

# Kontroverzní popularita simulační hypotézy

*Martin Tomáš*

Nové Technologie – výzkumné centrum, Západočeská univerzita v Plzni

## Úvod

Během setkání Code Conference 2016 prohlásil známý vizionář Elon Musk, zakladatel společnosti SpaceX a ředitel Tesla Inc., že možnost ztotožnění našeho vesmíru s objektivní realitou je jedna ku miliardám [1]. Domnívá se tedy, že naše realita je pouhou simulací a svoji argumentaci opírá o dechberoucí rozvoj výpočetní techniky v posledních desetiletích. Při zachování současného trendu je podle Muska nevyhnutelné, aby v budoucnu výpočetní výkon dosáhl úrovně umožňující simulovat realitu tak, jak jí známe z našeho každodenního života.

Vzhledem k tomu, že jsem se během své pedagogické praxe setkal s dotazy na pravdivost této hypotézy, dovolil bych si zde prezentovat fyzikální argumentaci, kterou může využít i široká pedagogická veřejnost. S touto hypotézou se totiž nesetkáváme pouze ve vyjádřeních veřejně známých osob Muskova formátu, nýbrž i v mnoha populárních filmech, knihách a komixech na bázi science-fiction. Podrobná argumentace v českém jazyce však zatím chybí.

Ačkoliv se myšlenka neexistence objektivní reality – simulační hypotéza – objevuje již v různých verzích ve starém Řecku a moderní filozofii, opravdovou renesanci zažila na přelomu tisíciletí po uvedení filmu *Matrix*. S prvními náznaky takto radikální koncepce se setkáváme v Platónově *Podobenství o jeskyni*, kde je vnímaná realita jen promítaným stínem skutečné reality. Dalším rozvojem prochází tato hypotéza s příchodem solipsismu, který předpokládá existenci vědomí, ale odmítá existenci okolní reality. Že se jedná o velmi působivou myšlenku značí i velká jména mezi badateli na poli solipsismu, příkladem mohou být Sartre či Schopenhauer. Oponentem byl například Bertrand Russell, který argumentaci založil na Occamově břitvě [2].

Po velkém úspěchu filmové trilogie *Matrix* došlo k publikaci známého článku Nicka Bostroma [3], ve kterém tento oxfordský filozof představil

trilema, mylně pokládané za přímý důkaz našeho vesmíru jakožto virtuální reality (VR). S dalšími články o simulační hypotéze se ojedinele setkáváme i v některých odborných časopisech [4]. Impuls pro hypotézu představuje výzkum celulárních automatů, které studuje například Gerard 't Hooft [5], nositel Nobelovy ceny pro rok 1999. Je však třeba zdůraznit, že simulační hypotéza patří mezi zcela okrajový a většinou fyziků odmítaný koncept.

## Bostromovo trilema

Nick Bostrom založil svoji argumentaci ve prospěch virtuální reality, opaku objektivní reality, na třech tvrzeních, u kterých předpokládá, že alespoň jedno z nich je téměř určitě pravdivé. Tato pravděpodobnostní tvrzení jsou:

1. Počet lidských civilizací, které dosáhnou technologické vyspělosti takové úrovně, že budou schopny vytvořit VR, je velmi blízký nule.
2. Civilizace schopná vytvořit VR spustí takovou VR neodlišitelnou od naší reality jen v počtu velmi blízkém nule.
3. Podíl lidí žijících ve VR a popisujících realitu stejným způsobem, jako tak činíme my, se blíží 100 %.

Trilema tedy říká, že buď lidská civilizace nedosáhne technologické vyspělosti umožňující spuštění simulace, nebo se rozhodne simulaci nespouštět, přestože k tomu má prostředky, případně takovou simulaci spustí. Protože lze spustit simulaci i uvnitř simulace, počet osob uvnitř jednotlivých simulací brzy překoná počet osob žijících v původní, prvotní objektivní realitě. Tento poznatek trochu složitým způsobem popisuje třetí teze trilema.

Přestože Bostromovo trilema představuje pouze diskutabilní trojici tvrzení s různou mírou pravděpodobnosti, po publikaci se v médiích s jistou periodou začaly objevovat bombastické titulky, které hlásaly, že žijeme ve virtuální realitě a Bostromovo trilema je toho jednoznačným důkazem [6].

Brzy po publikování Bostromovy argumentace se vynořilo množství článků, které jeho závěry ostře odmítají [7, 8, 9]. Mimo jiné lze tvůrce VR snadno obvinít z jakéhokoliv násilí, které ve VR proběhne. Z etických důvodů tedy není pravděpodobné, že by technicky nepředstavitelně vyspělá civilizace umožnila existenci takové VR. Další argumenty proti existenci VR se pojí s uznáním pravdivosti prvního či druhého tvrzení, což vede k odmítnutí třetího tvrzení. Otázkou jsou rovněž limity, které se

vztahují k možnému výpočetnímu výkonu budoucích počítačů. Není také zcela zřejmé, zda dojde k úspěšné konstrukci využitelného kvantového počítače, což by samozřejmě celý problém osvětlilo. Dále je možné, že jsme jedna z prvních generací budoucí civilizace schopné simulační hypotézu uvést v praxi.

## Lesk simulační hypotézy

Přestože leží simulační hypotéza na hraně mezi vědou a pseudovědou, najdeme několik oblastí, kde poskytuje vysvětlení problémů dosud odolávaných vyřešení. Příkladem může být konečná rychlost světla, kvantový koncept nelokálnosti či zjevný rozdíl mezi klasickou a kvantovou teorií. Mnoho těchto problémů je řešeno pomocí analogie s počítačovou hrou.

Ve filozofii se můžeme setkat s otázkou, zda padající strom v lese, kde není žádný pozorovatel (posluchač), vydává stejný rámus, jako když pád stromu bezprostředně pozorujeme (slyšíme). Stejný problém řešil Einstein, když Bohrovi položil otázku, zda existuje Měsíc, pokud se na něj nikdo nedívá. Simulační hypotéza kupodivu odpovídá, že strom žádný zvuk nevydává a v případě neexistence pozorovatele neexistuje ani Měsíc. Stejně tak není v počítačové hře neustále modelováno celé prostředí, kde se hráč může vyskytovat. Počítač simuluje jen takové jevy, které může hráč zaznamenat. Díky tomuto omezení klesají velmi výrazně nároky na výpočetní výkon. Bylo by možné tuto myšlenku nějak verifikovat? Proponenti simulační hypotézy poukazují na kvantovou neurčitost, která způsobuje podivný popis Schrödingerovy kočky, kdy stav kočky je mixem stavu „živá kočka“ a „mrtvá kočka“. Až do okamžiku pozorování není finální stav kočky znám, což připomíná počítač nemodelující realitu nedostupnou pozorovateli.

Principiální nemožnost současného přesného určení hodnot dvojice veličin, např. polohy a hybnosti, je z pohledu simulační hypotézy ukázkou úspornosti simulace. Pokud pozorovatel provádí měření na hraně rozlišení simulace, VR neposkytuje kompletní informaci o daném systému. Nekompletní informace se pak projevuje ztrátou determinismu.

Prostor samotný musí být dle simulační hypotézy kvantován, stejně jako čas. Podle simulační hypotézy tedy existuje element časoprostoru a VR modeluje vztahy mezi těmito elementy [4]. Tyto úvahy mírně korespondují se smyčkovou teorií gravitace, která předpokládá kvantování prostoru. V této souvislosti je však třeba poznamenat, že kvantování prostoru by ovlivnilo rychlost šíření elektromagnetického záření v závislosti na vlnové délce, což je důsledek narušení Lorentzovy symetrie. Takový

jev by byl pozorovatelný při detekci záření z velmi vzdálených výbuchů supernov tím způsobem, že by záření různých vlnových délek bylo detekováno v odlišných časech. Experimentálně tento jev nebyl potvrzen. Naopak, sonda Fermi nezaznamenala časový rozdíl v detekci záření z gama záblesku GRB090510 způsobený jinými než známými mechanismy [10].

Jednou z diskutovaných vlastností VR je možnost opravy simulace při nahromadění chyb. Opět se můžeme opřít o analogii z nám známého vývoje software. Každý, kdo pracuje dlouhodobě s nějakým programem, může software v případě výskytu chyby aktualizovat a záplatovat tak jeho nedostatky. Jak by se taková záplata projevila uvnitř VR? John D. Barrow, držitel Diracovy medaile, ztotožňuje samoopravovací schopnost VR s možným časovým vývojem některých konstant [11]. Tato časová změna konstant probíhá ovšem velice pomalu, což ztěžuje přímou detekci. Je však možné pozorovat velmi vzdálené a tudíž velmi staré objekty a analyzovat jejich spektrum. Analýza různě vzdálených objektů pak může ukázat drobné odchylky, které by naznačovaly změnu nám známých konstant [12]. Tento postup byl použit u spektra kvazarů a rozbořením jejich záření byly zjištěny náznaky pomalého nárůstu konstanty jemné struktury. Barrow tento nárůst připodobňuje samoopravovací schopnosti molekuly DNA, která by jinak v důsledku mutací a nahromaděných chyb netvořila příliš stabilní systém.

Oprávněným předpokladem VR je konečný výpočetní výkon, který omezuje náročné a potenciálně příliš zatěžující procesy. Jako příklad takového výpočetně náročného procesu můžeme uvést pohyb vysokou rychlostí nebo velkou koncentrací hmoty v prostoru [13]. Hypotetická simulace následně tyto procesy omezuje, což je realizováno pomalejším plynutím času. Dilatace času způsobená relativistickými rychlostmi či extrémním gravitačním polem tedy představuje v jistém smyslu obranný mechanismus VR proti přetížení, které by mohlo způsobit ztrátu vnitřní konzistentnosti. Rychlost světla jako horní limit rychlosti funguje obdobným způsobem, protože neexistence maximální rychlosti radikálně zvyšuje požadavky na výpočetní výkon nutný k provozu VR.

Dalším zajímavým důsledkem hypotetické simulace je ekvidistantní přístup k jednotlivým bodům v prostoru. Z pohledu zařízení, které simulaci provádí, jsou jednotlivé body v simulovaném prostoru vzdálené shodně. Podobně jako při promítání mapy světa na obrazovku má počítač informaci o všech bodech mapy zároveň a nemusí tak respektovat zobrazované vzdálenosti. Pro počítač tedy neplatí omezení, která by vyplývala ze

zobrazovaných vzdáleností a která by musel respektovat případný pozorovatel uvnitř simulace. Obhájci simulační hypotézy tak vysvětlují kvantový koncept nelokálnosti při popisu kvantově provázaných částic (EPR paradox). Tato nelokálnost byla potvrzena odvozením Bellových nerovností a z hlediska Kodaňské interpretace kvantové teorie se jedná o okamžitý kolaps vlnové funkce v celém prostoru. Mnoho fyziků tento výklad dráždí a mezi nespokojenci vynikal A. Einstein, který celý proces označil za „strašidelné působení na dálku“. Původ kvantové nelokálnosti ale ze simulační hypotézy vyplývá celkem přirozeně.

## Bída simulační hypotézy

Odpůrci VR přinášejí argumenty nejen proti simulační hypotéze, ale i proti filosofickým úvahám Bostroma. Jeho trilema lze odmítnout několika způsoby. Základní variantou je faktická nemožnost simulace lidského vědomí. To vede k uznání pravdivosti první teze trilema a následnému konci dalších debat. Faktem je, že lidské vědomí je z hlediska biologie, filosofie natož fyziky neprobádanou půdou. Na současném stupni vývoje techniky jen těžko můžeme uvažovat o možnostech simulace lidského vědomí. Z tohoto důvodu je odmítnutí první teze trilema plauzibilní.

Dalším argumentem proti první tezi je technická proveditelnost VR. Přestože nedokážeme dohlédnout, jak se bude výpočetní technika a především rozhraní mezi uživatelem a počítačem vyvíjet v následujících dekadách či dokonce staletích, je vysoce nepravděpodobné, že bychom byli schopni realizovat VR i jen malého rozsahu ve srovnání se simulací celého vesmíru. Z našeho současného pohledu je tedy cíl funkční VR příliš vzdálený, pokud vůbec existuje. Protože však nejsme schopni vývoj výpočetní techniky predikovat, jedná se o slabší argument.

Každá nová hypotéza by měla stejně úspěšně popsat veškeré problémy řešené stávající teorií. Navíc by nová hypotéza měla být v určitých ohledech přesnější a hlubší. Z hlediska popperovského pojetí vědecké hypotézy by měla poskytovat testovatelné předpovědi, a tak být z principu vyvratitelná. Zásadním problémem mnoha variant simulační hypotézy je jejich nevyvratitelnost. V případě podání důkazu o objektivní realitě, což by vedlo k popření simulační hypotézy, lze vždy navrhnout hypotetickou VR obsahující takový důkaz. Jinými slovy, každý experiment nesouhlasící se simulační hypotézou by byl pro proponenty jen důkazem dokonalosti VR, která je schopna modelovat i důkazy proti své existenci. Je tedy zřejmé, že spekulacemi o VR můžeme snadno sklouznout do oblasti pseudovědy.

Na druhou stranu, pokud toto sklouznutí nedopustíme a zůstaneme pevně ukotveni na půdě vědy, jedná se o zajímavou intelektuální zábavu s často atraktivními závěry.

Základním kamenem simulační hypotézy je existence úplné teorie, která se následně ve VR uplatňuje. Z hlediska úspornosti se předpokládá, že existuje konečný soubor analyticky řešitelných rovnic, které popisují námi vnímanou realitu. Hypotetický počítač pak jednoduše tyto rovnice použije pro simulaci. Existují však situace, které analyticky řešit nelze a příkladem může být dobře známý problém  $N$  těles nebo řešení Navierovy–Stokesovy rovnice ve třech dimenzích. Tyto situace obecně nemají analytické řešení a je tedy nutné problém vyšetřit za použití numerických metod. Existence analyticky neřešitelných situací je silným argumentem proti simulační hypotéze.

## Závěr

Simulační hypotéza se periodicky objevuje v médiích a její obhájce můžeme nalézt i mezi významnými fyziky. Některé závěry simulační hypotézy mohou podnítit hlubokou diskusi nad tak fundamentálními problémy, jako je kvantový koncept nelokálnosti či EPR paradox. Novodobá popularita této hypotézy spočívá ve filosofickém paradoxu, který je však mnohými badateli z dobrých důvodů odmítán. Stejně tak některé základní myšlenky simulační hypotézy neobstojí při bližším zkoumání – příkladem může být nemožnost analytického řešení problému  $N$  těles. Kromě mnoha technických obtíží čelí hypotéza i filosofickému problému spočívajícímu v amorálnosti simulace, ve které může dojít k neetickému jednání a za které by byl hypotetický tvůrce simulace zodpovědný. S naivními představami o virtuální realitě se lze setkat v pedagogické praxi díky rozšíření simulační hypotézy v kultuře a médiích.

## Poděkování

Článek vznikl v rámci projektu CENTEM, reg. č. CZ.1.05/2.1.0003.0088, který je spolufinancován z ERDF v rámci programu MŠMT OP VaVpI, a v jeho navazující fázi udržitelnosti je podpořen projektem CENTEM PLUS (LO1402) financovaného v rámci programu MŠMT NPU I. Autor dále děkuje recenzentovi MFI za cenné připomínky.

## Literatura

- [1] *Gohd, C.*: Are We Living in a Computer Simulation? Elon Musk Thinks So. *Futurism* [online] 13.4.2017 [cit. 21.2.2018]. Dostupné z: <https://futurism.com/are-we-living-in-a-computer-simulation-elon-musk-thinks-so/>
- [2] *Russel, B.*: The basic writings of Bertrand Russel. (Ed. Egner, R.E., Denon, L.E.) Routledge Classics, New York, 2009.
- [3] *Bostrom, B.*: Are you living in a computer simulation? *Philosophical Quarterly*, roč. 53 (2003), č. 211, s. 243–255.
- [4] *Beane, S. R., Davoudi, Z., Savage, M. J.*: Constraints on the Universe as a Numerical Simulation. *Eur. Phys. J. A*, roč. 50 (2014), s. 148.
- [5] *'t Hooft, G.*: The Cellular Automaton Interpretation of Quantum Mechanics. Springer, Heidelberg, 2016.
- [6] *Martin, S.*: ‘PROOF’ we’re living in a SIMULATION – top astronomers list vital checks to confirm theory. *Express* [online] [cit. 21.2.2018]. Dostupné z: <https://www.express.co.uk/news/science/737006/life-is-a-SIMULATION-neil-degrasse-tyson-brian-greene-elon-musk-simulation-theory>
- [7] *Birch, J.*: On the ‘Simulation Argument’ and Selective Scepticism. *Erkenntnis*, roč. 78 (2013), č. 1, s. 95–107.
- [8] *Lewis, J. P.*: The Doomsday Argument and the Simulation Argument. *Synthese*, roč. 190 (2013), č. 18, s. 4009–4022.
- [9] *Brueckner, A.*: The Simulation Argument Again. *Synthese*, roč. 68 (2008), č. 3, s. 224–226.
- [10] *Fermi GBM/LAT Collaborations*: Testing Einstein’s special relativity with Fermi’s short hand gamma-ray burst GRB090510. *Nature*, roč. 462 (2009), s. 331–334.
- [11] *Barrow, J. D.*: Living in a simulated universe. In: *Universe or Multiverse?* Cambridge: Cambridge University Press, 2007, s. 481–486.
- [12] *Webb, J. K. et al.*: Further Evidence for Cosmological Evolution of the Fine Structure Constant. *Phys. Rev. Lett.*, roč. 87 (2001), s. 091301.
- [13] *Whitworth, B.*: The physical world as a virtual reality: a prima facie case. *Research Letters in the Information and Mathematical Sciences*, roč. 11 (2007), s. 44–60.