka souvisí s klíčovou rolí matematiky ve vědě a tak snad nejlepší vysvětlení podává Vopěnka ([26], str.510): *"Nekonečno bylo odtrženo od neostrosti. Vyostrěná spočetnost vyhovovala nárokům, kladeným v antice na opravdové poznání, a proto jen toto nekonečno se stalo předmětem vědeckého zkoumání, jen ono bylo zabudováno do světů vědy. Věda tak mohla zůstat věrna antickému ideálu vědy, zároveň však promarnit příležitost více se přiblížit reálnému světu. Právě neostrost je totiž jedním z nejvýznačnějších jevů reálného světa, čehož si povšiml již Platón. Rodící se přírodověda tak byla postavena před otázkou, na co má klást důraz, zda na ono "příroda" nebo na "věda". Rozhodla se pro druhé, a aby své počínání omluvila, odňala neostrost reálnému světu a přisoudila ji toliko naší nedokonalosti".* Leibnizova teorie poznání je tedy vyvrcholením "antického" pojetí vědy. Toto pojetí vědy vedlo nutně k rozporům v chápání vztahu teorií a zkušenosti již v době Kantově. V současné době, tzn. v době počítačů, tyto potíže s neostrostití jevů vrcholí. Takže názor, že pouze matematické teorie jsou skutečně vědecké teorie, je ztěžší přijatelný. Tím méně je přijatelné i později zavedené pojetí vědy, podle kterého je "jedině správné" pouze to, co je "vědecké" [25]. Zde se nepřihlíží k přesnosti informace, kterou máme o reálném světě. Teprve rozšíření počítačů a "induktivní" úlohy řízení v kybernetice přivedly otázku "neostrostití" jevů reálného světa znovu na pořad dne.

Stojíme nyní před komplikovanou otázkou, proč již samotná matematika, když narazila v nedávné době na potíže např. se stabilitou numerických procesů, se nepokusila neurčitostí začlenit do formálních teorií. Některé důvody z hlediska techniky (viz tab.1) popř. z hlediska filozofie (viz citáty Körnera) jsme již naznačili. Zbývá vysvětlit alespoň rámcově, proč se tomuto problému vyhýbá matematika. Hledejme objasnění u Vopěnky [25]. Vopěnka uvádí v práci [25] celou řadu důvodů, které vedly popř. vedou ke krizi matematiky. Paradoxně je to dokonalost matematiky a z toho plynoucí její neotřesitelnost, která vede k absolutizaci Cantorovy teorie množin ([25], str.127): *Nalezení východiska ze současné krize matematiky stěžíže tvrdošíjná snaha hledat ho výhradně v rámci Cantorovy teorie množin. Velkolepost stavby, jakou Cantorova teorie množin nesporně je, její vnitřní nádhera i pevnost dosvědčená generacemi matematiků bere odvahu z ní vystoupit. Rozlehlost prostoru, který Cantorova teorie množin matematice otevřela, svádí pohled matematiků do tohoto prostoru a ne na jeho meze. V důsledku toho jevy, které se vymykají přísně mechanistickému pojetí světa, zůstávají i nadále mimo tuto stavbu matematiky, protože se vykládají a zpracovávají pomocí ostrých jevů. Cantorova teorie množin se tak stala nejen světem matematiky, ale i jejím vězením, a z matematiky opírající se o Cantorovu teorii množin se stala matematika Cantorovy teorie množin.* Tento Vopěnkův závěr potvrzuje z jiného pohledu dříve uvedený názor na klíčovou roli filozofie při řešení otázek poznání. Nalezení východiska z krize jak matematiky tak i teorie řízení je třeba hledat ve filozofické teorii poznání.

4. Filozofická teorie poznání

Naznačme nejdříve rámec filozofické koncepce poznání, jak byl dán v době vzniku Kantovy koncepce. Tato koncepce je ve filozofii považována za vyváženou syntézu empirismu a racionalismu. Věnujme proto nejdříve pozornost oběma těmto směrům.

4.1. Empirismus

Empiristé vyšli z antického atomismu. Jednoduché ideje jsou atomy, které je třeba skládat ve větší celky. Souhlasí s vrozenými idejemi, ale raději se spoléhají na základní smyslové počítky a na syntetické skládání poznání z těchto počítek a ideí pomocí asociačních zákonů. Hume je přesvědčen, že obsah vědomí je dán jen smyslovými vjemy (perceptions). Přitom rozlišuje dva typy percepcí. Imprese (dojmy) jsou aktuální smyslové počítky (např. naměřená data). Představy (ideas) jsou buď jednoduché nebo složené. Jednoduché představy vznikají reflexí na imprese. Složené představy vznikají spojováním jednoduchých představ asociací. K těmto asociacím dochází mechanicky (vlivem vrozených ideí) na základě pobobnosti popř. vztahu příčiny a účinku (asociační zákony). Rozum, jak ho předpokládají racionalisté, odlišný od smyslového neexistuje.

Empirismus je tedy založen na preferenci smyslové zkušenosti. Hlavními zastánci jsou Hobbes, Locke, Berkeley, Hume. U všech těchto filozofů je patrna snaha převést rozum na smyslovost a tak ukázat, že smyslové poznání je jediné poznání. Za typického reprezentanta pozdního empirismu je možno považovat Huma. Ten vychází z názoru, že prostor pro pěstování vědy je malý. Na jedné straně jde o zkoumání vztahů mezi představami v rámci čistě myšlenkové činnosti, tzn. v rámci formálních věd. Na druhé straně je to zkoumání vztahů mezi fakty, což je tématem přírodních věd.

4.2. Racionalismus

Racionalisté vyšli z tradice křesťanského platonismu, podle kterého je člověk jako obraz Boha schopen myslet v souladu se záměry Tvůrce. Racionalisté vycházejí proto z vrozených idejí či principů, které do člověka vložil Tvůrce. Podporou pro takto pojaté poznání je především Euklidova geometrie se svými axiomy a Newtonova mechanika. Matematika tvoří potom přirozený základ takto pojatého poznání. Descart kritizuje smyslové poznání a dochází k závěru, že základem poznání jsou ideje a principy rozumu. Tak jako věty matematiky vyplývají logicky z prvních vět (axiomů), tak musí filozofie vycházet z prvních idejí a principů a z nich logicky odvozovat všechno ostatní [1]. Tyto první ideje a principy jsou rozumu vrozeny. To je ovšem značně nejasný výklad zdroje našeho poznání. Pokusme se o přijatelnější vysvětlení.

V době před Kantem někteří filozofové (především Descart, Spinoza, Wolff, Leibniz) dospěli k názoru, že obecný a nutný charakter pravd matematiky a teoretické přírodovědy je nevyvratitelný. Současně dospěli k názoru, že zdrojem těchto pravd není zobecnění čerpané ze zkušenosti. Naznačené pojetí poznání v rámci pravd matematiky bylo jak v době před tak i po Kantovi úspěšné a v některých vědních oborech přetrvávalo bez ohledu na vývoj teorie poznání ve filozofii až do současné doby.

Hlavní zastánce tohoto pojetí je Leibniz, který zhruba řečeno učinil kriteriem pravdivosti zákon sporu. Jeho analytická teorie matematiky logicky odděluje rozvažující vědění od vědění smyslového. Tím došel jak Leibniz a zdůrazněme, že jinou cestou i Hume, k apriorismu matematického vědění. Tato apriornost se však týkala jen rozvažování (intelektu) a nikoliv smyslového (induktivního) poznání. Již Leibniz si byl vědom, že při jeho pojetí matematiky vzniká propast mezi rozumem a smyslovostí popř. přesněji řečeno rozpor mezi apriorností matematiky a zkušeností fyziky. Kant se pokusil tento rozpor řešit.

Připojme v tomto místě dvě poznámky, které ukazují správnost Kantových závěrů z pohledu počítačů. Pokud by byly úvahy racionalistů správné, potom by v naší době musel vynález výkonných počítačů vést k bouřlivému rozvoji poznání, protože počítače znásobují možnosti čistého rozumu. To se ale nestalo a tak nezbyvá než přijmout počítače jako další argument pro správnost Kantových úvah.

Dalším argumentem pro Kantovo pojetí poznání by mohly být potíže s přirozenou inteligencí a s těmi vědními disciplínami (informatika, regulační technika), které jsou nuceny pracovat s neurčitými daty. Právě pomocí počítačů lze ukázat, že nad nepřesnými počítky, tzn. nad nepřesně měřenými daty, lze jen ztěžlivě rozvinout nějaké složité teorie, které by byly relevantní. Chybí tu tedy předpoklady pro rozvinutí rozvažování.

5. Kantova koncepce vědního poznání

Vymežeme nejdříve předmět naší diskuse. Rozum je široký pojem. Kant věnoval tomuto tématu tři práce "Kritiku čistého rozumu", "Kritiku praktického rozumu" a "Kritiku soudnosti". Pro diskutované téma má význam jen "Kritika čistého rozumu", tzn. poznání a priori. Pro označení "čistého" rozumu bude použit termín rozvažování (Verstand).

V čem zhruba řečeno tkví přínos Kanta k filozofické teorii poznání. Kant ukázal, že oba uvedené přístupy, tzn. empirismus a racionalismus, jsou částečně správné. Vyšel z kritiky jejich mezí a ukázal, že smyslové a nesmyslové (rozumové) poznání se navzájem doplňují a jedině ve vzájemně vyváženém vztahu mohou být základem našeho poznání.

V této kapitole se pokusíme spojit naše předcházející úvahy o neurčitosti se závěry empirismu a racionalismu.

5.1. Meze empirismu a racionalismu

Kde jsou meze obou výchozích pojetí poznání, tzn. empirismu a racionalismu. Empirismus staví na zkušenosti, tzn. na pozorování reálného světa. Kant hovoří v této souvislosti o nazírání, tzn. o pozorování světa, které je vždy smyslové. Získané počítky je ale třeba pojmenovat a uspořádat. Pro zpracování těchto počitků potřebujeme apriorní pojmy a ideje, které nepocházejí ze zkušenosti. Kant souhlasí v tomto směru se závěry racionalistů, že počítky samy o sobě nemohou tvořit poznání. Naproti tomu schopnost myslet předmět smyslového nazírání je rozvažovací schopnost. Zde Kant souhlasí s empirismem, že apriorní úvahy jsou vždy svázány s počítky. Myšlenky bez obsahu, tzn. bez počitků popř. bez vstupních dat pocházejících z reálného světa, jsou prázdné.

Zde vložíme doplňující poznámku o neurčitosti. Jak jsme ukázali v kap.3, rozvažování založené na matematice je absolutně přesné a počítky jsou většinou nepřesné. Nestací proto říci, že myšlenky bez obsahu jsou prázdné. Přesněji musíme říci, že i myšlenky založené na datech, které mají malou sémantickou informaci, budou mnohdy prázdné.

Nazírání a rozvažování se vzájemně doplňují ([1], str.138): *Bez smyslovosti by nám nebyl dán žádný předmět, bez rozvažovací schopnosti bychom žádný předmět nemohli myslet. Myšlenky bez obsahu jsou prázdné, nazírání (názor) bez pojmů jsou slepá. Proto je právě tak nutné činit pojmy smyslovými (tj. přiřadovat jim předmět v nazírání) jako činit nazírání rozvahovým (tj. podřadovat ho pojmům). Tyto dvě dispozice či schopnosti si nemohou zaměňovat funkce. Rozvažovací schopnost nemůže nic nazírat a smysly nemohou nic myslet. Jen jejich spojením může vzniknout poznání.*

Předcházející úvaha ukazuje, že pokud jsme v úvodu této práce postavili do protikladu formální teorie a zkušenost, tak jsme jen zdánlivě formulovali nový problém. Jako nový problém se to jeví pouze z pohledu některých teorií např. vědy o řízení. Pravdou je, že tento rozpor byl řešen v rámci filozofie již před více jak dvěma sty lety.

5.2. Kantův základní obrat

Zjednodušeně lze Kantovu výchozí pozici charakterizovat takto: Empiristé tvrdí, že v rozumu není nic, co nebylo dříve ve smyslech. Leibniz s takovým pojetím souhlasí, ale dodává mimo rozumu samého. Kant vlastně obě tyto myšlenky spojil obratem, který sám připodobnil ke Koperníkovu obratu. Měl přitom na mysli základní myšlenku Koperníkovu, který, když se mu nepovedlo vysvětlit pohyb nebeských těles za předpokladu otáčení hvězd kolem pozorovatele, tak zkusil opačnou situaci, tzn. obíhajícího pozorovatele při nehybných hvězdách. Dosáhl tak podstatně dokonalejšího vysvětlení v té době známých pozorování planetárního systému.

Podobně i Kant sáhl k zásadnímu obratu: Až dosud se předpokládalo, že celé naše poznání se řídí předměty našeho pozorování, tzn. jsoucnem. Všechny pokusy zjistit něco o tomto jsoucnu a priori však nevedly k cíli. Zkusme proto opačný postup a předpokládejme, že zkoumání přírody se musí řídit našim poznáním. Přijmeme-li tento předpoklad, tak již lze hovořit o apriorním poznání. Kant má na mysli naši vlastní činnost. O tom, co budeme pozorovat a jak to pojmenujeme, rozhodujeme my sami. Poznání je tedy naše vlastní poznání a nikoliv nějaké božské absolutní poznání.

Vystižněji to později vyjádřil Popper, když řekl, že naše poznání není odrazem přírody, ale je pouze odrazem našeho vědění o přírodě. Kant tedy klade poznání do zcela jiné souvislosti než tomu bylo u jeho předchůdců. Kantův "koperníkovský obrat" spočívá v přechodu k transcendentální reflexi, která je prvním krokem při hodnocení počitků.

Jak do této výchozí situace zapadá neurčitost. V době Kantově musela neurčitost nutně zůstat stranou, protože aparát byl klasická dvouhodnotová logika. Nesrozumitelnost Kantových úvah [5] je potom dána z největší části skutečností, že do úvah o poznání je třeba vložit omezenou přesnost počitků a přitom dále používat klasickou dvouhodnotovou logiku. Rozpor mezi nutně omezenou přesností nazírání a absolutní přesností rozvažování zůstal jen jako kvalitativní rozpor, který potom umožňoval poměrně široký výklad Kantovy koncepce

poznání. Tato okolnost je patrně důvodem, proč se jak minulý tak i současný racionalismus nejeví jako velký prohřešek proti Kantovu výkladu. Je to patrně i důvod, proč existuje tolik různých a někdy i dost rozdílných modifikací Kantovy koncepce poznání.

Vraťme se do doby Kantovy a pokusme se vystopovat skrytou neurčitost, která odlišuje nazírání a rozvažování. Vyjdeme ze základních pojmů té doby, tzn. z pojmů "imanentní" a "transcendentní" [1]. Určité oblasti je imanentní, tzn. vlastní, všechno, co patří do této oblasti. Všechno empirické je zkušenostně imanentní a tak patří k oblasti přímo zkušenostně poznatelného. Zde chybí jemnější rozlišení ve smyslu tab.1. Kant pojmul oblast nazírání jako celek. Zkušenostně imanentní je tedy všechno, co je obsaženo ve vnější zkušenosti, tzn. celý reálný svět věcí a jejich vlastností, a dále ve vnitřní zkušenosti, tzn. city, přání, představy, reakce atd., které můžeme zjišťovat reflexivně na sobě samotných.

Pojem "transcendentní" pochází z metafyziky Kantových předchůdců. Tato metafyzika vycházela z názoru, že za hranicemi zkušenosti poznáváme svět (zkušenosti nepřístupných) "transcendentních" předmětů podobným způsobem, jako v rámci zkušenosti poznáváme reálný svět. Rozdíl mezi oběma přístupy spočívá v tom, že jedny předměty (zkušenostně imanentní) jsou poznávány smyslově a druhé (zkušenostně transcendentní) nadsmyslově. Předpokládá se, že poznání lze extrapolovat za mez naší zkušenosti. Tato extrapolace vede k řadě rozporů, jak lze na příklad ukázat na identifikačních experimentech ([15],[16],[17])

. Kant proti tomuto "nadsmyslovému" poznání zavádí nové pojetí "transcendentálního" poznání ([1],str.124): *Každé poznání, které se nezabývá předměty, ale způsobem našeho poznání předmětů, pokud má být apriorně možné, nazývám transcendentálním.* Kant tedy zavrhne nadsmyslové poznání a vychází z názoru, že pokud jsme schopni něco poznat navíc proti zkušenosti, potom je to dáno vlastnostmi poznávacího subjektu. Jinými slovy řečeno poznávací subjekt má poznatky, které jsou apriorní, které nepocházejí ze zkušenosti a které umožňují formování této zkušenosti. Jsou tedy míněny vlastnosti mozku jako poznávacího nástroje. Tento bod Kantovy koncepce poznání byl a vlastně je dodnes předmětem sporů.

V dalším výkladu se omezíme z celé široké problematiky Kantovy teorie poznání jen na vliv jsoucna. Racionalisté argumentují, že pravdu o světě je třeba hledat ve spojitosti s jsoucnem. Kant samozřejmě jsoucno zprostředkovaným postupem respektuje. Jsoucno musí existovat, ale vzhledem k omezené přesnosti našeho pozorování je nepoznatelné.

5.3 Věc o sobě

V otázce jsoucna narazil Kant na přesnost našich počítků. Protože přesnost dat nebyla v té době definována nebo lépe nebylo možno ji vzhledem k neurčitosti definovat, musel se Kant uchýlit k poměrně složité konstrukci. Proto Kant rozlišuje to, co lze pozorovat, tzn. fenomén, od toho co je předpokladem tohoto pozorování a tím veškeré zkušenosti: věc o sobě (Ding an sich). Jde o komplikovaný problém, jehož dosah zde můžeme pouze naznačit. Věc o sobě je vlastně jen rozumové jsoucno (noumenon). Kant zavádí "věc o sobě" jako hraniční pojem, který umožňuje uvažovat nazírání bez zřetele na to, jak přesně nazíráme. Je tu vlastně vložen předpoklad o omezené přesnosti počítků. Fakt afekce, tzn. dojmu plynoucího z pozorování, nutí rozum myslet "věc o sobě" jako předpoklad a mez naší zkušenosti. Co to je jako takové, to nevíme. Rozum dokáže určit "věc o sobě" jen "negativně" jako nefenomén.

Uvedený závěr plyne nepřímě i ze závěrů Kanta ([1], str. 128): *Poznání je naše konečné, lidské poznání. Svými apriorními formami interpretuje něco, co je pro ně pouze předpokladem. Není to absolutní (božské) poznání, které věc vytváří. Konstituje fenomén, ale nevytváří věci o sobě, nýbrž má v nich svou mez.*

5.4. Transcendentální teorie matematiky

Zabývejme se ještě Kantovou koncepcí poznání z hlediska formálních postupů. Základem matematických pojmů je sice smyslové nazírání (smyslová intuice), ale základem apriorní syntézy matematických soudů nemůže být smyslové nazírání ale jen apriorní forma smyslovosti.

Kant tedy spojil idealistické pojetí prostoru a času s transcendentálním zkoumáním forem smyslovosti a vysvětlil tak apriorní charakter matematického vědění (idealistická, transcendentální teorie matematiky). Kant říká ([5], str. 126): *Naše přirozenost s sebou nese, že nazírání nemůže být nikdy jiné než smyslové, tj. obsahuje pouze způsob, jak jsme předměty ovlivněni. Naproti tomu schopnost myslet předmět smyslového názoru je rozvažování.*

Zde měl Kant doplnit, že toto rozvažování je absolutně přesné. Potom by byl rozdíl mezi Leibnizovým a jeho poznáním vymezen. Lze také říci, že Leibniz uznával rozpor mezi zkušeností a teorií jen jako rozpor logický, kdežto Kant říká, že tento rozdíl je "transcendentální".

Ukažme si tento rozdíl na transcendentálním, tzn. dvojkolej- ním, pojmu čas. Kant rozlišuje empirickou realitu času a jeho transcendentální idealitu. Potom je čas jednou objektivní (ideál- ní) a podruhé je subjektivní (zkušenostní). Kant o něm říká ([5], str. 107): Je jen subjektivní podmínkou našeho nazírání, které je vždy smyslové a o sobě, vně subjektu, není ničím. Čas je však také objektivní ([5], str. 107): *To znamená, že všechny věci jako jevy (předměty smyslového nazírání) jsou v času a tak má tento čas svou objektivní správnost a obecnost a priori.* Tyto citáty potvrzují dřívější závěry o významu Kantovy koncepce poznání pro hodnocení role matematiky v procesu poznání. Pokud zůstaneme v oblasti formálních úvah, tak je názor na apriornost matematiky ve smyslu jak Leibnizovy tak i Kantovy koncepce poznání stejný. Jakmile v procesu poznání přírody potřebujeme vytvořit vztah matematiky k reálnému světu, potom nutně narazíme na konečnou přesnost poznání objektů reálného světa [6]. Leibnizova koncepce poznání potom selže, jak jsme ukázali na řešení kvadratické rovnice pomocí počítače. Leibnizovu koncepci poznání lze tak zpochybnit již v rámci numerické matematika- tiky pomocí experimentů na počítači

Je nyní otázkou, zda sami matematici mají výhrady k Leibniz- ově koncepci poznání. Odpověď je kladná. Postačí uvést Vopěnkův názor na tuto problematiku ([25], str. 128): *Matematika v Cantor- ově teorii množin je monumentální barokní stavba nad mechanisticky vykládaným světem. Matematika v Cantorově teorii množin je posledním projevem baroka v evropském myšlení a konání. Matematika se musí rozhodnout, zda ponechá tuto stavbu v jejím původním čistém barokním slohu jako jeden z pomníků lidské snahy o překročení hranic reálného světa, bude ji přikrašlovat rokok- ovými ozdobami a dopustí, aby se někdejší mistrovství ducha zvrátilo v manýru.*

Poslední citát uzavírá kruh souvislostí mezi matematikou, filozofií a teorií řízení systémů. Ukazuje, že otevřené problémy teorie řízení systémů mají protějšky jak v matematice tak i ve filozofii. Stejně jako matematika tak i teorie řízení by se měla vymanit z mechanistického chápání přírody, tzn. z omezeného pojetí Leibnizovy koncepce poznání.

6. Závěr

Přednáška s názvem "Svět z pohledu počítačů" měla ukázat některé otevřené problémy vědy a techniky ve světle filozofické teorie poznání. Ukazuje se totiž, že některé vědní obory jako informatika, teorie řízení či teorie umělé inteligence nelze na v současné době převládajícím racionalistickém pojetí poznání založit. Tyto potíže byly v přednášce pojednány jako rozpor mezi Leibnizovou a Kantovou koncepcí poznání. Šlo o zdůraznění role zkušenosti v těch vědních disciplínách, které jsou zatíženy neurčitostí dat více, než tomu bylo u fyziky. Kant se tak stává aktuální z pohledu těchto vědních disciplín.

Pokusme se na závěr shrnout hlavní body přednášky a naznačit otevřené problémy:

(i) V úvodu přednášky byla položena otázka, proč celá řada vědních oborů (teorie řízení, informatika, teorie umělé inteligence) je v současné době v krizi. Pokusil jsem se ukázat, že jednou z hlavních příčin je neujasněná koncepce vědního poznání. Je to především nedostatek spolehlivých informací, který nutně vede k selhání řízení složitých systémů ([2],[13],[15],[16],[17]) popř. k potížím při využívání systémového inženýrství. Vysvětlení těchto potíží je třeba hledat v překonaném pojetí Leibnizovy koncepce poznání. Okruh řešitelných úloh lze vymezit jedině pomocí Kantovy koncepce poznání. Byl to Kant, kdo ukázal, že naše poznání není "božské" poznání ve smyslu Leibnize ale pouze poznání, které je omezeno naší zkušeností resp. přesností naší informace o reálném světě.

(ii) Prvý bod ukazuje potíže poznání z pohledu zkušenosti. Kde nyní hledat prapříčinu popř. prapříčiny neutěšeného stavu současné vědy z pohledu formálních teorií? V této přednášce jsem poukázal na jednu ze základních příčin současných potíží při využívání formálních teorií. Neexistuje jednoduchý postup pro začlenění "neurčitých" dat popř. "neurčité" informace do absolutně přesné matematiky ([2],[6],[13],[22]).

(iii) Zdůrazněme ještě, že nedocenění Kantovy koncepce poznání má daleko širší důsledky pro další rozvoj vědy, než by bylo možno usuzovat z výsledků získaných při analýze řízení systémů. Pokud by byla přijata modifikovaná Kantova koncepce poznání, jak byla naznačena v této přednášce, potom by to mělo pro matematiku a filozofii značný dosah. Z předcházejících úvah plyne, že matematika by měla hledat cesty, jak začlenit neurčitost do svého aparátu. Pokud jde o pokrok ve filozofické teorii poznání, potom vše naznačuje, že bez matematizace filozofie nelze očekávat nějaký zásadní obrat. Opět by měla být podrobněji analyzována role neurčitosti ve filozofii, tzn. především neurčitost nazírání. Kant uvažoval nazírání jen kvalitativně, kdežto současný stav vědy a techniky vyžaduje kvantifikované pojetí poznání, jak bylo naznačeno v práci [22]. Proto hovoříme o modifikované Kantově koncepci poznání.

Literatura

- [1] A.Anzenbacher: Úvod do filozofie. (orig.: Einführung in die Philosophie, Wien 1985). Praha, SPN 1991.
- [2] M. Athans: Advances and open problems on the control of large scale systems. In: Proc. of VII IFAC Congress (Helsinki 1978) Pergamon Press, Oxford 1978, 2371-2382.
- [3] F.Drtina: Úvod do filosofie (kniha 2.). Laichter 1948.
- [4] T.L. Fine: Theories of Probability. Academic Press, New York 1973.
- [5] I.Kant: Kritik der reinen Vernunft. Lipsko 1956.
- [6] S. Körner: Experience and Theory. Routledge & Kegan, London 1966. Popř. český překlad: Zkušenost a teorie. Svoboda,Praha 1970.
- [7] A.Levis: Editorial Research Directions: A first step. IEEE Trans. AC-32 (1987),274
- [8] A.Levis a kol.: Challenges to control: A collective view. Santa Clara - Workshop 18-19 Sept.1986. IEEE Trans. AC-32 (1987), 275-285
- [9] A.Pearl: Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems. Kaufmann Pbs., San Mateo, California, 1988
- [10] K.R. Popper: The Logic of Scientific Discovery. Hutchinson, London 1968.
- [11] H.J.Störig: Kleine Weltgeschichte der Philosophie (15.Aufla- ge). Kohlhammer 1990. Překlad: Malé dějiny filozofie. Zvon 1992
- [12] J. Štěpán: Messgenauigkeit und Regelungstheorie. Regelungs- technik und Prozess- Daten-verarbeitung 20 (1972), 203-207.
- [13] J.Štěpán: Limit identifiability of control systems. In:Proc. of 3rd IFAC Symposium on Identification. (Haag 1973), North-Holland, Amsterdam 1973
- [14] J. Štěpán: Problémy praktické analýzy složitých systémů. Automatizace 25 (1982), 6-9
- [15] J. Štěpán: Control of regulator - configurations in large scale systems. In: Proc. of IV. Formator Symp., Praha, Academia 1983.
- [16] J.Štěpán: Decentralizované řízení složitých systémů. Automa- tizace 26 (1983),301-304.
- [17] J. Štěpán: Problém neurčitosti při řízení složitých systémů. Ref. na konf. SI (Karl. Vary 1984), Podniková organizace (1984),491.
- [18] J. Štěpán: A new method for the nonlinear approximation of signals
- . Part I: The optimal damping factor. Kybernetika 22 (1986), 5, 425-438.

Part II: The convergence problem. Kybernetika 22 (1986), 6, 503-513

. [19] J. Štěpán: Robust quasi-linear system identification. Kybernetika 24 (1988), 4, 259-277.

[20] J. Štěpán: Řízení systémů pomocí umělé inteligence. Sborník konf. Formatorika 88. Dům techniky ČSVTS, Ostrava 1988.

[21] J. Štěpán: Relevantnost regulačních teorií z hlediska přesnosti měření. Sborník konf. Meranie a výpočtová technika. Dom techniky ČSVTS, Bratislava 1989

. [22] J. Štěpán: The uncertainty problem in control theory. Part I: Models of theories. Kybernetika 26(1990), 31-46. Part II: The internally robust procedures. Kybernetika 26 (1990), 122-133.

[23] V. N. Tutubalin: Teoriya veroyatnostey. MIR, Moskva 1972. Překlad: Teorie pravděpodobnosti. SNTL, Praha 1978

. [24] I. Vajda: Teória informácie a štatistického rozhodovania. Alfa, Bratislava 1982

[25] P. Vopěnka: Úvod do matematiky v alternatívnej teórii množín. Alfa, Bratislava 1989

. [26] P. Vopěnka: Rozprawy s geometrií. Panoráma 1989.

[27] J. Zeman: Filozofie a přírodní poznání. Academia, Praha 1985.

(c) Ing. Jaromír Štěpán, CSc

Ústav teorie informace a automatizace ČA

Pod vodárenskou věží 4,

Praha 8, 182 08,

Czech Republic