Posudek oponenta

Název práce: Komplexní čísla: zavedení a geometrické aplikace
Autor: Jiří Helus

Práce se zabývá zavedením komplexních čísel a jejich využitím zejména v geometrii, přičemž toto téma je obohaceno o stručnou historii komplexních čísel a motivaci, která k jejich zavedení vedla.

Práce je členěna do šesti kapitol. V prvních dvou krátkých kapitolách je uvedena motivace k výuce komplexních čísel a drobný náhled do jejich historie. Ve třetí kapitole jsou zavedena komplexní čísla včetně axiomatického popisu a dále jsou zde zmíněny kvaterniony a oktety. Čtvrtá kapitola se zabývá Gaussovou rovinou, geometrickou interpretací součtu a součinu komplexních čísel a Moireovou větou. V páté kapitole je stručně ukázáno použití komplexních čísel v analytické geometrii, zejména při práci s přímkou a trojúhelníkem. Poslední kapitola je věnována dalšímu využití komplexních čísel.

Práce je dobře strukturovaná a obsahuje pěkné ilustrativní obrázky. Bohužel však obsahuje mnoho nepřesných formulací, některé pojmy nejsou zavedeny včas a značení je občas dost nepřehledné. Pro čtenáře, který ještě komplexní čísla neovládá, by práce byla asi težko čitelná a mnohdy by si nebyl jist, co mu vlastně autor sděluje. Obecně tak práce působí dojmem polotovaru, který by potřeboval ještě nejaký čas na dopracování, aby z něj byla pěkná a čtivá bakalářská práce na dané téma.

V následující části uvádím hlavní konkrétní připomínky k této práci:

- Z úvodu vůbec nelze vyčíst, pro jakého čtenáře je práce zamýšlena.
- Str. 5, ř$^{16-18}$: Zde autor komentuje dvě rovnice uvedené na předchozích řádcích slovy "V dnešní době víme, že se jedná o jednu a tutéž rovnici,…", avšak uvedené rovnice stejné nejsou, jelikož pracují s jiným znaménkem koeficientů n a m.
- Str. 6: Zde autor nejdříve píše, že komplexní čísla byla přesně zavedena až roku 1821, ale dále v textu se dovídáme, že trvalo několik staletí, než se dostala do učebnic, což působí na první pohled rozporuplně.

- Str. 6, poznámka 12: Tato poznámka je nevhodně formulovaná. V první části se dovíme, že Cardanovy vzorce jsou nevýhodné (bez specifikace, v čem tato nevýhodnost spočívá), ve druhé části poznámky hovoříme o další nevýhodě.

- Str. 7, první odstavec: Tato část je zformulována tak, jako bychom v práci již rozšiřovali množinu přirozených čísel, což není pravda.

- Str. 8, axiom 15: Axiom ve skutečnosti není uveden, čtenář si jen může domyslet, jak by asi měl vypadat. Dále dvě věty, které hovoří o axiomu úplnosti, a to "(Axiom úplnosti) má mnoho ekvivalentních vyjádření. Ze všech možných si vybírám právě axiom úplnosti" zněji velmi zmateně. Jak si můžeme z různých vyjádření axiomů úplnosti vybrat právě axiom úplnosti? Pasáž na konci str. 8 je pak dle mého názoru nadbytečná.

- Str. 9, část 3.2: Zde je uvedena motivace k zavedení komplexních čísel, ale zároveň zde již operujeme s polynomem s komplexními koeficienty. To nepůsobí dobře.

- Str. 10, ř$^{9-14}$: Tato část je zmatená. Nejdříve se zavede prvek $i = \sqrt{-1}$, pak se napíše, že nevíme, zda má hodnotu $\sqrt{-1}$ nebo $-\sqrt{-1}$, a dál se zase píše, že na množině reálných čísel si díky uspořádání můžeme při odmocňování vybrat tu "správnou" hodnotu, ale neuvádí se, co je myšleno pojmem "správná hodnota".

- Str. 10, ř^{15}: Zavedení komplexního čísla ve tvaru $a + bi$ je v textu poprvé zmíněno ve větě "Zavedení $a + bi$ tedy není dobrý nápad". Proč se to objevuje na tomto místě textu?

- Str. 10, konec podkapitoly 3.2: Autor píše, že už víme, jak komplexní čísla definovat. Bohužel ale v podkapitole 3.2 komplexní čísla zavedena nebyla, i když to název této části práce slibuje. Tento problém se objevuje hned na následujících řadcích, kdy autor mluví o dvojicích, ale čtenář nemá tušení, jaké dvojice má autor na mysli. Zavedení komplexních čísel jako uspořádané dvojice je až o přibližně deset řádků níže.

- Str. 11, ř$_{12}$: Zde autor píše, že axiomy 10-15 se týkají uspořádání. Jak se axiom 15 týká uspořádání? Nebylo by možné tento axiom přidat k axiomům $C1-C9$?

- Str. 12, ř$_5$: Věta "V praxi představují číselnou osu,..." působí, jako by všechny zmiňované číselné obory, tj. $\mathbb{N}, \mathbb{Z}, \mathbb{Q}$ a $\mathbb{R}$, představovali číselnou osu. Je tomu skutečně tak?

- Str. 13, $ř^8$: Zde je zmíněno těleso. To by v práci tohoto typu bylo dobré definovat nebo alespoň zmínit, co se tímto pojmem myslí.
- Str. 16, $ř^{15}$: Zde má být $\vec{oz}$ místo $\vec{oa}$.
- Str. 16, $ř^{22}$: Pojem metrizovatelnost by rozhodně zasloužil aspoň jednu vysvětlující větu.
- Str. 20, $ř^{12}$: Zde bych vynechal zmínku o rovině, jelikoz s rovinou vůbec nepracujeme.
- Str. 22, $ř^2$: Podkapitola 5.2. není celá kapitola.
- Str. 22, $ř^{6-7}$: Z takto volného vyjádření není jasné, co znamená "výhodné" a co je myšleno libovolným útvarem.
- Str. 23, důkaz věty 3: V tomto důkazu se používá z_1, z_2 a z_3, které nejsou dříve definovány. Pro čtenáře se pak stává důkaz témeř nečitelným.
- Str. 24, $ř^3$: Zde má asi být $\omega z_1 + \omega^2 z_2 + \omega^3 z_3 = 0$.
- Str. 25, $ř^{16}$: Ve vzorečku pro $u_{1,2}$ má být $+b_1^2$ a ne $\pm b_1^2$.
- Str. 27, věta 5: Tato věta hovoří o trojúhelníku T, ale ten není definován. Až při zkoumání důkazu čtenář zjistí, že jde o trojuhelník z podkapitoly 5.2. To, že bude tento trojúhelník označen jako T, ale není uvedeno ani v této sekci, nýbrž je toto značení poprvé použito až v důkazu věty 2.

Závěr: Jelikož se jedná pouze o bakalářskou práci, navrhuji ji za bakalářskou práci uznat. Vzhledem k velkému množství nepřesností a zavádějích formulací ji však navrhuji klasifikovat známkou dobře.

RNDr. Jakub Staněk, Ph.D.
V Praze, dne 14.6.2019