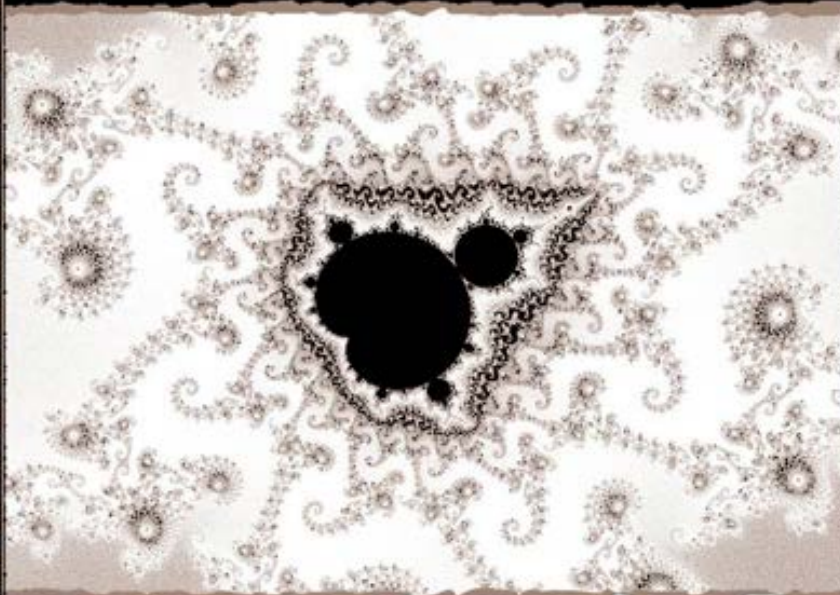


# FRAKTÁLY

NA HRANĚ CHAOSU



*Oliver Linton*



*Oliver Linton*  
**FRAKTÁLY**  
NA HRANĚ CHAOSU

Copyright © 2017 by Oliver Linton  
© Wooden Books Limited 2017  
Published by Arrangement with Alexian Limited  
Translation © Petr Holčák, 2021  
Design and typeset by Wooden Books Ltd.,  
Glastonbury, UK.

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této  
publikace nesmí být  
rozmnožována a rozšiřována jakýmkoli způsobem  
bez  
předchozího písemného svolení nakladatele.

Druhé vydání v českém jazyce (první  
elektronické).  
Z anglického originálu *Fractals: On The Edge Of  
Chaos*  
přeložil Petr Holčák.  
Odpovědná redaktorka Klára Soukupová.  
Sazba a konverze do elektronické verze Michal  
Puhač.

V roce 2021 vydalo nakladatelství Dokořán, s. r. o.,  
Holečkova 9, 150 00 Praha 5,  
dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz,  
jako svou 1122. publikaci (363. elektronická).

**ISBN 978-80-7675-037-1**

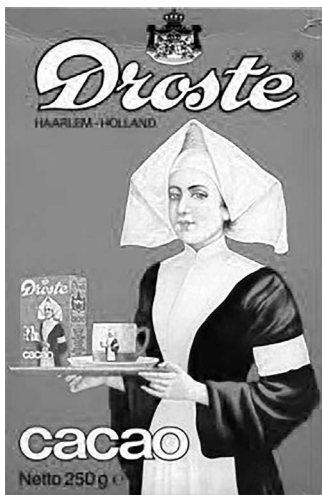
# FRAKTÁLY

NA HRANĚ CHAOSU



*Oliver Linton*

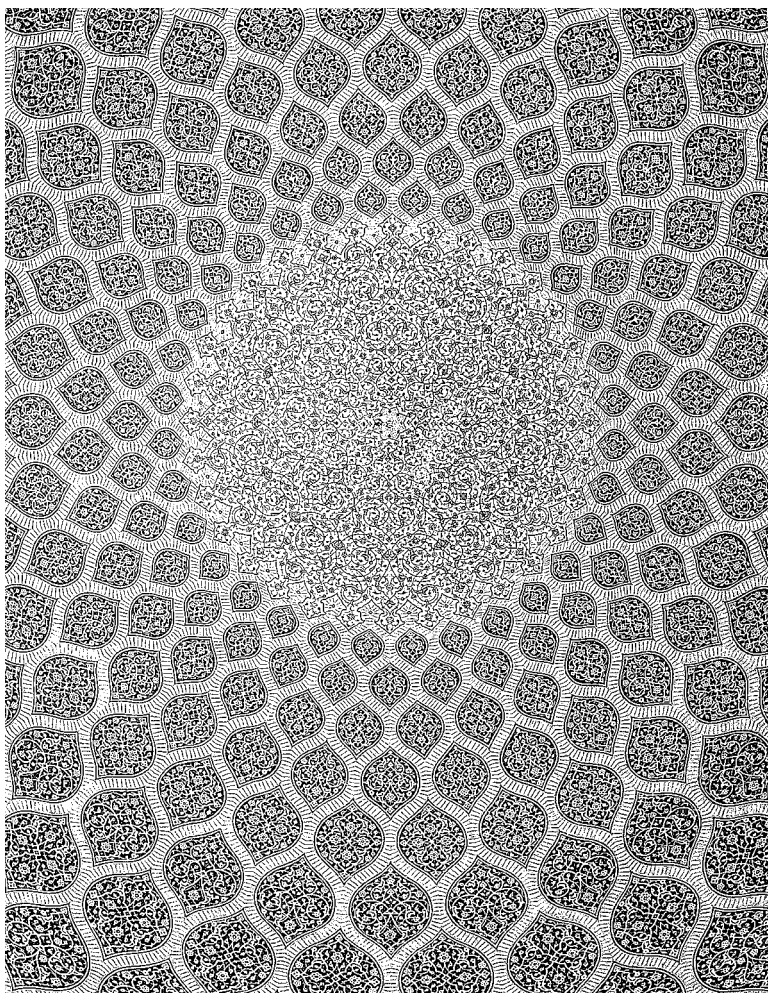
Tuto knihu věnuji Sophii Wilsonové a Stevu Furberovi, vynikajícím informatikům a počítačovým designérům, kteří vytvořili systém BBC Micro, a darovali nám tím radost z programování. Mnohé z programů použitých k vytvoření obrázků pro tuto knihu lze najít na autorově webové stránce [www.jolinton.co.uk](http://www.jolinton.co.uk). Kdo chce opravdu pochopit povahu a jednoduchost algoritmů, na jejichž základě tyto malé zázraky vznikly, udělá nejlépe, když se naučí programovat. Počítače jako Sinclair Spectrum a legendární BBC Micro daly v 80. letech každému šanci pohrát si s chaosem nebo napsat svůj vlastní jednořádkový mandelbrotský program. Za nevelké částky lze tyto přístroje stále sehnat na eBay; nepoznal jsem větší vzrušení, než když se přede mnou na obrazovce poprvé postupně a bolestně odhalovala moje první Mandelbrotova množina. Také lze investovat pár korun do Raspberry Pi a použít ke generování fraktálů nějaký jednoduchý programovací jazyk typu Tiny BASIC nebo o něco propracovanější Python.



Titulní strana a nahoře: Droste efekt je postup, kdy je dovnitř obrazu vložen teentýž menší obraz, a vzniká tím rekurzivní zobrazení. Efekt je pojmenován podle značky holandského kakaa Droste, na jehož plechovce jeptiška drží tác s plechovkou kakaa Droste, na níž je jeptiška držící...

## OBSAH

Úvod	1
Fraktály v přírodě	2
Kochova vločka	4
Hausdorffovy dimenze	6
L-systémy	8
Křivky vyplňující prostor	10
Koberce a houby	12
Fordovy kružnice	14
Hra jménem Chaos	16
Iterované funkce	18
Barnsleyovo kapradí	20
Poskakující fraktály	22
Logistická mapa	24
Atraktory a repelery	26
Ostrovy stability	28
Chaos ve skutečném světě	30
Chaos ve sluneční soustavě	32
Juliovy množiny	34
Únikový algoritmus	36
Od Juliových množin k Mandelbrotově množině	38
Mandelbrotova mapa	40
Pod zvětšovací sklem	42
Značení laloků	44
Axony a synapse	46
Iterativní orbity	48
Další kouzla s Fareyovými zlomky	50
Anténa	52
Řád a chaos	54
Newtonovy-Raphsonovy fraktály	56
Dodatek - Fraktální matematika	58



*Vnitřní výzdoba kupole mešity šejcha Lotfolláha v Isfahánu v Íránu využívá fraktální techniky opakování a postupných změn měřítka k evokování fraktálu, jež se nacházejí v přírodě.*

# ÚVOD

---

*Mraky nejsou koule, hory nejsou kužely, pobřeží ostrovů nejsou kružnice,  
kůra stromů není hladká a ani blesk necestuje po přímce.*

Benoit Mandelbrot: *The Fractal Geometry of Nature* (1982)

Matematici, přírodovědci a filozofové, zaslepení přesností eukleidovské geometrie, byli po dvě desetiletí přesvědčeni, že všechno na světě lze zobrazit pomocí přímek, rovin, kruhů, koulí a kuželů. Až tak dalece se nemýlili: modelujeme-li atomy jako koule, tváře jako mnohostěny z mnohoúhelníků a trajektorie bouřkových větrů jako přímé nebo kruhové, můžeme se hodně dozvědět.

Vděčíme za to matematické úspornosti těchto útvarů. Kouli plně popisuje jediné číslo – její poloměr, trojúhelník zase definují tři čísla – délky jeho tří stran. Dokonce i hurikán můžeme z podstatné části popsat pouhými dvěma čísly – rychlostí jeho rotace a jeho typickým průměrem.

Máme-li však podrobně popsat oblak nebo obrys pobřeží, potřebujeme miliony čísel. Jaký by to ale mělo smysl? Než všechna ta čísla zapíšeme, oblak se dávno změnil nebo zmizel. Tvar pobřeží je naproti tomu mnohem trvalejší a také důležitější. Zamysleli jste se někdy nad tím, kolik čísel byste potřebovali k popisu mapy ve své satelitní navigaci? Byly by jich miliardy.

V roce 1982 však brilantní matematik původem z Polska jménem Benoit Mandelbrot světu ukázal, že složité struktury jako tvary mraků nebo pobřeží je možné – alespoň někdy – popsat stejně snadno jako koule a přímky; tak se zrodila fraktální geometrie. Tato knížka se pokusí popsat revoluci v matematice a umění, kterou tento objev vyvolal.

# FRAKTÁLY V PŘÍRODĚ

*želva na větší želvě, ta na ještě větší želvě...*

---

Jak by se dal popsat strom? Lze například říci, že strom je prut, z něhož vychází více menších stromků. Možná to není příliš poetické, jakmile ale určíme, kolik větví musí strom mít a jaké úhly mají větve tvořit s kmenem, bude to dostatečně přesné na to, aby počítač dokázal takový strom poměrně realisticky nakreslit (*dole vlevo*). SCHRÁNKU loděnky můžeme popsat jako menší schránku loděnky s přidaným úsekem (*naproti, dole vlevo*). V obou případech celek definujeme jeho menšími částmi.

Proč má v přírodě tolik struktur podstatu fraktálu? Jednou z příčin je, že fraktály často vznikají spontánně, a to opakovaným uplatňováním určitého jednoduchého pravidla (*viz říční delta naproti*). Příroda používá fraktály rovněž z důvodu úspornosti (*viz vzor žilkování listu dole vpravo*), protože fraktální struktury bývají často nejefektivnějším způsobem, jak splnit daný úkol, ať jím je zachycení slunečního světla listem stromu nebo doprava kyslíku z plic krví do celého těla.

