

Interaktivní nástroj pro vizualizaci algoritmů a datových struktur

Interactive Tool for Visualizing Algorithms and Data Structures

Barbora Kovalská

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Radoslav Fasuga, Ph.D.

Ostrava, 2026

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Barbora Kovalská

Studijní program:

N0613A140034 Informatika

Téma:

Interaktivní nástroj pro vizualizaci algoritmů a datových struktur
Interactive Tool for Visualizing Algorithms and Data Structures

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem projektu je vytvořit webový nástroj pro vizualizaci datových struktur (např. zásobník, fronta, seznamy, stromy) a simulaci algoritmů (třídící a vyhledávací algoritmy). Aplikace bude sloužit jako výukový prostředek, umožňující interaktivní operace a teoretické vysvětlení jednotlivých datových struktur a algoritmů.

1. Student se seznámí s problematikou datových struktur a základních algoritmů.
2. Student provede analýzu existujících výukových nástrojů zaměřených na vizualizaci algoritmů a navrhne vlastní specifikace pro webovou aplikaci.
3. Student navrhne a implementuje interaktivní webovou aplikaci s přívětivým uživatelským rozhraním. Aplikace bude obsahovat moduly pro vizualizaci základních datových struktur a algoritmů, interaktivní simulaci operací nad strukturami s možností sledování v reálném čase a také teoretické vysvětlení daných postupů.
4. Výsledkem bude plně funkční prototyp webové aplikace a dokumentace popisující použití a implementaci nástroje.
5. Srovnájte výslednou aplikaci s existujícími aplikacemi.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] LEVITIN, Anany. Introduction to the design and analysis of algorithms. Third edition. Boston: Pearson, c2012. ISBN 978-0132316811.
- [2] CORMEN, Thomas H.; LEISERSON, Charles Eric; RIVEST, Ronald L. a STEIN, Clifford. Introduction to algorithms. Fourth edition. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, [2022]. ISBN 9780262046305.
- [3] SEDGEWICK, Robert a WAYNE, Kevin Daniel. ****Algorithms****. Fourth edition. Boston: Addison-Wesley, [2011]. ISBN 978-0-321-57351-3
- [4] Gonzalez, V. (2020). JavaScript Data Structures and Algorithms: An Introduction to Solving Complex Problems Using JavaScript. Packt Publishing.
- [5] Bamford, K., & Ruiz, D. (2022). Frontend Architecture for Design Systems: A Modern Guide to UI Development. O'Reilly Media.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Radoslav Fasuga, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2025

Datum odevzdání: 30.04.2026

Garant studijního programu: prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.

V IS EDISON zadáno: 09.10.2025 14:34:54

Abstrakt

Abstraktní čeština.

Klíčová slova

interaktivní nástroj; vizualizace; algoritmy; datové struktury; vzdělávání; simulace

Abstract

Abstract English.

Keywords

interactive tool; visualization; algorithms; data structures; education; simulation

Poděkování

Děkuji, že mám ještě tolik času na dokončení této práce.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratek	7
Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	9
Seznam výpisů zdrojového kódu	10
1 Úvod	11
2 Analýza existujících řešení	12
2.1 Vizualizace datových struktur	12
2.1.1 Gnarley Trees	12
2.1.2 Data Structure Visualizations	13
2.1.3 B Plus Tree	14
2.1.4 Porovnání	15
2.2 Simulace třídících algoritmů	16
2.2.1 Sort Visualizer	16
2.2.2 VisuAlgo	17
2.2.3 Toptal Sorting Algorithms Animations	17
2.2.4 Porovnání	18
2.3 Shrnutí	19
3 Závěr	20
Přílohy	20

Seznam použitých zkratk a symbolů

VŠB – Vysoká škola Báňská

Seznam obrázků

Seznam tabulek

2.1	Porovnání analyzovaných aplikací pro vizualizaci datových struktur	15
2.2	Podporované datové struktury v analyzovaných aplikacích	15
2.3	Porovnání analyzovaných aplikací pro vizualizaci třídících algoritmů	18

Seznam výpisů zdrojového kódu

Kapitola 1

Úvod

Vítejte v mé magisterské práci.

Kapitola 2

Analýza existujících řešení

V této kapitole jsou popsány vybrané existující aplikace, které slouží k vizualizaci algoritmů a datových struktur. Cílem je analyzovat jejich funkce, uživatelské rozhraní a možnosti interakce, aby bylo možné identifikovat silné a slabé stránky těchto nástrojů. Tato analýza poslouží jako základ pro návrh a implementaci nového interaktivního nástroje, který bude lépe vyhovovat potřebám uživatelů.

Analýza se nejprve zaměří na vizualizaci datových struktur a následně na simulaci třídících algoritmů. Vybrané aplikace budou hodnoceny z hlediska jejich uživatelské přívětivosti, rozsahu podporovaných algoritmů a datových struktur, možnosti interakce a přizpůsobení vizualizací.

2.1 Vizualizace datových struktur

Nástroje popsané v této kapitole se zaměřují na vizualizaci různých datových struktur, jako jsou stromy, grafy, zásobníky a fronty.

2.1.1 Gnarley Trees

První aplikací, kterou tato práce analyzuje, je *Gnarley Trees*¹, interaktivní nástroj pro vizualizaci a manipulaci s různými typy stromových datových struktur.

Obsah

Aplikace se zaměřuje především na stromy a haldy, v kontextu různých způsobů ukládání dat a jejich efektivitu. U stromů jde například o binární vyhledávací stromy, červeno-černé stromy, AVL stromy, B-stromy a různé další varianty těchto struktur. U front a hald jsou to například prioritní fronty implementované pomocí běžných hald, binárních hald, Fibonacciho hald a dalších.

¹<https://kubokovac.eu/gnarley-trees>

Každý typ datové struktury má možnost vizualizace základních operací, u stromů například vkládání, mazání a vyhledávání uzlů, u hald a front pak vkládání, inkrementaci hodnoty prvku a odstraňování prvků s nejvyšší prioritou. Dále je zde také možnost vložit předem definovaný počet náhodných prvků a tím rychle zaplnit danou strukturu. Tyto interakce jsou prováděny pomocí uživatelského rozhraní, které umožňuje uživatelům zadávat hodnoty a sledovat, jak se datová struktura mění v reálném čase. Vizualizace je doplněna o animace, které umožňují mimo jiné i krokování operací, což usnadňuje pochopení dynamiky datových struktur. Animace jsou jednoduché, ale efektivní, včetně možnosti krokování vpřed i vzad.

Vizuál

Jedná se o webovou aplikaci napsanou v jazyce Java, vykreslování grafů je realizováno pomocí knihovny CheerpJ. Uživatelské rozhraní je přehledné, umožňuje snadný přístup k různým datovým strukturám a jejich operacím. Kromě toho aplikace ke všemu přikládá vysvětlivky, což je užitečné pro uživatele, kteří se s těmito koncepty teprve seznamují.

Co se týče uživatelského přizpůsobení, stránka má pouze základní stylování, bez možnosti výběru barevných schémat nebo přizpůsobení vzhledu. Stránka také zřejmě má možnost změny jazyka z angličtiny do slovenštiny, ale její zapnutí není na první pohled zřejmé.

2.1.2 Data Structure Visualizations

Další aplikací je *Data Structure Visualizations*², výukový nástroj z Univerzity San Francisco, který nabízí vizualizace různých datových struktur a algoritmů.

Obsah

Aplikace pokrývá širokou škálu témat, jak v oblasti datových struktur, tak i algoritmů. Mezi datové struktury patří například zásobníky, fronty, spojové seznamy, stromy (včetně binárních vyhledávacích stromů a hald) a grafy. U každé datové struktury jsou k dispozici vizualizace základních operací, jako je vkládání, mazání a vyhledávání prvků. U algoritmů jsou zahrnuty různé třídící algoritmy (například Bubble Sort, Insertion Sort, Merge Sort) a algoritmy pro prohledávání grafů (například Dijkstrův algoritmus nebo algoritmy na získání kostry grafu).

Interakce s vizualizacemi není sjednocená jako u minulé aplikace, každá datová struktura ji má implementovanou jinak. Animace pro jednotlivé operace jsou velmi jednoduché a oproti předchozí aplikaci postrádají vysvětlivky. Krokování funguje opět vpřed i vzad, včetně možnosti nastavení rychlosti animace. Jako nedostatek lze uvést i absenci možnosti naplnění datové struktury náhodnými hodnotami, což by zrychlilo testování a experimentování s různými scénáři. Třídící algoritmy jsou velmi jednoduché, umožňují uživateli náhodně zamíchat pole čísel, zvolit si třídící algoritmus

²<https://www.cs.usfca.edu/galles/visualization/>

a sledovat jeho průběh. Jako velmi zajímavé rozšíření aplikace poskytuje možnost napsat si vlastní algoritmus v jazyce JavaScript a vizualizovat jeho průběh.

Vizuál

Aplikace je webová, napsaná v jazyce JavaScript, s jednoduchým uživatelským rozhraním. Celkový vzhled není příliš moderní a uživatelsky přívětivý, ale funkční. Navigace na stránce je mírně komplikovaná, protože uživatel musí procházet různými odkazy, aby se dostal k požadované datové struktuře nebo algoritmu. Ovládání vizualizací je stylováno pomocí tlačítek a vstupních polí, ve stejném duchu jako předchozí aplikace.

Možnosti přizpůsobení jsou omezené, bez možnosti změny barevných schémat nebo vzhledu vizualizací. Responzivita stránky je značně omezená, což může ztížit použití na různých zařízeních. Aplikace je dostupná pouze v angličtině.

2.1.3 B Plus Tree

Poslední aplikací zaměřující se na datové struktury, jejíž analýzu tato práce provede, je *B Plus Tree*³, interaktivní nástroj pro vizualizaci B+ stromů.

Obsah

Aplikace se specializuje výhradně na B+ stromy, neobsahuje tedy jiné datové struktury. U B+ stromů jsou k dispozici vizualizace základních operací, jako je vkládání, mazání a vyhledávání klíčů. Mimo tyto poskytuje i možnost nastavit danému stromu maximální počet klíčů na vnitřní uzel nebo list a také možnost generování náhodných klíčů pro rychlé naplnění stromu. Chybí zde vysvětlivky k jednotlivým operacím, krátký popis struktury se věnuje spíše využití B+ stromů v databázových systémech.

Interakce s vizualizacemi je intuitivní, uživatel může zadávat hodnoty prostřednictvím vstupních polí a sledovat, jak se strom mění v reálném čase. Animace nemají možnost krokování, po provedení operace se strom aktualizuje rovnou do nového stavu, a také je není možné krokovat zpět.

Vizuál

Tato aplikace je rovněž webová, s velmi jednoduchým ale moderním uživatelským rozhraním. Obsah je tak malý, že není potřeba složitější navigace, vše je dostupné přímo na hlavní stránce. Ovládání vizualizací je realizováno pomocí tlačítek a vstupních polí. Stránka nenabízí žádné možnosti přizpůsobení vzhledu nebo změnu jazyka. Aplikace je velmi responzivní a funguje dobře na různých zařízeních.

³<https://bplustree.app/>

2.1.4 Porovnání

V této sekci jsou shrnuty klady a zápory jednotlivých analyzovaných aplikací zaměřených na vizualizaci datových struktur. Následující tabulka (Tabulka 2.1) poskytuje přehledné srovnání jejich vlastností.

Vlastnost	Gnarley Trees	Data Structure Visualizations	B Plus Tree
Podpora více datových struktur	Ano	Ano	Ne
Uživatelské přizpůsobení	Omezené	Omezené	Žádné
Krokování animací	Ano (vpřed i vzad)	Ano (vpřed i vzad)	Ne
Vysvětlivky k operacím	Ano	Ne	Ne
Generování náhodných dat	Ano	Ne	Ano
Responzivita	Dobrá	Slabá	Výborná
Jazyková podpora	Angličtina, slovenština	Angličtina	Angličtina

Tabulka 2.1: Porovnání analyzovaných aplikací pro vizualizaci datových struktur

Dále byla provedena analýza a porovnání konkrétních datových struktur, které výše zmíněné aplikace podporují. Tabulka 2.2 shrnuje, které datové struktury jsou v jednotlivých aplikacích podporovány.

Datová struktura	Gnarley Trees	Data Structure Visualizations	B Plus Tree
Binární vyhledávací strom	Ano	Ano	Ne
AVL strom	Ano	Ano	Ne
Červeno-černý strom	Ano	Ano	Ne
B-strom	Ano	Ano	Ne
B+ strom	Ne	Ano	Ano
Spojový seznam	Ano ⁴	Ne	Ne
Zásobník	Ano ⁴	Ano	Ne
Fronta	Ano ⁴	Ano	Ne
Halda	Ano	Ano	Ne

Tabulka 2.2: Podporované datové struktury v analyzovaných aplikacích

Z uvedeného shrnutí je patrné, že nejkomplexnější podporu datových struktur nabízí aplikace *Data Structure Visualizations*, která pokrývá téměř všechny uvedené struktury. *Gnarley Trees* nabízí také širokou škálu datových struktur, ale některé z nich jsou dostupné pouze v teoretické části aplikace a nejsou vizualizovány. Nejméně obsáhlá je aplikace *B Plus Tree*, která se sice specializuje pouze na B+ stromy, ale zato je v této oblasti velmi dobře propracovaná.

⁴Pouze v teoretické části.

2.2 Simulace třídících algoritmů

Tato kapitola se věnuje aplikacím, které umožňují vizualizaci a simulaci různých třídících algoritmů, jako jsou Bubble Sort, Quick Sort, Merge Sort a další.

2.2.1 Sort Visualizer

Aplikace *Sort Visualizer*⁵ je interaktivní nástroj pro vizualizaci různých třídících algoritmů, který umožňuje uživatelům sledovat průběh třídění v reálném čase spolu s popisem algoritmů a jejich časovou a prostorovou složitostí.

Obsah

Sort Visualizer nabízí simulace několika běžných třídících algoritmů, které dělí na logaritmické (Quick Sort, Merge Sort, Heap Sort), kvadratické (Bubble Sort, Insertion Sort, Selection Sort) a další (např. Radix Sort). Přidává také možnost, jak si uživatel může vytvořit vlastní algoritmus pomocí jazyka JavaScript a vizualizovat jeho průběh.

Interakce se simulací je značně omezená, uživatel si může pouze zvolit algoritmus, velikost pole a rychlost animace. Animace spočívá v zobrazení sloupců reprezentujících hodnoty v poli, které se mění podle průběhu třídění. Zajímavé zpestření animace jsou zvukové efekty, které doprovázejí porovnávání a výměny prvků a svým tónem reprezentují hodnotu daného prvku. Krokování animace není možné.

Každý algoritmus je doplněn o krátký popis jeho principu, časové složitosti v nejlepším, průměrném a nejhorším případě a také o prostorovou složitost. Příložený jsou také zdrojové kódy daného algoritmu v několika programovacích jazycích. Zdrojové kódy jsou však statické, nelze je během simulace nijak měnit a také nejsou zvýrazněny části kódu, které se právě vykonávají.

Vizuál

Tato webová aplikace je napsaná pomocí webového frameworku Flask, s moderním a přehledným uživatelským rozhraním. Navigace na stránce je jednoduchá, všechny třídící algoritmy jsou vždy dostupné z navigačního panelu. Samotná vizualizace je vizuálně velmi poutavá a v doprovodu se zvukovými efekty působí přívětivě.

Aplikace nenabízí žádné možnosti přizpůsobení vzhledu nebo změnu jazyka. Výchozí barevné schéma je v temném režimu. Responzivita stránky je skvělá, stránka funguje dobře téměř v jakémkoliv rozlišení.

⁵<https://www.sortvisualizer.com/>

2.2.2 VisuAlgo

Jedná se o další webovou aplikaci, sloužící jako výukový nástroj pro vizualizaci všemožných algoritmů a datových struktur. Aplikace *VisuAlgo*⁶ nabízí širokou škálu vizualizací, včetně třídících algoritmů.

Obsah

Rozsah této aplikace je velmi široký, pokrývá mnoho témat v oblasti algoritmů a datových struktur. Stránka nabízí vizualizace pro různé datové struktury, jako jsou zásobníky, fronty, spojové seznamy, stromy a grafy. Kromě toho obsahuje i vizualizace různých algoritmů, včetně třídících algoritmů, algoritmů pro prohledávání grafů a dalších. Obsahuje i interaktivní cvičení a kvízy, které pomáhají uživatelům lépe pochopit koncepty.

V kontextu třídících algoritmů nabízí vizualizace pro algoritmy jako Bubble Sort, Insertion Sort, Selection Sort, Merge Sort, Quick Sort a Heap Sort. Animace jsou jednoduše znázorněny opět pomocí sloupců reprezentujících hodnoty v poli. Uživatel má možnosti nastavení rychlosti přehrávání, plné krokování animace vpřed i vzad a také možnost pozastavení animace. Kromě toho aplikace poskytuje i podrobné vysvětlení principu každého algoritmu, včetně jeho časové a prostorové složitosti. Během animace je přístupný i pseudokód algoritmu, který je zvýrazňován podle aktuálně vykonávané části.

Vizuál

Webové stránky mají značně zaplněné uživatelské rozhraní, což může být pro nové uživatele trochu matoucí. Navigace na stránce je relativně dobře organizovaná, s jasnými odkazy na různé sekce a témata. Stránka s vizualizacemi se může zdát přeplněná ještě více, protože obsahuje mnoho ovládacích prvků a informací. Toto okno také obsahuje vysvětlivky, které jsou provedeny ve vyskakovacích oknech, které uživatele zahltí při prvním použití.

Výchozí barevné schéma je světlé, uživatel si nemůže změnit režim na tmavý. Responzivita stránky je dobrá, když se rozlišení zmenší na nedostatečnou šířku, aplikace uživatele upozorní, že vizualizace nemusí fungovat správně. Aplikace podporuje změnu jazyka, na výběr uživatelé mají z angličtiny, čínštiny a indonéštiny.

2.2.3 Toptal Sorting Algorithms Animations

Poslední analyzovanou aplikací je *Toptal Sorting Algorithms Animations*⁷, téměř jednostránkový webový nástroj pro vizualizaci a porovnání různých třídících algoritmů.

⁶<https://visualgo.net/en>

⁷<https://www.toptal.com/developers/sorting-algorithms>

Obsah

Aplikace nabízí vizualizace pro několik běžných třídících algoritmů, které již byly zmíněny výše. Jednotlivé algoritmy jsou umístěny v matici, kde každý sloupec reprezentuje jeden algoritmus a každý řádek představuje typ vstupních dat (např. náhodná data, téměř seřazená data nebo obráceně seřazená data). Pomocí tohoto rozložení může uživatel snadno porovnat výkon různých algoritmů na různých typech vstupů.

Interakce s vizualizacemi je velmi omezená, uživatel si může pouze zvolit algoritmus a typ vstupních dat. Animace jsou jednoduché, zobrazují sloupce reprezentující hodnoty v poli, které se mění podle průběhu třídění. Krokování animace není možné.

Uživatel má také možnost zobrazit si detail konkrétního algoritmu, kde je k němu přiložena vysvětlivka, pseudokód a časová a prostorová složitost. Rozkliknutí konkrétního datového typu zase zobrazí konkrétní porovnání časové složitosti všech algoritmů na daném typu vstupu a výčet poznatků o jejich výkonu.

Vizuál

Jedná se o velmi jednoduchou webovou aplikaci. Hlavní stránka obsahuje pouze výše uvedenou matici algoritmů a typů vstupních dat spolu s obecnou diskuzí na téma třídících algoritmů. Detail algoritmu je veden ve stejném stylu, animace jsou pouze větší a jsou doplněny o pseudokód a diskuzi ke konkrétnímu algoritmu.

Stránka nemá žádné možnosti přizpůsobení vzhledu nebo změnu jazyka. Výchozí barevné schéma je světlé. Jako jediná z dosud analyzovaných aplikací také obsahuje reklamy. Responzivita stránky je dobrá, funguje dobře na různých zařízeních.

2.2.4 Porovnání

V této sekci jsou shrnuty klady a zápory jednotlivých analyzovaných aplikací zaměřených na vizualizaci třídících algoritmů. Následující tabulka (Tabulka 2.3) poskytuje přehledné srovnání jejich vlastností.

Vlastnost	Sort Visualizer	VisuAlgo	Toptal Sorting Algorithms Animations
Uživatelské přizpůsobení	Žádné	Žádné	Žádné
Krokování animací	Ne	Ano (vpřed i vzad)	Ne
Vysvětlivky k operacím	Ano	Ano	Ano
Zvukové efekty	Ano	Ne	Ne
Responzivita	Výborná	Dobrá	Dobrá
Jazyková podpora	Angličtina	Angličtina, čínština, indonéština	Angličtina

Tabulka 2.3: Porovnání analyzovaných aplikací pro vizualizaci třídících algoritmů

Z konkrétní analýzy vyšlo najevo, že všechny tři aplikace podporují základní množinu nejznámějších třídících algoritmů, ale liší se v možnostech interakce a uživatelského přizpůsobení. *VisuAlgo* nabízí nejvíce možností interakce, včetně krokování animací a podrobného pseudokódu, zatímco *Sort Visualizer* a *Toptal Sorting Algorithms Animations* mají omezené možnosti interakce. Zvukové efekty jsou unikátní funkcí *Sort Visualizer*, která přidává další vrstvu zážitku z vizualizace.

2.3 Shrnutí

Analýza existujících řešení, provedená v této kapitole, poskytla cenné poznatky o současných nástrojích pro vizualizaci datových struktur a třídících algoritmů. Z analýzy vyplynulo, že zatímco některé aplikace nabízejí širokou škálu funkcí a interakcí, jiné se zaměřují na specifické datové struktury nebo algoritmy s omezenými možnostmi přizpůsobení.

Na základě porovnání podporovaných datových struktur bylo rozhodnuto, že modelová aplikace bude zahrnovat vizualizaci následujících datových struktur: binární vyhledávací strom, AVL strom, červeno-černý strom, B-strom, B+ strom, spojový seznam, zásobník, fronta a halda. Tato volba byla učiněna s ohledem na jejich význam v oblasti informatiky a jejich časté využití v praxi.

Co se týče třídících algoritmů, modelová aplikace bude podporovat vizualizaci následujících algoritmů: Bubble Sort, Insertion Sort, Selection Sort, Merge Sort, Quick Sort a Heap Sort. Tyto algoritmy byly vybrány na základě jejich rozšířenosti a různorodosti přístupů k třídění dat.

Zdůrazněna byla také potřeba uživatelsky přívětivého rozhraní, které umožní snadnou navigaci a interakci s vizualizacemi. Dále bylo identifikováno několik klíčových funkcí, které by měly být zahrnuty do modelové aplikace, včetně možnosti krokování animací, generování náhodných dat a poskytování vysvětlivek k jednotlivým operacím.

Kapitola 3

Závěr

Tady končíme, všichni ven.