

Oponentský posudek disertační práce

Posuzovaná práce: **Cellular automata and their potential in didactics of physics**

Autor: **RNDr. František Šeba, student programu Didaktika fyziky na PŘF UHK**

RNDr. František Šeba vypracoval disertační práci o celkovém rozsahu 158 stran tištěného textu (87 obrázků, 142 referencí). Práce je psána v anglickém jazyce, přičemž jazykovou úroveň lze celkově hodnotit jako výbornou. Formální atributy práce jsou v souladu s příslušným Rozhodnutím děkana PŘF UHK, drobnou výhradu mám v tomto směru pouze k tomu, že klíčová slova jsou i v české verzi anotace uvedena v angličtině.

Autor se ve své práci zaměřuje na potenciál celulárních automatů v didaktice fyziky. Je třeba konstatovat, že se jedná o téma vysoce inovativní, jemuž však dosud nebyla věnována v české ani zahraniční fyzikálně-didaktické literatuře náležitá pozornost. Z tohoto důvodu pokládám volbu tématu za velmi vhodnou.

Práce je tvořena vedle stručného Úvodu a Závěru pěti nestejně rozsáhlými kapitolami. V první z nich autor prezentuje základní informace o celulárních automatech včetně historického vývojem oboru. Výklad základních pojmů, který se podle všeho opírá především o knihu Stephena Wolframa *A new kind of science*, je veden promyšleně a logicky a je doplněn řadou zajímavých příkladů. Již v této kapitole se opakovaně objevuje základní myšlenka práce využít v didaktice popis někdy velmi komplexních systémů pomocí jednoduchých pravidel pro buněčné automaty a vyhnout se tak velmi náročnému (a ve školské fyzice mnohdy nerealizovatelnému) popisu pomocí standardních matematických nástrojů. Autor v této souvislosti vhodně cituje právě Wolframa a jeho úvahy o *“novém druhu vědy”*. V této souvislosti bych však pokládal za vhodné, kdyby se autor alespoň částečně věnoval i kritice Wolframových myšlenek a kontroverzím spojeným s jeho teoriemi. Za všechny zmiňme třeba kritiku jeho díla ze strany Stevena Weinberga, podle něhož Wolfram nedokázal přesvědčivě vysvětlit jediný skutečný fyzikální systém. Celkově však představuje první kapitola ucelený úvod do problematiky celulárních automatů, na němž může autor vhodně navazovat v dalších částech práce.

Druhá kapitola je věnována už specifičtěji modelování fyzikálních systémů pomocí celulárních automatů. Na začátku kapitoly autor velmi vhodně vysvětluje potřebu věnovat se fenoménům typickým jak pro systémy v přírodě, tak i pro odpovídající buněčné automaty tak, aby bylo možné ukázat jejich potenciál při modelování. Poté se detailně věnuje problematice náhodnosti a mechanismům, jimiž se v systému může projevit. Výklad je vhodně doplněn obrázky k jednotlivým případům. Detailně se autor věnuje i problematice spojitosti a diskrétnosti v přírodě a ve světě celulárních automatů, kde opět uvádí řadu zajímavých známých i méně známých příkladů ilustrujících tuto oblast. Poslední podkapitola je věnována otázkám spojeným s výpočtovou ekvivalencí přírodních a umělých systémů.

V třetí kapitole se autor dostává k popisu potenciálu celulárních automatů v didaktice fyziky. Zde rozvíjí výše uvedenou základní tezi a spatřuje příčiny neoblíbenosti fyziky u podstatné části žáků v její přílišné matematizaci a formálním pojetí. Upozorňuje rovněž na to, že nutnost prezentovat fyzikální systémy ve formě matematicky uchopitelné žáky vede k přílišnému zjednodušení problému a nemožnosti podchytit jeho důležité (a pro žáky potenciálně zajímavé) aspekty. Uvedená tvrzení demonstruje na konkrétních příkladech např. z dynamiky tekutin. Potenciál celulárních automatů vidí v možnosti překonat uvedené problémy a modelovat komplexní systémy s možností rozvinout mezipředmětové vztahy. Trošku postrádám v této kapitole hlubší oporu v literatuře, ačkoliv chápu, že s ohledem na to, jak málo je toto

téma v didaktické literatuře řešeno, není snadné najít relevantní zdroje. Ve druhé části třetí kapitoly dr. Šeba uvádí konkrétní případ proudění tekutiny a možnosti modelovat pomocí celulárních automatů a poměrně jednoduchých pravidel extrémně komplexní chování jako je vznik vírů. Příklad je opět převzat z publikace S. Wolframa, je však vhodně komentován a hezky ilustruje tvrzení autora uvedená v první části této kapitoly.

Těžiště práce z pohledu didaktiky fyziky spatřuji k kapitole čtvrté, kde autor prezentuje tři konkrétní jím vytvořené modely systémů řešené pomocí celulárních automatů: simulátor mravenčí kolonie, simulátor tvorby ptačích hejn a simulátor dopravy na silnici (tvorby dopravních zácp). Příklady pokládám i vzhledem k mezioborovým přesahům za velmi vhodně zvolené a oceňuji i to, že autor jako modelovací nástroj použil MS Excel (resp. Visual Basic), pro uživatele z řád žáků to je rozumné, protože jde o jim známé prostředí (byť v jiném kontextu, než jsou obvykle zvyklí, což ostatně autor v kapitole 4.1. uvádí). Simulace provedené autorem jsou velmi zajímavé a poučné a cením si i otázek pro žáky, které u jednotlivých systémů uvádí. Zvyšuje to podstatným způsobem didaktický přínos práce. Je škoda, že autor podle všeho dosud nevyzkoušel vytvořené simulátory ve školské praxi a nezkusil alespoň základním způsobem ověřit jejich didaktickou účinnost. Chápu však, že v současné situaci dané pandemií by to bylo problematické, a že samotné seznámení se s touto problematikou a tvorba modelů musely být pro autora dosti obtížné, takže už na didaktický výzkum nezbyl čas. V práci jsem však nenašel ani třeba odkaz, kde by si mohl zájemce simulátory stáhnout a vyzkoušet je. Myslím si, že by byla velká škoda, kdyby uvedené (podle všeho velmi zajímavé a pečlivě vytvořené) simulátory zůstaly pouze v této práci a nebyly reálně využity ve školské praxi. *Prosím proto autora práce o vysvětlení, jak hodlá dále s vytvořenými nástroji dále pracovat a zda plánuje jejich vyzkoušení ve školách.* V podkapitole 4.5 dr. Šeba uvádí řadu dalších námětů na využití celulárních automatů ve výuce. Jedná se určitě o zajímavé návrhy pro další aktivity v této oblasti, osobně bych zde však preferoval důkladné využití (a případně vylepšení, bude-li na základě poznatků z praxe potřeba) stávajících materiálů nad tvorbou dalších. Také v práci trochu postrádám nějaký návod pro učitele, jak by mohli s uvedenými materiály pracovat. Bylo by dobré, kdyby nějaký takový materiál v českém jazyce třeba ještě dodatečně vznikl, výrazně by to mohlo pomoci při využití výsledků práce ve vzdělávací praxi. Uvedené poznámky však nic nemění na to, že oceňuji autorovy nápady v této oblasti a jsem přesvědčen o tom, že vytvořil materiály mající velký potenciál přispět k naplnění jím deklarovaných cílů.

Poslední pátá kapitola posuzované disertační práce je zaměřena již jednoznačně na prezentaci oborového výzkumu v oblasti využití celulárních automatů pro simulaci provozu na silnicích, na němž se autor podílí pravděpodobně jakou součástí většího výzkumného týmu. Cením si toho, že autor vysvětluje potřebu zařadit tuto nedidaktickou kapitolu do předkládané práce a jeho vysvětlení na bázi „*proof of concept*“ (s. 100) je pro mě plně akceptovatelné. Kapitola 5.1 je obecnější a je zaměřena na představení základních matematických a statistických nástrojů využívaných v dané oblasti výzkumu. Podle všeho vychází z textu KRBÁLEK, Milan and František ŠEBA. Quantitative analysis of probabilistic dependencies in a thermal balanced traffic gas. In: *Proceedings of the international conference SPMS 2017 - Stochastic and Physical Monitoring Systems*. Prague: CTU, Czech Technical University Publishing House, 2017, p. 79-88. ISBN 978-80-01-06338-5.

Kapitoly 5.2 a 5.3 pak již přímo představují konkrétní výsledky výzkumu vycházející z reálných dat z dálnice D1 resp. z Pražského okruhu. Uvedené kapitoly nesporně přinášejí nové vědecké poznatky, které byly či budou publikovány ve vysoce uznávaných vědeckých časopisech. Kapitola 5.2 přitom odpovídá podle všeho článku KRBÁLEK, Milan, Jiří APELTAUER and František ŠEBA. Traffic flow merging – Statistical

and numerical modeling of microstructure. *Journal of Computational Science* [online]. 2019, **32**, 99-105, ISSN 18777503 a kapitola 5.3. studii KRBÁLEK, Milan and František ŠEBA. Super-Poissonian Statistics In Traffic Flow. In: *proceedings of the 19th Conference on Applied Mathematics Aplimat 2020*. Bratislava: Slovak University of Technology, 2020, p. 930-941. ISBN 978-80-227-4983-1.

Určitě nevidím problém v tom, že autor využil dosažené a publikované výsledky ve své disertační práci, v mnoha zemích je ostatně běžné, že zásadní část disertací je tvořena právě publikovanými články opatřenými úvodním komentářem. Trochu mě ale překvapilo, že uvedené články nejsou vůbec v práci odkazovány a není vyjasněn jejich vztah k ní, resp. přínos autora disertace k získaným poznatkům (prezentované publikace mají více autorů). *Prosím proto autora o vyjasnění tohoto bodu v rámci diskuze při obhajobě disertační práce.*

S uvedeným souvisí i vyjádření k publikační činnosti autora, kde mohu konstatovat, že dr. Šeba prokázal jednoznačně schopnost vědecky pracovat a publikovat v respektovaných časopisech v oblasti odborné fyziky. Poněkud v jeho přehledu publikací postrádám alespoň nějakou didakticky zaměřenou práci a myslím si, že by bylo vhodné, kdyby se svými nesporně zajímavými výsledky na poli didaktiky fyziky seznámil i tuto komunitu (což by mohlo ostatně napomoci i lepšímu využití výsledků práce ve školské praxi).

Práce je celkově zpracována pečlivě a po všech stránkách kvalitně, níže uvádím několik drobných nepřesností, na které jsem při čtení narazil:

- s. 8 – překlep (non-infinitive)
- v rámci celé práce: preferoval bych označovat obrázky jako Figure, jak je zvykem ve vědeckém textu, nikoliv jako Picture
- s. 45 – překlep some think místo something (třetí řádek zdola)
- s. 46 – This is a very general think (měla by být možná spíš idea)
- s. 50 – fyzika se na prvním stupni neučí, nemůže to být tudíž neoblíbený předmět. Některé aspekty fyziky jsou zahrnuty v přírodovědě, ale bohužel většinou jen okrajově.
- s. 132 – 52 bilion vehicles?? (spíš milion)

Závěr: Předloženou práci pokládám za kvalitní a přínosnou. Jednoznačně ji doporučuji k obhajobě a navrhuji, aby byl po její úspěšné realizaci a vyjasnění výše uvedených bodů (psaných kurzívou) RNDr. Františku Šebovi udělen akademický titul Ph.D.

V Plzni dne 4. dubna 2021

doc. Mgr. Jiří Kohout, Ph.D., oponent disertační práce