Na téma řízení životnosti

Jiří Weinberger

U drahých systémů je moudré nahlížet do problému řízení životnosti více než jednou metodou. Teprve slušná shoda výsledků několika alternativních výpočtů by měla provozovatelům dodat klid. Přitom náklady na realizaci výpočtů bývají řádově nižší než cena chyb při řízení údržby.

Simulace a na ní založená optimalizace zde nabízejí:
- vhled (nevíme, co o systému nevíme, dokud ho nesimulujeme),
- kvalitní analýzu rizik,
- optimalizaci parametrů; mezi kritéria lze zařadit i to, co ke strategickému rozhodování potřebují finančníci,
- identifikaci parametrů (tak lze leckdy doplnit neznámá data),
- hledání kořenů rovnic (i stochastických), např. pro odhad vnitřní míry výnosu.

1. Úvod

V článku se budeme zabývat obecným pohledem na danou problematiku, tj. nebudeme se specializovat na žádný konkrétní typ technického, komerčního či organizačního objektu, jehož životnost by měla být řízena.

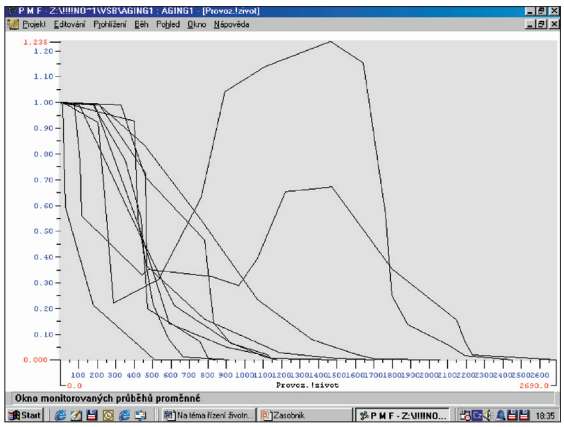
Drahým systémem rozumíme každé reálně provozované nebo projektované zařízení, u kterého je drahý aspoň jeden z následujících procesů:
- pořízení systému,
- provoz systému,
- opravy systému,
- likvidace systému.

Používáme obecný pojem *řízení životnosti*, a nikoliv jiné nabízející se a specializovanější pojmy (jako např. maximalizace doby provozního života, minimalizace prostojů, minimalizace nákladů na údržbu, maximalizace ekonomické efektivnosti provozování a údržby atd.).

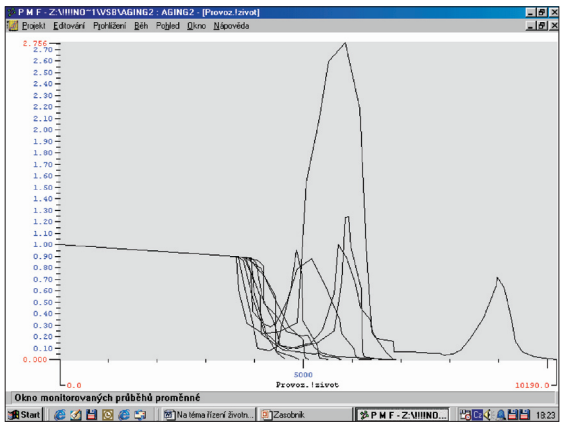
V předchozím odstavci jsou totiž namátkou jmenována kritéria, která nejprve musí být vybrána a stanovena jako rozhodující. Vybráno může být jedno, dvě nebo i více takovýchto kritérií (čili složek vektorového kritéria).

Na tomto výběru závisí průběh i výsledky optimalizace. Podstatou věci je, že zdravý výběr kritéria (kritérií) je akt vždy spojený s příslušnou pravomocí a s příslušnou zodpovědností. A v tomto bodě (tj. při výběru kritérií) mohou matematika, simulace, modelování, expertní systémy a další disciplíny být pouze ku pomoci, ale rozhodně žádná z těchto disciplín nemůže převzít příslušnou pravomoc ani příslušnou zodpovědnost reálného majitele (nebo jím pověřeného provozovatele).

Výběr kritérií tedy je v rukou majitele toho kterého reálného systému anebo jím pověřeného orgánu či osoby. Tento výběr přitom nemusí být jednorázovou a jednou provždy danou záležitostí – může být na základě techniko-ekonomických zkušeností anebo výpočtů, simulací a optimalizací upřesňován, modifikován a ve výjimečných případech i radikálně změněn. A právě při těchto úvahách je odborná (matematická, simulační apod.) pomoc „zvenčí“ pomocí vítanou a rozumnou.



Obr. 1. Vějíř možných průběhů vybraného kritéria v čase získaný simulací, a to od času nula



Obr. 2. Vějíř možných průběhů v čase téhož kritéria jako na obr. 1

Populárně řečeno, nejdříve musí majitel reálného systému vědět, co chce. Není to žádná samozřejmost; je to stav, ke kterému se někdy musí velmi pracně dospět. Ale přeskočit tuto etapu by znamenalo, že dotyčný majitel bude vydávat peníze za něco, co pravděpodobně vůbec nechce. Anebo přesněji: co by pravděpodobně vůbec nechtěl, kdyby byl lépe informován.

Z odborného hlediska teprve výběr kritérií vede k rozhodnutím, co všechno bude pro příslušnou optimalizaci (např. optimalizaci strategie údržby) zapotřebí jako vstup. A to jak z hlediska technických zdrojů (např. počítače a softwaru), tak z hlediska lidských zdrojů (není pravda, že každý umí všechno) a rovněž z hlediska potřebných objemů dat (vybraná kritéria mohou vést k velice rozmanitým potřebám sběru, získávání a uchovávání dat).

Na tomto místě je vhodné zmínit problém tzv. datismu a připomenout jeden důležitý pohled na faktor času. Jako *datismus* je označována odchylka od zdravého uvažování spočívající v tom, že jsou bez ohledu na cíl té které práce sbírána, udržována a vyžadována i fakticky zcela nepotřebná data[1].

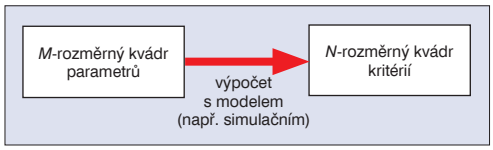
Co se týče faktoru *času*, je z hlediska probíraného tématu řízení životnosti třeba mít neustále na mysli, že minulost je vždy jen jedna, kdežto budoucností před námi potenciálně leží velmi mnoho.

Prostřednictvím simulace si v některých případech dokážeme možné budoucnosti ve variantách představit. Například na *obr. 1*, kde křivky na obou obrázcích představují průběhy zbytkové životnosti blíže neurčeného zařízení, které je provozováno a opravováno. Přitom rozmanité typy oprav jeho zbytkovou životnost nejen obnovují, ale dokonce ji mohou i zvyšovat nad původní hodnotu 1 (např. přidáním záložních prvků apod.). Pojem „životnost“ zde používáme jen v obecné rovině, v konkrétních případech se použije specifický termín (jehož komplementem je např. „stupeň opotřebení“ daného systému apod.).

Jestliže jsme si na *obr. 1* budoucí možnosti nasimulovali od času nula, po nějaké době, např. po půl roce, již dostaneme jiný „vějíř možností“ (*obr. 2*). Povšimněme si na *obr. 2* také ilustrace faktu, že „minulost už je jen jedna“. A mělo by tedy být jasné, že v realitě to bude stejné: po uplynutí jisté doby provo-

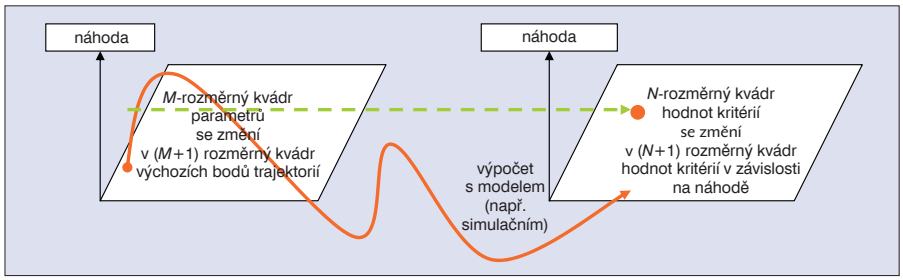
[1] Je ovšem možné a někdy i velmi užitečné získávat potřebná data pro jednotlivé úlohy při použití filtrů či masek, které vybírají z větších objemů dat, jestliže tyto větší objemy dat z nějakých jiných a pokud možno rozumných důvodů jsou již posbírány. Takové filtrace či maskování jistě nežádoucím datismem nejsou.

zu zařízení bude existovat již jen jedna minulost. A také v realitě, tak jako při opakované simulaci, bude před námi, např. po půl roce, již obecně zcela jiný vějíř potenciálních budoucností než na začátku (s původním „vějířem možností“ už totiž nemusí mít téměř nic společného, protože „podmíněné pravděpodobnosti mohou být úplně jiné než výchozí pravděpodobnosti nepodmíněné).



Obr. 3. Simulační (optimalizační) úloha bez vlivu náhody

Co z toho plyne? Že neexistují optimální strategie, které zůstanou optimálními jednou provždy. Optimalizaci strategií (tj. vyhledání optimálních strategií) je tedy třeba občas zopakovat. Při rozhodování, kdy znovu optimalizovat, musí být přizvány jak vhodné výpočty, tak zdravý rozum. Není pravda, že správné (či optimální) rozhodnutí (např. o strategii oprav) zůstane správným (či optimálním) rozhodnutím i poté, co získáme (ať už vlastním úsilím anebo prostě ubíháním času) nové informace. Změněný vějíř možností – viz *obr. 2* – to jasně dokumentuje. A na této věci nic nezmění ani to, když informace sice vzniknou, ale my je nezískáme nebo nevezmeme v úvahu.



Obr. 4. Optimalizační úloha z obr. 3 s vlivem náhody

2. Problémy s vymezením úloh

Při řízení životnosti (ale i v jiných úlohách) jsme často vystaveni riziku, že úloha bude „přeurčena“. Například si stanovíme, za jakých okolností má provozovatel daného zařízeni povinnost:

a) provést dílčí opravu,
b) provést generální opravu,

ale současně také:

c) kolik smí ta či ona (dílčí nebo generální) oprava stát peněz,
d) že se ta či ona oprava nesmí provádět častěji než jednou za deset let,
e) že dané zařízení nikdy nesmí být mimo provoz déle než sto dní,
f) že veškeré opravy (dílčí i generální) lze provádět jen během odstávky zařízení.

Poté ovšem skoro nevyhnutelně nastanou neřešitelné problémy, a to jak ve skutečnosti, tak při simulaci možných budoucností provozovaného systému. Může se totiž stát (např. vlivem náhod), že některé opravy budou častější, než pravidla povolují. Skutečnost (ani simulovanou) nelze beztrestně upravovat. Opravy se prostě provést musí, anebo je nutné odstavit systém z provozu na dobu delší, než je povolených sto dní, popř. vydat za opravy více peněz, než jsme chtěli a směli, atd.

Co tedy zbývá, aspoň při simulaci? Simulovat bez přebytečných pravidel (tj. postavit simulační model tak, aby měl nezpochybnitelnou interpretaci, a tak, aby jeho běhy mohly přebytečná pravidla porušovat) a při bězích modelu registrovat počty porušení přebytečných pravidel (v daném příkladu to jsou patrně pravidla c), d), e) a f)). Ostatně – minimalizace počtu porušení toho kterého přebytečného pravidla může být jednou ze smysluplných složek vektorového optimalizačního kritéria.

Anebo, jinak řečeno, navrhnout systém či jeho údržbu tak, aby pravděpodobnost takových porušení přebytečných (ale přesto racionálních) pravidel byla co nejmenší. To bude – zcela analogicky – užitečné i pro reálný provoz. Je to vždy „něco za něco“ a rozhodně nelze chtít, a navíc s jistotou rovnající se jedné, vždy všechno, co bychom rádi měli. Pravděpodobnost porušení přebytečných pravidel lze nejspolehlivěji odhadnout opakovanými, nezávislými simulačními běhy jako poměr počtu případů, kdy určité přebytečné pravidlo bylo porušeno, k počtu všech běhů. Samozřejmě musíme rozlišovat „počet porušení pravidla v daném běhu simulačního výpočtu“ a „počet porušení pravidla v nezávislých opakovaných bězích simulačního výpočtu“. Ale to už je (nebo by měla být) celkem rutinní součást „simulantského řemesla“.

3. Kritéria a volitelné parametry pro hledání optimálních strategií – nejprve zcela obecně

Jak již bylo řečeno, zvolené optimalizační kritérium (popř. zvolená optimalizační kritéria) by mělo (popř. měla) být matematickým vyjádřením toho, co je skutečným zájmem vlastníka provozovaného systému. Pod pojmem „volitelné parametry“ bude naproti tomu zahrnuto všechno to, u čeho lze rozhodnutím managementu konkrétní hodnotu určit a dané rozhodnutí prosadit i ve skutečnosti.

Nejčastěji pracujeme s číselnými (kvantitativními) parametry, ale velký význam má také práce s kvalitativními parametry. Někdy mají podobu logických proměnných a pak u nich často nahrazujeme dvojici (*true*, *false*) dvojicí (1, 0). Numerické vyjádření i dalších kvalitativních parametrů je častým a užitečným nástrojem. Lze ho doporučit zejména tehdy, jestliže je možné množinu všech hodnot kvalitativního parametru nějakým přirozeným způsobem lineárně uspořádat.

Základním matematickým pojmem pro práci s kritérii i s parametry je pojem *kartézský součin* a jeho podmnožiny, kterým se říká relace.

V praxi se často můžeme omezit (jak v případě parametrů, tak kritérií) na „práci s kvádry“, což je založeno na předpokladu, že pro každý parametr a každé kritérium existuje rozumný odhad jeho minimální a maximální hodnoty. Množina všech možností (pro parametry i pro kritéria) je pak kartézským součinem intervalů (tedy s jistou licencí kvádrem). Schematicky je to nakresleno na *obr. 3*.

Při použití číselných hodnot parametrů lze ovšem definovat i velmi strukturované věci – třeba i dosti širokou třídu strategií údržby. Podstatné je umět si představit (a také to tak dělat), že pracujeme (tj. hledáme optimum) pro všechny parametry a všechna kritéria současně. Vystříháme se tedy jakékoliv zbytečné dekompozice problému (viz [8]). Přirozeně pak hodnotíme kvalitu nalezeného řešení při současném využití získaných hodnot všech relevantních kritérií (jak se to technicky provede, je jiná otázka, možností je několik). Jakákoliv dekompozice nás ovšem může od nalezení nejlepšího řešení velmi vzdálit (a často si to pak ani neuvědomíme).

Tab. 1. Příklad číselného vyjádření kvalitativního parametru

Kvalitativní parametr	Číselná reprezentace
zcela bezpečný	1
bezpečný	2
nepravděpodobné ohrožení s malými následky	3
nepravděpodobné ohrožení s vážnými následky	4
pravděpodobné ohrožení s vážnými následky	5

Jak již bylo řečeno, při mapování kvalitativních parametrů prostřednictvím kvantitativních parametrů je pro zdárný průběh optimalizačních výpočtů velmi důležité pokusit se zachovat přirozené uspořádání hodnot, např. podle *tab. 1*.

V praxi platí zpravidla „něco za něco“. Jakou „daň“ tedy zaplatíme za to, že problém nedekomponujeme? Musíme se naučit pracovat s vhodnými modely (zpravidla simulačními) a složitějšími, vícekriteriálními optimalizačními metodami, někdy musíme rezignovat na to, že

využijeme všechny známé informace a všechny dostupné údaje; nebudeme této rezignace příliš litovat, jestliže vezmeme za své stanovisko, že lepší je nepřesná pravda než přesný omyl.

4. Vliv náhody v optimalizačním schématu – násada generátoru jako reprezentant náhody

Při modelování náhody pomocí pseudonáhodných čísel (představme si idealizovaný případ, kdy bez problémů vystačíme s jediným proudem pseudonáhodných čísel) lze *obr. 3* překreslit pro optimalizační úlohu s vlivem náhody tak, jak to vidíme na *obr. 4*.

Při práci v simulačním experimentálním prostředí najde uplatnění tato terminologie:

– *varianta modelu* je plně určena bodem v kvádru povolených hodnot parametrů, varianta je tedy to, co je určeno hodnotami těchto parametrů (varianta modelu je takto určena *M*-rozměrným bodem),
– *trajektorie varianty modelu* je to, co je v kvádru parametrů určeno hodnotami těchto parametrů a navíc volbou násady pseudonáhodných čísel: trajektorie je tedy určena (*M*+1)-rozměrným bodem a platí, že jednotlivou trajektorii vlastně vytvoří výpočet s modelem, jenž vychází z onoho (*M*+1)-rozměrného bodu; při obvyklém způsobu simulace je na číslicovém počítači náhodný simulační běh vlastně deterministickým během a náhodná je jen jeho interpretace (to je ovšem založeno na teorii pseudonáhodných čísel; do té se nyní pouštět nebudeme; další hlubší vhled do optimalizace simulačních modelů nabízí článek [9]),
– *množina trajektorií dané varianty modelu*: nechť *k* je přirozené číslo, které je počtem opakování pokusu s danou variantou modelu; získáme tedy *k* trajektorií, které mají obecně různé tvary, ale co do své inicializace se mezi sebou liší pouze hodnotou násady pseudonáhodných čísel (ale jejich vektor parametrů je vždy týž, neboli to, co můžeme ovlivnit a změnit, tu ponecháváme beze změny; výchozí body takové skupiny *k* trajektorií tedy leží na *obr. 4* přesně nad sebou).

5. Jedno z nejdůležitějších kritérií: diskontované peníze

Předpokládejme, že máme model chystaného podnikatelského projektu (tedy např. projektu *Strategie údržby*) a že je to počítačový simulační model. Chápejme tento model asi tak, jak vnímáme modelovou dětskou železnici, která by byla obrazem skutečné sítě železničních tratí (geometrický pohyb vláčků přitom není podstatou věci, ten je pro nás teď jen reprezentantem změn v uvažovaném systému).

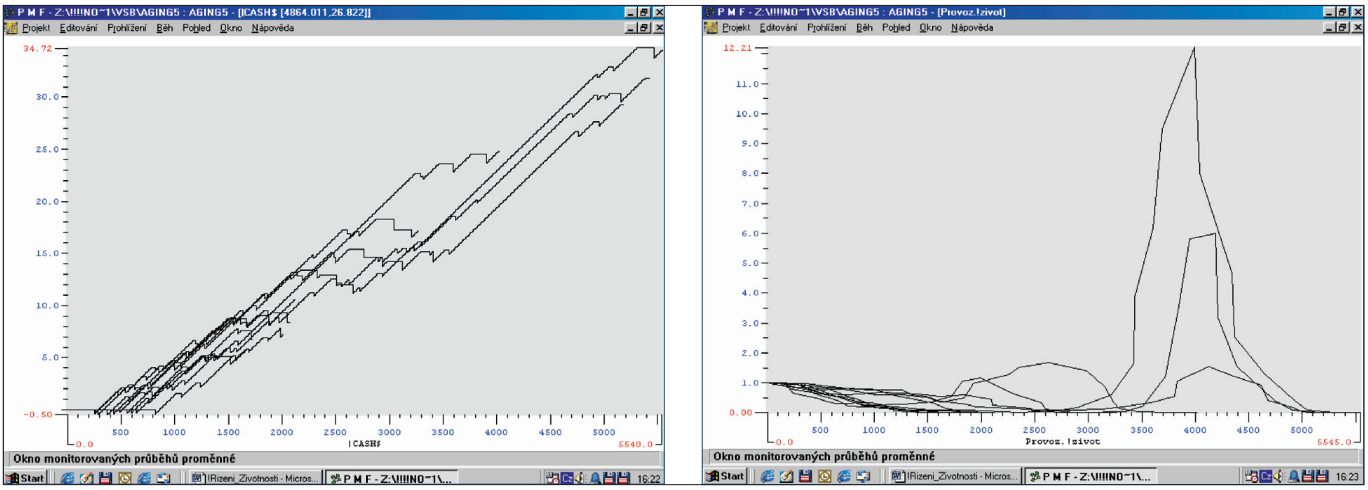
Podobností s modelovou železnicí rozumíme to, že i v daném modelu projektu Strategie údržby jsou služby a výrobky nakupovány, pohybují se v čase od zdroje, přes sklad na místo určení. Pohybují se také peníze. Rovněž pojem sklad zde chápeme zcela obecně: buď jako skutečný sklad (např. náhradních dílů, paliva atd.), anebo jako jakoukoliv instanci, ve které se něco hromadí (třeba i peníze, proplacené či neproplacené faktury apod.). Při rozhodování o projektu, jehož mírou úspěchu jsou peníze, je podstatné odhadnout, jak rentabilní by bylo uskutečnitelné alternativní podnikání (v krajním případě uložení peněz na termínovaný účet do banky).

V našem příkladu předpokládáme, že by (blíže neurčená, uskutečnitelná alternativa) vynesla 15 % za rok. Proto použitý diskontní činitel činí 15 %. Pro podnikatele má pak 1 000 korun získaných ode dneška za rok čistou současnou hodnotu pouze 1 000/1,15 korun. Jeden tisíc korun získaných ode dneška za dva roky má čistou současnou hodnotu už jen 1 000/(1,15 × 1,15) korun atd. Takové úpravě budoucích finančních toků se říká diskontování a tato úprava se uplatňuje jak na příjmy, tak na výdaje.

Tedy pozdější výdaje jsou „lepší“ výdaje, pozdější příjmy jsou „horší“ příjmy. Sečtením všech budoucích diskontovaných finančních toků projektu (vždy se správným znaménkem!) získáme *čistou současnou hodnotu* projektu (v anglosaské literatuře *Net Present Value* – NPV).

Většina optimalizačních procedur aplikovaných v situaci, kdy jednou ze složek kritéria je NPV, je na volbu diskontního činitele velmi citlivá, což by nemělo být překvapující. Správná volba diskontního činitele je tedy klíčovým problémem. Je to ovšem problém pro finanční management, simulační techniky tím nejsou ovlivněny a v rozumných simulačních modelech není obtížné ani časově náročné diskontní činitel změnit (či opakovaně měnit, a to dokonce i v průběhu jediného simulačního běhu; i to má totiž svou rozumnou interpretaci, dělá se to ale poměrně zřídka).

Neklademe zde důraz na finanční úvahy, protože přínos simulace je v něčem jiném: v její schopnosti zobrazit všechny ovlivnitelné i neovlivnitelné faktory ve vzájemném, časově podmíněném, popř. i náhodném působení (včetně např. podnikatelské obdoby srážky vláčků modelové železnice).



Obr. 5. Nediskontovaný cash flow deseti pokusů s kritériem TIME (vlevo) a průběh Z (vpravo)

Takové uchopení projektované skutečnosti může být někdy snadné, a jindy nesnadné. Podstatné je, že konkrétní vzorce pro kterýkoliv výpočet mohou být v simulačním programu bez problému nahrazeny jinými výpočetními vzorci odpovídajícími názoru těch či oněch (např. i finančních) expertů. Nic nám tedy nebrání provádět v rámci simulace např. finanční výpočty v takové podrobnosti, jak je pro danou úlohu potřebné a účelné (pro zbytečně podrobné výpočty platí obdobná kritika jako pro datismus – viz opět „nepřesná pravda je lepší než přesný omyl“).

6. Ilustrativní optimalizační příklad a závěry z něho plynoucí

V jednoduchém příkladu simulačního modelu životnosti, ze kterého byly vybrány *obr. 1* a *obr. 2*, byla zavedena údržba dvojího druhu, a to:

– běžná oprava (BO),
– generální oprava (GO).

Oba typy opravy se liší dobou odstávky zařízení, náklady a velikostí účinku na veli-

činu „životnost systému“. Optimalizací hledáme pravidlo, které řekne, kdy máme v průběhu provozování systému ten či onen příslušný typ opravy vyvolat.

V dané jednoduché situaci, kdy životnost (dále jen Z) je nezáporné číslo, jehož hodnota se (do jisté míry náhodně) zmenšuje s délkou doby provozu zřízení a je naopak zvětšována oběma typy oprav, hledáme prahové hodnoty pro vyvolání BO, popř. GO. Konkrétně:

– jakmile nastane jev $Z \leq$ *práh_GO*, je vyvolána GO,
– jakmile nastane jev *práh_GO* $\leq Z \leq$ *práh_GO* + δ = *práh_BO*, je vyvolána BO ($\delta > 0$).

Optimalizací hledáme co nejlepší hodnoty pro:
– *práh_GO*,
– *práh_BO* (a to prostřednictvím pomocné proměnné δ). Přitom se musíme správně vypořádat i se skutečností, že simulační model, který tvoří zobrazení (viz červená spojnice v *obr. 4*), se chová stochasticky.

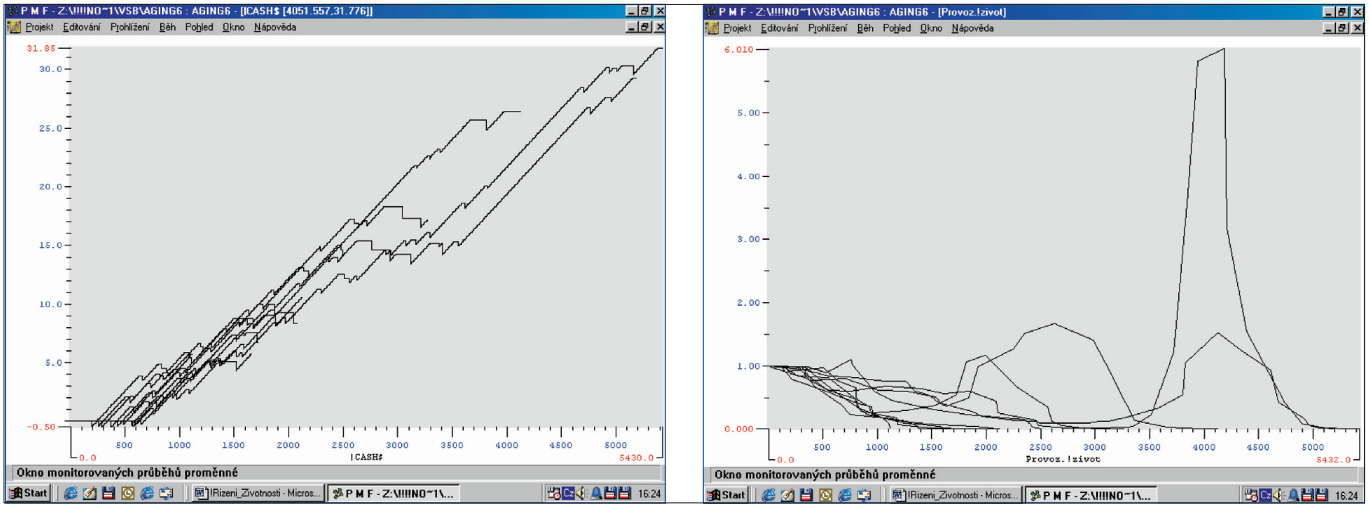
Uděláme to takto: výpočet provedeme pro různé násady pseudonáhodných čísel (při týchž hodnotách volitelných parametrů) opakovaně. A i pro tento školní příklad (a tím spíše při řešení reálného problému) provedeme nakonec pro optimální variantu (přesněji: pro variantu „kandidující“ na titul „optimální varianta“) ještě simulační analýzu rozptylu (s počtem opakování ještě mnohem větším, než je číslo k – viz výše „množina trajektorií jedné varianty modelu“).

V daném příkladu je nám jasné (tak tomu často i v praxi bývá), které hodnoty dokážeme ovlivnit, totiž *práh_GO* a δ (připomeňme, že *práh_BO* = *práh_GO* + δ).

V závislosti na povaze konkrétního technicko-ekonomického systému musíme ovšem umět vypočítávat, tedy počítat a aktualizovat, hodnotu veličiny Z, tj. (zbytkové) životnosti. V řadě technických systémů (např. v těch, kde se uplatňuje únava nebo tečení ocelí) jsou známy relativně spolehlivé heuristické postupy, jak hodnotu Z (přesněji: odhad hodnoty Z) získávat. V oborech, kde takové – bezmála exaktní – postupy (dosud) k dispozici nejsou, nezbývá než hodnotu (či hodnoty) podobnou veličině Z určovat expertními odhady.

Ilustrativní optimalizace byla provedena pro tyto tři volby optimalizačního kritéria:
1. TIME: cílem bylo dosažení co nejdelší doby života (tj. maximálního oddálení jevu $Z = 0$; kritérium je skalární),
2. NPV: cílem bylo dosažení co největší hodnoty *NPV*, tj. maximalizace časové hodnoty všech diskontovaných kumulativních finančních toků (*cash flow;* kritérium je skalární),
3. TIME a současně NPV: maximalizace současně podle TIME i podle NPV, tedy při optimalizaci zde uplatníme vektorové kritérium; váha NPV a doby života přitom byly zvoleny jako zcela shodné (což není nutné).

Výsledky optimalizace na volbě kritérií významně závisejí! Je to patrné při pohledu jak na *tab. 2*, tak i na:
– *obr. 5* (optimalizace podle TIME),
– *obr. 6* (optimalizace podle NPV),
– *obr. 7* (optimalizace TIME a současně NPV).



Obr. 6. Nediskontovaný cash flow deseti pokusů s kritériem NPV (vlevo) a průběh Z (vpravo)

Tab. 2. Optimální hodnoty parametrů práh_GO a δ závislosti na volbě kritéria optimalizace

Optimalizace podle	Nalezená hodnota *práh_GO*	Nalezená hodnota δ
TIME	0,048	0,802
NPV	0,047	0,874
TIME a současně NPV	0,061	0,689

Aneb majitel systému, který si neujasní, co ve smyslu zvolených kritérií vlastně chce, opravdu získá optimalizací něco jiného, než co by chtěl, kdyby si to ujasnil.

Při zde dokumentované ilustrativní optimalizaci bylo provedeno $k = 5$ nezávislých výpočtů (běhů) s každou variantou (tedy pro každou vybranou dvojici hodnot parametrů) a takovýchto (rovněž nezávislých) iterací bylo realizováno 100. Tato čísla ($k = 5$, *počet nezávislých běhů = 100*) mohou být někdy i pro reálné úlohy celkem dostačující, zpravidla se ovšem v reálných úlohách volí hodnoty větší (např. $k = 10$ *a počet nezávislých běhů = 500*, záleží zejména na počtu parametrů a jejich rozsazích).

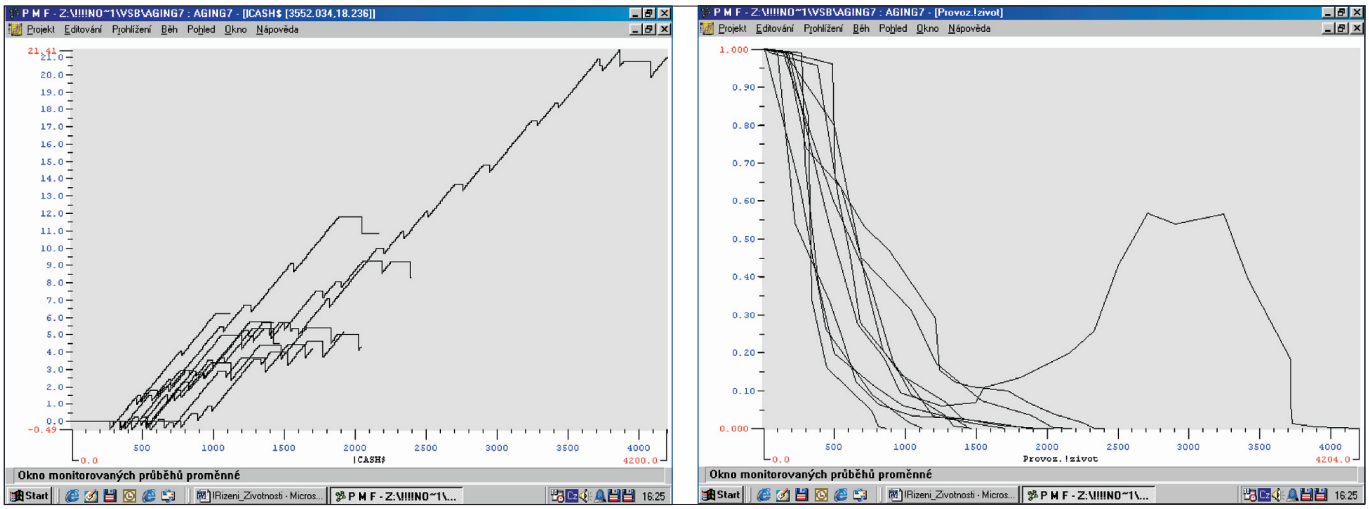
Proč jsou výsledky optimalizačních výpočtů podle jednoho, resp. druhého kritéria, 1), resp. 2), a globální optimalizace – viz 3) tak odlišné? Situace je velmi podobná té, která je podrobně probrána v článku [8], kde se ukazuje, jak zavádějící je pro hledání globálního optima dekompozice problému (a tím i jeho modelu). Tady sice dekomponujeme na jednotlivé složky „jen“ vektor kriteriální funkce, ale ono je to z výpočetního (optimalizačního) hlediska téměř totéž jako dekompozice popsaná v [8].

Vedle kritéria použitého v uvedeném příkladu si lze představit množství dalších kritérií (např. minimalizaci průměrných nákladů na údržbu za jednotku času, minimalizaci průměrné doby prostojů atd.).

Je vhodné také poznamenat, že simulační model uvedeného typu má jednu zajímavou vlastnost: je to program, který lze poměrně snadno přehledně obohacovat o další faktory, aniž by se podstatně změnila jeho struktura a typ jeho výstupů. Jakkoli jsme tu prezentovali jen „reálný školní příklad“, platí, že jeho rozšíření „až po zcela reálnou situaci“ je v mnoha ohledech již celkem snadné, neboť už tento školní příklad obsahuje know-how, o kterém je málo známo a v jehož účinnost se zatím moc nevěří. Proč? Protože se o něm neví. Tedy jakýsi (ne)znalostní cyklus.

7. Závěr

Věta „Nevíme, co o systému nevíme, dokud ho nesimulujeme“ může někomu znít až cimrmanovsky. Nechť si odpůrce tohoto tvrzení položí otázku „A co když je to prav-



Obr. 7. Nediskontovaný cash flow deseti pokusů s kritérii TIME+NPV (vlevo) a průběh Z (vpravo)

da?“ Jak to mohu popřít, když simulaci nevyzkouším? Galileovi někdo řekl, když mu tento učenec podával dalekohled: „Milý synu, je zbytečné, abych se díval.“ Simulace je občas jako ten Galileův dalekohled.

Byla by hrubá chybá redukovat simulaci na modelování náhody. Teprve mnohostranný a provázaný efekt faktorů *náhoda – čas – příčinné vazby* se v modelu (a tím i v našem nazírání na věc) může stát bezmála rovnocenným partnerem skutečnosti. A teprve celá již uvedená trojice faktorů si zaslouží název „simulace“.

Řízení životnosti systémů je oblast, kde právě simulace přinese ještě významný pokrok, a to zejména z ekonomického hlediska.

Literatura:

[1] KINDLER, E. – KŘIVÝ, I.: *Simulace a modelování*. Ostravská univerzita, 2001.

[2] LACKO, B. – RANZENHOFER, T. – WEINBERGER, J.: *Modelování a simulace projektů*. VUT Brno, březen 2001.

[3] NOVOTNÝ, V, – WEINBERGER, J.: *Využití simulace při řízení neživotního pojištění*. Pojistný obzor, 2 a 3/2000.

[4] TICHÝ, M.: *Metoda UMRA*. Pracovní materiál.

[5] WEINBERGER, J. – KULHAVÝ P.: *ScenGen – nástroj na podporu identifikace a kvantifikace projektových rizik* [on-line]. Demonstrační verze je dostupná na http://www.timing.cz, poslední aktualizace 19. 06. 2005.

[6] WEINBERGER, J.: *Optimalizace simulačního modelu dealerské činnosti*. IT System, 3/2001.

[7] WEINBERGER, J. – PIVOŇKA, P.: *Význam simulace a optimalizace při řízení projektových rizik*. IT System, 2002, č. 4.

[8] WEINBERGER, J.: *Kauzální simulační modelování a jeho alternativy*. Automa, 2005, roč. 11, č. 4 a 5.

[9] WEINBERGER, J.: *Steep Steps to Optimization of Simulation Models*. Simulation Almanac, 2005, Czech and Slovak Simulation Society.

[10] WEINBERGER, J.: *Řízení projektových rizik*. Business World, 12/2005.

[11] WEINBERGER, J a kol.: *Simulátor „Project Management Forecast (PMF)“*. Podrobnosti jsou dostupné na http://www.timing.cz, poslední aktualizace 08. 08. 2005.

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.