

# **Kreativní kódování a generativní algoritmy jako nástroje pro tvorbu interaktivního vizuálního umění**

MgA. Aliksandra Laurova, Ph.D.

Teze habilitační práce



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
**Fakulta multimediálních komunikací**

Teze disertační práce

# **Kreativní kódování a generativní algoritmy jako nástroje pro tvorbu interaktivního vizuálního umění**

**Creative coding and generative algorithms as tools for creating interactive visual art**

Autor: **MgA. Aliaksandra Laurova, Ph.D.**

Studijní program: P8206 – Výtvarná umění

Studijní obor: 8206V102 Multimédia a design

Školitel: doc. akad. mal. Michal Zeman

Oponenti: doc. PhDr. Miroslav Zelinský, CSc.

Prof. PhDr. Eva Kapsová, CSc.

Zlín, prosinec 2022

© Aliaksanda Laurova

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Doctoral Thesis Summary**.  
Publikace byla vydána v roce 2022

*Klíčová slova: kreativní kódování, vizualizace dat, generativní umění, výpočetní umění, programování, kódování, Processing, WebGL, Shader, JavaScript*

*Key words: creative coding, data visualization, generative art, computational art, programming, coding, Processing, WebGL, Shader, JavaScript*

Plná verze disertační práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

ISBN 978-80-7678-134-4

## **ABSTRAKT**

Disertační práce se věnuje programování jako uměleckému nástroji a moderní formě sebevyjádření. Pokrývá téma kreativního kódování, generativních algoritmů, vizualizací dat, analyzuje historii a vývoj této formy umění. Součástí disertační práce jsou ukázky autorských originálních projektů včetně návodu na aplikaci metod kreativního kódování v oblasti vizualizace dat, jehož cílem je dokázat, že kreativní kódování je dostupný nástroj, který může obohatit praxi každého umělce a designéra.

Klíčová slova: kreativní kódování, vizualizace dat, generativní umění, výpočetní umění, programování, kódování, Processing, WebGL, Shader, JavaScript.

## **ABSTRACT**

The dissertation is devoted to programming as an artistic tool and a modern form of self-expression. It covers the topic of creative coding, generative algorithms, data visualization, analyzes the history and development of this art form. The dissertation includes samples of the author's original projects, including instructions for the application of creative coding methods in the field of data visualization, the aim of which is to prove that creative coding is an available tool that can enrich the practice of every artist and designer.

Keywords: creative coding, data visualization, generative art, computational art, programming, coding, Processing, WebGL, Shader, JavaScript.

# OBSAH

ÚVOD	6
1 CÍLE A METODY DISERTAČNÍ PRÁCE	7
1.1 Cíl	7
1.2 Současný stav řešené problematiky	9
1.3 Metodika práce	10
2 KONCEPT KREATIVNÍHO KÓDOVÁNÍ	12
2.1 Nástroje a programovací jazyky kreativního kódování	13
2.2 Proces vizualizace dat v kontextu kreativního kódování	15
2.2.1 Shromažďování dat	16
2.2.2 Ukládání, organizace a transformace dat	16
2.2.3 Generativní algoritmy	17
2.2.4 Import dat	18
2.2.5 Přidání principu interaktivity	18
2.2.6 Export vizualizací	18
3 PRAKTICKÁ REALIZACE	19
3.1 Realizované projekty kreativního kódování	19
3.2 Online portál	22
3.3 Výstavy	22
3.4 Spolupráce	23
4 PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI	25
ZÁVĚR	26
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	27
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	28
TVŮRČÍ ČINNOST 2017–2022	29
CURRICULUM VITAE	30

# ÚVOD

Žijeme v éře digitálních technologií, kde se k vytváření nových uměleckých směrů, stylů a technik používají četné gadgety, počítače a softwarové programy. Jednou z praktik, která si neustále získává na popularitě, je kreativní kódování – způsob využití programování k sebevyjádření. Namísto spoléhání se na existující software, jako jsou Adobe Illustrator, Photoshop, 3ds Max, Blender atd., které mají sadu specifických nástrojů, příkazů a efektů, kreativní kodéři používají k vytváření svých uměleckých děl samotné programování bez jakýchkoli předem určených omezení. Stále více umělců, architektů a designérů začíná vidět potenciál takového přístupu. Mnoho online platform, portálů a komunit slouží ke sdílení práce a učení se od ostatních. Jednou z největších výhod kreativního kódování je to, že většina programů je uložena online prostřednictvím open source, což znamená, že kdokoli může získat přístup ke kódu, stáhnout si ho, zkopírovat, změnit, použít jako základ pro vytváření něčeho jiného a navázat spolupráci mezi kodéry z celého světa.

Nicméně, když lidé, kteří nejsou obeznámeni s těmito technikami, slyší o kreativním kódování, mohou předpokládat, že je zvládnou pouze opravdoví programátoři, že je to něco, co patří spíše do světa informatiky než výtvarného umění. Ano, kreativní kódování je stále založeno na programování, ale sada různých programovacích jazyků, jako je Processing, byla vytvořena speciálně pro umělecké účely, kde jsou příkazy a instrukce zjednodušené a lze si stáhnout četné knihovny, které nahradí velké části kódu. Kreativní kodér může stejně jako tradiční umělec začít program „skicovat“ bez konkrétního plánu, může přidávat různé objekty, barvy a pohyby, aniž by sám věděl, jaký bude výsledný tvar. Výsledky často nejsou takové, jaké bychom očekávali. Změnou pouze jednoho čísla v kódu můžeme změnit celý vzhled uměleckého projektu. To je také důvod, proč je kreativní kódování tak vzrušující.

Je tradicí moderní společnosti rozdělit tok myšlenek na dva protichůdné proudy: mechanický a organický. Předpokládá se, že matematika a programování patří pouze do studeného světa logiky a přesnosti, zatímco v oblasti umění vládnu emoce a sentimenty. Cílem generativního umění a kreativního kódování je kombinovat tyto pojmy, používat kód a algoritmy jako další umělecký nástroj, stejně jako tužku nebo akvarel. Je fascinující, jak lze několik řetězců kódu převést na živý, pohyblivý obraz, jak tento obraz může pomocí kamer a senzorů interagovat s jakýmkoli fyzickým objektem v místnosti, jak se může měnit a vyvíjet. Umělecká díla vytvořená těmito technikami ukazují krásu kódu a širokou škálu možností, které umělcům přináší, obrátí pozornost lidí na vizuální programování – rychle se vyvíjející nástroj v uměleckém výkonu, na výrobu elektronické hudby, kulturu VJ a interaktivní instalace (Greenberg, s. 19-20).

Existují praktické kurzy, online lekce a tutoriály, které učí principy této disciplíny. Univerzity a vysoké školy však zaostávají, zejména v České republice. V době psaní této disertační práce zajišťovala kurz kreativního kódování pouze jedna instituce – Vysoké učení technické v Brně. Kurz je určen pro studijní program Architektura a urbanismus a zaměřuje se na kódovací techniky, které pomáhají architektům při tvorbě jejich návrhů. Jeden kurz nestačí. Vzdělávací instituce by měly sledovat pokrok a poskytovat svým studentům nejmodernější nástroje tvorby. Kreativní kódování je disciplína zaměřená nejen na programátory a matematiky, uspět v ní může každý, a i s nulovou znalostí programovacích jazyků, těžit z jejího vyzkoušení může každý umělec, designér, architekt. Kreativní kódování může otevřít dveře do světa interaktivních médií každému, kdo je připraven se učit.

## **1 CÍLE A METODY DISERTAČNÍ PRÁCE**

Tato disertační práce ukazuje možnosti kreativního kódování v oblasti vizuálních médií. Obsah práce spojuje programování, matematiku a výtvarné umění. Kombinace těchto disciplín přinese nové perspektivy do vývoje multimediální kultury. Rozvoj digitálních technologií přináší obrovský rozsah možností pro výzkum a tvorbu unikátních projektů. Spousta programovacích jazyků a platforem, stejně jako hardwarových nástrojů je k dispozici pro použití, nicméně akademická studia předmětu téměř neexistují (nemáme na mysli příručky o tom, jak se naučit programovat). Jedním z cílů disertační práce je propagovat kreativní kódování mezi kolegy a studenty univerzity a dalších organizací, ukázat krásu kódu na praktických příkladech, ukázat, že programování také patří do světa umění. Kreativní kódování je široký koncept, který kombinuje generativní umění, interaktivní design, vizualizaci informací, zvukovou vizualizaci, interaktivní instalace a představení. Mnoho moderních umělců může prosperovat začleněním kreativního kódování do své praxe. Proto je důležité podporovat tuto disciplínu mezi ostatními umělci, kolegy a studenty.

### **1.1 Cíl**

Hlavním cílem disertační práce je prozkoumat možnosti kreativního kódování v rámci vizuálního interaktivního umění, najít nejefektivnější přístupy ke kreativnímu kódování, aplikovat je v praxi a propagovat výsledek mezi ostatními umělci. Výběr předmětu vychází z osobních, akademických a pracovních zkušeností autorky v programování, matematice, informatice, digitálním designu a výtvarném umění. Spojení těchto různých disciplín v rámci jednoho projektu by mělo otevřít nové perspektivy pro rozvoj multimediální kultury.



Studie prochází teoretickým rozbořem kreativního kódování, jeho historií a vývojem, předchozími studii a objevy, umělci, kteří tyto techniky používají. Rovněž jsou zkoumány a analyzovány četné praktické příklady, jako jsou programy, skici, dynamické webové stránky, trojrozměrné objekty, videa a animace vytvořené pomocí kreativních kódovacích technik. Na základě této analýzy je vypracována praktická část disertační práce.

### **Studie má následující dílčí cíle:**

- Poskytnout aktuální přehled principů kreativního kódování, jeho definic, komponent a nejpobulárnějších postupů v rámci interaktivního vizuálního umění, vytvořit teoretický základ technických aspektů a nástrojů;

Kreativní kódování je často spojováno s řadou podobných praktik, jako je generativní umění, algoritnické umění, vizualizace dat, generativní algoritmy. Disertační práce vysvětluje tyto souvislosti a zkoumá nejpobulárnější softwarové nástroje, jako je programovací jazyk Processing a programy Shader.

- Na základě získaných znalostí a praktických zkušeností najít osobní přístup ke kreativnímu kódování pomocí generativních algoritmů a vizualizace dat;

Kreativní kódování je praktická disciplína, která vyžaduje neustálé experimenty a testování. Během let studií bylo vytvořeno velké množství programů, byly vyzkoušeny různé kódovací platformy, uspořádáno mnoho spoluprací. V disertační práci jsou popsány praktické aspekty studia, včetně návodu na práci s daty s důrazem na estetiku.

- Vytvořit online platformu, kde budou prezentovány nejzajímavější autorské projekty v oblasti kreativního kódování;

Programy často obsahují stovky řádků kódu, které nelze vložit a vysvětlit v textu disertační práce. Online platforma navíc ukáže skutečný "živý" obraz, pohyblivou animaci, vizualizaci nebo video. Veškerý kód každého programu bude uložen v open-source, což znamená, že kdokoli, kdo přijde na webovou stránku, bude moci kód číst, kopírovat, měnit a pokračovat ve vývoji. Kód bude doplněn komentáři, aby mu rozuměli i lidé bez zkušeností s programováním.

- Navázat spolupráci s dalšími organizacemi, vědci a umělci;

Techniky kreativního kódování jsou často založeny na kombinaci dat a algoritmů. Algoritmy nebo programovací instrukce pocházejí od umělce/kodéra. Data naopak mohou pocházet odkudkoli, mohou to být obrázky a fotografie, které

se kódem promění v nový objekt, mohou to být zvukové materiály, které budou např. vizualizovány programem, mohou to být jakékoli sady databází, čísel, grafů, excelových tabulek, které budou smíchány s kódem k vytvoření uměleckého díla. Různé organizace, instituce a vědci mohou poskytnout taková data ze svých experimentů. Multimediální kultura může těžit ze vzniklé spolupráce mezi umělci a vědci, kteří spolupracují jako partneři s cílem stimulovat synergie. Taková spolupráce může vést k nečekaným uměleckým dílům a dalšímu rozvoji technik kreativního kódování.

- Zúčastnit se výstav a symposií, kde budou prezentována umělecká díla vytvořená během studia, uspořádat vlastní uměleckou výstavu;

Prezentované materiály budou mít podobu tištěné grafiky, videí a interaktivních programů běžících na různých obrazovkách, tabletech a projektorech.

- Propagovat praxi kreativního kódování mezi ostatními kolegy a studenty.

Výstavy a umělecká díla ukážou, co lze vytvořit pomocí kreativního kódování, online portál a text diplomové práce může ukázat, jak tato díla vznikala. Zájem o kreativní kódování stále roste, tato práce může pomoci dalším studentům a kolegům pochopit, kde začít.

## **1.2 Současný stav řešené problematiky**

Kreativní kódování se každým dnem stává stále populárnější oblastí expresivních médií a stále více umělců hledá inspiraci v této formě. Disciplína je však stále relativně nová, neexistuje mnoho akademických studií, které by zkoumaly možnosti kreativního kódování ve světě vizuálních médií a propagovaly je jako další umělecký nástroj, který by autoři mohli využít. Tato disertační práce má za úkol tuto mezeru zmenšit.

Teoretická studie prošla různými zdroji informací, jako jsou disertační práce související s tématem kreativního kódování, knihy vztahující se ke generativnímu umění, programování a úspěšným kodérům a umělcům, články a výzkumné materiály pro konference, manuály, které popisují programovací techniky, četné online galerie a portály, kde jsou uloženy tisíce programů a skic vytvořených slavnými umělci i absolutními nováčky s otevřeným zdrojovým kódem.

Jedna z mála existujících akademických studií patří Benjaminovi Frymu (*Computational information design*, 2004). Fry je klíčová postava v generativním umění, kreativním programování a digitalizaci. Jeho disertační práce není příliš nová, ale lze ji považovat za jednu z hlavních studií v této oblasti a pravděpodobně

za první. Fry je jedna z mála postav, která posunula svět digitálních médií na novou úroveň. Spolu s Casey Reasem inspiroval Benjamin Fry novou generaci kodérů a dal každé osobě, nejen umělcům, stejnou příležitost vytvořit a oživit své nápady a projekty. Jeho disertační práce je také důležitá, protože představuje základ pro „Processing“ - softwarovou a jazykovou platformu vyvinutou Frym a jeho kolegy, která bude použita v praktické části disertační práce.

Diplomové práce Bena Frye a Alexe McLeana (*Artist-Programmers and Programming Languages for the Arts*, 2011) jsou skvělým příkladem toho, jak se teoretická studie může stát velkým praktickým projektem, který přináší užitek mnoha dalším umělcům. Jennifer Jacobs (*Dynamic Drawing: Broadening Practice and Participation in Procedural Art*, 2017) prošla hlubším teoretickým rozбором, ale výběr programovacích platforem byl opět poněkud omezený, studie by měla i nadále pokrývat všechny možnosti, které moderní technologie kreativnímu kódu poskytují. Je důležité analyzovat a porovnat různé metody programování a popsat silné a slabé stránky každé z nich.

Všechny studované disertační práce jsou zaměřeny na jeden velký praktický projekt, jehož autoři mají jasnou představu o tom, čeho a jak bude dosaženo, což je připravuje o flexibilitu a experimentování s různými materiály a technikami. Takový přístup není dokonalý, protože kreativní kódování nabízí nepřekonatelný potenciál pro experimentování s nápady, koncepty a návrhy. Teoretické části těchto disertačních prací rovněž postrádají variabilitu, autoři se většinou zaměřují na jedno téma, které je zajímavé a bude se dále rozvíjet. Dalším problémem je, že jednoduše neexistuje dostatek studií o kreativním kódování. Tyto disertační práce jsou jediné, které v současnosti s tímto tématem souvisí.

Během několika posledních desetiletí bylo vydáno mnoho knih, které se zabývají tématem programování. Existuje výrazně méně zdrojů literatury, které studují možnosti a vývoj kreativního kódování. Studium prošlo literaturou, která je spojena s historií a vývojem kreativního kódování, a také specifickými knihami, které pokrývají základy zvoleného programovacího jazyka.

### **1.3 Metodika práce**

Podle Jochena Koubka (*Creative Coding*, 2010), profesora digitálních médií na Univerzitě v Bayreuthu, kreativní kódování popisuje použití programovacích jazyků a kódu jako designového nástroje pro produkci médií. Důkladný výzkum je většinou založen na praktických experimentech a vychází z předchozích zkušeností, teoretických základů a interakce s jinými kodéry/umělci, kteří pracují v podobných oblastech. Proto je nezbytné se zapojit do komunity kodérů, účastnit se diskusí, navštěvovat výstavy a analyzovat materiály spojené s touto disciplínou.

Disertační práce a výzkum jsou rozděleny do dvou fází. První, **průzkumná**, je založena na přehledu literatury, článků a dostupných příkladů již provedených výzkumů projektů, spojených s kreativním kódováním, a na studii dostupného softwaru. Všechny zdroje jsou zkoumány, analyzovány a vzájemně porovnávány. Kreativní kódování je praktická disciplína; veškerá dostupná literatura tedy představuje tzv. kódovací manuály a popisuje vybrané programovací techniky. Práce s takovým materiálem vyžaduje jeho neustálé testování na osobním počítači. Veškerá literatura a metody kódování jsou vybírány s cílem vytvořit interaktivní vizuální umění. Tato praxe je stále poměrně mladá, takže není k dispozici tolik materiálů, které by se zaměřovaly na tuto konkrétní oblast, proto první fáze prochází širším výběrem informací. Po experimentování s dostupnými příklady se výzkum přesouvá do druhé **praktické fáze** – vytvoření originálních programovacích skic, které se zaměří na generativní algoritmy a vizualizace dat. Během této fáze bude vytvořen soubor programů, které budou veřejnosti představeny na uměleckých výstavách a sympoziích. Popis programů, včetně vybraných příkladů kódu, je k dispozici v disertační práci, plné verze programů a kódu jsou k dispozici online na speciálně vyvinuté webové stránce pro ostatní studenty/umělce, aby je mohli zkoušet, experimentovat a vyvíjet.

Studie odpovídá na další výzkumné otázky:

1. Jaká je současná praxe kreativního kódování, a jak umělci/programátoři aplikují kreativní metody kódování v oblasti interaktivního vizuálního umění?

Praxe kreativního kódování je stále velmi nová, neexistují striktní hranice toho, co může zahrnovat, ani přesná definice toho, co vlastně představuje. K zodpovězení této otázky studie prochází přehledem již provedených teoretických výzkumů a analýzou moderních metod kreativního kódování v rámci multimediální kultury. Kapitola „Definování pojmů“ popisuje kontextové chápání fenoménu kreativního kódování a jeho vzájemný vztah se srovnatelnými mediálními koncepty, jako je generativní umění, algoritmičké umění, fraktální umění, kódové umění atd. Kapitoly „Průkopníci a průkopnické technologie generativního umění“, „Od generativního umění ke kreativnímu kódování“ a „Kreativní kódování v moderní době“ zkoumají přístup autorů k tvorbě interaktivních vizuálních uměleckých děl jako jsou interaktivní instalace, animace, vizualizace datových materiálů. Během průzkumu bylo zjištěno, které programovací platformy, software a hardware tito autoři používají a proč, kterým nejčastějším problémům čelí. Tento postup může pomoci prozkoumat téma kreativního kódování na více úrovních, získat různé názory a komplexní pohled na předmět a obohatí teoretickou základnu multimediálního designu.

2. Jaký je postup a programovací metody při vytváření interaktivních uměleckých děl se zaměřením na generativní algoritmy a vizualizaci dat?

Při zkoumání tématu digitálního designu, kódování a programování nestačí pouze teoretická analýza. Všechny studované metody a příklady by měly být vyzkoušeny v praxi. Většina disertačních prací, knih a článků popisuje projekty s poskytnutým kódem, aby si je čtenáři mohli vyzkoušet na vlastních počítačích. Existuje mnoho programovacích jazyků, které lze použít pro umělecké účely, každý jazyk má své vlastnosti a parametry, některé se hodí lépe pro složité 3D scény, jiné pracují s jednoduššími animacemi pro dynamické webové stránky. Mezi důležité faktory, které je třeba vzít v úvahu při výběru programovacího jazyka, patří: požadovaná rychlost zpracování (kompilované vs. interpretované jazyky), sady nástrojů dostupné pro práci s vizuálními médii, spolehlivost, dostupné knihovny, složitost metod, kompatibilita s hardwarovým vybavením nezbytným pro interaktivní přístup (kamery, senzory, mikrofony atd.). Kapitola „Nástroje a programovací jazyky kreativního kódování“ popisuje nejpopulárnější jazyky a jejich specifika, sem patří JavaScript, Processing, p5.js, WebGL, GLSL Shadery, Python a vizuální programovací jazyky.

Výsledkem testování je výběr dvou programovacích platforem, které jsou kompatibilní a vhodné pro umělce a studenty, kteří nemají hluboké znalosti programování. Jedním z cílů tohoto výzkumu je propagovat kreativní kódování mezi studenty, kolegy a umělci, kteří jsou v této oblasti noví. S velkým počtem možností může být obtížné učinit první krok a zvolit vhodný programovací jazyk. Platformy, které byly vybrány pro praktickou realizaci disertační práce, jsou: **Processing a Java, Shaders a WebGL.**

V době psaní této disertační práce nebyly nalezeny žádné akademické studie, které by popisovaly kroky vytváření děl výtvarného umění na základě datových vizualizací a generativních algoritmů. Cílem tohoto výzkumu je zacetit mezeru a poskytnout popis a vysvětlení hlavních kroků potřebných k vytvoření originálních uměleckých objektů. Kapitola „Proces vizualizace dat v kontextu kreativního kódování“ představuje originální postupy autorky při práci s velkými soubory dat.

## 2 KONCEPT KREATIVNÍHO KÓDOVÁNÍ

V průběhu posledních 60 let se náš svět změnil na digitální. Žádná forma umění nezachytila toto přechodné období – naše období – líp než **generativní umění**. Generativní umění plně využívá všechno, co může počítač nabízet, a produkuje elegantní a působivá umělecká díla, která rozšiřují stejné principy a cíle, které umělci sledují od počátku moderního umění (Bailey, 2018).

Co přesně generativní umění je? Definice od Jasona Baileye (2018) spočívá v tom, že generativní umění je umění naprogramované pomocí počítače, který úmyslně uvádí náhodnost jako součást svého procesu tvorby. Úlohou umělce je

navrhnout nebo ovlivnit tento proces do určité míry. Tato definice může vést k zavádějícímu závěru, že umělec má nulovou kontrolu a počítač náhodně vytváří návrhy a výkresy; nebo že umělec má úplnou kontrolu a kód je vždy proveden přesně tak, jak je napsán, a generativní umění tak ztratí prvky náhody, chaosu, objevu a spontánnosti, které často dělají umění výjimečným. Pravdou je, že generativní umělci obratně řídí jak velikost, tak umístění náhodnosti zavedené do tvorby. Kontrolovaná náhodnost může znít protichůdně, ale při pohledu na historii umění si lze všimnout, že lidé vždy vyhledávali způsoby, jak do své práce zavádět náhodnost pro stimulaci kreativity. Proces kódování generativního umění je ve skutečnosti velmi podobný normálnímu malování nebo skicování.

Jedna jednoduchá, ale nejpoužívanější definice tvrdí, že **kreativní kódování** je typ počítačového programování, jehož cílem je vytvořit něco expresivního namísto něčeho funkčního (*Creative coding*, 2014). Termíny generativní umění a kreativní kódování se používají v tandemu a nahrazují se při různých příležitostech již od nejranějších dnů počítačové historie. Četné oblasti počítačového umění (algoritmické umění, procedurální umění, výpočetní umění atd.) se shodují se vzájemným popisem a představují stejné nebo podobné odvětví. V souhrnu studovaných termínů lze uvedenou definici rozšířit a konstatovat, že kreativní kódování je:

- akt použití počítačového programovacího softwaru k vytváření uměleckých děl, designu, architektury, hudby atd.
- způsob použití kódu k tvorbě umění;
- procedurální způsob tvorby expresivních médií;
- spolupráce umělce a počítače;
- průsečík organického a mechanického světa;
- umění přeměnit sady algoritmů na grafiku, vizualizace a animace.

Kreativní kódování je úzce spjata s jinými formami počítačového umění, může využívat stejné matematické postupy jako algoritmické umění, stejný soubor dat jako při vizualizaci dat, stejné interaktivní principy jako umělci pracující s interaktivními instalacemi.

## **2.1 Nástroje a programovací jazyky kreativního kódování**

Potenciálně lze pro kreativní účely použít jakoukoli technologii nebo programovací jazyk, historie kreativního kódování to dobře dokazuje, nicméně určité knihovny, software a programovací prostředí byly speciálně vytvořeny tak, aby napomáhaly rychlému prototypování a vývoji kreativních děl, zvláště když

umělec má menší nebo nulové zkušenosti s programováním. Mezi často používané softwarové sady nástrojů v této souvislosti patří: Processing, p5.js, Three.js, D3.js, Shaders, cables.gl, Python, openFrameworks, Cinder a další.

Jak vyplývá z teoretické analýzy literatury, článků, praktických příkladů mnoha moderních kreativních kodérů a vlastních zkušeností s programováním, nejpoblíbenějšími kreativními kódovacími jazyky, které budou podrobněji studovány, jsou: **Processing, JavaScript, WebGL**.

Je pravděpodobné, že nejoblíbenějším a nejznámějším nástrojem pro kreativní kodéry je **Processing**. Processing je open-source software (software s otevřeným zdrojovým kódem), programovací jazyk a prostředí, které lze spustit na Mac OS, Windows a Linux. Processing byl speciálně navržen tak, aby byl co nejjednodušší pro začínající programátory a umělce, s vědomím, že jeho jednoduchost bude přínosem i pro zkušenější uživatele. Processing dokáže vykreslit téměř jakýkoli typ digitálních médií: vektor, rastrové obrázky, 3D modely, animace, síťovou komunikaci, vizualizaci dat. Podporuje mnoho vstupních a výstupních zařízení: myš, klávesnici, touchpad, kamery, senzory, audio zařízení atd.

Populární volbou pro tvorbu umění pomocí kódu je **JavaScript (JS)**. JS je programovací jazyk, který je vedle HTML a CSS jednou ze základních technologií World Wide Web. JavaScript je nejpoblíbenější programovací jazyk na světě. JS již běží v jakémkoli prohlížeči na počítači uživatele, na tabletu a na chytrém telefonu. JavaScript nebyl původně vytvořen pro potřeby kreativního kódování, ale má četné knihovny a frameworky vyvinuté speciálně pro tyto účely. Framework je struktura, na které lze stavět software, slouží jako základ, takže programátor nemusí začít psát program úplně od nuly. Každý framework má sadu přednastavených příkazů a nástrojů navržených pro konkrétní účel. Pro JavaScript existuje více než sto tisíc knihoven, které umožňují provádět širokou škálu operací.

**WebGL** (Web Graphics Library) je JavaScriptové aplikační programovací rozhraní pro vykreslování interaktivní 2D a 3D grafiky v jakémkoli moderním webovém prohlížeči bez použití dalších skriptů (Tavares, 2012). Programy WebGL se skládají z řídicího kódu napsaného v JavaScriptu a kódu shaderu napsaného v jazyce OpenGL ES Shading Language (GLSL ES) a běží na GPU počítače, takže pro rychlejší vykreslování je potřeba lepší grafická karta. WebGL je nový standard pro 3D grafiku na webu. Je navržen tak, aby vykresloval 2D a 3D grafiku a objekty a učinil je interaktivními v kompatibilních webových prohlížečích. Kodéři a umělci pomocí tohoto nástroje mohou vytvářet obrázky jakékoli složitosti, od jednoduchých geometrických až po fotorealistické, rotující objekty, 3D scény, každý z nich může být interaktivní - bude reagovat na počítačovou myš nebo klávesnici, zvuk, mikrofon. K zobrazení výsledku nebo vykreslení takového objektu/scény není třeba instalovat žádné další zásuvné

moduly, což umožňuje uživatelům webu užívat si interaktivní obsah online bez dalších komplikací.

## **2.2 Proces vizualizace dat v kontextu kreativního kódování**

Žijeme ve věku „velkých dat“, kde se každý den generuje bilion řádků informací. Vizualizace dat je trend, který pomáhá organizovat tyto toky informací a reprezentovat je pomocí vizuálních prvků, pomáhá vidět propojení mezi různými částmi systému, pochopit jeho chování a analyzovat výsledek. Vizualizace dat se stala novou uměleckou praxí, kde jsou informace transformovány do abstraktních estetických forem. Datoví umělci se mohou inspirovat každodenním životem, sociální interakcí, přírodní vědou, předpovědí počasí, literaturou a hudbou. Tito umělci berou dostupná data, často nevyčíslitelné zásoby informací, a přeměňují je v umělecká díla.

Četné programovací jazyky pomocí specifických algoritmů pomáhají transformovat obrovské soubory informací, čísel, zvukových materiálů do vizuálních objektů a zpřístupňovat je prostřednictvím interaktivních webových stránek, živých a pohyblivých obrázků, videí, instalací atd. Je to další forma umění, která svou mírou autonomie proměňuje chladné logické struktury v hotová umělecká díla. Při práci s daty v rámci projektu kreativního kódování nejsou data vizualizována pro informační účely ve formě grafů a tabulek. Data se používají jako tvůrčí síla pro umělecké dílo, které ve své konečné podobě nemusí prozradit, odkud se vzala prvotní inspirace.

Proces vizualizace dat v rámci kreativního kódování se u jednotlivých uměleckých děl liší. Nicméně v průběhu let praxe autorkou bylo stanoveno několik obecných kroků, které mohou platit pro většinu projektů, mezi něž patří:

- Výběr programovacího jazyka
- Shromažďování dat
- Ukládání, organizace a transformace dat
- Generativní algoritmy
- Import dat
- Přidání principu interaktivity
- Export vizualizací



## 2.2.1 Shromažďování dat

**Data** lze definovat jako soubor jednotlivých faktů nebo statistik. Data mohou mít podobu textu, čísel, obrázků, symbolů, zvuků. Data mohou například zahrnovat ceny, vzdálenosti, adresy, věk, jména, teploty, roky atd. Data jsou hrubou formou znalostí a sama o sobě nemají žádný význam a velmi často strukturu. Jinými slovy, data musí být interpretována a organizována, aby měla význam (Hill, 2015). Jaká data se často používají ve vizualizacích? S jistou dávkou kreativity lze vizualizovat všechny typy dat: informace z oblastí vědy, jako jsou výsledky vědeckých experimentů, principy základní fyziky, matematické vzorce a algoritmy, astronomická data, data o počasí, zvukové a grafické materiály a mnoho dalších.

Vědecká spolupráce je skvělým způsobem, jak zvýšit povědomí veřejnosti o určitém problému, studii nebo tématu, není to však jediný způsob. Data mohou pocházet od samotného umělce i z okolního světa. Tabulky s čísly a písmeny jsou nejběžnějším typem dat používaným v praxi kreativního kódování a v podstatě jde o formát, do kterého budou muset být převedeny všechny ostatní typy. Ale jako výchozí bod lze jako data pro vizualizace použít jiné materiály. V tomto procesu lze použít obrázky, fotogalerii, video, animaci, 3D objekt, záznam zvuku. Všechny tyto materiály nesou obrovské množství informací, neboli dat, které budou později smíchány s kódovými algoritmy, aby se tento zásadní kus inspirace proměnil v originální umělecký projekt.

## 2.2.2 Ukládání, organizace a transformace dat

V programování čísla ovládají vše: objekty, tvary, postavy, pohyb, směry, rychlost, transformace, a dokonce i barvy. Jedním ze způsobů, jak přenést shromážděná data do programování, je převést je na čísla. Často získaná data jsou již uložena v číselné podobě. Jedním z nejběžnějších způsobů, jak tato data uložit a použít v programech, jsou tabulky v Excelu. Mnoho programovacích jazyků pracuje se souborovým formátem **Excel (XLXS, XLS)** a umí číst čísla přímo z tohoto souboru bez nutnosti kopírování a vkládání mnoha řádků informací do samotného programového kódu, což je velmi výhodné pro rozsáhlé databáze, které ukládají stovky, tisíce nebo dokonce miliony čísel.

Když počáteční informace nepřichází v číselné podobě, existují určité způsoby, jak je přeložit, v závislosti na původním zdroji. Při práci s abecedními a v některých případech speciálními doplňkovými znaky a řídicími kódy existuje na výběr mnoho systémů kódování znaků, které byly vyvíjeny v průběhu let. Tento proces je známý jako **kódování znaků** – praxe přiřazování čísel ke znakům, což umožňuje jejich ukládání, přenos a transformaci pomocí počítačů (*Character Encoding*, 2010). Mezi běžné příklady systémů kódování znaků patří Morseova abeceda, Baudotův kód, Americký standardní kód pro výměnu informací (ASCII)

a Unicode. Pro práci s **vizualizací 3D modelu**, nikoli ve své podstatě tak, jak byl model vytvořen tak, aby vypadal, ale s daty z něj získanými, je nutné exportovat informace o geometrii 3D objektů. Exportované soubory se často používají pro výměnu informací, CAD a 3D tisk. K exportu číselných dat ze **zvukového souboru** bude zapotřebí audio software, jako je program Audacity. "Sample Data Export" je funkce, která umožňuje exportovat hodnoty amplitudy pro každý vzorek, číst hodnoty po sobě jdoucích vzorků z vybraného zvuku a vkládat tato data do prostého textu, CSV nebo HTML souboru. Číselné informace lze získat z **obrázků, fotografií a videí**. Jedním ze způsobů, jak toho dosáhnout, je získat barvu každého pixelu tohoto obrázku a převést jej do jeho číselného formátu. Každý pixel na obrazovce je trojicí zdroje červeného, zeleného a modrého světla (model RGB). Barva každého pixelu může být reprezentována jako 6místné hexadecimální číslo nebo trojice desetinných čísel v rozsahu od 0 do 255.

### 2.2.3 Generativní algoritmy

Kreativní kódování neboli generativní umění má hlavní jádro – algoritmus, nebo soubor pravidel, systém. Tato pravidla vytvářejí vše, od estetických kompozic po textury a zvuky. Pojem generativní algoritmus se nevztahuje pouze na programování, zjednodušeně řečeno je to specifický soubor pravidel, systém, podle kterého se objekt chová a vyvíjí. Generativní algoritmy mohou zahrnovat matematické, biologické, fyzikální přístupy. Například biologie nám poskytuje velké množství různých vzorů odvozených z přírody, jako jsou listy, větve, krystaly a fraktály. Matematika je zodpovědná za geometrické tvary, plochy, křivky a grafy. Fyzika popisuje různé druhy hmoty, její pohyb a chování, prostor a čas, energii a sílu. Každý z těchto přístupů může být použit jako základ uměleckého projektu, jeho inspirace a bude určovat vývoj a vizuální výsledek.

Myšlenkou použití generativních algoritmů v kreativním kódování je prozkoumat design a algoritmická řešení prostřednictvím experimentování. Vzory a sítě v okolním světě, v přírodě, vesmíru, v digitálních databázích mohou být přeměněny na vodítka pro vytváření kódovaného uměleckého díla; složité a komplikované struktury mohou být výsledkem souboru jednoduchých pravidel. Součástí výzvy je pokusit se duplikovat nějaký vzor nebo pohyb s co nejmenším počtem řádků kódu a co nejjednoduššími pravidly.

Jednoduše řečeno, třetím krokem vytvoření vizualizace dat (nebo prvním skutečným krokem, předchozí dva lze považovat za předpřípravu) je nastavení počáteční sady pravidel/algoritmů/vzorců ve formě programovacích příkazů, které se často inspiroují biologickým, fyzikálním nebo matematickým vzorem – pohyb objektu, geometrie tvarů, růst a větvení stromu, mapa mořských proudů, vzory souhvězdí, chování světelných paprsků, složitost fraktálu atd. Další experimentování s algoritmy odsouvá vizualizaci od původní sady pravidel a přináší do kódu stále více originality.

## 2.2.4 Import dat

Po vytvoření první sady pravidel a algoritmů je dalším krokem zavedení dat do programu. Při práci se sadou čísel jsou pole (v angličtině: array) nejběžnějším způsobem, jak je vložit do kódu. V informatice je pole datovou strukturou sestávající ze souboru prvků, hodnot nebo proměnných. Jednoduše řečeno, je to seznam dat. Je možné mít pole jakéhokoli typu dat. Ať už se jedná o přímé vložení čísel z jakékoli databáze, nebo odkaz na online databáze nebo soubor CSV s daty. Jakmile je pole zavedeno, lze je použít k určení geometrie objektu, jeho pohybu nebo barev, lze jej použít v jakékoli části programu k ovlivnění jakéhokoli detailu vizuálního výsledku.

## 2.2.5 Přidání principu interaktivity

Často, ale ne vždy, jsou aplikace vytvořené technikami kreativního kódování založeny na principu interaktivity; program přijímá vstupní data a na základě těchto informací provádí úpravy vizuálního výsledku. Detekce pohyblivých objektů se tak stává klíčovou technologií pro takový druh projektů. **Detekce pohybu** lze definovat jako proces zachycení změny polohy objektu ve vztahu k jeho okolí a samotnému zařízení. Detektor pohybu je speciální zařízení, které zachycuje pohyb fyzického objektu. Některá zařízení detekují přítomnost osoby v určitém prostoru, jiná zachycují zvuky nebo jakékoli rušení v povrchové rovnováze, jako jsou seismometry.

V kreativním kódování se hardwarové komponenty pro vkládání dat z prostředí používají k interakci s divákem a ke změně vizuálu programu. Kamery a senzory mohou zachytit pohyb nebo zvuky nebo jen přítomnost diváka a na základě těchto informací změnit geometrii objektu nebo jeho pohyb, barvy. Používají se nižší (jednodušší) formy interakce bez dalšího hardwaru, ale v rámci standardní či běžnější výbavy počítače, notebooku, tabletu či mobilního telefonu – myš, klávesnice, touchpad, dotyková obrazovka. Jednoduchý algoritmus umožní komukoli ovlivňovat obraz na obrazovce dotykem nebo stisknutím určitých kláves na klávesnici, všechny programovací jazyky používané pro kreativní kódování takové interakce podporují, některé již mají vestavěné knihovny, jiné vyžadují dodatečné instalace. Použití počítačové myši nebo kurzoru na obrazovce je nejběžnějším způsobem vložení interakce do programu, je definováno numerickými daty dvou proměnných: pozice  $x$  a  $y$  na obrazovce, a jak již bylo zmíněno, numerická data mají velký vliv na jakékoli kódovací projekty.

## 2.2.6 Export vizualizací

Po dokončení hlavních fází vizualizace dat, jako je získávání a organizace dat, vytvoření počáteční sady pravidel a generativních algoritmů, vložení dat do programovacích příkazů a přidání interaktivity, posledním krokem bude export

vizuálního výsledku. Ve svém jádru jsou projekty kreativního kódování podobné – jde o sadu programovacích příkazů. Ale způsob, jakým jsou tyto projekty prezentovány, se může lišit. Grafika, animace, 3D objekty atd. mohou být uloženy v počítači, zaznamenány jako video nebo exportovány jako EXE program. Existuje mnoho možností pro online ukládání programů a vizuálů – od mnoha programovacích portálů s otevřeným zdrojovým kódem, kde si každý návštěvník může prohlížet, kopírovat a upravovat příkazy, až po originální webové stránky autora a sociální média. Umělecké projekty lze prodávat jako NTF. Grafiku bylo možné tisknout na jakýkoli možný materiál, na který nám moderní technologie umožňují tisknout, 3D objekty lze tisknout na 3D tiskárnách. Při prezentaci děl na výstavách mohou autoři využít velkoplošné projekce, plátna, monitory, LED stěny apod.

### **3 PRAKTICKÁ REALIZACE**

Důležitou součástí disertační práce a studia je uplatnění všech získaných znalostí a zkušeností do osobních uměleckých projektů, vytvořených pomocí generativních algoritmů aplikovaných v rámci zvoleného programovacího prostředí. Výstupem disertační práce je soubor interaktivních programů a uměleckých projektů, které byly během let studia prezentovány na uměleckých výstavách, festivalech a sympoziích, a také online portál s podrobným popisem každého projektu.

Disertační práce má několik praktických výstupů:

- 1 umělecká díla vytvořená technikami kreativního kódování, která byla prezentována na různých výstavách, sympoziích (mezinárodních i tuzemských), v galeriích;
- 2 závěrečná výstava s vybranými uměleckými díly vytvořenými během let studia;
- 3 online portál s popisem všech uměleckých děl, jejich metod a zdrojového kódu, který si ostatní mohou prohlédnout a prostudovat.

#### **3.1 Realizované projekty kreativního kódování**

Za léta studia vzniklo velké množství projektů. Některé byly představeny veřejnosti na výstavách a sympoziích, jiné spatřily světlo výhradně online. Všechny projekty byly vytvořeny pomocí technik kreativního kódování, za použití generativních algoritmů a několika programovacích jazyků.

**Vizualizace dat jako výzva estetiky.** Projekt představuje vizualizaci velkoobjemových dat jako nový trend ve vizuálním umění. Projekt vznikl ve spolupráci s doc. PhDr. Miroslavem Zelinským CSc. a Centrem polymerních systémů UTB. Jde o ukázky vizualizací velkého datového toku, který vzniká při analýze pokusů narušit strukturu materiálů pro výrobu pneumatik a dalších pryžových součástí, u kterých dochází k oděru a dalším způsobům opotřebení. Číslo představující tato data byla vložena do programovacích algoritmů (Processing), které vyústily v sadu symetrických „zrcadlových“ obrázků a videí. Experimentální částí tohoto projektu je sonifikace dat. **Sonifikace dat** je převod dat do neřečového zvuku za účelem přenosu informací nebo vnímání dat. Je to zvukový ekvivalent běžnější praxe vizualizace dat. Byly použity další algoritmy pro přeměnu číselných dat na zvuky, které obohatily výslednou vizualizaci.

**See the wind.** Vizualizace vznikla během týdenního pobytu v Ceredu v rámci projektu „Next Generation“. K vytvoření vizualizace bylo použito prostředí Processing s jeho režimem p5.js. Program využívá data z nejbližší meteorostanice prostřednictvím portálu Openweathermap. Portál sdílí v otevřeném přístupu údaje o počasí z celého světa, zobrazující teplotu vzduchu, vlhkost, stupeň a rychlost větru, poryvy větru, oblačnost atd. Větr a jeho energie byly podnětem k práci a ukázaly tento fenomén z jiné perspektivy. Vytvořený program mění tato data na pohyblivé mapy. Byly připraveny tři různé záznamy větrných pohybů, které byly zachyceny během pobytu v Ceredu. První je z nočního Ceredu, s cvrčky a slabým deštěm. Druhý, když byla obloha zatažená a v dále zněla bouřka. Poslední je z chladného slunečného rána. Záznam byl prezentován formou videí obohacených o zvuky deště, vzdáleného hromu a větru. Později byl projekt rozšířen tak, aby pokryl nejen Cered, ale i další velká i malá města po celém světě. Mezi studovaná města patří: Zlín, Praha, Brest, Kyjev, Charkov, Toronto, Berlín, Gíza, Jeneau a další. Program běží online prostřednictvím portálu OpenProcessing.

**Everything flows, nothing remains.** Vizualizace objektu je výsledkem spojení programovacích algoritmů a počítačových dat z frézy HWT, kterou tvůrci účastníci se symposia PANTA RHEI používali pro tvarování svých materiálů, od frézování dřeva po řezání plastů. Vizualizace byla vytvořena pomocí programování WebGL. Data získaná z frézy byla použita k vytvoření 3D objektu, jehož forma byla inspirována fraktálem - nekonečným geometrickým tvarem se složitými vzory, které jsou sobě podobné v různých měřítcích. Vytvořený fraktál je 3D objekt zbarvený do modré palety. Kamera, která zobrazuje výsledek na obrazovce, se pohybuje mezi jeho různými součástmi, od vzdálených až po blízké části pomocí různých úhlů. Konečným výsledkem je 8minutové video, které ukazuje 16 různých částí a nastavení fraktálu, každé o délce 30 sekund.

**Symposium Art Colony Cered: Zvukový deník.** Vizualizace zvukového deníku, která slouží jako pozvánka pro další ročník a zároveň tematická výzva

výtvarného sympozia Art Colony. Vizualizace vychází ze zvukového materiálu, který doc. PhDr. Miroslav Zelinský CSc. natočil během svého pobytu v Ceredu. Sada speciálně vyvinutých programovacích algoritmů analyzuje zvuky a mění je v abstraktní „živé“ objekty, které se pohybují, mění a vyvíjejí.

**Under** – vizualizace zvukových vln. Základem je album Undercurrent jazzového pianisty Billa Evanse a jazzového kytaristy Jima Halla z roku 1962. Čísla získaná z alba byla vložena do programovacích algoritmů, které kreslí čáry a víry různých barev. Velká sada čísel vložených do kódu způsobí, že se víry mění a rostou a vytvářejí pohyblivý živý objekt. Tento projekt neprochází standardní cestou audio vizualizací, víry a linky se nepohybují do rytmu hudby, ale představují data z ní získaná.

**Bright matter, Superčástice** – vizualizace dat z projektu CREDO. CREDO – mezinárodní vědecký projekt, jehož cílem je otestovat jednu z moderních teorií o tom, čím může být temná hmota vesmíru. Data získaná z projektu byla převedena do číselné podoby a vložena do 3D objektu vytvořeného programováním WebGL na portálu ShaderToy. Počáteční algoritmus kreslí velkou sadu částic různých tvarů a barev, které jsou náhodně rozmístěny na obrazovce. Částice nejsou statické, pohybují se, mění se, narážejí do sebe a vytvářejí chaotický vír. Data ovlivňují trajektorie, po kterých se tyto částice pohybují. Program je interaktivní, reaguje na dotek diváka. K vytvoření alternativní verze vizualizace stejných dat byla použita stejná sada nástrojů, ale jiný algoritmus a přístup. Místo vytvoření sady mnoha částic počáteční algoritmus nakreslí jeden 3D objekt sférického tvaru. Data, která jsou vkládána do kódu, začnou měnit geometrii tohoto objektu, roztahovat jej a deformovat, vytvářet další vzory na jeho povrchu.

**Pánev, kyčle.** Experimentální vizualizace dat získaných z 3D modelu sdíleného Slezskou univerzitou v Opavě, Fyzikálním ústavem. 3D modely přesně zmapovaných částí a orgánů lidského těla, jako je kyčle a pánev, byly exportovány jako číselná data popisující souřadnice každého bodu objektu. Podle stejného principu jako u vizualizace Superčástice byl algoritmus sestaven tak, aby vytvořil sférický objekt. Do vzorce tohoto objektu byla vložena číselná data, která vedla ke změně jeho vzhledu. Objekt se pohybuje, otáčí a vytváří dojem „dýchajícího“ tvora, který se v rytmických intervalech rozšiřuje a stahuje. Objekt je interaktivní, reaguje na dotyk na obrazovce a kurzorem myši.

**The stars of Cered** – vizualizace hvězdných dat pro Symposium ArtColony v maďarském Ceredu. Mobilní aplikace Star Chart zachycuje vesmírné objekty daleko za horizontem: hvězdy, souhvězdí, galaxie, planety, komety, meteory, mlhoviny. Zobrazuje také vesmírná data: vzdálenost objektu od Země, absolutní a zdánlivou velikost, stupeň a azimut. Během sympozia v roce 2022 byly tyto údaje, četné řady čísel, shromážděny od mnoha hvězd a dalších vesmírných objektů. Byl použit stejný přístup jako u jiných dříve popsanych vizualizací: čísla

byla vložena do algoritmů, které vykreslovaly mapu nestejných geometrických tvarů. Čísla ovlivňovala tyto tvary, jejich velikosti a vzdálenosti od sebe, stejně jako jejich pohyby. Kamera prochází bezmeznými kupami těchto objektů nebo nově naprogramovaných hvězd. Program běží online na portálu ShaderToy a může běžet v neomezené smyčce, naprogramovaný vesmír stejně jako ten skutečný je nekonečný. Pro prezentaci výsledku veřejnosti bylo natočeno několikaminutové video obohacené o zvukové efekty z NASA Space Sounds, které ukazuje oblohu Cereu z jiné perspektivy.

### 3.2 Online portál

Jedním z cílů disertační práce je vytvoření online portálu, kam se budou nahrávat všechny probíhající experimenty s kreativním kódováním, datovými a audio vizualizacemi. Tento portál představuje strukturovanou základnu kreativních metod kódování, včetně popisu experimentů s různými programovacími jazyky a platformami. Tato základna je zaměřena na různé typy dat, většinou ve vztahu ke světu vědy, jako jsou generativní algoritmy, výsledky vědeckých experimentů, principy základní fyziky, matematické vzorce a algoritmy, zvukové materiály. Portál obsahuje popis nejužitečnějších způsobů grafického znázornění dat v rámci vizuálního umění pomocí vybraných programovacích platform, které umožňují vytvářet, manipulovat a interagovat s těmito reprezentacemi. Portál si klade za cíl pomoci umělcům a designérům orientovat se mezi technikami kreativního kódování, získat inspiraci a udělat první kroky do světa kreativního kódování a digitálních vizualizací.

Portál dostal název **Data Art** (datové umění), je plně funkční, obsahuje vybrané projekty kreativního kódování. Odkaz: <https://antrague.com/>

### 3.3 Výstavy

**Hlavní praktický výstup** je realizován formou **výtvarné výstavy**. Název: **Undercurrent**. Kurátor: doc. PhDr. Miroslav Zelinský CSc. Termín výstavy: 25.05.2022 – 9.06.2022.

Na stěny galerie bylo pomocí galerijních projektorů promítáno 5 audiovizuálních děl, velkoplošné monitory promítaly díla se zvukem, který mohli návštěvníci slyšet přes sluchátka, byly spouštěny interaktivní programy na 3 menších monitorech připojených k počítači, programy, které mohl každý návštěvník ovlivnit tak či onak dotykem obrazovky a nakonec bylo na výstavě představeno 8 velkoplošných plakátů s projekty vizualizace dat. Některé projekty, které byly na výstavě představeny, vznikly již dříve, jiné jsou dělané přímo pro tuto akci. Každé dílo je počítačový program napsaný pomocí technik kreativního kódování. Každý počítačový program ovládá obraz na monitoru a zobrazuje různé grafické objekty – měnící se, „rostoucí“ fraktální obrázky, trojrozměrné objekty

a animace – vše generované ničím jiným než kódem. Některé vizualizace interagují s divákem – mění své tvary, barvy nebo rychlost na základě doteku diváka na obrazovce nebo klávesnici, což dává divákovi možnost „komunikovat“ s programem. Na dvou monitorech propojených s počítačem se nejen přenášely vizualizace, ale návštěvníkům se zobrazoval i zdrojový kód programu. Každý ochotný návštěvník mohl do programu pomocí dostupné klávesnice přidat několik řádků kódu nebo jen čísel a ovlivnit tak vizuální výsledek.

Další výstavy a sympozia:

- **Osobní výstava "See the wind"** (výstava byla pojmenována podle jednoho z uměleckých projektů), galerie Hauerova 4, Opava. Na výstavě bylo představeno 16 tištěných grafik a několik audiovizuálních projektů běžících na velkoplošné obrazovce;
- **Sympozium Artcolony Cred v Maďarsku**, rok 2020 s audio vizualizací "To Csaba and Eszter Who Walked Over the Hills of Cered", rok 2021 jako součást projektu "Next generation", kde bylo poprvé představeno umělecké dílo "See the Wind", rok 2022 v rámci sochařského mezinárodního sympozia, kde byl představen projekt "The Stars of Cered" - vizualizace hvězdných dat ve formě videa obohaceného o audio materiály;
- **Galerie Hollar, Grafika roku 2020**. Prezentovány byly dvě práce, tištěné verze datových vizualizací: "NR - 32 ms" - velikost A4; "NR - 38 ms" - velikost A1.
- **Galerie Hollar, Grafika roku 2021** s tištěnou grafikou z projektu „Everything flows, nothing remains“. Výstava proběhla od 31. března do 30. dubna 2022 v Karolinu, Ovocný trh, Praha 1;
- Mezinárodní výtvarné sympozium **PANTA RHEI 2021**, Galerie kino Hvězda, Uherské Hradiště, Banská Bystrica, Galéria FX. Vytvořený projekt se jmenoval "Everything flows, nothing remains" a představuje fraktál – nekonečný geometrický tvar. Vizualizace objektu je výsledkem spojení programovacích algoritmů a počítačových dat z frézy HWT, kterou tvůrci účastníci se sympozia PANTA RHEI používali pro tvarování svých materiálů, od frézování dřeva po řezání plastů. Vizualizace byla vytvořena pomocí programování WebGL. Kamera prochází pod různými úhly tímto fraktálem a ukazuje jeho nejbližší i nejvzdálenější části.

### 3.4 Spolupráce

Jedním z cílů studie je navázat spolupráci s dalšími organizacemi, vědci a umělci při vytváření nových originálních projektů. Taková spolupráce byla navázána s několika organizacemi a jednotlivci.



*Centrum polymerních systémů UTB.* Během spolupráce s Centrem polymerních systémů UTB byl získán velkoobjemový soubor dat, který obsahuje výsledky jejich experimentů s testováním odolnosti pneumatik. Takové testování je důležité pro úspěšný vývoj produktů pro pneumatiky používané v terénu nebo na špatných vozovkách a pro další náročné aplikace pryže. Pro napodobení a kvantifikaci poškození bylo použito speciální zařízení, které řídí a zaznamenává vícenásobná zatížení a posuny během dopadu na povrch vzorku z pevné pryže. Všechny výsledky z těchto testů představují čísla, která jsou uložena v tabulkách aplikace Excel. Tato čísla byla smíchána s autorovými programovacími algoritmy, aby vznikly originální vizualizace. Vizualizace v podobě tištěných materiálů a audiovizuálních materiálů běžících na velkoplošných obrazovkách byly prezentovány na různých výstavách, v galeriích i online, např.: Galerie Hauerova 4, osobní autorská výstava "See the wind"; Galerie G18, osobní autorská výstava "Undercurrent"; Nadace Hollar, Grafika roku 2020; Lucerna TV – online vzdělávání televize; Data Art – autorský online portál pro sdílení kreativních kódovacích projektů; Youtube.

*Artcolony Cered.* Cered Contemporary International Art Colony je mezinárodně orientovaná dílna a umělecká scéna se sídlem v maďarské vesnici Cered, založená na osobní účasti a je jednou z evropských uměleckých kolonií, která se každoročně koná podle jiného tématu. V průběhu let studia vznikly ve spolupráci s Artcolony a jejími účastníky tři projekty. "To Csaba and Eszter Who Walked Over the Hills of Cered" - vizualizace audio deníku, který byl použit jako pozvánka na sympozium; "See the Wind" - program, který mapuje vzory proudění vzduchu poblíž vesnice Cered pomocí analýzy a interpretace skutečných údajů o větru, které byly získány z nejbližší meteorologické stanice, a "The Stars of Cered" - vizualizace hvězdných dat (vzdálenost od Země, absolutní a zdánlivá velikost, stupeň a azimut) získaných pomocí mobilní aplikace The Star Chart během sympozia 2022. Projekty byly prezentovány v Ceredu, na osobní výstavě v galerii Hauerova 4, v galerii G18, online na Lucerna TV, portálu Data Art a YouTube.

*CREDO Project.* The Cosmic Ray Extremely Distributed Observatory (Extrémně distribuovaná observatoř kosmického záření) - projekt testuje jednu z mnoha teorií o tom, co by mohla být temná hmota – superhmotné částice zrozené v raném vesmíru. Vědci z CREDO vytvořili speciální aplikaci, která pomáhá detekovat částice, do projektu se tak může zapojit každý, kdo má chytrý telefon. Data získaná z tisíců chytrých telefonů po celém světě jsou ukládána online a jsou využívána k vytvoření sady vizualizací, které byly veřejnosti představeny na autorské výstavě v galerii G18 ve Zlíně v červnu 2022.

*Slezská univerzita v Opavě, Fyzikální ústav.* 3D modely přesně zmapovaných částí a orgánů lidského těla, jako je srdce, kyčle, mozek, byly sdíleny a použity jako data pro sadu nových vizualizací. Vizualizace v podobě tištěné grafiky a

audiovizuálních materiálů byly prezentovány na autorské výstavě „Undercurrent“ v galerii G18 ve Zlíně.

## 4 PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

Teoretická a praktická část disertační práce slouží podobným účelům – k **propagaci kreativního kódování** mezi ostatními umělci, kolegy, studenty. Teoretická analýza a srovnání různých uměleckých/kódovacích technik obohatí teoretický základ multimediálního designu. Online portál Data Art, který obsahuje popisy programů včetně odkazů na celý kód každého projektu, by mohl sloužit jako výchozí bod pro ty, kteří se chtějí učit a otestovat své dovednosti v této moderní oblasti vizuálního umění. Tato disertační práce by mohla být **přínosem pro pedagogický proces** a pomoci mladým designérům, studentům, umělcům.

Disertační práce zkoumá programování jako další umělecký nástroj, který nepatří jen do chladného světa vědy a matematiky. Předpokládá se, že programovací algoritmy mohou být příliš složité na práci, že patří do světa logiky a přesnosti, zatímco v oblasti umění převažují pocity, emoce a nálady. Pravdou je, že kreativní kódování spojuje tyto dva světy do jednoho. Stejně jako malíři používají akvarely a štětky ke kreslení nebo sochaři proměňují hlínu v rozpoznatelné předměty, kreativní kodéři používají počítače jako další nástroj k vyjádření svých nápadů. Rozdíl mezi různými programy pro digitální umění, jako je Adobe Photoshop, Illustrator, AutoCAD, 3D Max atd., a kreativním kódováním je v tom, že všechny tyto programy mají omezenou sadu nástrojů, příkazů a filtrů a v důsledku toho omezený rozsah možností. Při používání programování si umělec může vytvořit svůj vlastní panel nástrojů a vyvinout algoritmus, který nikdo předtím nepoužil. To umožňuje designérům vybrat si jedinečnou cestu, která povede k širší škále konceptů výtvarného umění. V moderní době existuje mnoho programovacích jazyků vyvinutých speciálně pro umělce a designéry, jako je Processing, Arduino, openFrameworks, WebGL a další. Tyto jazyky používají zjednodušený způsob, jak popsat myšlenku a proměnit ji v život. Určitá pravidla programování je stále třeba dodržovat, ale začátečník nemusí mít žádné speciální dovednosti, aby mohl začít vytvářet první program.

Disertační práce teoreticky i prakticky ukazuje, že kreativní kódování je důležitou oblastí vizuálního umění, že je může využít každý umělec k tvorbě objektů digitálního designu, dynamických webových stránek, animací, kreseb, vizualizací dat, 3D objektů, scén pro videohry, sochy, interaktivních instalací, vizuálních efekty pro divadelní představení, představení VJ, video mapování atd. Potenciál je skutečně obrovský.

# ZÁVĚR

*"Možnosti jsou tady, musíme je jen využít"* – Georg Trogemann a Jochen Viehoff (2005).

Rozvoj technologických možností je neustálým zdrojem inspirace a stimulace pro umělce po celém světě. Před pár lety nebylo možné vytvořit komplexní 3D objekt bez výkonného stroje a mnohahodinového testování. Dnes je to něco, co si může každý vyzkoušet na svém smartphonu. Technický potenciál bude nadále růst a přinášet nové formy umění a vizuálních médií, proto je důležité zůstat otevřený a přijímat nové koncepty. Jak vyplývá z teoretického rozboru a kapitoly „Definování pojmů“, kreativní kódování je akt použití programovacího softwaru k vytvoření děl vizuálního umění, designu, architektury, instalace, zvuku atd. Na rozdíl od tradičního zaměření kódování – funkčního aspektu, estetika zde hraje hlavní roli. Návrháři, kteří používají programování a kód jako své nástroje, jsou stále v menšině, ale tato čísla každým dnem rostou. Programování, kreativní kódování a vizualizace dat se stávají uznávanou formou umění a součástí moderní kultury.

Hlavním cílem disertační práce bylo ukázat možnosti kreativního kódování v rámci vizuálního interaktivního umění. Studie prochází teoretickým rozбором kreativního kódování, jeho historie a vývoje, současných výzkumů a objevů, umělců, kteří tyto techniky používají. V textu disertační práce byl uveden aktuální přehled principů kreativního kódování, jeho definic, komponent a nejpopulárnějších postupů v interaktivním výtvarném umění, teoretický základ pro technické aspekty a nástroje. Vzhledem k tomu, že jde o praktickou oblast umění, byla největší část studia zaměřena na praktické příklady, jako jsou programy, skici, dynamické webové stránky, 3D objekty, videa a animace vytvořené pomocí technik kreativního kódování.

Autorka použila originální přístup ke generativním algoritmům a vizualizaci dat při tvorbě souboru projektů, které byly veřejnosti představeny na výstavách, sympoziích, workshopech, přednáškách a online. Byla vytvořena online platforma, kde jsou prezentovány nejzajímavější projekty, obsahující kód každého díla, který mohou ostatní uživatelé používat, měnit a rozvíjet. Byla navázána spolupráce s dalšími organizacemi, vědci a umělci.

Autorka věří, že představení širšího kontextu, jednotlivých uměleckých projektů a různých aspektů kreativního kódování povede k lepšímu pochopení této disciplíny a podstaty generativního umění. Přehled metod a principů vizualizace dat poskytne poměrně přesnou představu o tvůrčím procesu při kódování a může být využit v pedagogické praxi.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- BODEN, Margaret a Ernest EDMONDS. *What is generative art?. Digital creativity*. 2009, 20, 32. Dostupné z: doi:10.1080/14626260902867915
- BOHNACKER, Hartmut, Benedikt GROSS a Julia LAUB. *Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing*. 1. Princeton Architectural Press, 2012. ISBN 1616890770.
- BOVILL, Carl. *Fractal geometry in architecture and design*. Boston: Birkhauser, 1996. ISBN 0-8176-3795-8.
- CERIC, Vlatko. *Algorithmic Art: Technology, Mathematics and Art*. Trg J.F.Kennedyja 6, 10000 Zagreb, Croatia: Faculty of Economics and Business, 8. DOI: 10.1109/ITI.2008.4588386.
- COLUBRI, Andrés. *Processing for android*. New York, NY: Springer Science+Business Media, 2017. ISBN 9781484227183.
- EDMONDS, Ernest a Linda CANDY. *Interacting: Art, research and the Creative Practitioner. Interactive Art*. Faringdon: Libri Publishing, 2011, 18–32.
- FLANAGAN, David. *JavaScript: the definitive guide*. Beijing; Farnham: O'Reilly, 2011. p. 1. ISBN 978-1-4493-9385-4. OCLC 686709345.
- FRY, Benjamin Jotham. *Computational information design*. 2004. Disertační práce. Massachusetts Institute of Technology. Vedoucí práce John Maeda.
- GREENBERG, Ira. *Processing: creative coding and computational art*. New York: Distributed to the book trade worldwide by Springer-Verlag, c2007. ISBN 159059617X. p. 13, 19-20, 31.
- JACOBS, Jennifer. *Dynamic Drawing: Broadening Practice and Participation in Procedural Art*. 2017. Disertační práce. Massachusetts Institute of Technology. Vedoucí práce Mitchel Resnick.

### Elektronické zdroje

- BAILEY, Jason. *Why Love Generative Art? Artnome* [online]. 26.08.2018 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.artnome.com/news/2018/8/8/why-love-generative-art>

- *Creative coding* [online]. Wikipedia, 2014 [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Creative\\_coding](https://en.wikipedia.org/wiki/Creative_coding)
- HILL, Jon. *Data vs Information: What's the Difference?* Bloomfire [online]. 2021 [cit. 2022-08-17]. Dostupné z: <https://bloomfire.com/blog/data-vs-information/>
- *Character Encoding. Tech Terms* [online]. 2010 [cit. 2022-08-17]. Dostupné z: <https://techterms.com/definition/characterencoding>
- KOUBEK, Jochen. *Creative Coding: Zur Lage der Kulturtechnik Programmieren* [online]. 2010 [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://creativecoding.uni-bayreuth.de/index.html>
- TAVARES, Gregg. *WebGL Fundamentals. Html5 rocks* [online]. 2012 [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: [https://www.html5rocks.com/en/tutorials/webgl/webgl\\_fundamentals/](https://www.html5rocks.com/en/tutorials/webgl/webgl_fundamentals/)

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

- VJ – visual/video jockey – vizuální/videožokej;
- MIT – Massachusetts Institute of Technology – Massachusetský technologický institut;
- JS – JavaScript – skriptovací jazyk;
- HTML – Hypertext Markup Language – značkovací jazyk používaný pro vytváření webových stránek;
- HTML5 – 5. verze značkovacího jazyka;
- CSS – Cascading Style Sheets – tabulky kaskádových stylů;
- VR – Virtuální realita;
- MIDI – Musical Instrument Digital Interface – digitální rozhraní hudebního nástroje;
- LED – Light Emitting Diode – elektroluminiscenční dioda;
- GPU – graphics processing unit – jednotka grafického zpracování;
- RAM – Random Access Memory – paměť s náhodným přístupem;
- CAD – computer-aided design – počítačem podporované projektování;
- EXE – executable – formát spustitelného souboru.

# TVŮRČÍ ČINNOST 2017–2022

## Výtvarné projekty:

- *BladeClub, logo, leták* – Návrh loga a letáku pro Blade Club Zlín.
- *Interaktivní banner "Light" (světlo)*. Zákazník – Lucerna TV.
- *Vizualizace dat jako výzva estetiky*, ve spolupráci s Centrem polymerních systémů UTB.
- *Data art – web, design, logo*. Návrh, design, kódování a programování webu.
- *Design postavy, Ilustrace*, které patří do světa online hry – The Elder Scrolls.
- *Videoportál Lucerna TV*. Kódování a programování webového portálu.
- *In my heart – vizualizace dat*.
- *Propagační materiál L410* pro Aircraft industries a.s.
- *NR - 32 ms., NR - 38 ms*. Digitální tisk, 2021. Formát: A1, A4.
- *Under*. Vizualizace zvukových vln.
- *Bright matter, Superčástice*. Vizualizace dat z projektu CREDO.
- *Pánev, kyčle*. Vizualizace dat 3D pánve, kyčlí.

## Simpozia a festivaly:

- II. ročník Minifestivalu multimedialní scénické tvorby, Napajedla;
- The International Festival of Theatre Schools. ENKOUNTER 2017.
- Sympozium art colony cered 2020, 2021, 2022.
- Sympozium PANTA RHEI 2021: projekt *Everything flows, nothing remains*.

## Umělecké výstavy

- *Autorská výstava "See the wind" 2021, Galerie Hauerova 4, Opava*.
- *Grafika roku 2020, 2021, Nadace Hollar, online*.
- *Autorská výstava "Undercurrent" 2022, Galerie G18, Zlín, Česká republika*.

## Publikace

- Palagina, E., Laurova A. (2012). *Používání webových technologií v oblasti tvorby a praktické aplikace interaktivního textu v matematice*. Webové programování a internetové technologie Webconf2012: materiály 2. Intern. vědecko-praktické. Conf., 5-7. června 2012, Minsk: Izd. Centrum BSU, 2012. - str. 50–51.
- Laurova, A. ART FOR ART'S SAKE, DIGITAL FOR GOD'S SAKE In S. Gawroński, M. Szewczyk, Ł. Bis (Eds.), *Social and marketing communication in education and didactics*, WSiiz, Rzeszów 2022.

# CURRICULUM VITAE

**MgA. Aliaksandra Laurova**

06.06.1991

Adresa: Březnická 5565, 76001 Zlín

Tel: (+420)774586251, E-mail: antrage.antrage@gmail.com

## **Vzdělání a odborná příprava**

2009–2014. *Běloruská Státní Univerzita*. Obor: Informatyka (bakalářské + magisterské).

2014–2015. *VUT, Institut celoživotního vzdělávání*. Jazykový kurz - Čeština pro cizince.

2015–2018. *Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně*. Magisterské studium – Digitální design

2016–2017. *Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně*. Public course of Chinese Language and Culture, pre-intermediate level.

## **Pracovní zkušenosti:**

2013–2014. *Web designer*. Firma Pras.by.

2010–2015. *Web designer*. Freelance.

2014 – Aktuální. *Ilustrátor*. Freelance.

2019. *Přednášející v oboru Interakční design*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

2018–2020. *Přednášející v oboru Visual communications*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

2021 – Aktuální. *Přednášející v oboru Online marketing*. VOŠ Mediální tvorby, Ostrava.

2021 – Aktuálně. *Přednášející v oboru Webový marketing, Marketing sociálních médií, Webová analytika, Marketing online vyhledávání*. Panevropská Univerzita, Ostrava.

## **Konference a kongresy:**

- Mezinárodní vědecká a praktická konference WebConf-2012 (Vývoj webových aplikací a internetových technologií).
- Kongres PTKS. Media i społeczeństwo w erze platform, algorytmów i danych. Gdańsk, Polsko, 2022.

MgA. Aliaksandra Laurova, Ph.D.

**Kreativní kódování a generativní algoritmy jako nástroje pro tvorbu interaktivního vizuálního umění**

Creative coding and generative algorithms as tools for creating interactive visual art

Teze disertační práce

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,  
nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín.

Náklad: vyšlo elektronicky

Sazba: MgA. Aliaksandra Laurova, Ph.D.

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2022

Pořadí vydání: první

ISBN 978-80-7678-134-4



