

BRZY PŘIJDE I DO VAŠEHO POTÁPĚČSKÉ POČÍTAČE

Potápěčské počítače se používají již dvacet pět let. Během této doby se hodně změnilo, a to hlavně ve vědě a technologii. Navzdory tomu zůstaly potápěčské počítače v podstatě stejné. Je sice pravda, že teď programují ponory i s použitím nitroxu a trimixu a že se do nich dostaly různé “parádičky”, ale základní algoritmy stále vycházejí z Haldanova modelu nezávislých paralelních částí těla, což je model používaný již asi sto let. („To není pravda!“, slyším některé z vás. „A co modely tvorby bublinek?“ Jen klid, také se k nim dostaneme.) Nebyl by to žádný problém, kdyby Haldanův model fungoval skutečně dobře.

Konec konců, žraloci také přežívají beze změny již celé věky a nikdo je nepovažuje za “zastaralé”. Naopak, jejich tvar se považuje za téměř dokonalý z hlediska funkčnosti a přežití. Haldanův model se však jejich dokonalosti nepodobá ani vzdáleně. Jeho původní oblíbenost spočívala v poměrné jednoduchosti. Objevily se i návrhy realističtějších a vzájemně propojených modelů, a to již v době vzniku potápěčských počítačů, ale Haldanův model převládl hlavně díky tomu, že jej dobře zvládaly tehdy existující jednoduché počítače – komplexnější model by byl příliš náročný na tehdy dostupné paměti a mikroprocesory.

V dnešní době však žijeme ve zcela jiné situaci, počítače pracují s naprosto jinými možnostmi. A přístup vycházející z nezávislých paralelních částí již prostě nestačí. Celá řada zdravotních a fyziologických výzkumů se zaměřovala na zjišťování rychlosti, jakou se různé látky (včetně plynů) dostávají do lidských tkání a/nebo jsou z nich jsou vyplavovány. K jakým závěrům se došlo? Že výsledky neodpovídají Haldanovu modelu, kde jsou jednotlivé části od sebe izolované. Vše nasvědčuje tomu, že se musí pracovat s vzájemně propojenějším uspořádáním.

Podívejme se na příklad jednoho nového propojeného modelu, který se možná stane součástí vaší potápěčské budoucnosti¹: Saulův ICM. Na [obr. 1](#) vlevo jsou znázorněny základy modelu podle Haldana, vpravo je Saulův ICM. Šipky naznačují, kde mohou plyny vstupovat do jednotlivých částí a také z nich odcházet, takže rozdíly v propojenosti jsou při porovnání obou modelů velmi zřetelné. Poněkud méně jasné je, co ty části u obou modelů představují. Každá část v Haldanově modelu představuje tkáň, z které může vzejít dekompresní nemoc. (Proto jsou všechny tyto části červené – na znamení nebezpečí).

Tkáně, které netrpí dekompresním zraněním, nehrají v Haldanově jednoduchém modelu žádnou roli. I když se v Haldanově modelu rizika ze všech tří částí zahrnují do celkového nebezpečí dekomprese, v praxi to vypadá tak, že se riziko při ponoru odvozuje pouze z jedné části (z tzv. “řídící části”) pouze s velmi malým příspěvkem z ostatních částí. Naproti tomu v Saulově modelu ICM jediná ústřední “riziková” část (červená) představuje tkáň, kde hrozí nebezpečí dekompresního zranění; ostatní části (zelené) znázorňují “neaktivní” tkáně (např. tukovou tkáň), kde k dekompresnímu zranění nedochází.

Namísto toho je jejich rolí v modelu působit jako jakási nádoba či rezervoár pro skladování přebytečného plynu. Při kompresi fungují tyto tkáně jako zachycovací nádrž umožňující absorbování zvýšeného množství plynu, aby nedošlo k bezprostřednímu poškození. Jakmile však ponor pokračuje a absorbuje se stále více plynu, tak se za to později zaplatí “daň”. Ponor jednou skončí a zahájí se výstup. “Přebytečný” plyn nikam nezmezí. A když dojde k dekompresi, riziková část musí eliminovat nejen plyn, který se v ní již nachází, ale navíc i plyn (“daň”) vracející se z ostatních částí. (Mimochodem – to je také jedním z důvodů pro pomalý výstup a bezpečnostní přestávky.)

Samozřejmě, že při nízkorizikových ponorech se během komprese absorbuje poměrně málo plynu a

výsledkem jsou pak nízké koncentrace plynu jak v "rizikové" části, tak i jinde. Při nízké koncentraci plynu ve zmíněných rezervoárech pak probíhá během dekomprese absorbování "daně" pomalu a, protože se riziková část zbavuje svého nízkokoncentrovaného plynu současně, je riziko DCS menší, než by tomu bylo v jiném případě. Toto vše se dá pochopit a vycítit i intuitivně, když se zamyslíme a představíme si, jak naše tělo vlastně funguje jako celek. Intuice má však své hranice. Důležité je zjistit, jak přesně tento model funguje a odpovídá skutečnosti. A ukazuje se, že je v předpovídání dekompresní nemoci mnohem přesnější než jiné, v současnosti stále ještě používané modely. Co tím přesně myslím? Musíme si uvědomit, že modely nejsou nic subjektivně psychologického.

Vše se děje na základě vzájemného porovnávání. Podstatou každého modelu je řada rovnic. Každá rovnice je vlastně pořadí matematických operací, při kterých se používají čísla jedním nebo dvěma způsoby: buď jako proměnné veličiny, nebo jako konstanty. U modelů pro potápění představují proměnné veličiny zpravidla čas, hloubku a skutečnost, zdali nějaký ponor vyústil v problém, nebo ne (a jestliže ano, do jaké míry) - zkrátka položky, jejichž veličiny se proměňují. Konstanty jsou čísla, která rovněž tvoří také svébytnou část rovnice, ovšem tato čísla se nemění bez ohledu na to, jaké proměnné veličiny se do rovnice dosadí.

Než se může nějaký model použít - což vždy začíná na základě nějakých teoretických předpokladů - musí se sestavit tak, aby pracoval se skutečnými údaji, které lze do něj vkládat, a aby byl jeho výstupem výsledek obsahující údaje použitelné pro předpověď. Tomu se říká "kalibrace". Během kalibrace nějakého modelu pracujícího s určitou množinou měřitelných údajů se však věci trochu komplikují: Proměnné veličiny se stávají konstantami (protože údaje použité v jednom daném případě se nemění), zatímco konstanty se mění (protože se zkoušejí různé hodnoty konstant, aby se zjistilo, jaké konstanty přinesou co nejpresnější předpovědi vzhledem k vloženému souboru naměřených proměnných veličin). Jakmile se stanoví pro konstanty nejlepší hodnoty, může se model převést ve funkční algoritmus.

Jedním měřítkem schopnosti předpovídat - což je vlastně nejdůležitější funkce modelu - je posouzení, jak dobře pracoval model s veličinami, které se použily při jeho kalibraci. Svým způsobem je však toto měřítko nejméně důležité. Dá se trochu přirovnat k předpovídání minulosti. Již víme, co se stalo, a sestavujeme model způsobem, který odpovídá tomu, co se stalo. Přesto má toto měřítko svou cenu, bez něj by se nedalo vůbec začít. Dalším krokem je vyhodnotit, jak dobře pracuje model s odlišným souborem vložených veličin, které jsou však hodně podobné souboru veličin použitých při kalibraci. V tomto případě se již nepředpovídá minulost.

Jestliže model uspěl i v tomto testu, získávají výchozí teoretické předpoklady určitou oprávněnost, ovšem jen omezenou. Většina modelů, které uspokojí první měřítko, vyhoví i tomuto druhému.

Měřítkem skutečné platnosti modelu je však vyhodnocení, jak dobře předpověděl rizika u mnoha profilů, jejichž veličiny se pohybovaly zcela mimo rozsah nebezpečí předpokládaného při kalibračních profilech.

Jak si tedy vedou modely kalibrované s použitím potápěčských údajů představujících při ponoru jen malé riziko, když se aplikují na zcela odlišné ponory, při kterých je riziko nemoci z dekomprese značně vyšší? Vezměme si extrémní případ. Výzkumní pracovníci amerického námořnictva pracovali s údaji ze saturačních ponorů o hodnotách, které lze pracovně nazvat "ať vás ani nenapadne zkusit se za takových podmínek potápět". Provedli to s cílem určit míru rizika spojeného s přímými výstupy z havarované ponorky.

Vzhledem k očekávanému vysokému riziku použili k pokusům krysy a prasata, ale dokázali vypočítat, jak by se daly výsledky naměřené u těchto zvířat aplikovat na lidi. Znázorněné body ukazují míru předpokládaného rizika dekompresní nemoci u každého z tří profilů: vždy se jednalo o přímý výstup ze saturace na vzduch v hloubce 33, 40 a 50 stop mořské vody (fsw). Podívejme se, jak si "vedly" různé modely (všechny kalibrované na údaje související s nízkým rizikem), co se týče předpovědi výsledků, lépe řečeno následků.

Příslušný graf ukazuje velmi překvapivé rozdíly. Porovnávaly se následující modely: typický model Haldanův, LE1, Saulův ICM a Saulův ICBM (bublínková verze Saulova modelu ICM). Model LE1 vlastně přidává ještě účinek bublinek k běžnému modelu Haldanovu. Z grafu je dobře patrné, že Saulovy modely ICM a ICBM dosti přesně odpovídají skutečným výsledkům (a rychle stoupají podle saturační hloubky), avšak Haldanovy modely (s bublinkami i bez bublinek) představují více méně přímé linky, což silně podceňuje rizika ve větších hloubkách. Přidání bublinek k modelům se vzájemně propojenými částmi i s částmi nezávislými se odráží na předpovědích poměrně nevýznamně, avšak rozdíl při změně struktury modelu s nezávislou částí na strukturu s částmi propojenými je obrovský.

A jak vypadá porovnání modelů na opačném pólu, t.j. směrem k velmi malému riziku, což je pro rekreační potápění typičtější? Když se podíváme na procento nehod z počtu 10 000 potápěčských profilů (použitím databáze DAN nazvané Project Dive Exploration [PDE]), jsou propojené modely v předpovídání nehod ve srovnání s počtem nehod, které se skutečně přihodily, mnohem přesnější. Tyto ponory měly za následek dekompresní nemoc pouze v 10 případech. Řečeno statisticky, dobrým poměrem správných předpovědí by podle nějakého modelu bylo číslo od 5 do 18 předpovězených případů. Model LE1 by předpověděl 51 nehod, přímý Haldanův model 126, ICM 10 a ICBM 11 nehod.

Propojené modely by opět byly přesnější než modely jiné. To znamená, že jsou přesnější v předpovědích nejen s vysokým rizikem, ale i při ponorech s nízkým rizikem.

Při pohledu na výsledky týkající se nízkého rizika se může zdát, že vlastně není zapotřebí se tím vůbec zabývat. Současné modely "přehánějí" riziko možných nehod - no a co? Nevyplývá z toho pouze skutečnost, že jsou konzervativnější než propojené modely? A nevede to k větší bezpečnosti? Odpovědi na tyto otázky jsou následující: "Ne" a "Jak kdy".

Vraťme se ještě k vysokým rizikům, o kterých jsme se zmiňovali shora. Tam současné modely riziko silně podceňovaly. To znamená, že jsou pro profily s vysokými riziky velmi nespolehlivé. Samo o sobě to příliš důležité není, protože nikdo

se dobrovolně nebude potápět podle takovýchto profilů. Znepokojující je však to, že zmíněné předpovědi neodpovídaly skutečnosti. A zde se objevuje pochybnost, zdali předpovědi podle těchto modelů také silně nepodceňují riziko u lehčích profilů s menším rizikem, jejichž absolvování už je mnohem pravděpodobnější. Je tedy konzervativnější model (který - jak jsme byli svědky - neodpovídá nynějším modelům) vůbec ku prospěchu? Možná ano, ovšem pokud je přesný. Riziko, které jsou potápěči ochotni podstoupit, je osobní záležitostí každého z nich. Avšak bez přesných informací není možné skutečnou míru rizika reálně vyhodnotit.

Ať již chcete mít vždy tu nejbezpečnější variantu, nebo jste ochotni trochu riskovat, klíč k tomu, čeho se vám nakonec dostane, je v přesnosti. A Saulovy modely nabízejí mnohem větší přesnost. (V tomto článku bylo samozřejmě možné zmínit se pouze stručně o všech modelech a s nimi souvisejících výzkumech. Máte-li zájem o podrobné informace a/nebo chcete-li si stáhnout nejnovější články publikované v

odborných časopisech, navštivte webovou stránku autora.)

Předpokládám, že Saulova modely se začnou objevovat v potápěčských počítačích již v blízké budoucnosti a postupně se stanou v potápění standardem. Do té doby bude nejlepší strategií potápět se nadále s použitím dosavadního počítače, ovšem s vědomím jeho omezené přesnosti. Když se v něm objeví něco, co se podle vašeho názoru neshoduje s potápěčskými tabulkami nebo kategoriemi, zvolte raději bezpečnější možnost. A hlavně a především, nikdy nepodceňujte a nezanedbávejte bezpečnostní přestávky.

Obr. 1



ABOUT THE AUTHORS

Saul Goldman, a physical chemist, is Professor Emeritus at the University of Guelph and has published about 100 papers in some of the most prestigious journals in the field (see <http://www.chemistry.uoguelph.ca/goldman/>). Much of his research has dealt with liquids and solutions, particularly gases in liquids. He is also an avid diver who has logged almost 1000 dives. Since, like many physical chemists, he is somewhat “addicted” to equations, **Ethel Goldman** became involved to keep the material suitable for casual reading by nonphysical chemists and, in particular, to rigorously weed out equations and scientific jargon. When Saul insisted that equations were necessary, at least for background, Ethel “relented” but the only place you’ll find them is as background – literally.