

Kauzální simulační modelování a jeho alternativy (část 2)

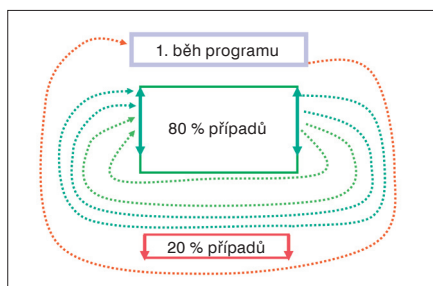
(dokončení z čísla 4/2005)

6. Příklad s dekompoziční a nedekompoziční optimalizací s použitím kauzálního modelu

6.1 Struktura zvoleného příkladu

V této kapitole je v obecné rovině ozřejměna struktura zvoleného příkladu. V následující kap. 6.2 je příklad konkrétně zadán, včetně nezbytných dat. Ponecháváme na čtenáři, zda bude čist text průběžně, nebo zda tuto kapitolu nyní přeskočí a vrátí se k ní až po přečtení kap. 6.2.

V klasifikačním schématu na *obr. 1* (viz [1]) se v prvním kroku budeme zabývat dekompozicemi z hlediska kauzálních modelů, tedy dolním řádkem zobrazené matice. Ukáže-



Obr. 7. Příklad: Chceme, aby projekt uspěl s pravděpodobností 80 %

me si, jak špatné může být „optimum“ poskládané z dílčích optim. Kauzálních simulačních modelů přitom využijeme několika způsoby:

- Jeden z modelů bude simulovat „vnější skutečnost“; nazvěme ho SVĚT. Proč pro náš výzkum nepoužijeme přímo náš okolní svět? Proto, že by nám tento okolní svět neumožnil provádět statisticky nezávislá opakování pokusů. A při odhadech pravděpodobností jevů, které nás zajímají, je opravdu nejspolehlivější vzít „počet pří-

Tab. 2. Výsledky čtyř optimalizací (čas je vyjádřen ve dnech, přičemž pracujeme v horizontu 20 let (7 200 dnů); NPV – průměr z deseti nezávislých opakování simulačního běhu)

Varianty kauzálních modelů	KdyDe	CenaDe	KdyHo	CenaHo	NPV
PROCES 1 ¹⁾	180	796	–	–	2 322 854
PROCES 2 ²⁾	–	–	440	454 000	396 054
SVĚT12 – kompozičně ³⁾	180	796	440	454 000	2 602 743
SVĚT12 – globálně ⁴⁾	50	744	350	3 982 000	3 311 046

¹⁾ optimalizuje se podle parametrů *KdyDe* a *CenaDe*

²⁾ optimalizuje se podle parametrů *KdyDe* a *CenaDe*

³⁾ optimální hodnoty parametrů z předešlých dvou případů jsou převzaty

⁴⁾ optimalizuje se podle všech čtyř parametrů současně

padů příznivých k počtu všech případů“, samozřejmě v sérii nezávislých opakování daného pokusu (*obr. 7*).

- V prostředí, které vytvoří kauzální simulační model SVĚT (viz *obr. 8*), nejprve budeme simulačně po řadě provozovat vždy jen jeden z kauzálních simulačních modelů SVĚT + PROCES1, popř. SVĚT + PROCES2 (*obr. 10*, popř. *obr. 11*). Pro volitelné parametry těchto modelů najdeme jejich optimální vyladění.

- Modely PROCES1 a PROCES2 v prostředí SVĚT budeme simulačně provozovat současně, a to při hodnotách těch jejich parametrů, které byly optimalizovány po řadě nalezeny v situacích SVĚT + PROCES1 a SVĚT + PROCES2 (viz výsledky v *tab. 2*, řádek SVĚT12 „kompozičně“, s použitím pojmů podle *tab. 3*).

- A posléze budeme modely PROCES1 a PROCES2 v prostředí SVĚT simulačně provozovat současně ještě jednou a najdeme jejich optimální vyladění pro sjednocení množin volitelných parametrů modelů SVĚT + PROCES1 a SVĚT + PROCES2, tj. v situaci

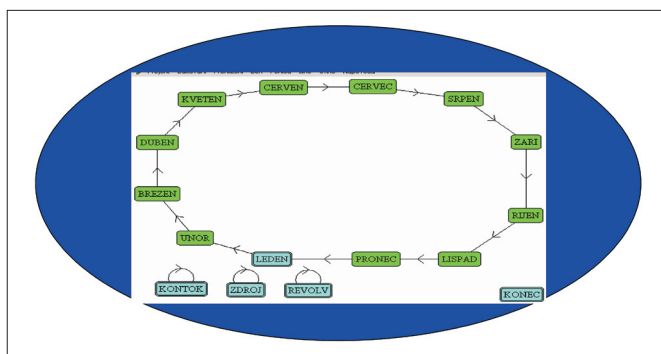
$$\text{SVĚT12} = \text{SVĚT} + \text{PROCES1} + \text{PROCES2}$$

s výsledky uvedenými v *tab. 2*, řádek SVĚT12 „globálně“ (znak + zde neznačí prosté sčítání, ale je symbolem pro strukturální spojení modelů).

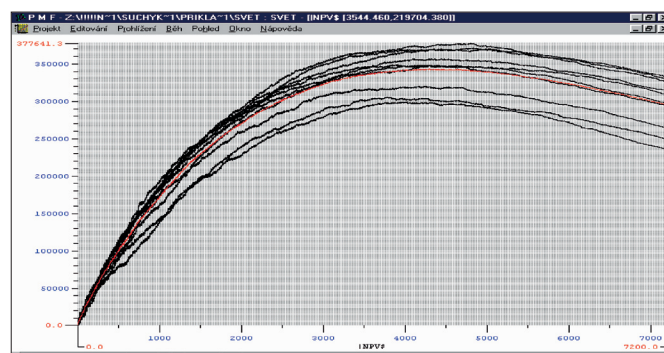
- Porovnáme optima poskládaná z dílčích optim (tedy *tab. 2*, řádek „kompozičně“) s globálním optimem (*tab. 2*, řádek „globálně“).

Simulační model SVĚT12 optimalizovaný kompozičně a simulační model SVĚT12 optimalizovaný globálně se liší jen hodnotami svých volitelných parametrů (množiny parametrů jsou v obou případech shodné). Na *obr. 2* tedy vypadají oba modely stejně. V prvním případě (kompozičním) však došlo k optimalizaci po částech (a následněmu „složení dílčích optim“), ve druhém případě (globálním) vůbec nedošlo k dekompozici a optimum bylo hledáno rovnou v celém systému.

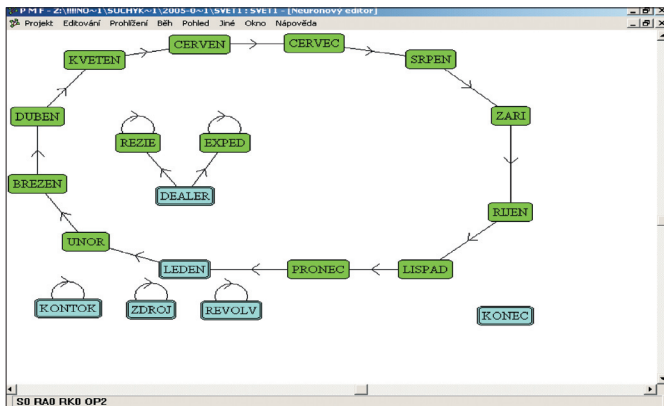
Nebudeme samozřejmě překvapeni zjištěním, že globální optimum je mnohem lepší než optimum komponované z dílčích optim. Ale vzpomeneme si přitom na fakt, jak často je při hledání optima používána dekompozice, dílčí optimalizace a následná kompozice dílčích optim. A snad se přikloníme k názoru, že optimalizace přes dekomponované subsystémy by se měla používat jen tehdy, když to jinak nejde.



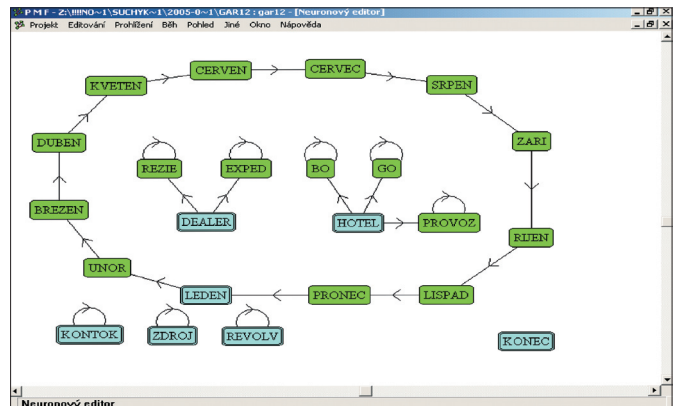
Obr. 8. Umělá „skutečnost“ je tak jako na *obr. 6* znázorněna modře; skutečnost je nyní nahrazena kauzálním simulačním modelem



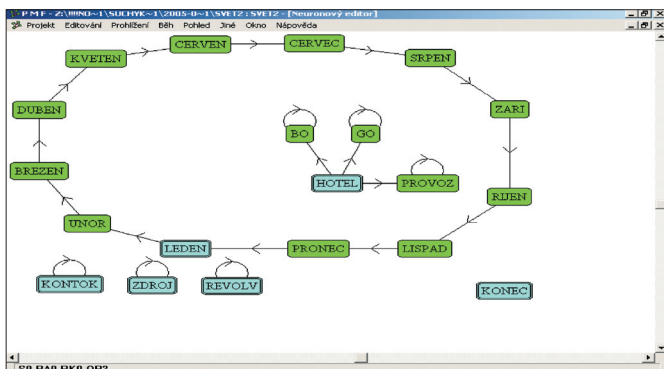
Obr. 9. Počáteční příjmy podnikatele (NPV, deset opakování běhu modelu z *obr. 8*, červeně střední průběh)



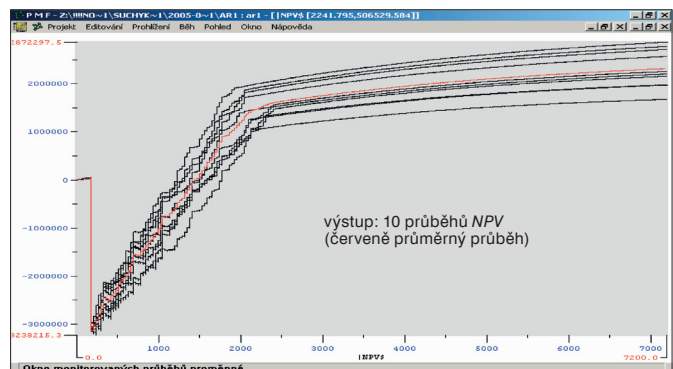
Obr. 10. Kauzální simulační model SVĚT + PROCES1 (k samostatné simulaci v prostředí SVĚT)



Obr. 12. Kauzální simulační model SVĚT12 (oba procesy podle obr. 10 a obr. 11 simulované současně)



Obr. 11. Kauzální simulační model SVĚT + PROCES2 (k samostatné simulaci v prostředí SVĚT)



Obr. 13. Průběhy NPV pro kauzální simulační model SVĚT + PROCES1 optimalizovaný jako oddělená komponenta

6.2 Zadání příkladu

Zvolili jsme celkem jednoduchou podnikatelskou rozhodovací úlohu, neboť:

- problémy dekompozice a kauzality jsou při modelování všech systémů závislých na čase podobné,
- peníze jsou patrně jedinou zajímavou veličinou, kterou budou bez rozdílu profesního zaměření znát všichni čtenáři tohoto článku,
- specialisté na technické a přírodovědné systémy pravděpodobně nemají tak často sklon k tomu, aby optimalizaci po částech nevědomky zaměňovali s globální optimalizací, jak tomu bývá u ekonomů; z hlediska modelování bude technikům a přírodovědcům ekonomický příklad jasný a zejména velmi snadno si představí jeho analogii v technické nebo přírodovědné aplikaci (mnohým ekonomům by opačný postup vyhovovat nemusel),
- jestliže se postup „trhat dekompozicí netriviální vazby“ ukáže jako nevhodný v jednoduché situaci, tím spíše to bude platit pro složitější situace.

Vnější simulační model SVĚT (nahrazující v našem experimentu skutečnost) je navržen jako netriviální generátor sezonních výkyvů zájmu veřejnosti o daný produkt a danou službu. Navíc jsou v modelu SVĚT ještě:

- *kontokorentní účet* (na obr. 8 až obr. 12 KONTOK), jenž automaticky umožňuje půjčky o libovolné výši, i tehdy, když

hodnota likvidních prostředků klesne podnikateli pod nulu; pak jsou ovšem výběry z tohoto účtu vlastně půjčkami a jsou úročeny 15 % za rok,

- *revolvingový účet* (na obr. 8 až obr. 12 REVOLV), jenž automaticky zhodnocuje aktuální objem volných finančních prostředků úrokem 6 % za rok.

Podnikatel v našem experimentu dovnitř vnějšího simulačního modelu SVĚT nevidí – neviděl by ani do reálné vnější skutečnosti. Proto ani v tomto článku není třeba vnější model SVĚT blíže popisovat.

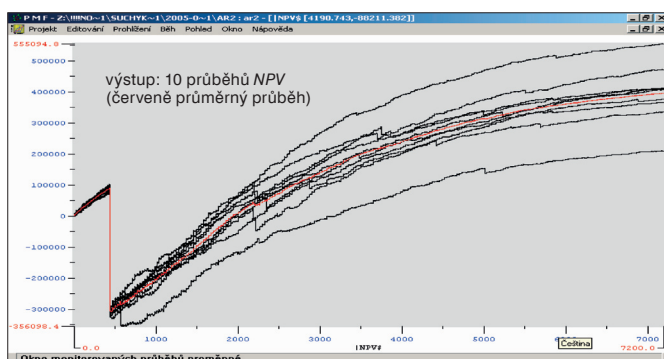
Tab. 3. Vysvětlení pojmů a zkratk

Pojem	Význam pojmu (zkratky)
<i>KdyDe</i>	čas (ve dnech), kdy bude zahájeno podnikání dealera
<i>CenaDe</i>	zvolená cena dealersky prodáváného produktu; na ceně algoritmicky závisí poptávka
<i>KdyHo</i>	čas (ve dnech), kdy bude zahájeno podnikání hoteliéra
<i>CenaHo</i>	nákupní cena hotelu (v příkladu je hotelů ke koupi neomezený výběr)
<i>NPV</i>	<i>Net Present Value</i> (čistá současná hodnota), tj. kumulovaný diskontovaný <i>cash flow</i>
diskontní činitel <i>d</i>	počet procent <i>d</i> , pro který platí: částka <i>X</i> vložená do daného podnikání v čase 0 se za jeden rok zhodnotí (odhadem) na částku $X * (1 + d/100)$

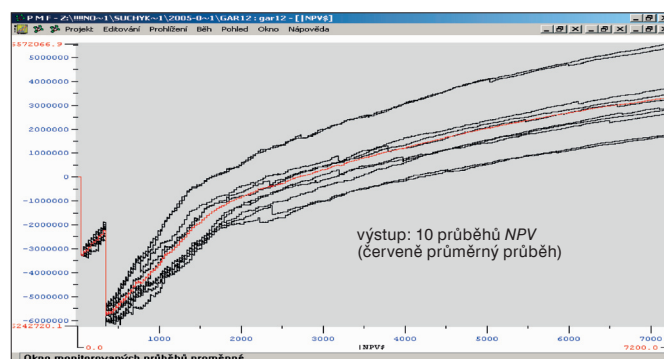
Pro začátek má náš podnikatel k dispozici jakousi rentu, která je součástí simulovaného vnějšího světa: např. mu někdo po měsících splácí dluh; pro zpestření jsou se (zmenšujícími se) splátkami pro podnikatele spojeny ještě i nějaké náhodné výdaje. Několik z možných průběhů čistých příjmů z této renty je na obr. 9. Z něj je patrné, že renta podnikatele trvale neuživí. Apel podniknout něco dalšího je tedy naprosto nepominutelný.

S danou (pro něj kvantitativně zčásti neznámou) podporou se proto podnikatel rozhoduje, zda a kdy začne provozovat ještě dvě další aktivity:

1. Dealerskou činnost (jednorázově nakoupí a pak bude prodávat jeden produkt).
 2. Hotel, který si nejprve koupí.
- Současně jsou zadány tyto okrajové podmínky (viz také tab. 3):
- Ad 1. Podnikatel se může rozhodnout, kdy s dealerskou aktivitou začne a za jakou cenu bude daný produkt nabízet (na tom závisí poptávka), tedy volit hodnoty parametrů *KdyDe* a *CenaDe* (najde-li optimalizátor hodnotu *KdyDe* > 7 200 dnů, tj. 20 let, znamená to, že k dealerské aktivitě vůbec nedojde). Hodnota *CenaDe* smí být stanovena v rozmezí 100 až 1 000. Počet kusů daného produktu, který podnikatel jednorázově nakoupí, je pevně dán a pevně dána je i nákupní cena.
 - Ad 2. Za libovolnou cenu mezi 100 000 a 10 000 000 si může vybrat a koupit ho-



Obr. 14. Průběhy NPV pro kauzální simulační model SVĚT + PROCES2 optimalizovaný jako oddělená komponenta



Obr. 16. Průběhy NPV pro kauzální simulační model SVĚT12 optimalizovaný globálně

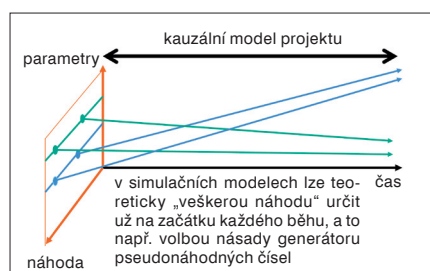
tel (půjčku úročenou 15 % za rok v našem příkladu bez problémů dostane) a také se může rozhodnout, kdy si vybraný hotel koupí (rozmezí 0 až 10 000 dnů). Tržby i výdaje hoteliéra závisejí na kupní ceně (parametry $CenaHo$, $KdyHo$). Předpokládá se, že zakoupený hotel začne podnikatel provozovat okamžitě, jednoduše jsou modelovány také výdaje za běžné i generální opravy hotelu (bloky BO a GO na obr. 11 a obr. 12).

U finančních částek zde neuvádíme měnu, ale vzhledem k např. prodejní ceně hotelu si lze orientačně představit, že peněžní jednotkou je euro.

Dekomponovat tedy budeme již známý model SVĚT12 = SVĚT + PROCES1 + PROCES2, a to na modely SVĚT + PROCES1 a SVĚT + PROCES2. V rámci modelu SVĚT12 se odehrávají vzájemné interakce mezi komponentami PROCES1 a PROCES2 jen přes peníze: komponenty čerpají z „této rozpočtu“ a jsou společně ovlivňovány (a navzájem se ovlivňují) už jen kontokorentním a revolvingovým účtem. Ale i zde platí: stačí-li nám tato jediná vazba (přes peníze) mezi komponentami, resp. procesy, k tomu, abychom ukázali optimalizační neefektivnost dekompozice, bude totéž jistě platit i tehdy, když vazeb mezi komponentami, resp. procesy, bude více (tedy jak v případném podrobnějším modelu, tak ve skutečném samotném).

Kritérium je pro jednoduchost skalární a je jím kumulovaný diskontovaný peněžní

tok (označíme ho NPV, což je veličina závislá na čase) za dobu dvaceti let, kterým se rentabilita projektu často měří (diskontní čísel d byl pro daný příklad zvolen 12 %).



Obr. 17. Při zvolených parametrech rozhoduje o průběhu každé sledované veličiny už jen „náhoda“ (dané hodnoty parametrů dávají průběhy téže barvy; průběhy jsou schematicky znázorněny přímkami)

Není to velká komplikace: např. diskontování budoucího příjmu má na čistou současnou hodnotu tohoto příjmu trochu podobný vliv jako vypařování na množství kapaliny v neuzavřené nádrži, a to od času nula až do okamžiku skutečného příjmu peněz (řečeno velmi zhruba pro ty, kdo rozhodně chtějí uvažovat jen o tech-

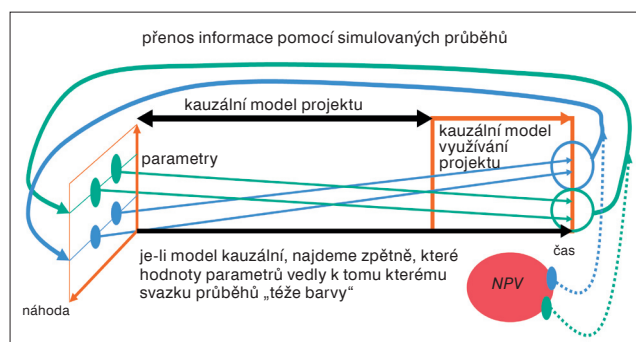
nických či přírodovědných systémech a nikdy jinak).

Na obr. 13 až obr. 16 jsou ukázány průběhy NPV, získané jako výstupy z běhů modelů (na ose x je vždy čas vyjádřený ve dnech):

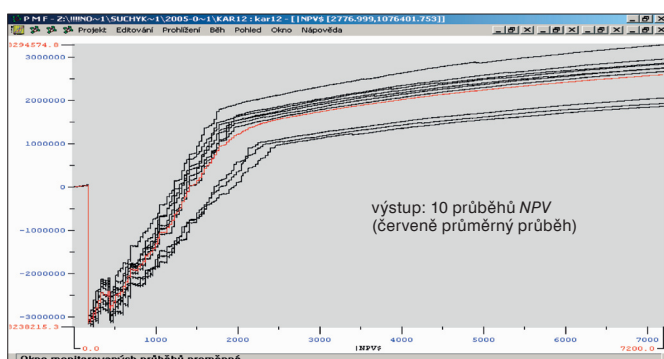
- SVĚT + PROCES1,
- SVĚT + PROCES2,
- SVĚT12 – optimalizovaného kompozičně,
- SVĚT12 – optimalizovaného globálně (pro dobrou čitelnost jsou tyto obrázky vytvořeny netypicky jen pro deset opakování).

7. Kauzální simulační model z nadhledu typu „vstupy – výstupy“

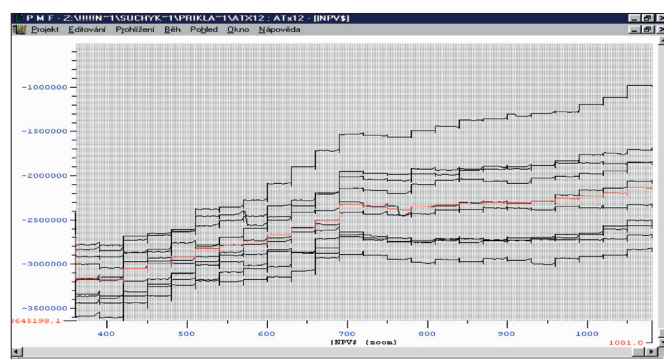
Na obr. 17 a obr. 18 je schematicky znázorněno, jak se můžeme dívat na kauzální simulační model z nadhledu omezeného na úvahy typu „vstupy – výstupy“ a v jistém



Obr. 18. Zpětná vazba pro hledání příčin a následků lepší či horší rentability – viz obr. 17 (průběhy sledované veličiny jsou i zde znázorněny jen schematicky přímkami)



Obr. 15. Průběhy NPV pro kauzální simulační model SVĚT12 optimalizovaný kompozičně



Obr. 19. Křivka rentability: deset opakování průběhu NPV zvoleného podnikání v čase 360 až 1 080 dnů

smyslu se na chvíli nestarat, „co je mezi těmito okraji problému“.

Na vstupní straně jsou průběhy všech veličin v rámci jednoho běhu plně určeny:

- hodnotami parametrů (na *obr. 17* a *obr. 18* jsou hodnoty vektoru parametrů schematicky reprezentovány souřadnicemi na svislé ose),
- konstelací náhody (na *obr. 17* a *obr. 18* je „právě platná náhoda“ schematicky reprezentována souřadnicí na ose mířící dopředu).

Všechny průběhy všech veličin sledovaných v rámci jednoho simulačního běhu jsou na *obr. 17* i *obr. 18* již plně určeny modrými a zelenými body uvnitř červeně ohrančeného obdélníku: jedna barva bodů odpovídá jednomu vektoru hodnot parametrů a odlišné průběhy „v rámci téže barvy“ má na svědomí právě jen náhoda. Podstatné přitom je, že v simulačních modelech lze „náhodu vždy beze zbytku určit předem“: stačí si přece představit, že se všechna pseudonáhodná čísla potřebná pro běh modelu při běhu už jenom čtou z nějakého předem připraveného záznamu. Možné průběhy „sledované veličiny“ v čase jsou na *obr. 17* a *obr. 18* schematicky znázorněny přímkami.

Nadále se, až do konce článku, budeme zabývat představou, že daný kauzální simulační model je modelem nějakého projektu. Při tomto pohledu na věc je *obr. 18* rozšířením *obr. 17* za termín ukončení daného projektu a obsahuje ještě navazující „model rentability při využívání výsledků daného projektu“ (např. budovy s kanceláři, teplovodní soustavy apod.).

8. Týž příklad a možnosti jeho optimalizace prostřednictvím nekauzálního modelu

Nyní se ve smyslu klasifikačního *obr. 1* podíváme na nekauzální modely (první řádek tabulky na *obr. 1*). Vyjdeme přitom z téže situace ztělesněné simulačními modely, které už máme. Vyberme si z nich např. model SVĚT12 = SVĚT + PROCES1 + PROCES2, tj. neznámé, simulačním modelem reprezentované skutečné okolí, a v něm, společně, dealerský a hotelový podnikatelský zájem. Ale v tomto případě se pro nás „černou

skříňkou“ stane i fungování těchto podnikatelských záměrů. Navíc budeme z mnoha možných výstupů pro potřeby tohoto článku sledovat a měřit jen jejich diskontovaný kumulovaný peněžní tok (NPV), ne vnitřní kauzální chování.

Nemůžeme za této situace využívat výsledky optimalizace, skutečnost za nás zpravidla žádnou optimalizaci neprovádí:

- zvolme tedy nějakou cenu produktu prodávajícího dealerem odhadem a určíme i čas, kdy s tím kterým podnikáním začneme: např. začneme v čase $KdyDe = 180$ dnů (tj. po půl roce) a prodáváme první dva roky daný produkt (tedy v našem přiblížení 900 dnů – od času 180 dnů do času 1 080) za cenu $CenaDe = 500$,
- hotel koupíme v čase $KdyHo = 360$ dnů za $CenaHo = 1\,000\,000$.

Křivka rentability (průběh NPV) našeho podnikání bude po 1 080 dnech známa – viz *obr. 19*. Při běhu modelu (který skutečnost zastupuje) si ji „odměříme a zapíšeme“ obdobně, jako bychom to udělali ve skutečnosti.

Z jistého hlediska pak budeme mít dost dat na to, abychom si sestavili nějaký nekauzální model. Může to být stacionární autoregresní model doplněný lineárním odhadem vývoje střední hodnoty NPV, např. model, jenž svou činnost začne v čase 360, po kterém se už neobjeví žádné podstatné výdaje ani žádné podstatné tržby. Takový stacionární autoregresní model (zde doplněný odhadem lineárního trendu) nám může – velmi podobně jako kauzální model – vygenerovat (v závislosti na náhodě) na první pohled stejný svazek možných průběhů libovolné sledované veličiny (v daném případě sledujeme jen veličinu NPV).

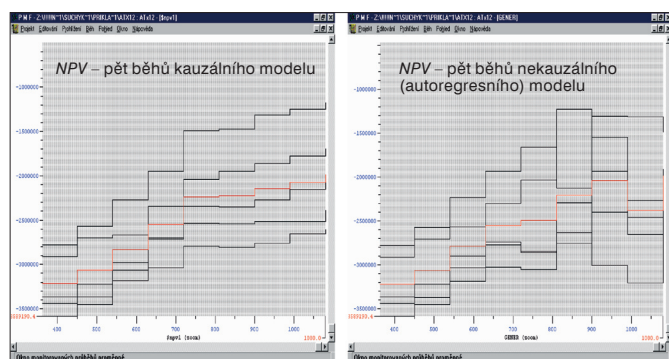
Na *obr. 20* vpravo vidíme, jak to vypadá, když se vygeneruje několik nezávislých průběhů sledované veličiny na základě nekauzálního autoregresního modelu. Dostaneme snad výsledek napohled jiný než při kauzálním simulačním modelování (na *obr. 20* vlevo)? Nikoliv! Na první i na druhý pohled to vypadá velmi podobně. Ale podobné je to jen z hlediska výstupů. U nekauzálního modelu schází rozumná zpětnovazební interpretace. Nelze věrohodně rozhodnout, co udělat např. s cenou nebo se začátkem podnikání, aby se sledovaný výstup zlepšil. Lze jenom něco zkusit

a počkat další rok nebo dva, zda se to v realitě osvědčilo.

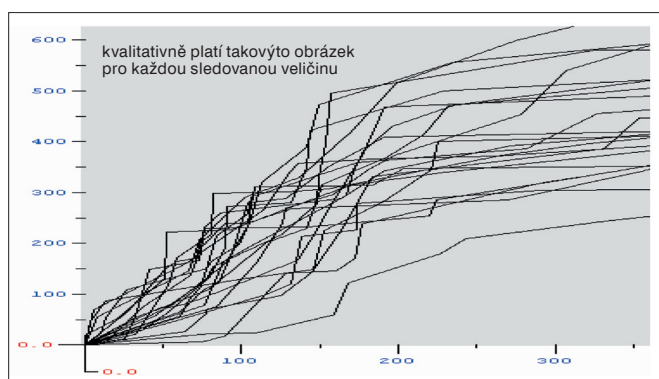
9. Závěr

Přírodovědnou analogií popsané situace je např. nekauzální sledování a statistické vyhodnocování průtoků v řece versus kauzální modelování dynamiky pohybu vody v povodí dané řeky (modelující tvar a retenci terénu, zbytkovou kapacitu nádrží, zátěžové zkoušky (stress-testing) zvýšenými srážkami, průběhy teplot atd.). Množinou parametrů jsou např. algoritmizovaná pravidla pro řízení průtoku pomocí otevírání a zavírání nádrží. Nesmí nám (a to ani v ekonomických modelech) vadit, že struktura vstupních parametrů může být složitá (hodnoty parametrů nemusí být jen čísla, ale mohou to být i funkce, nebo dokonce dílčí počítačové programy a – v rámci vektoru parametrů – kombinace všech takových a ještě dalších typů; vektor parametrů tedy může mít velmi nesourodé složky).

Jak ukazuje *obr. 18*, při kauzálním modelování pro každý použitý vektor parametrů zjistíme, ke kterému z výsledků vedl. A máme takových experimentálních výsledků tolik, kolik potřebujeme (použitý vektor parametrů = jedna z barev schematických přímkových průběhů). Přitom je zcela snadné napojit na kauzální simulační model projektu např. – v čase následný – model „rentability využívání projektu“. V našem ilustrativním příkladu se do takového hypotetického modelu rentability přenáší jen průběh NPV, ale není problém takto na vstupy následného modelu rentability přivést z modelu projektu skupinu vstupních veličin. Důležité je, že při kauzálním modelování neztratí „stejnobarevné“ svazky příslušných průběhů svou identifikaci danou konkrétními hodnotami vektoru vstupních parametrů. K dobré optimalizaci je tedy kauzální model vhodnější. Lze ho – opět podle *obr. 18* – uzavřít do zpětnovazební smyčky a na základě výstupů měnit hodnoty jeho vstupních parametrů. A to ne nějakých matematických koeficientů, ale právě takových parametrů, jako je cena, začátek akcí, počet a skladba pracovních sil apod. Zkrátka, zpětnou (optimalizační) vazbou je ovlivňováno to, na co si lze i v realitě přímo sáhnout



Obr. 20. Na pohled skoro totéž, ale nekauzální model nemá zpětnou vazbu k hodnotám parametrů (vzorkování po kvartálech)



Obr. 21. Vějíř možností spočítaný opakovanou simulací z času nula

a co lze fakticky lidskými rozhodnutími měnit. A přitom se to vše „jen“ vyzkouší na počítači, tedy téměř bez rizika.

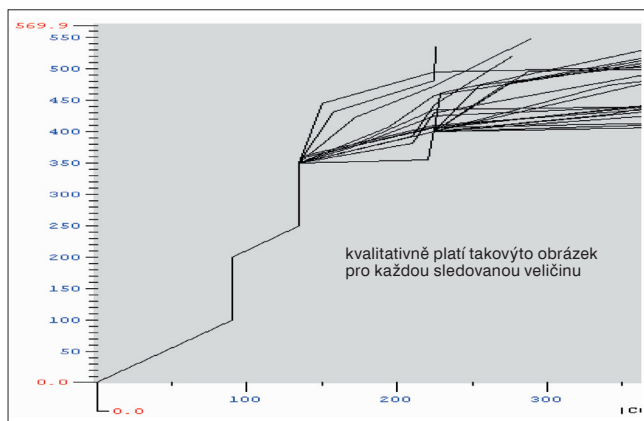
Kauzálními i nekauzálními modely lze také získat určitou (byť pro oba případy poněkud odlišnou) představu o „objektivní prodejní ceně“ daného podnikání (např. dealerského, nebo hotelového, nebo kombinovaného). Ale nekauzální model nedává žádný návod, jak dané podnikání změnit, aby jeho „objektivní prodejní cena“ byla vyšší. I to nám efektivně umožní jen kauzální model.

Predikční schopnosti žádného modelu nelze mechanicky hodnotit pouhým porovnáním skutečnosti, která později nastala, s tím, co bylo predikováno na začátku – vždyť nové informace, které na začátku prostě k dispozici nebyly, přicházejí i v průběhu všech reálných dění. Predikce pomocí dobrého modelu je tedy vždy „jen“ tím nejlepším, co můžeme v daný rozhodovací okamžik udělat. Predikce musí být, nemá-li ztratit racionální smysl, opakovaně aktualizována. Máme-li dobrý kauzální model, aktualizace nebývají pracné.

Položme si ještě otázku, které kompromisy při volbě vhodného modelu jsou užitečné, a které nikoliv? Odpovědět na ni v celé obecnosti je velmi obtížné, ale zvolíme-li jako příklad „rentabilitu nějakého podnikatelského projektu“ (což odpovídá situaci znázorněné na obr. 18), můžeme si některé podstatné věci snadno uvědomit:

- Často je nejdůležitější to, co bude „nakonec“, např. po dvaceti letech. Raději tedy většinou zvolíme „nepřesnou pravdu“ a celistvý model než „přesný omyl“ obsažený v neorganickém souhrnu dílčích modelů.
- Některé vstupy kauzálních modelů mohou být z těchto důvodů generovány nekauzálně, jestliže nemáme jinou možnost.

- Často bývá nakonec nejdůležitější dlouhodobá rentabilita. Model, jehož výstupem je dlouhodobá rentabilita, bývá rozumné stavět – viz obr. 18 – odzadu, tj. začít právě s následným modelem rentability a veškeré optimalizace provádět s celým řetězem modelů, včetně následného modelu rentability. Jde přece především o to, co bude nakonec. Na problémy, „co bude cestou“ (mezi které patří např. řízení likvidity), nás kauzální



Obr. 22. Vějíř možností spočítaný opakovanou simulací po 150 dnech

- ni model ovšem také umí upozornit.
- Vektorové kritérium optimalizace nemusí mít své složky definovány jen na bázi výsledného stavu běhu modelu, může obsahovat i informace o „hodnotách zjištěných v průběhu modelovaného dění“.

Vstupy do zřetězeného kauzálního modelu (tak jako do každého modelu) je ovšem třeba v průběhu existence modelovaného projektu nekompromisně aktualizovat a optimalizační výpočty s modelem po každé důležité aktualizaci zopakovat. Porovnání průběhů na obr. 21 a obr. 22 nás upozorňuje, že „minulost“ je vždy jen jedna, kdežto možných budoucností je zpravidla hodně.

Kauzální modely mají i v tomto kontextu před nekauzálními významnou výhodu: na obr. 22 je vlastně po 150 dnech od začátku „kontrolní bod projektu“. Svazek simulovaných průběhů dané veličiny měřené na modelu projektu a mířící od kontrolního bodu

do vzdálenější budoucnosti bude jiný než obdobný svazek vytvořený na začátku. Kontrolní bod je ovšem také milníkem, ve kterém leckdy bývá projekt přeladěn (resp. některé z těch jeho parametrů, které ještě lze v kontrolním bodě změnit). Změna parametrů ovšem znamená další změnu svazku simulovaných průběhů dané veličiny měřené na modelu projektu a mířící od kontrolního bodu do vzdálenější budoucnosti. A právě takto slouží dobrý kauzální simulační model také již probíhajícímu projektu (či jiným modelovaným dějům) a jeho „optimalizacím za pochodu“. S nekauzálním modelem nic podobného udělat nelze.

Literatura:

- [1] WEINBERGER, J.: *Kauzální simulační modelování a jeho alternativy (část 1)*. Automa, 2005, roč. 11, č. 4, s. 50–52.
- [2] KINDLER, E. – KŘIVÝ, I.: *Simulace a modelování*. Ostravská univerzita, Ostrava, 2001.
- [3] LACKO, B. – RANZENHOFER, T. – WEINBERGER, J.: *Modelování a simulace projektů*. VUT Brno, březen 2001.
- [4] NOVOTNÝ, V. – WEINBERGER, J.: *Využití simulace při řízení neživotního pojištění*. Pojistný obzor, 2 a 3/2000.
- [5] WEINBERGER, J.: *Optimalizace simulačního modelu dealerské činnosti*. IT System, 3/2001.
- [6] WEINBERGER, J. – PIVOŇKA, P.: *Význam simulace a optimalizace při řízení projektových rizik*. IT System, 4/2002 plus další, navazující pokračování tamtéž.

RNDr. Jiří Weinberger,
Timing Praha
(timing@timing.cz)

RNDr. Jiří Weinberger, CSc., vystudoval obor matematická statistika na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy. Věnuje se simulaci chování a optimalizaci složitých systémů, řízení projektů a jejich rizik, modelování životnosti systémů a výuce a konzultační a školicí činnosti v těchto oblastech, vedle odborné činnosti i kreativnímu psaní a autorskému divadlu. Je členem Společnosti pro projektové řízení, ASU (Association of Simula Users) a GARP (Global Association of Risk Professionals) a ředitelem firmy Timing Praha.