

Univerzita Palackého v Olomouci

Prírodovedecká fakulta

Katedra geoinformatiky

**INTERAKTÍVNA WEBOVÁ APLIKÁCIA
PRE VÝUČBU ŠTATISTICKÝCH METÓD
V GEOINFORMATIKE**

Bakalárska práca

Kristián ŠARLUŠKA

Vedúci práce Mgr. Karel MACKŮ, Ph.D.

Olomouc 2026

Geoinformatika a kartografia

ANOTÁCIA

Táto bakalárska práca sa zaoberá tvorbou interaktívnej webovej aplikácie, ktorá má slúžiť ako doplnujúci výučbový materiál pre potreby predmetu Štatistické metódy v geoinformatike na Katedre geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci. Výsledná aplikácia s názvom StatTerra je postavená na knižnici React, vďaka čomu na jej prevádzku nie je potrebný aplikačný server a statický webhosting je postačujúci. Zdrojový kód aplikácie je distribuovaný ako open-source a je dostupný na platforme GitHub.

Aplikácia pokrýva témy Náhodná veličina, Rozdelenia pravdepodobnosti, Odhady parametrov, Testovanie hypotéz, Korelácia a ANOVA, ktoré obsahovo vychádzajú zo sylabu daného predmetu a boli identifikované ako kľúčové pre jeho výučbu. Zásadnou črtou aplikácie StatTerra je zakomponovanie interaktívnych prvkov do jej obsahu. Jej poslaním je napomôcť k lepšiemu porozumeniu danej problematike, najmä prostredníctvom možnosti zmeny parametrov generujúcich grafy či hodnôt vstupujúcich do výpočtu. Aplikácia obsahuje praktické ukážky s reálnymi dátami, ktoré majú za cieľ bližšie ilustrovať význam vybraných štatistických metód a ich použitie v oblasti vied o Zemi.

Aplikácia bola pred odovzdaním práce podrobená užívateľskému testovaniu, na základe ktorého bola optimalizovaná pre potenciálnych budúcich užívateľov. Aplikácia StatTerra je verejne dostupná na adrese <https://statterra.app>.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

webová aplikácia; štatistické metódy; interaktivita; výučba

Počet strán práce: 57

Počet príloh: 2 (z toho 1 voľná a 2 elektronické)

ANNOTATION

This bachelor's thesis focuses on the development of an interactive web application designed to serve as supplementary teaching material for the course Statistical Methods in Geoinformatics at the Department of Geoinformatics, Palacký University Olomouc. The resulting application, named StatTerra, is built on the React library, which means that no application server is required for its operation and static web hosting is sufficient. The application's source code is distributed as open-source and is available on the GitHub platform.

The application covers the topics of Random Variable, Probability Distributions, Parameter Estimation, Hypothesis Testing, Correlation, and ANOVA, which are based on the syllabus of the course and have been identified as key to its instruction. A fundamental feature of the StatTerra application is the incorporation of interactive elements into its content. Its mission is to facilitate a better understanding of the subject matter, particularly through the ability to change the parameters generating graphs or the values used in calculations. The application includes practical examples with real data, which aim to illustrate the significance of selected statistical methods and their application in the Earth sciences.

Before the thesis was submitted, the application underwent user testing, based on which it was optimized for potential future users. The StatTerra application is publicly available at <https://statterra.app>.

KEYWORDS

web application, statistical methods, interactivity, education

Number of pages: 57

Number of appendixes: 2

Prehlasujem, že

- bakalársku prácu vrátane príloh, som vypracoval samostatne a uviedol som všetky použité podklady a literatúru,

- som si vedomý, že na moju bakalársku prácu sa v plnej miere vzťahuje zákon č.121/2000 Zb. – autorský zákon, najmä § 35 – využitie diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školských predstavení a využitie diela školského a § 60 – školské dielo,

- beriem na vedomie, že Univerzita Palackého v Olomouci (ďalej UP Olomouc) má právo nezárobkovo, pre svoju vnútornú potrebu, bakalársku prácu používať (§ 35 odst. 3),

- súhlasím, že údaje o mojej bakalárskej práci budú zverejnené v Študijnom informačnom systéme UP,

- v prípade záujmu UP Olomouc uzavriem licenčnú zmluvu s oprávnením využiť výsledky a výstupy mojej bakalárskej práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použiť výsledky a výstupy mojej bakalárskej práce alebo poskytnúť licenciu k jej využitiu môžem len so súhlasom UP Olomouc, ktorá je oprávnená v takomto prípade od mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli UP Olomouc na vytvorenie diela vynaložené (až do ich skutočnej výšky).

Ďakujem vedúcemu práce Mgr. Karlovi Mackú, Ph.D. za podnety a pripomienky pri vypracovaní práce. Vďaka patrí konzultantke Mgr. Kamile Fačevicovej, Ph.D. za odbornú revíziu obsahu vytvorenej aplikácie. V neposlednom rade sa chcem poďakovať členom mojej rodiny za ich podporu a trpezlivosť so mnou, a taktiež obyvateľom izby č. 603 za nastolenie tvorivej atmosféry pri písaní týchto strán.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Kristián ŠARLUŠKA
Osobní číslo: R23640
Studijní program: B0532A330011 Geoinformatika a kartografie
Téma práce: Interaktivní webová aplikace pro výuku statistických metod v geoinformatice
Zadávající katedra: Katedra geoinformatiky

Zásady pro vypracování

Záměrem bakalářské práce je vytvořit interaktivní webové stránky, které budou sloužit jako studijní materiál pro potřeby výuky statistiky na Katedře geoinformatiky. Nejprve student identifikuje vhodné technické řešení, následně vymyslí sadu ukázkových témat a příkladů z geoinformatické praxe, která svým rozsahem pokryjí klíčové kapitoly ze sylabu předmětu Statistické metody v geoinformatice (např. rozdělení pravděpodobnosti, základní popisné charakteristiky, testování hypotéz, prostorová autokorelace a další). Pomocí ovládacích prvků bude možné interaktivně měnit vlastnosti zobrazovaných témat, a tím názorně podpořit pochopení probírané látky (např. sledovat změnu tvaru rozdělení při změně jejich parametru). Mimo interaktivní nástroje bude web obsahovat nezbytný vysvětlující text, vizualizace a ukázkové úlohy.

Text práce student zpracuje v souladu se závaznou šablonou pro kvalifikační práce KGI. O bakalářské práci student vytvoří webovou stránku a poster. Celou práci (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, poster a web) odevzdá student v digitální podobě na datové úložiště katedry. Do evidence STAG student odevzdá úplný text práce s přílohami, které určí vedoucí práce. Fyzicky student odevzdá pouze přílohy určené vedoucím práce.

Rozsah pracovní zprávy: max. 50 stran
Rozsah grafických prací: dle potřeby
Forma zpracování bakalářské práce: elektronická
Jazyk zpracování: Slovenština

Seznam doporučené literatury:

ZVÁRA, Karel. Základy statistiky v prostředí R. Biomedicínská statistika, 4. [Prague]: Karolinum, [2013]. ISBN 9788024624471.
ANDĚL, Jiří. Statistické metody. Páté vydání. Praha: Matfyzpress, 2019. ISBN 978-80-7378-381-5.
BRÁZDIL, Rudolf. Statistické metody v geografii: cvičení. Brno: Univerzita J.E. Purkyně, 1981.

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Karel Macků, Ph.D.
Katedra geoinformatiky

Datum zadání bakalářské práce: 5. května 2025
Termín odevzdání bakalářské práce: 4. května 2026

L.S.

prof. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan



prof. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.
vedoucí katedry

OBSAH

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	10
ÚVOD	11
1 CIELE PRÁCE	12
2 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY	13
2.1 Štatistické metódy	13
2.1.1 Štatistické metódy v prírodných vedách a geoinformatike	13
2.2 Výučbové materiály	15
2.2.1 Teoretické východiská interaktívneho vzdelávania	17
2.3 Webové aplikácie	17
2.3.1 Single page web application (SPA)	18
2.3.2 Potenciálne technické riešenia pre aplikáciu	18
2.3.3 Existujúce webové aplikácie pre výučbu štatistiky	20
3 METÓDY A POSTUP SPRACOVANIA	22
4 TVORBA INTERAKTÍVNEJ VÝUČBOVEJ APLIKÁCIE	26
4.1 React a jeho špecifiká	26
4.2 Použité knižnice	27
4.3 Git a GitHub	29
4.4 Práca so zdrojovým kódom	30
5 APLIKÁCIA STATTERRA	33
5.1 Štruktúra zdrojového kódu	34
5.2 Uživatelské rozhranie	39
5.2.1 Domovská stránka	41
5.3 Pokryté témy	42
5.3.1 Náhodná veličina	42
5.3.2 Rozdelenia pravdepodobnosti	45
5.3.3 Odhady parametrov	46
5.3.4 Testovanie hypotéz	47
5.3.5 Korelácia	48
5.3.6 ANOVA	49
6 UŽIVATELSKÉ TESTOVANIE	51
6.1 Priebeh testovania	51
6.2 Výsledky užívateľského testovania	52
7 VÝSLEDKY	54
7.1 Aplikácia StatTerra	54
7.2 Poznatky z užívateľského testovania	55
7.3 Sprievodné materiály k bakalárskej práci	55
8 DISKUSIA	56
9 ZÁVER	57
POUŽITÁ LITERATÚRA A INFORMAČNÉ ZDROJE	58
PRÍLOHY	

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

Skratka	Význam
ANOVA	analysis of variance
CBD	Cascading Style Sheets
CSS	Document Object Model
DOM	Database Management System
GeoJSON	Geographic JavaScript Object Notation
GIS&T BoK	The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge
HTML	Hypertext Markup Language
IDE	integrated development environment
JS	JavaScript
JSON	JavaScript Object Notation
JSX	JavaScript Extensible Markup Language
KGI	Katedra geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci
KMA	Katedry matematickej analýzy a aplikácií matematiky Univerzity Palackého v Olomouci
LO	learning objects
NUTS	Nomenclature des Unites Territoriales Statistiques
SPA	single page web application
STAME	Štatistické metódy v geoinformatike
SVG	Scalable Vector Graphics
TS	TypeScript
UI	user interface
UMCS	Univerzita Marii Curie-Skłodowskej v Lubline
URL	Uniform Resource Locator
UX	user experience

ÚVOD

Súčasná geoinformatika a kartografia sa už dávno neobmedzuje len na samotnú tvorbu máp. Zásadnú rolu v práci odborníka dnes zohráva štatistická analýza priestorových dát. Pre ich správnu interpretáciu je preto nevyhnutné, aby disponoval pevnými základmi v oblasti štatistických metód.

Katedra geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci na túto potrebu reaguje zaradením špecializovaného predmetu do prvého ročníka bakalárskeho štúdia. Študenti si v ňom osvojujú metódy potrebné pre vyhodnocovanie výskumov či prieskumnú analýzu dát (angl. *exploratory data analysis*, EDA). Mnohé štatistické koncepty sú však pre začiatočníkov príliš abstraktné a náročné na predstavivosť. Táto bariéra sa nezriedka odráža v nižšej úspešnosti pri ukončovaní predmetu a potrebe jeho opakovaného absolvovania.

Práve tieto skutočnosti viedli k myšlienke vytvoriť nástroj, ktorý by ťažšie uchopiteľnú teóriu výraznejšie prepojal s praktickou skúsenosťou v študovanom odbore. Interaktívna edukačná pomôcka môže napomôcť k efektívnemu preklenutiu medzery vnímanej medzi geoinformatikou a štatistikou. Zakomponovanie interaktivity umožní študentom priamo ovplyvňovať parametre výpočtov a sledovať ich dopad na výsledné modely, čím sa môže prehĺbiť ich porozumenie preberanej látke. Voľba umiestnenia vo webovom prostredí navyše zabezpečuje vysokú mieru dostupnosti naprieč zariadeniami. Idea takéhoto riešenia podčiarknutá faktom, že na trhu aktuálne absentuje obdobný interaktívny nástroj, ktorý by v požadovanej miere prepájal štatistiku s vedami o Zemi.

1 CIELE PRÁCE

Cieľom bakalárskej práce je vytvoriť interaktívne webové stránky, ktoré budú slúžiť ako študijný materiál pre potreby výučby štatistiky na Katedre geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci (ďalej KGI). Najskôr je spomedzi dostupných možností zvolené vhodné technické riešenie pre zostavenie aplikácie a následne je vytvorené responzívne rozhranie pre zaistenie platformovej nezávislosti aplikácie. Aplikácia svojím rozsahom pokryje témy identifikované ako ťažiskové pre sylabus predmetu Štatistické metódy v geoinformatike (ďalej STAME).

V priebehu spracovania sú vytvorené ukážkové interaktívne vizualizácie a príklady z geoinformatickej praxe. Pomocou ovládacích prvkov bude možné interaktívne meniť vlastnosti zobrazovaných prvkov, a tým názorne podporiť pochopenie preberanej látky. Mimo interaktívne nástroje bude aplikácia obsahovať potrebný vysvetľujúci text, vizualizácie a ukážkové úlohy. Vybrané interaktívne prvky budú doplnené o verejne dostupné dáta demonštrujúce aplikovateľnosť metód pre datasety z oblasti geoinformatiky.

Použiteľnosť aplikácie bude pred jej odovzdaním experimentálne overená užívateľským testovaním zameraným na zlepšenie vybraných funkcionalít produktu. Na základe analýzy výsledkov budú identifikované nedostatky a navrhnuté riešenia, ktoré budú do aplikácie zapracované pre zlepšenie používateľskej skúsenosti (angl. *user experience*, ďalej UX).

Ako prílohy k bakalárskej práci budú taktiež zhotovené webové stránky a poster, oboje svojím obsahom prehľadne informujúce o cieľoch, postupe spracovania a výsledkoch bakalárskej práce.

Zostavená aplikácia bude slúžiť ako podporný materiál pre výučbu primárne vyvinutý na základe potrieb KGI, no bude taktiež prístupná pre záujemcov z prostredia mimo katedry. Interaktívna aplikácia sleduje skvalitnenie prípravy študentov na riešenie štatistických úloh v geoinformatickej praxi. Vďaka otvorenému zdrojovému kódu môže byť aplikácia použitá ako udržateľný základ pre ďalšie rozširovanie o nové štatistické moduly.

2 SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

Táto kapitola prináša všeobecný prehľad literatúry a odborných článkov zaoberajúcich sa problematikou štatistických metód, didaktických materiálov a technických riešení používaných v praxi webových aplikácií. Má za cieľ zhrnúť relevantné dostupné pramene, ktoré sú teoretickým východiskom bakalárskej práce. Je doplnená o príklady existujúcich obdobných aplikácií s ich subjektívnym kritickým zhodnotením.

2.1 Štatistické metódy

Štatistika je veda o dátach zaoberajúca sa ich zberom, organizovaním a interpretovaním číselných faktov. Zasahuje do mnohých vedných disciplín – do politiky, ekonomiky, medicíny, ale aj technických odborov (Moore et al. 2017). Za jej kľúčový aspekt možno pokladať všadeprítomnosť premenlivosti, Witte (2017) v tejto súvislosti uvádza, že práve všeobecné rozšírenie variability vo svete je primárnym dôvodom existencie štatistiky ako vedy.

Štatistickými metódami sa rozumie štúdium a popis hromadných javov. Hromadnými javmi sú udalosti, predmety a procesy, ktoré sú výsledkom pôsobenia veľkého počtu individuálnych príčin. Ich vlastnosti sa prejavujú na úrovni súboru – súhrnu štatistických jednotiek jedného druhu – a nie pri jednotlivých javoch. Sú teda výsledkom súhry náhodných procesov, čo však neznamená neodôvodnenosť výsledku, ale komplexný efekt menej dôležitých účinkov, z ktorých každý má samostatné zákonité pôsobenie (Brázdil 1981).

Štatistické metódy možno rozdeliť do dvoch kategórií – na deskriptívne a inferenčné (Pacáková et al. 2003; Rogerson 2015). Deskriptívne, alebo popisné, zahŕňajú metódy zberu, spracovania, analýzy a prezentácie dát spolu s ich popisom a sumarizáciou. Deskriptívne sumarizácie dát môžu byť vizuálne alebo číselné. Príkladmi deskriptívnych štatistických metód sú:

- vizuálne deskriptívne metódy (grafy, mapy),
- charakteristiky polohy,
- charakteristiky variability,
- iné číselné miery (šíkmosť, špicatosť).

Inferenčné (tiež induktívne, matematické) metódy, na druhej strane, nachádzajú uplatnenie v prípade, že zozbieranie všetkých údajov o základnom súbore nie je možné. Závery o základnom súbore sú teda v tomto prípade vyvodzované zo vzorky, častokrát priamo s uvedením miery neistoty daného odhadu. Medzi tieto štatistické metódy možno zaradiť napríklad:

- odhady parametrov,
- testovanie hypotéz,
- pravdepodobnostné modelovanie (rozdelenia náhodnej veličiny),
- vzorkovanie.

2.1.1 Štatistické metódy v prírodných vedách a geoinformatike

Štatistické metódy majú v prírodných vedách významné uplatnenie. Existujú mnohé materiály, ktoré slúžia na predstavenie štatistiky v jednotlivých vedných disciplínach. Spravidla sú doplnené o praktické príklady pre pochopenie významnosti ich aplikácie.

Vhodným dielom na oboznámenie so štatistikou v prírodných vedách môže byť Rosling et al. (2018). Autori popularizačným štýlom dávajú do povedomia dôležitosť overovania faktov, aktuálnosť skúmaných dát a štatistiku ako vednú disciplínu všeobecne. Venujú sa globálnym ekonomickým a klimatickým trendom a čitateľovi dávajú do povedomia jeho častokrát skreslený a pesimistický pohľad na aktuálne dianie v socioekonomickej a fyzickej geografii. Poukazujú na značné stieranie hraníc medzi tradične zakoreneným rozdelením krajín sveta podľa Sauvyho (1952) na základe príslušnosti ku kapitalistickému alebo socialistickému bloku a na neaktuálnosť tohto triedenia. Autori okrem publikácie vytvorili nadáciu Gapminder (viď s. 21).

Medzi pravdepodobne najrozšírenejšie štatistické materiály pre prírodné vedy patria tie, ktoré sú aplikované na biológiu a pridružené disciplíny. Triola et al. (2023) ukazujú vzťah medzi biológiou, medicínou, zdravotníckymi vedami a štatistikou. Čitateľ je vedený postupne, bez predpokladu predchádzajúcej hlbšej znalosti. Použitie je ilustrované na praktických príkladoch s reálnymi dátami, napríklad týkajúcich sa klinických testovaní, biometrie alebo veľkých dát (angl. *big data*) o ochorení COVID-19. Naopak, Manly (2000) vo svojej knihe vyžaduje od čitateľa určitú úroveň znalosti a jeho predchádzajúce oboznámenie so základnými metódami a konceptmi štatistických rozdelení, testov či intervalov spoľahlivosti. Na dôležitosť štatistiky poukazuje prostredníctvom prípadov z environmentálnej praxe – napríklad na rozsahu a dopade ropných škvrn na životné prostredie alebo na kyslých dažďoch v severnej Európe. Autor ďalej rozdeľuje typy štúdií v skúmanej oblasti do troch kategórií – dokumentujúce aktuálny stav, zaoberajúce sa dopadom konkrétnych udalostí a štúdie pravidelného monitoringu s detekciou všeobecných trendov. Použité štatistické metódy sú tak vždy závislé od cieľa konkrétnej práce.

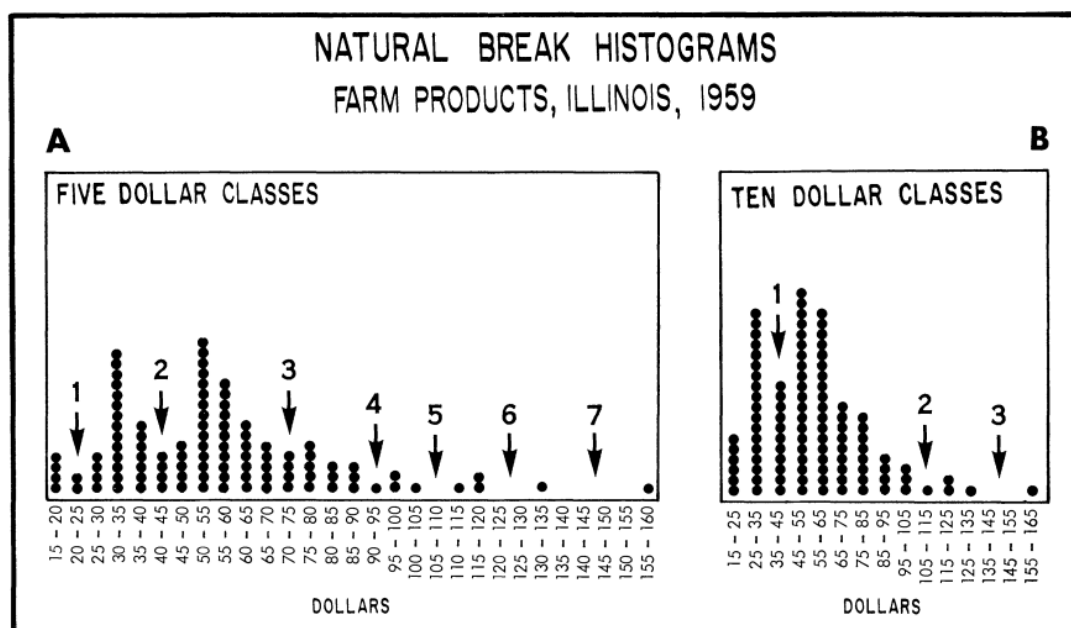
Zvára et al. (2013) rozšírili aplikáciu svojho učebného materiálu z biomedicíny na študentov biológie, geografie a demografie. Teóriu prepájajú s praxou konkrétnymi ukážkami použitia nástrojov štatistiky a výpočtov v prostredí R. Samostatnú kapitolu taktiež venujú popisným charakteristikám špecifickým v geografii – geografický priemer a medián, Giniho koeficient, Lorenzova krivka, atď. Veľmi komplexný pohľad na štatistiku vo vedách o Zemi ponúka Davis (2002), ktorý postupuje od teoretických informácií ku geologickým analýzám, mapám a k viacrozmerným pozorovaniam. Z geoinformatického pohľadu sa venuje napríklad interpolačným metódam (*kriging*, *spline*), zhľukovaniu (angl. *clustering*), analýze hlavných komponentov (PCA), priestorovom variante analýzy rozptylu (angl. *analysis of variance*, ďalej ANOVA) či technikám generovania vrstevníc.

V kartografii a geoinformatike je využitie matematiky a štatistiky neodmysliteľné už na úrovni spracovania a analýzy tematických dát. Ide o hľadanie spojení, vzťahov a závislostí. Vďaka priestorovej analýze je možné zisťovať optimálne rozmiestnenie zariadení, sledovať pohyb tovarov a ľudí alebo pozorovať a predpovedať vývoj priestorových javov (Talhofer 2019).

Dobрым príkladom využitia štatistiky v kartografii je práca Jenks a Caspall (1971), v ktorej zdokonalili techniku tvorby intervalov pre kartogramy. Metóda známa ako *Jenks Natural Breaks* je navrhnutá pre vhodnejšie vystihnúť správania veličiny na základe jej rozdelenia. Na rozdiel od rovnakých intervalov alebo kvantilov sa snaží zachytiť prirodzené skupiny (Obr. 1) a tým pádom minimalizovať skreslenie hodnôt pozorovaných v kartograme.

Navrhnutý algoritmus tvorby intervalov pracuje iteratívne, jeho cieľom je minimalizovať súčet štvorcov odchýlok vo vnútri jednotlivých tried. Kvalitu rozdelenia následne hodnotí indexom počítaným zo spomínaného súčtu štvorcov a celkového rozptylu dát. Výpočet pokračuje s posunutou hranicou tried, kým nie je nájdená maximálna hodnota indexu.

Autori však zároveň poukazujú na možný hlavný nedostatok algoritmu – voľbu nesprávneho počtu intervalov, ktorá môže viesť k zhoršeniu kvality výsledného modelu. Počet požadovaných intervalov je tak potrebné nevyhnutne prispôbiť vstupným dátam.



Obr. 1 Histogram ukážkových dát s ideálnymi intervalmi, prevzaté z Jenks a Caspall (1971).

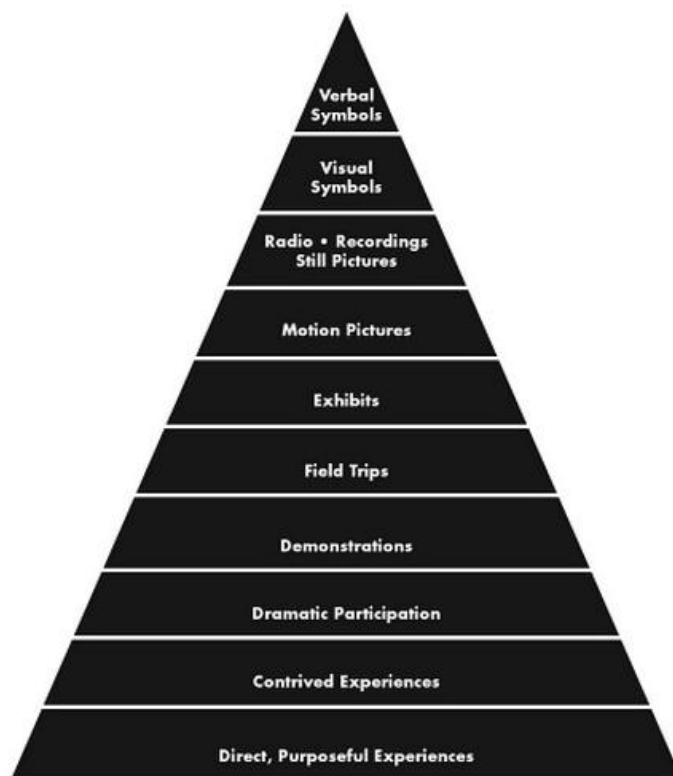
Za všeobecne uznávaný výučbový materiál v oblasti geoinformačných technológií je považovaný *The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge* (ďalej GIS&T BoK). Online učebnica obsahuje články dokumentujúce témy súvisiace s oblasťou geoinformatiky zatriedené do logických kategórií. Autorom nie je jeden človek, ale každý článok v GIS&T BoK píše odborník na danú tému. Zo štatistickej domény sa venuje stránka napríklad priestorovej štatistike a knižniciam pre jej výpočet, štatistickému mapovaniu, regresii alebo priestorovému vzorkovaniu (University Consortium for Geographic Information Science 2026).

Ďalšími autormi vyzdvihujúcimi význam štatistických metód v oblasti vied o Zemi, ktorí sa venujú ich prepojeniu na priestorové dáta sú napríklad Haining (2003), Burt et al. (2009), O'Sullivan a Unwin (2010) či Lloyd (2010).

2.2 Výučbové materiály

Keďže bude výsledná interaktívna aplikácia, ktorej tvorba je hlavným cieľom bakalárskej práce, slúžiť ako podporný výučbový materiál, je rozhodujúce jej správne zaradenie v rámci zaužívanej terminológie.

Dale (1946) sa venoval vizuálnym a auditívnym pomôckam a metódam vo výučbe, pričom zdôrazňuje a vyzdvihuje ich prínos pre hlbšie porozumenie preberanej téme. Tvrdí, že vďaka ich zakomponovaniu je učenie konkrétnejšie a zapamätateľnejšie – týmto spôsobom dochádza k trvalému učeniu. Kľúčový je jeho koncept kužela skúseností (angl. *the Cone of Experience*), ktorý je vizuálnou pomôckou pre popis rôznych vzťahov audiovizuálnych materiálov a ich pozíciu vo vyučovacom procese (Obr. 2). Zoraďuje tak materiály od najabstraktnejších po tie priamo konfrontujúce žiaka s preberanou témou v skúsenostiach a zážitkoch.



Obr. 2 Daleov kužeľ skúsenosti (zdroj: <https://acrlog.org/>).

Vytvorená výučbová aplikácia kombinuje prvky z viacerých typov učebných materiálov definovaných Daleom – verbálne symboly (teoretický základ a vysvetľujúci sprievodný text v aplikácii), vizuálne symboly (statické grafy a mapy) a najmä modelované skúsenosti (angl. *contrived experiences*) vo forme interaktívnych dátových vizualizácií a grafov. Tie autor popisuje ako modely umožňujúce uchopiť realitu v zjednodušujúcej forme, ktorá vynecháva detaily a zameriava sa na kľúčové prvky pre zvýšenie ich vhodnosti pre výučbu.

Výslednú aplikáciu vo všeobecnosti možno zaradiť medzi učebné objekty (angl. *learning objects*, ďalej LO). Z dôvodu nejednoznačnosti terminológie LO (napr. Wiley 2000) v oblasti informačných technológií (ďalej IT) vytvoril Churchill (2007) nielen zastrešujúcu definíciu („reprezentácia navrhnutá poskytnúť použitie v rôznych vzdelávacích kontextoch“) ale najmä klasifikáciu pre jasné triedenie podľa vzdelávacieho cieľa každého digitálneho materiálu určeného pre výučbu. Materiály delí na:

- prezentačné objekty,
- cvičné objekty,
- simulačné objekty,
- konceptuálne modely,
- informačné objekty,
- kontextové reprezentácie.

Aplikácia spadá medzi charakteristiky konceptuálnych modelov. Týmto pojmom sa rozumie LO, ktoré reprezentujú koncepty alebo myšlienky interaktívnym a vizuálnym spôsobom. Ako príklad autor uvádza interaktívne skúmanie trigonometrie, v ktorom študent postupne zadáva rôzne veľkosti uhla a sleduje zmenu grafu a hodnôt sínusu a kosínusu pre daný uhol.

2.2.1 Teoretické východiská interaktívneho vzdelávania

Prvotným predpokladom efektívneho prenosu informácií obsiahnutých vo výslednej webovej aplikácii je tzv. multimedia learning. K multimediálnemu učeniu dochádza, keď si študent vytvára nielen verbálny, ale aj obrazový mentálny model a dokáže medzi nimi vytvárať spojitosti. Podľa Mayera (2021) sú multimédiami prezentácie kombinujúce verbálnu a obrázkovú formu. Pod verbálnou formou možno rozumieť tlačené aj hovorené slovo, zatiaľ čo obrázková forma zahŕňa statické ilustrácie, grafy, mapy či fotografie, ale aj dynamickú grafiku ako napríklad animácie, video alebo virtuálnu realitu. Autor na základe vlastných predchádzajúcich štúdií tvrdí, že vďaka multimediálnemu učeniu nastáva hlbšie porozumenie preberanej téme: subjekty v experimentoch spravidla zaznamenávajú lepšie výsledky v transferových testoch, tzn. v testoch zameraných na chápanie súvislostí.

Höfler a Leutner (2007) sa vo svojom článku presunuli od statických obrázkov k dynamickým animáciám. V článku analyzovali 76 štúdií a preukázali signifikantne väčšiu účinnosť tzv. reprezentačnej animácie (animácie zobrazujúcej zmeny procesu v čase) oproti statickému obrázku. Opisujú, že vďaka animáciám sa znižuje kognitívna záťaž, keďže mozog nemusí aktívne hľadať súvislosti medzi jednotlivými statickými vizualizáciami. Toto je možné aplikovať napríklad na posun krivky grafu pri zmene premennej. Študent vidí zmenu v reálnom čase, čo je kontrastom napríklad oproti otočeniu strany v knihe pre vyhľadanie ďalšieho grafu.

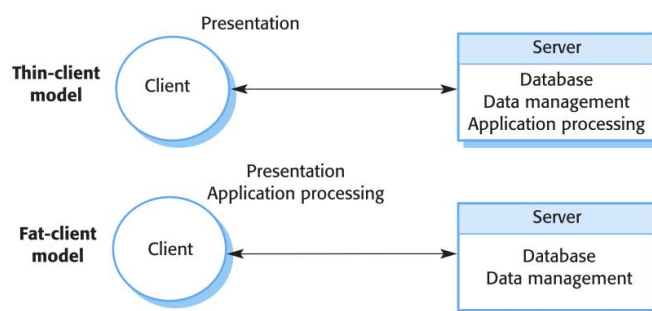
Zásadným faktorom pre aktívne zapojenie študenta do procesu učenia je však interaktivita. Ňou sa všeobecne rozumie komunikácia medzi človekom a počítačom, pričom systém reaguje na podnety zadané človekom (Nétek 2020). Jej význam experimentálne overili napríklad Mayer a Chandler (2001) v štúdií, kde boli subjektom prezentované animácie so sprevádzajúcim opisom vysvetľujúce fyzikálny jav. V experimente využili len jednoduchú užívateľskú interakciu: kontrolu trvania jednotlivých snímok animácie. Výsledkom bola signifikantne vyššia úspešnosť v miere porozumenia danému problému – subjekty, ktoré mali pri prvom prezretí kontrolu nad tempom priebehu animácie vykázali znateľne lepšie výsledky transferových testov než subjekty, ktorým bola prezentovaná animácia dvakrát bez možnosti pozastaviť ju (podobne ako pri vyššie spomínaných Mayerových štúdiách). Výsledky teda podporujú teóriu kognitívnej záťaže – pracovná pamäť človeka sa môže pri príliš rýchlom tempe prezentovania informácií zaplniť, a teda prestane byť schopná chápať ďalšie súvislosti. Vytvorená aplikácia preto využíva interaktívnu užívateľskú kontrolu nad správaním vizualizácií pomocou priameho zadávania vstupných hodnôt či prostredníctvom posúvačov (angl. *sliders*) pre požadovaný dohľad nad dynamicky vykresľovanými animáciami.

2.3 Webové aplikácie

Webová aplikácia môže byť definovaná ako systém zahŕňajúci webový server, sieť, HyperText Transfer Protocol (HTTP) a prehliadač, ktorého stav ovplyvňuje užívateľský vstup. Na rozdiel od bežných webových stránok sú tak webové aplikácie robustnejšie a implementujú aplikačnú logiku a zmeny stavov (Conallen 1999). Spravidla využívajú klient-server architektúru, ktorú Fielding (2000) zjednodušene popisuje nasledovne: serverový komponent ponúkajúci súbor konkrétnych služieb čaká na ich vyžiadanie, zatiaľ čo klient posiela po sieti požiadavku na ich vykonanie. Server následne požiadavke vyhovie alebo ju zamietne. Autor taktiež pri tomto štýle sieťovej architektúry poukazuje na oddelenie dátovej vrstvy aplikácie od jednoduchšej funkcionality užívateľského rozhrania (angl. *user interface*, ďalej UI), ktoré má bežať na strane klienta.

2.3.1 Single page web application (SPA)

Mnohé stránky fungujú na princípe bežných *multi page applications*, ktoré pozostávajú z jednotlivých súborov odkazujúcich na seba pomocou hypertextových prepojení. Užívateľ sa medzi nimi naviguje a stránka tak pri aktivácii každého odkazu vždy načítava nový súbor. Mikowski a Powell (2013) vidia v tomto systéme nevýhodu najmä pri čase načítavania každej podstránky nanovo. Preto vyzdvihujú koncept *single page web application* (ďalej SPA), ktorý využíva iný prístup. Ide o aplikáciu, ktorá pri používaní nepotrebuje opätovne načítavať stránku. Výsledkom je tak plynulý chod aplikácie v prehliadači, ktorý sa z hľadiska UX podobá desktopovej aplikácii, oproti ktorej má navyše výhodu platformovej nezávislosti. SPA využíva hrubého klienta (Obr. 3), čo znamená čiastočný alebo úplný presun aplikačnej logiky na stranu klienta – po prvotnom načítaní obsahu teda už nie je potrebný opakovaný dopyt na server (Sommerville 2016). Tieto aplikácie vo zvýšenej miere využívajú *JavaScript* (ďalej JS), programovací jazyk interpretovaný všetkými modernými prehliadačmi (Flanagan 2020). Model SPA je tak pre potreby vizualizácie a interaktivity častokrát vhodnejší, jeho implementácie sú bližšie rozvedené ďalej (s. 19).



Obr. 3 Schématický rozdiel medzi tenkým a hrubým klientom, prevzaté zo Sommerville (2016).

2.3.2 Potenciálne technické riešenia pre aplikáciu

Pre tvorbu výslednej výučbovej aplikácie je smerodajným výber technického riešenia, na ktorom má aplikácia stáť. Pri tomto rozhodovaní je potrebné zohľadniť mimo iné najmä možnosť využitia interaktívnych prvkov, mieru prispôbenia vlastným potrebám, rýchlosť a výkonnosť výslednej aplikácie a technické požiadavky pre chod aplikácie.

Riešenia vyžadujúce aplikačný server

Do prvej skupiny technických riešení hojne využívaných v obdobných aplikáciách možno zaradiť implementácie interpretovaných jazykov R a Python do webového prostredia.

Shiny je webový framework vytvorený spoločnosťou RStudio pôvodne pre jazyk R, no od roku 2022 podporuje aj Python (Doi et al. 2016; Machis 2022). Tvorcovi Shiny aplikácie stačí pre jej vytvorenie len znalosť jazyka R alebo Python. Pre jazyk R platí, že nie je náročné konvertovať už existujúce R skripty do Shiny. Shiny aplikácia zvyčajne pozostáva z dvoch komponentov – UI skript a serverový skript – pričom práve základom druhého menovaného môže byť bežný funkčný R skript. Ako bolo spomínané, pre chod aplikácie je potrebný aplikačný server, či už vlastný alebo prostredníctvom hostovacej služby (Doi et al. 2016; Posit Software 2026). Bežne využívaným prostriedkom pre hosting je shinyapps.io, no verzia zdarma je veľmi limitovaná, ponúka možnosť nasadenia piatich aplikácií, ktoré sú obmedzené na 25 aktívnych hodín užívania za mesiac (Posit Software 2022).

Alternatívou je Streamlit – open-source framework postavený na jazyku Python určený pre dátových analytikov. Autori popisujú, že cieľom tohto implementačného nástroja je tvorba webových dátových aplikácií len s malým množstvom programového kódu. Podobne ako pri Shiny nie je potrebná skúsenosť s frontend vývojom (Snowflake Inc. 2026b; 2026c). Developerom je k dispozícii Streamlit Community Cloud, ktorý s prepojením na GitHub repozitár umožňuje tvorbu, nasadenie a manažment aplikácie. Samotné spustenie Python kódu prebieha tak na aplikačnom serveri, ktorý v stave nečinnosti (nad 12 hodín) prechádza do režimu spánku, čo môže spôsobiť užívateľovi aplikácie dlhšie načítavanie. Streamlit Community Cloud má taktiež obmedzenie na operačnú pamäť (690 MB – 2,7 GB) a počet jadier (0,078 – 2), ktoré sú vyhradené pre konkrétnu aplikáciu (Snowflake Inc. 2026a), čo môže pri zvýšenej návštevnosti vplývať na jej chod.

Riešenia orientované na stranu klienta

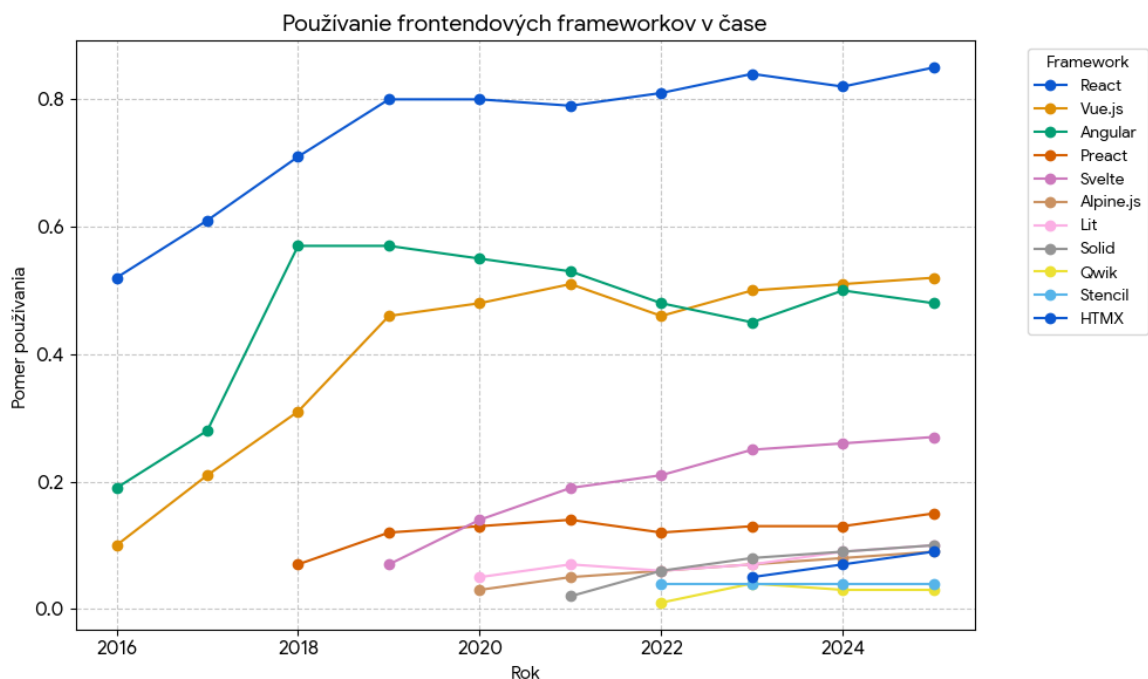
Kontrastom k predchádzajúcim alternatívam sú JS frameworky a knižnice, pri ktorých odpadá potreba aplikačného servera, keďže JS je jazyk priamo interpretovaný v prehliadači. Vlastné výpočty tak prebiehajú na strane klienta (mimo prípadu využitia TypeScriptu, ďalej TS, na backende), a preto dopytovanie na aplikačný server nie je potrebné. V tomto prípade sa jedná o všeobecné prístupy k tvorbe webových aplikácií (spravidla SPA) a samotná interaktivita a dátová vizualizácia je zabezpečená konkrétnymi externými knižnicami.

React je knižnica vyvinutá spoločnosťou Facebook (dnes Meta) a jej základným konceptom sú znovu použiteľné komponenty, ktoré fungujú na princípe JS funkcií. React môže slúžiť aj ako doplnok do webovej aplikácie, tzn. aplikácia na ňom nemusí nutne byť postavená celá. V prípade postavenia celej aplikácie na knižnici React sa už jedná o spomínaný koncept SPA. Knižnica podporuje písanie kódu ako priamo v JS, tak aj v TS (Banks a Porcello 2017), jeho nadstavbe so statickým typovaním premenných, ktorá je pred nasadením kompilovaná do JS a okrem frontendu je možné ju využiť aj na backende (Refsnes Data 2026). Nadstavbové frameworky React Native a Expo umožňujú okrem webového prostredia vytvárať natívne aplikácie pre Android a iOS (Meta Platforms 2026).

Vue je JS framework pre vytváranie UI, ktorý môže byť taktiež použitý pre tvorbu SPA. Vue funguje podobne ako React na princípe komponentov (You 2026), no je jednoduchší na naučenie a tým pádom vhodnejší pre menšie projekty (Emmanni 2023). Karić a Durmić (2024) porovnávali Vue s knižnicou React a frameworkom Angular a vo výkonnostných testoch vykázal najlepšie výsledky.

Angular je taktiež webovým frameworkom určeným na tvorbu rýchlych a spoľahlivých aplikácií (Google 2026). Na rozdiel od konkurenčného Reactu a Vue nepodporuje priamy zápis kódu v JS, ale umožňuje písanie len v TS (Karić a Durmić 2024). Na rozdiel od predchádzajúcich dvoch alternatív nevyužíva virtuálny Document Object Model (ďalej DOM, viac v kap. 4.1), čo z neho robí o niečo pomalšiu alternatívu, ktorá je však vhodnejšia veľké projekty (Karić a Durmić 2024; Emmanni 2023).

Prieskum the State of JavaScript (Greif 2025) ukazuje, že práve spomínané JS riešenia majú najväčšie percento užívateľov – tzn. vývojárov, ktorí konkrétne technické riešenie niekedy použili. Spomedzi nich si dlhodobo drží prvenstvo React, pričom Vue a Angular majú v posledných rokoch veľmi podobný podiel zastúpenia na trhu (Obr. 4). Z dát taktiež možno vyvodiť rastúcu popularitu frameworku Svelte, ktorý zdrojový kód kompiluje do vysoko optimalizovaného JS (Svelte contributors 2026). Svelte má veľmi pozitívne hodnotenie najmä z hľadiska kladného postoja vývojárov.



Obr. 4 Podiel využitia frontendových frameworkov webovými vývojármi (zdroj dát: Greif (2025)).

2.3.3 Existujúce webové aplikácie pre výučbu štatistiky

Podkapitola predstavuje webové aplikácie, ktoré majú za cieľ užívateľovi pomôcť porozumieť štatistickým metódam. Tieto vo väčšej či menšej miere slúžili ako inšpirácia pre hlavný výstup bakalárskej práce.

Seeing Theory

Aplikácia Seeing Theory bola vytvorená na Brown University s cieľom urobiť štatistiku prístupnejšou širšiemu spektru študentov prostredníctvom interaktívnych vizualizácií. Aplikácia je postavená na robustnej JS knižnici D3.js a pokrýva témy preberané na kurzoch štatistiky na tamojšej univerzite. Študentom má slúžiť ako doplnujúci materiál pre vzdelávanie. Zdrojový kód je dostupný na platforme GitHub (Kunin 2019; Kunin et al. 2018).

Obsah je rozdelený do šiestich kapitol s logickým vnútorným členením. Interaktivita je na vysokej úrovni, pri každej téme má užívateľ možnosť sám skúmať vplyv vlastného konania na zobrazovaný výsledok. Celá aplikácia funguje intuitívne a je vizuálne veľmi atraktívna. Obsahuje minimum textu a jednoznačne kladie dôraz na interaktívne bloky. Vo všeobecnosti sa zameriava na teoretickú štatistiku bez prepojenia na priestorové dáta.

Setosa

Setosa má za cieľ komplexné myšlienky vyjadriť interaktívnym spôsobom (Powell a Lehe 2023). Obsahuje sériu vybraných matematicko-štatistických konceptov, ktorým sú venované jednotlivé podstránky. Grafy sú tu vysoko interaktívne a intuitívne. Chýba však previazanosť medzi jednotlivými časťami, ide skôr o zbierku špecifických interaktívnych vizualizácií s vysvetleniami.

GeoGebra

Platforma GeoGebra (GeoGebra 2026) ponúka interaktívne zdroje pre výučbu štatistiky a pravdepodobnosti. Kurzy sú interaktívne a obsahujú testy pre overenie zručností, sú však zamerané najmä na jednoduchšie úlohy.

Gapminder

V rámci nadácie Gapminder vznikli vizualizačné nástroje určené ako učebné materiály pre prezentáciu svetových štatistík zo spoľahlivých zdrojov (Stiftelsen Gapminder 2026). Obľúbenou pomôckou sú tu tzv. *bubble charts* umožňujúce okrem hodnôt na osi x a y zobraziť ďalší atribút napríklad veľkosťou či farbou. Užívateľ má vysokú mieru kontroly nad vizualizovanými dátami prostredníctvom časových osí či filtrácie údajov. Gapminder však nie je typickým výučbovým nástrojom, pretože nekladie veľký dôraz na vysvetľovanie zákonitostí a sústreď sa skôr na samotnú prezentáciu dát.

Shiny aplikácie

Knižnica Shiny (viď s. 18) je často využívaný nástroj pre tvorbu interaktívnych grafov. Na Univerzite Palackého v Olomouci (ďalej UP) vznikli viaceré študentské práce, ktorých cieľom bolo využiť túto technológiu pre vytvorenie interaktívnych webových aplikácií. Šumpík (2023) z Katedry matematickej analýzy a aplikácií matematiky Univerzity Palackého v Olomouci (ďalej KMA) v rámci bakalárskej práce využil Shiny na vytvorenie nástroja na predstavenie témy štatistickej inferencie – najmä testovanie hypotéz a odhady parametrov. Nevýhodou aplikácie je potreba vždy potvrdiť zmenu parametra funkcie pre vygenerovanie nového grafu – čakanie na odozvu od servera. Aplikácia popisuje teoretickú štatistiku s minimálnym prepojením do praxe.

Na rovnakej katedre vznikla aj aplikácia zameraná na pravdepodobnosť a jej rozdelenia (Jurišicová 2023). Tu sú jednotlivé témy ilustrované na praktických príkladoch, vďaka čomu je pre čitateľa pochopenie jednoduchšie. Pre užívateľské vstupy je počítaná výsledná pravdepodobnosť s uvedením matematického postupu bez nutnosti potvrdzovať vstup. Aplikácia má k dispozícii aj jednoduchý návod a vo všeobecnosti je UX lepšia ako pri predchádzajúcom riešení.

Zhodnotenie stavu

Analýza existujúcich riešení a odbornej literatúry ukazuje, že napriek existencii teoretických východísk spájajúcich oblasti štatistických metód s geoinformatickou praxou a rozšírenosti dobrých interaktívnych učebných nástrojov chýba ich priame prepojenie v jednej aplikácii, ktorá by zároveň pokrývala hlavné témy preberané v predmete STAME. Z tohto dôvodu je cieľom bakalárskej práce vytvoriť nástroj, ktorý by študentom KGI – a prípadne študentom príbuzných odborov – interaktívnou formou pomohol štatistické metódy priblížiť a vizualizovať prostredníctvom dát a problémov, ktoré sú im blízke.

3 METÓDY A POSTUP SPRACOVANIA

Kapitola poskytuje prehľad metód použitých pri realizácii bakalárskej práce. Stručne je opísaný postup spracovania s poradím jednotlivých krokov. Uvedené sú taktiež dáta použité do praktických ukážok v aplikácii a softvér využitý pri práci.

Použité metódy

Najzásadnejšou metódou pri tvorbe výslednej interaktívnej webovej aplikácie bol tzv. agilný vývoj spočívajúci v inkrementálnych prírastkoch v zdrojovom kóde a taktiež jeho prispôbovaní potrebám užívateľov (Sommerville 2016). Aplikácii bola postupne pridávaná funkcionálna a textový obsah s paralelným odstraňovaním vzniknutých chýb. Základom pre agilný spôsob vývoja bola komunikácia a spätná väzba od vedúceho práce, Mgr. Karla Macku, Ph.D, ktorá udávala smer celej tvorby zdrojového kódu. Matematická a obsahová správnosť aplikácie prešla pred odovzdaním práce revíziou od Mgr. Kamily Fačevicovej, Ph.D. z KMA.

Ďalšou dôležitou metódou využitou pri spracovaní praktickej časti bol komponentovo orientovaný vývoj (angl. *component-based development*, ďalej CBD) vyplývajúci z povahy zvoleného technologického riešenia aplikácie. CBD tak umožnil zefektívnenie práce s kódom a vyhnutie sa opakovaniu rozsiahlych blokov kódu.

Samotný textový obsah aplikácie bol tvorený teoretickou syntézou rešeršovanej literatúry, pričom najzásadnejší dôraz bol kladený na prezentácie používané ako materiál k výučbe predmetu STAME. Tieto texty boli doplnené o poznatky naštudované z literatúry spomínanej v časti 2.1.1.

Pri užívateľskom testovaní (kap. 6) bola spomedzi empirických metód využitá metóda experimentu (Široký 2011), konkrétne vo forme think-aloud (premýšľanie nahlas). Cieľom tejto metódy je verbalizovať myšlienkové pochody a tak porozumieť správaniu užívateľa pri práci s produktom (Vaniček 2022). Užívateľské testovanie prebehlo na piatich študentoch prvého ročníka bakalárskeho štúdia na KGI. Výsledkom bolo kvalitatívne zhodnotenie použiteľnosti aplikácie, návrh potenciálneho zdokonalenia existujúceho prototypu a jeho realizácia.

Použité dáta

Interaktívne prvky aplikácie sú z veľkej časti generované tzv. *on-the-fly*, čo znamená, že sú vykreslené na základe určitej funkcie, resp. matematickej zákonitosti. Tieto komponenty majú nastavené vstupné parametre alebo preddefinované ukážkové teoretické dáta priamo v zdrojovom kóde.

V aplikácii sa však nachádzajú aj interaktívne prvky a vizualizácie generované z reálnych datasetov uložených vo formáte Comma-separated values (ďalej CSV) alebo Geographic JavaScript Object Notation (ďalej GeoJSON).

Pri jednej zo simulácií je využitý dataset ArcČR® 4.3 (rok 2024, mierka 1 : 500 000) od spoločnosti ARCDATA PRAHA so štatistickými údajmi zo Sčítania ľudí, domov a bytov (SLDB) 2021 poskytovanými Českým štatistickým úradom (ČSÚ).

Aplikácia taktiež využíva datasety od Eurostatu. Použité sú priestorové dáta hraníc regiónov Nomenklatúry územných štatistických jednotiek (z fr. *Nomenclature des Unites Territoriales Statistiques*, ďalej NUTS) a vybrané tematické dáta ilustrujúce niektoré socioekonomické charakteristiky regiónov:

- *Territorial units for statistics (NUTS)*,
 - rok 2024, mierka 1 : 20 000 000.

- *Population structure indicators by NUTS 3 region,*
 - indikátor *Median age of population*, dáta za rok 2025.
- *Regional gross domestic product (PPS per inhabitant in % of the EU27 (from 2020) average) by NUTS 2 region,*
 - rok 2024.
- *Life expectancy at birth by sex and NUTS 2 region,*
 - rok 2024.

Z dátového portálu Svetovej banky sú použité nasledujúce datasety vo formáte CSV a XLSX s hodnotami pre jednotlivé krajiny sveta a závislé územia:

- *Human capital index plus (HCI+): overall score, total (scale 0–325),*
 - rok 2025.
- *Life expectancy at birth, total (years),*
 - roky 1960, 1980, 2000 a 2023 (v spolupráci s Organizáciou spojených národov a Eurostatom).
- *World Bank Country and Lending Groups,*
 - dáta za rok 2025.

Posledným dátovým zdrojom využitým pri tvorbe aplikácie je open-source aplikačné programové rozhranie (angl. *application programming interface*, ďalej API) OpenMeteo, ktoré umožňuje užívateľovi okrem iného získať historické dáta počasia. Použité sú júlové teploty v dátume od 1. 7. 2025 do 31. 7. 2025 za mestá Olomouc, Přerov a Jeseník. K ich získaniu však nebolo prístupné cez API, ale boli priamo stiahnuté ako CSV, čo je tiež jedna z funkcionalít, ktorú tento nástroj ponúka.

Samotné spracovanie dát prebiehalo len na úrovni čistenia nepotrebných atribútov, spájania datasetov na základe jednotných identifikátorov (napr. dáta z Eurostatu), zmeny použitého formátu a filtrácie neúplných záznamov.

Použité programy

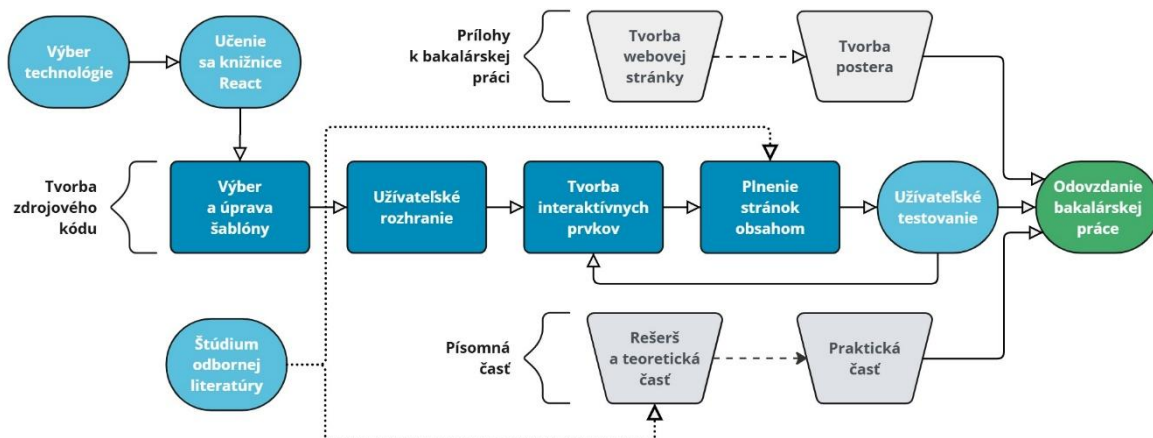
Hlavná časť prác prebiehala vo vývojovom prostredí (angl. *integrated development environment*, ďalej IDE) Visual Studio Code 1.116.0. Do IDE boli pridané extenzie Prettier - Code formatter 12.4.0 pre automatické formátovanie zdrojového kódu a GitHub Actions 0.31.4 pre prácu so systémom riadenia verzií Git priamo v IDE, keďže aplikácia má vlastný repozitár na platforme GitHub. Pre spúšťanie vývojárskeho servera bol využívaný príkazový riadok integrovaný v operačnom systéme Windows 11.

Na spracovanie tabuľkových dát určených na demonštráciu praktického využitia štatistických metód bol použitý primárne program RStudio 2024.04.0 a čiastočne taktiež Microsoft Excel. Prvotné prehliadanie priestorových dát a ich konverzia do GeoJSON formátu dát prebehla v programe ArcGIS Pro 3.6.2, respektíve QGIS 3.34.8-Prizren. Pre optimalizáciu veľkostí GeoJSON súborov bol využitý webový nástroj Mapshaper, v ktorom bola pre zjednodušenie polygónov zvolená Douglas-Peuckerova metóda. Logo aplikácie a niektoré vlastné ikony aplikácie boli vytvorené v programe Affinity 3.1.0.

Postup spracovania

Bakalárska práca bola spracovávaná od júla 2025 do mája 2026. Zjednodušená schéma práce je zhrnutá na Obr. 5. V lete 2025 prebehla prvotná rešerš potenciálnych technických riešení pre výslednú aplikáciu. Identifikované boli dva základné prístupy k tvorbe aplikácie – orientácia na hrubého klienta a prioritizácia tenkého klienta s potrebou externého aplikačného servera. Z ekonomických a praktických dôvodov (náklady na prevádzku servera a jeho fyzická vzdialenosť) boli ako vhodnejšie určené frontend-only riešenia.

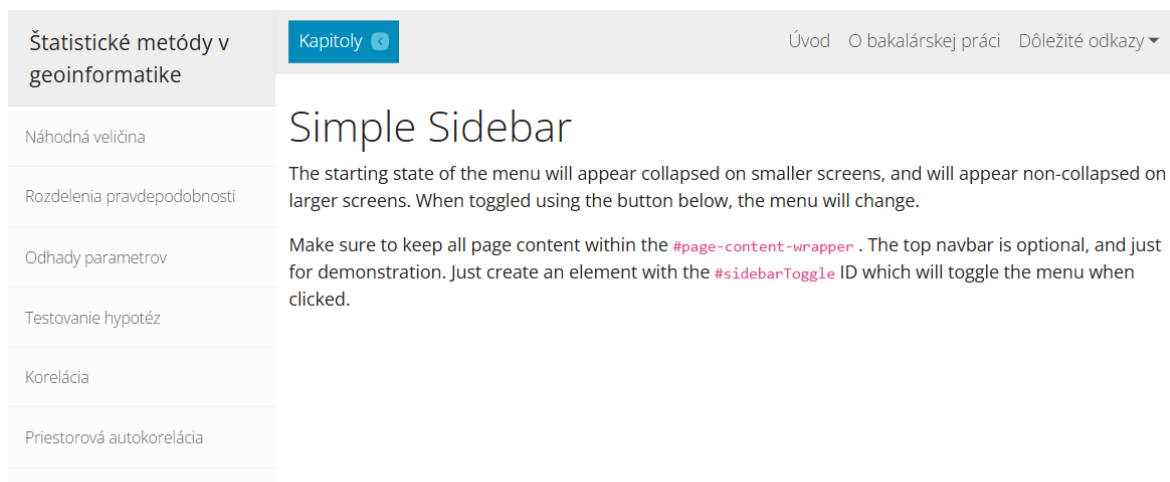
Spomedzi rešeršovaných možností bola zvolená knižnica React, a to najmä pre jeho ustálenosť na trhu a veľkú užívateľskú základňu, ktorá bola predpokladom pre dobrú dostupnosť doplnkových knižníc a technickej podpory.



Obr. 5 Schéma postupu práce.

Nasledovala fáza zoznamovania sa s knižnicou a základnými princípmi vytvárania webových aplikácií v Reacte. Štúdium prebiehalo najmä prostredníctvom praktických návodov dostupných na video platforme YouTube. Po prvotnom poučení prebehlo vyhľadávanie potenciálnych responzívnych šablón, z ktorých by aplikácia mohla vychádzať. Zvolená bola šablóna Simple Sidebar dostupná na webe Start Bootstrap pod licenciou MIT (Massachusetts Institute of Technology). Hlavný Cascading Style Sheets (ďalej CSS) súbor aplikácie – téma Yeti – pochádza zo stránky Bootswatch. Súbor je distribuovaný pod rovnakou licenciou.

Šablóna Simple Sidebar bola upravená pre správne prepojenie so zvolenou témou (hlavným CSS súborom). Následne bola cez Vite (nástroj na budovanie frontendových webových aplikácií) založená základná React aplikácia a existujúci prototyp bol prepracovaný do React štruktúry (Obr. 6) rozdelením na menšie komponenty v syntaxi JavaScript Extensible Markup Language (ďalej JSX). Týmto začali práce na UI, bol naplnený obsah bočného panela (angl. *sidebar*) a upravený navigačný panel. Boli doplnené tlačidlá na zmenu svetlého, resp. tmavého režimu a na voľbu jazyka aplikácie. Taktiež bola zavedená spoľahlivá navigácia medzi stránkami a podstránkami v súlade so zaužívanými React riešeniami.



Obr. 6 Pracovná verzia šablóny prenesená do Reactu.

Ďalším postupom bola tvorba samotných výučbových stránok. Práce prebiehali postupne, po jednotlivých témach – najskôr bola navrhnutá a vytvorená štruktúra podkapitol vychádzajúca zo spomínaných prezentácií predmetu STAME. Následne prebiehali práce na interaktívnych prvkoch – získavanie a spracovanie ukážkových dát (pokiaľ boli uznané za potrebné na základe komunikácie s vedúcim práce) a tvorba grafov a dátových vizualizácií s ovládaním pre vstupné hodnoty a nastavenia zobrazenia. Optimalizácia interaktívnych prvkov bola pravdepodobne časovo najnáročnejšou časťou, bolo vynaložené veľké úsilie autora práce predvídať možné užívateľské správanie a simulovať tak mnohé scenáre práce s prvkami. V prípade takéhoto odhalenia nedostatkov či chýb (angl. *bugs*) prebiehala revízia zdrojového kódu so snahou o ich elimináciu.

Ako bolo spomínané, vytvorená štruktúra jednotlivých preberaných tém vychádza zo sylabu predmetu STAME. Textový obsah bol teda primárne komponovaný na základe poskytnutých materiálov od vedúceho práce, pričom bol doplnený o poznatky z vyššie uvedenej odbornej literatúry. Pri grafoch, ktoré nepochádzajú z reálnych dát bol uvedený praktický príklad z geoinformatického či geografického prostredia pre lepšie vysvetlenie využitia konkrétneho predstaveného konceptu. Postupne tak bol vytvorený obsah tém Náhodná veličina, Rozdelenia pravdepodobnosti, Odhady parametrov, Testovanie hypotéz, Korelácia a ANOVA, čím bola splnená požiadavka vyplývajúca zo zadania bakalárskej práce.

Jedným z posledných krokov bola tvorba pätičky (angl. *footer*) s kontaktnými a licenčnými údajmi a úvodnej stránky so základnými informáciami pre zoznámenie užívateľa s aplikáciou. Taktiež bol upravený *readme* súbor používaný na platforme GitHub tak, aby obsahoval základné informácie o aplikácii a stručný návod pre prípadnú ďalšiu prácu so zdrojovým kódom.

Keďže aplikácia bola vytváraná v slovenčine, prostredníctvom generatívneho modelu Gemini 3 bol taktiež doplnený český a anglický preklad celého obsahu aplikácie, ktorý prešiel laickou korektúrou v rámci schopností autora práce.

Finálnou fázou vývoja aplikácie bolo spomínané užívateľské testovanie, ktoré prebehlo v apríli 2026. Na základe jeho výsledkov boli upravené konkrétne nedostatky zistené v experimente.

Písanie samotného textu bakalárskej práce prebehlo v dvoch častiach. Prvá zahŕňala teoretickú rešerš súčasného stavu riešenej problematiky, ktorej bol primárne venovaný január 2026. Zvyšný text práce bol písaný paralelne s postupnou finalizáciou prác na webovej aplikácii, tzn. primárne obdobie apríla 2026. Ako posledné boli vytvorené povinné prílohy viazané k bakalárskej práci – webové stránky a poster.

Použitie umelej inteligencie

Pri tvorbe bakalárskej práce boli využité generatívne jazykové modely Gemini 3, Claude Sonnet 4.5 a GPT-5. Modely boli používané pri práci so zdrojovým kódom aplikácie, najmä pri odstraňovaní chýb a generovaní častí kódu, ktoré boli následne upravované. Model Gemini 3 bol využitý na spomínaný preklad obsahu aplikácie do českého a anglického jazyka. V teoretickej časti bakalárskej práce boli jazykové modely využité na vyhľadávanie relevantných literárnych zdrojov.

4 TVORBA INTERAKTÍVNEJ VÝUČBOVEJ APLIKÁCIE

Cieľom tejto kapitoly je priblížiť technické fungovanie aplikácie. Uvedené sú základné informácie pre prácu s knižnicou React a postup použitý pri tvorbe zdrojového kódu. Kapitola končí stručným návodom na potenciálne budúce klonovanie aplikácie pre potreby úprav inými užívateľmi či zariadeniami.

4.1 React a jeho špecifiká

Knižnica React bola zvolená ako hlavné technické riešenie pri tvorbe aplikácie, a to najmä z dôvodu jej vysokého podielu na trhu existujúcich webových aplikácií (viď Obr. 2). React je síce JS knižnicou, no má svoje špecifiká a syntaxou sa mierne líši od bežných Hypertext Markup Language (ďalej HTML) a JS súborov.

Zásadným rozdielom je používanie JSX (súborová prípona `.jsx`). Ide o nadstavbu nad tradičným JS, ktorá využíva komponentový prístup. Komponentmi sa rozumejú jednotlivé JSX súbory, ktoré sú znovu použiteľné – predchádza sa vďaka nim opakovaniu rozsiahlych blokov kódu. V princípe pracujú analogicky k bežným funkciám napríklad v jazyku Python – na základe vstupu môžu meniť svoj výstup či vlastnosti (Banks a Porcello 2017). V Reacte sú na tok informácií medzi komponentmi využívané tzv *props* (z angl. *properties*), ktoré sa uvádzajú pri definovaní funkcie:

```
import InyKomponent from "../InyKomponent";

function MojKomponent({ cislo }) {
  // obsah funkcie
  const vysledok = cislo * 2;

  return (
    // návratová hodnota
    <div>
      <h2>Výsledok je: {vysledok}</h2>
      <InyKomponent hodnota={vysledok} />
    </div>
  );
}

export default MojKomponent;
```

V uvedenej ukážkovej schéme je možné vidieť základnú syntax JSX súborov využívanú naprieč komponentmi v aplikácii. Súbor štandardne začína importom knižníc a iných komponentov. V tele funkcie prebiehajú napríklad výpočty konštánt, ktoré môžu byť využívané v `return` bloku. V tejto nasledujúcej časti je už možné používať štandardné HTML tagy. Rozdielnú syntax má používanie CSS tried, namiesto bežného `class` sa na ne v knižnici React odkazuje pomocou `className`, keďže sa jedná o slovo rezervované pre definovanie tried pri objektovo orientovanom programovaní (OOP).

React taktiež pracuje so stavmi, čo znamená, že dokáže uchovávať v pamäti určité vstupné hodnoty. Na správu stavov slúžia tzv. *hooks*, z ktorých najhojnejšie využívaný je `useState`. V aplikácii je táto vlastnosť využitá napríklad pri nastavení témy (svetlá a tmavá) a jazykovej mutácie alebo pri uchovávaní vstupných hodnôt vizualizácií.

Špecifikom knižnice React okrem iného je, že využíva virtuálny DOM, vďaka čomu pri zmene stavu jednotlivých uzlov (tzn. napríklad komponentov) zobrazí nový stav bez nutnosti opätovne renderovať celý reálny DOM. Užívateľovi sa tak výrazne zníži čas potrebný na vykreslenie zmeny – v kontexte aplikácie napr. prekreslenie krivky grafu po úprave vstupného parametra bez nutnosti obnovenia stránky.

Knižnica React beží na princípe zostavenia výslednej aplikácie. Rozdielom oproti tradičnej tvorbe webových stránok prostredníctvom triády HTML, CSS a Vanilla JS (základný JS bez akýchkoľvek nadstavieb) sú dve verzie zdrojového kódu. Prvou je pracovná, ukladaná primárne do JSX súborov. S touto verziou tvorca aplikácie pracuje vo vývojárskom móde na adrese <http://localhost:5173/>. Kód je následne možné pomocou príkazu `npm run build` zostaviť a vytvoriť tak vysoko optimalizovaný JS kód určený pre priame umiestnenie na webový server (viac v kapitole 4.4).

4.2 Použité knižnice

Pri zostavovaní aplikácie bola použitá knižnica React nasadená cez nástroj Vite. Prehľad všetkých vývojových nástrojov aplikácie a ich verzií je uvedený v Tab. 1.

Tab. 1 Prehľad použitých vývojových nástrojov.

Nástroj	Verzia
@types/react	18.0.27
@types/react-dom	18.0.10
@vitejs/plugin-react	5.0.2
vite	7.1.5

Pre samotný chod aplikácie sú použité okrem Reactu aj ďalšie nadstavbové knižnice (Tab. 2). Na navigáciu medzi stránkami slúži `react-router-dom`, konkrétne je využitý `HashRouter`, ktorého špecifikom je napríklad mriežka nasledujúca za doménou prvého rádu v *Uniform Resource Locator* (ďalej URL) adrese. Aplikácia taktiež používa `useLocation` na zisťovanie aktuálnej polohy na stránkach pre jej zvýraznenie medzi témami v bočnom paneli a `Link` element pre možnosť presmerovania na externé webové adresy.

Tab. 2 Prehľad knižníc použitých v aplikácii.

Knižnica	Verzia	Použitie
bootstrap	5.3.8	ovládanie vybraných animácií
il18next, react-il18next	25.5.2 / 15.7.3	jazykové varianty
katex, react-katex	0.16.25 / 3.1.0	matematické zápisy
leaflet, react-leaflet	1.9.4 / 4.2.1	mapové náhľady
react, react-dom	18.2.0 / 18.2.0	základný chod aplikácie
react-router-dom	7.9.1	navigácia
recharts	3.2.1	grafy

Veľký význam má v aplikácii knižnica i18n (Internationalization), vďaka ktorej sú dostupné tri jazykové varianty:

- slovenský – materinský jazyk autora práce, v ktorom vznikali pôvodné texty,
- český – aplikácia bola primárne vyvíjaná pre potreby KGI s vyučovacím procesom prebiehajúcim v českom jazyku,
- anglický – pre potenciálne pokrytie prístupnosti užívateľom z celého sveta.

Automatická voľba zobrazenej jazykovej mutácie je nastavená tak, aby sa užívateľovi v prípade opätovného použitia aplikácia zobrazila v rovnakom variante, aký mal nastavený pri jej poslednom navštívení. V prípade prvého spustenia na zariadení alebo vyčistenia *cache* sa zobrazí mutácia rozpoznaná na základe nastavenia prehliadača – ak užívateľ používa češtinu alebo slovenčinu, aplikácia sa zobrazí v danom jazyku. Vo všetkých ostatných prípadoch sa zobrazí angličtina. Na obdobnom princípe v aplikácii funguje aj nastavenie svetlého a tmavého režimu.

Pre použitie internacionalizácie boli v aplikácii vytvorené tri JavaScript Object Notation (ďalej JSON) súbory s rovnakou štruktúrou, každý pre iný jazykový variant. Súbory majú logickú skladbu vychádzajúcu z reálneho umiestnenia textov v rámci aplikácie. Využívaný je taktiež element `Trans`, ktorý umožňuje do hodnôt v prekladových súboroch vkladať informácie o HTML tagoch. Na textové preklady sa odkazuje v JSX súboroch pomocou kľúčov, napríklad takto:

```
{t("navbar.topics") }
```

Konkrétny text, na ktorý je v kóde odkazované sa teda nachádza v prekladových súboroch v nasledujúcom umiestnení:

```
{  
  "navbar": {  
    "topics": "Témy"  
  },  
}
```

Ďalej je v aplikácii použitá knižnica Bootstrap (jej JS funkcionálna) kvôli ovládaniu niektorých animácií pochádzajúcich zo spomínanej šablóny, ktorá bola východiskom pre základné UI. Knižnica KaTeX slúži na matematickú notáciu premenných, ale aj vkladanie celých vzorcov či výpočtov (Obr. 7).

Normálne rozdelenie

Normálne (Gaussovo) rozdelenie je najdôležitejším spojitým rozdelením v štatistike, pretože sa približuje rozdeleniu mnohých reálnych javov a má veľký význam v štatistických metódach, napríklad v štatistických odhadoch a pri testovaní hypotéz. Je symetrické okolo strednej hodnoty μ a tvar jeho "zvonu" je určený smerodajnou odchýlkou σ . V prírode a technike sa normálnym rozdelením riadi napríklad väčšina náhodných chýb merania.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad x \in R$$
$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt \quad x \in R$$

Obr. 7 Príklad použitia knižnice KaTeX pri zápise matematického vzorca (normálne rozdelenie).

Dôležitou súčasťou aplikácie pri vizuálnej prezentácii dát je knižnica Recharts postavená na moduloch robustnej knižnice D3. Recharts vykresľuje Scalable Vector Graphics (ďalej SVG) prvky s možnosťou využitia pôsobivých animácií pri posune kriviek grafov.

V aplikácii sa nachádzajú aj jednoduché mapové vizualizácie, ktoré slúžia ako dátové náhľady pri práci s interaktívnymi prvkami. Využitá je preto knižnica Leaflet, resp. jej verzia optimalizovaná pre React. Ako podkladové boli zvolené mapy Positron a Dark Matter od spoločnosti Carto, v závislosti na téme zvolenej užívateľom.

4.3 Git a GitHub

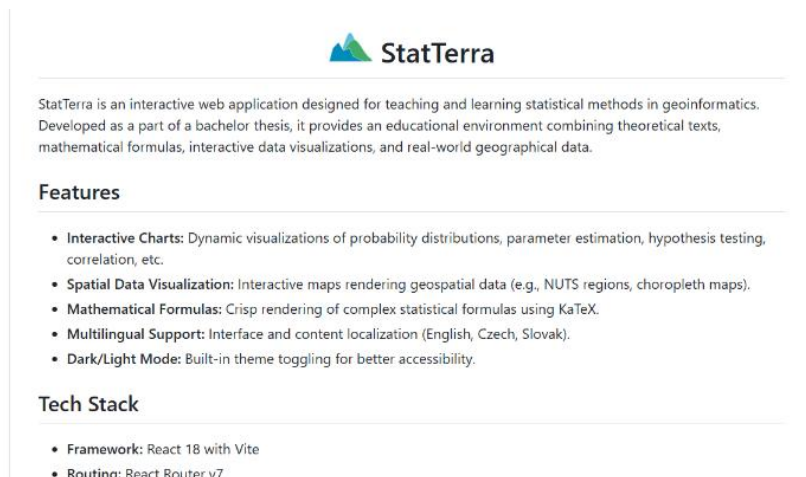
Pri tvorbe aplikácie bol aktívne využívaný open-source systém Git pre správu verzií. Vďaka nemu bola možná správa histórie zmien častí kódu, čo značne prispelo k zefektívneniu vývoja v prípade výskytu chýb v upravených častiach kódu.

V začiatkoch tvorby zdrojového kódu bolo uznesené rozhodnutie práce len s jednou vývojovou vetvou, nakoľko aplikácia svojou predpokladanou veľkosťou nebola považovaná za natoľko obsiahlu, aby bolo nutné zásadnejšie vetvenie kódu. Ďalším dôvodom, ktorý prispel k tomuto rozhodnutiu, bol fakt, že na aplikácii pracovala len jedna osoba, čo je taktiež rozdiel oproti projektom väčšieho rozsahu vyžadujúcim rozdelenie práce medzi aktérmi do jednotlivých vetiev.

Aplikácia má vytvorený vlastný repozitár na hostovacej platforme GitHub. Zdrojový kód je verejne dostupný na adrese <https://github.com/kristiansarluska/StatTerra>.

Pre zjednodušenie práce s platformou GitHub (z dôvodu špecifického zostavovania React aplikácie) bol vytvorený konfiguračný skript pre GitHub Actions v jazyku Yet Another Markup Language (YAML, taktiež používaná rekurzívna skratka YAML Ain't Markup Language), ktorý pri odoslaní nového kódu na do vetvy `main` automaticky zostavuje aplikáciu a do druhej vetvy aplikácie nazývanej `gh-pages`.

V aplikácii bol vytvorený `readme` súbor, ktorého obsah (Obr. 8) sa zobrazuje v jej repozitári pod adresárovou štruktúrou. Zámerom súboru je informovať potenciálnych záujemcov o ďalšiu prácu so zdrojovým kódom o účele aplikácie a taktiež uviesť stručný návod pre lokálne vytvorenie kópie aplikácie. Uvedené sú aj základné príkazy pre inštaláciu potrebných súčastí, spustenie vývojárskeho režimu a zostavovanie aplikácie.



Obr. 8 Náhľad informačného bloku vytvoreného pomocou `readme` súboru.

Ako naznačuje názov druhej vetvy aplikácie, na statický webhosting je využitá služba GitHub Pages, ktorá taktiež podporuje možnosť nahradenia vopred nastavenej domény vlastnou. Pre zvýšenie dostupnosti aplikácie širokej verejnosti bola z iniciatívy autora práce prostredníctvom platformy Cloudflare zakúpená vlastná doména a tá bola následne nakonfigurovaná na prepojenie so službou GitHub Pages. Aplikácia StatTerra je vďaka tomu dostupná na vlastnej URL adrese `https://statterra.app`.

4.4 Práca so zdrojovým kódom

React aplikácia bola vytvorená prostredníctvom Vite postupom vychádzajúcim z návodu na platforme YouTube (Programming with Mosh 2023). Prerekvizitou bola inštalácia behového prostredia (angl. *runtime environment*) Node.js. Pri procese prvotného založenia React aplikácie bol zvolený pracovný adresár (príkaz `cd`) a do príkazového riadku bolo zadané:

```
npm create vite@4.1.0
```

Hoci bol projekt inicializovaný pomocou Vite verzie 4.1.0, v priebehu vývoja došlo k aktualizácii na verziu 7.1.5 pre zaistenie kompatibility s používanými závislosťami. Po potvrdení príkazu bolo potrebné uviesť názov projektu, zvoliť framework z uvedených možností (v prípade Reactu nejedná o framework v pravom slova zmysle, ale o knižnicu) a vybrať programovací jazyk (JS). Nasledovali kroky:

```
cd nazov_aplikacie
npm install
```

Pomocou prvého z nich bol opäť zmenený adresár na nový založený projekt a druhý nainštaloval všetky potrebné závislosti (balíky, knižnice a moduly). Vytvorená tak bola nasledujúca základná adresárová štruktúra aplikácie s preddefinovanými súbormi:

```
node_modules
└─ ...
public
└─ vite.svg
src
├─ assets
│   └─ react.svg
├─ App.css
├─ App.jsx
├─ index.css
└─ main.jsx
.gitignore
index.html
package-lock.json
package.json
vite.config.js
```

V priečinku `node_modules` sú umiestnené všetky súbory spomínaných závislostí s nainštalovanými knižnicami. Súbory uložené v `public` sú pri zostavovaní aplikácie ponechané bezo zmeny, preto boli pri tvorbe aplikácie na toto miesto ukladané všetky

obrázky, ikony a datasety. V adresári `src` prebiehala prevažná časť práce. Práve sem boli vkladané nové JSX komponenty a ďalšie JS a CSS súbory, s ktorými aplikácia pracuje.

V súbore `.gitignore` sú uvedené všetky súčasti aplikácie, s ktorými nástroj Git nemá pracovať. Oproti prípadu použitia štandardného HTML a Vanilla JS je základný súbor `index.html` veľmi jednoduchý, v princípe obsahuje len hlavičku a v tele odkaz na hlavný skript. V `package.json` sa nachádza súhrn použitých knižníc a technológií nasadených pri tvorbe aplikácie a súbor `vite.config.js` určuje koreňovú cestu k aplikácii.

Pri ďalšej práci so zdrojovým kódom aplikácie bol postup značne jednoduchší, na začiatku vždy nasledovala táto séria príkazov:

```
cd cesta\k\projektu\  
code .  
npm run dev
```

Po nastavení pracovného adresára bolo teda na danom umiestnení pomocou príkazového riadka otvorené prednastavené IDE (v prípade tejto bakalárskej práce Visual Studio Code) a následne bol spustený vývojársky server. Výhodou knižnice React, respektíve prostredia Node.js pri práci s vývojárskym serverom je fakt, že nie je potrebné stránku obnovovať pre zobrazenie zmien vykonaných v kóde, keďže sa aplikujú automaticky pri každom uložení súboru.

V tomto bode začali už práce na samotnej aplikácii. Najskôr bola spomínaná Simple Sidebar šablóna prenesená do React komponentov s priradením hlavného CSS súboru. Nasledovali práce na UI a prepojenie jednotlivých stránok cez `HashRouter`.

Ďalším krokom bolo plnenie obsahu aplikácie. Po navrhnutí štruktúry jednotlivých pokrytých tém z oblasti štatistických metód boli postupne tvorené jednotlivé interaktívne prvky. Pri tzv. *on-the-fly* generovaných grafoch boli pripravené matematické výpočty pre vykresľovanie samotných kriviek a pri prvkoch postavených na reálnych datasetoch boli zaobstarané a spracované ukážkové dáta. Následne bola vytvorená vizuálna kostra (napríklad základný vzhľad grafu), ku ktorej bola postupne pridávaná funkcionálna – ovládacie prvky, tabuľky náhľadu dát, bloky informujúce o výsledných hodnotách, a pod. Po dosiahnutí uspokojivého stavu všetkých interaktívnych prvkov použitých na danej stránke (vybranej téme z oblasti štatistických metód) nasledovala tvorba teoretických textov a popisov k interaktívnym prvkom. V prípade použitia reálneho datasetu bol pridaný jeho stručný popis pre predstavenie užívateľovi a pri *on-the-fly* generovaných grafoch bol uvedený príklad použitia z geoinformatickej či geografickej praxe.

Ako prvé prebiehali práce na kapitole rozdelení pravdepodobnosti, keďže táto téma bola určená ako vhodná pre demonštráciu interaktivity pri prezentácii bakalárskej práce na prvom bakalárskom dni KGI. Chronologicky ako ďalšie boli spracované témy Náhodná veličina, Testovanie hypotéz, Odhady parametrov a Korelácia. Následne bola vytvorená domovská stránka so základnými informáciami o aplikácii, ukážkami interaktivity a možnosťou presmerovania na jednotlivé výučbové moduly. V tejto fáze prác bola aplikácii vytvorená vizuálna identita – dostala názov StatTerra a vlastné logo. Ako posledná bola do aplikácie spracovaná téma ANOVA.

Do obsahu jednotlivých stránok bol vždy umiestnený najskôr nelokalizovaný text (angl. často označovaný ako *hardcoded*), tzn. textové reťazce priamo vložené do jednotlivých komponentov. Text bol následne upravovaný a po dokončení jeho zásadných zmien bol v miestach použitia nahradený kľúčmi, pričom samotný textový obsah bol premiestnený

do štruktúrovaného JSON súboru v slovenskom variante. Po dokončení všetkých textov jednotlivých stránok bol prostredníctvom modelu Gemini 3 vytvorený český a anglický preklad aplikácie a ten následne prešiel laickou kontrolou autora práce. Obsahová správnosť prešla revíziou vedúceho práce Mgr. Karla Macků, Ph.D a taktiež Mgr. Kamily Fačevicovej, Ph.D. z KMA.

Do jednotlivých JSX a JS súborov bol doplnený vysvetľujúci anglický komentár v štýle JSDoc, ktorý na začiatku súboru informuje o význame a použití komponentu. Pomocný komentár je taktiež umiestnený pri dôležitých konštantách či funkciách, s ktorými je narábané vnútri komponentu. Taktiež boli pridané komentáre pri významnejších blokoch kódu v return časti, aby bolo zrejmé, ktorý konkrétny prvok rozhrania vykresľujú. Použitie JSDoc komentára na začiatku kódu komponentu vyzerá napríklad takto:

```
/**
 * @component CIIntervalsChart
 * @description Custom SVG chart that visualizes multiple simulated
confidence intervals.
 * Demonstrates the concept of coverage probability by highlighting
intervals that capture the true population mean.
 * @param {Object} props
 * @param {Array<Object>} props.samples - Array of simulated sample
objects, each containing mean, lower/upper bounds, and a 'hit' boolean.
 * @param {number} props.n - Sample size used in the simulation.
 * @param {Function} props.t - i18n translation function.
 */
```

Pri každej zásadnejšej zmene vo vývoji React aplikácie je štandardne používaný príkaz `npm run build`, ktorý zostavuje optimalizovaný JS pripravený pre umiestnenie na server. Zostavená aplikácia je tak uložená do adresára `dist`, no je možné ju zobrazíť len po odoslaní požiadavky na webový server – pri štandardnom otvorení `index.html` súboru užívateľ výsledok nevidí. V priebehu prác bol vytvorený konfiguračný skript (viac v kap. 4.3), ktorý bol spustený pri každom odoslaní novej verzie aplikácie na GitHub a automatizoval spúšťanie príkazu na zostavenie aplikácie.

V prípade záujmu o vytvorenie kópie zdrojového kódu aplikácie iným užívateľom alebo snahy o jeho presunutie na iné zariadenie je potrebné za predpokladu vopred nainštalovaného prostredia Node.js a nástroja Git spustiť nasledujúcu sériu pokynov v príkazovom riadku:

```
git clone https://github.com/kristiansarluska/StatTerra.git
cd StatTerra
npm install
```

Zariadenie tak stiahne lokálnu kópiu aplikácie a nainštaluje všetky potrebné balíky, knižnice a moduly. Po zadaní príkazu `npm run dev` v danom priečinku sa spustí vývojárska verzia aplikácie na adrese `http://localhost:5173/`, na ktorej sa zmeny premietnu hneď po ich aplikovaní v jednotlivých komponentoch. Pre vypnutie lokálneho servera je potrebné v konzole stlačiť klávesy `Ctrl + C` a následne potvrdiť zadaním reťazca `Y`.

5 APLIKÁCIA STATTERRA

Vytvorená interaktívna webová aplikácia nesie meno StatTerra. Názov implikuje dve kľúčové oblasti, ktoré sa snaží svojím obsahom prepojiť – štatistické metódy a vedy o Zemi (z lat. Terra = Zem). Aplikácia má vizuálny štýl vychádzajúci z Bootswatch Yeti témy. Na základe použitých farieb bolo vytvorené vlastné logo (Obr. 9).



Obr. 9 Logo aplikácie StatTerra.

Logo zobrazuje svetlomodrý (#5bc0de) a zelený (#43ac6a) histogram normálneho rozdelenia. Tretia, tmavomodrá, zložka (#008cba) zobrazuje plochu pod krivkou líniového grafu, no zároveň nápadne pripomína horu, čo je odkazom na tematické prepojenie so Zemou. Pod logom je umiestnený jednoduchý nadpis StatTerra vo fonte OpenSans používanom v aplikácii.

Aplikácia StatTerra bola vytvorená primárne pre potreby KGI na použitie pri výučbe predmetu STAME. Bude využívaná na demonštrácie princípov a praktické ukážky pri prednáškach, no zároveň má slúžiť študentom ako doplnujúci študijný materiál. Môže sa tak stať platným nástrojom napríklad pri individuálnom štúdiu na zápočet a skúšku z predmetu STAME.

Použiteľnosť tohto interaktívneho učebného objektu však nemožno chápať ako striktne obmedzenú na výučbu daného predmetu. Podľa názoru autora má potenciál slúžiť aj mimo KGI – príkladom miesta využitia môžu byť obdobné katedry geoinformatiky na iných univerzitách, či všeobecne vysokoškolské pracoviská s výučbou v oblasti vied o Zemi. Aplikácia je taktiež pripravená na použitie za hranicami Česka vďaka slovenskému a anglickému variantu.

V rámci študijnej stáže na Univerzite Marii Curie-Sklodowskej v Lubline (ďalej UMCS) počas apríla 2026 bol progres bakalárskej práce prezentovaný pred odborníkmi z tamojšej Fakulty vied o Zemi a priestorového manažmentu (Obr. 10). Po prezentácii bol spomedzi týchto radov prejavovaný záujem o poskytnutie aplikácie StatTerra pre účel výučby štatistiky v rámci fakulty. Táto skúsenosť tiež dokazuje potenciál aplikácie pre jej využitie nad rámec KGI.



Obr. 10 Prezentácia bakalárskej práce na UMCS.

V diskusii bola položená otázka na možnosť doplnenia poľského prekladu do aplikácie pre potreby UMCS. K termínu odovzdania bakalárskej práce k tomuto rozšíreniu nedošlo, no môže sa jednať o jedno z potenciálnych budúcich smerovaní, keďže je zámerom autora aplikáciu udržiavať relevantnou aj po jej oficiálnom odovzdaní.

5.1 Štruktúra zdrojového kódu

Vytvorená aplikácia StatTerra má zdrojový kód členený do logických priečinkov. Zámerom autora bolo maximalizovať prehľadnosť pri ukladaní súborov a zefektívniť tak prácu so zdrojovým kódom. K dátumu odovzdania bakalárskej práce mala aplikácia nasledovnú adresárovú štruktúru:

```
.github
├── workflows
public
├── assets
│   └── images
└── data
src
├── assets
│   └── licenses
├── components
│   ├── charts
│   │   ├── anova
│   │   ├── correlation
│   │   ├── helpers
│   │   ├── hypothesis-testing
│   │   ├── parameter-estimation
│   │   ├── probability-distributions
│   │   │   ├── continuous
│   │   │   └── discrete
│   │   └── random-variable
│   │       ├── characteristics
│   │       └── distribution
└── content
```

```

| | | └─ anova
| | | └─ characteristics
| | | └─ helpers
| | | └─ hypothesis-testing
| | | └─ parameter-estimation
| | └─ maps
| | └─ helpers
| └─ sidebar
└─ context
└─ hooks
└─ layout
└─ locales
| | └─ cs
| | └─ en
| | └─ sk
└─ pages
| | └─ anova
| | └─ correlation
| | └─ home
| | └─ hypothesis-testing
| | └─ parameter-estimation
| | └─ probability-distributions
| | └─ random-variable
└─ styles
└─ utils

```

Pre zjednodušenie sú uvedené len názvy jednotlivých priečinkov s ich vnútorným členením. Explicitný výpis súborov by totiž zoznam značne predĺžil, nakoľko v podadresároch priečinka `src` sa k dátumu odovzdania práce nachádza spolu 125 samostatných JSX, JS a CSS súborov.

Konfiguračný skript pre GitHub Actions sa nachádza v adresári `.github/workflows`. V priečinku `public` sa nachádzajú dáta pre praktické ukážky a obrázky použité v aplikácii. Časť ikon pochádza z platformy Freepik, čo je na základe licencie deklarované v pätičke aplikácie. Taktiež je tu umiestnený súbor `CNAME` pre prepojenie GitHub Pages s vlastnou doménou.

Súbory uložené priamo v adresári `src` bez ďalšieho zanorenia sú popísané v kapitole 4.4 Práca so zdrojovým kódom. Podadresár `assets/licenses` obsahuje kópie licencií priložených k použitej šablóne Simple Sidebar a Yeti téme.

Priečink `components` je relatívne obsiahly. V jeho podadresári `content` sa nachádzajú interaktívne prvky používané naprieč aplikáciou, napríklad kalkulačky charakteristík náhodnej veličiny, šablóny pre informačné a výpočtové panely či prvky združujúce iné komponenty do logických celkov. Rozdelené sú podľa preberanej štatistickej témy, do ktorej sa zaraďujú, pričom v priečinku `helpers` sa nachádzajú všeobecné komponenty používané naprieč stránkami.

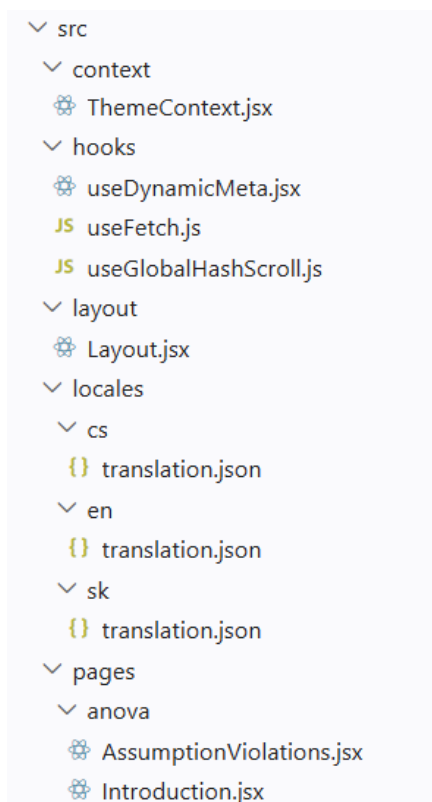
Adresár `components/charts` obsahuje všetky grafy aplikácie, opäť rozdelené podľa jednotlivých tém. V `helpers` sú predpripravené napríklad základné stĺpcové či líniové grafy, ktorým sú odovzdávané vlastnosti nadradených grafov pre ich vykresľovanie na základe špecifickej potreby.

Mapové náhľady použité v aplikácii sú uložené v priečinku `components/maps`, pričom taktiež používajú spoločný základný súbor (napríklad s definovanými ovládacími prvkami a podkladovými mapami) umiestnený v priečinku `helpers`.

V adresári `components/sidebar` sa nachádza komponent vykresľujúci jednotlivé položky bočného panelu a samostatný JS súbor obsahujúci zoznam tém a ich podkapitol. JS súbor spolu so spomínaným komponentom je následne vložený do hierarchicky nadradeného komponentu pre celý bočný panel umiestneného v adresárovej štruktúre o úroveň vyššie. Spolu s ním sa tu nachádzajú aj ďalšie prvky určujúce základné UI aplikácie. Tieto sú následne vložené do súboru `src/layout/Layout.jsx`.

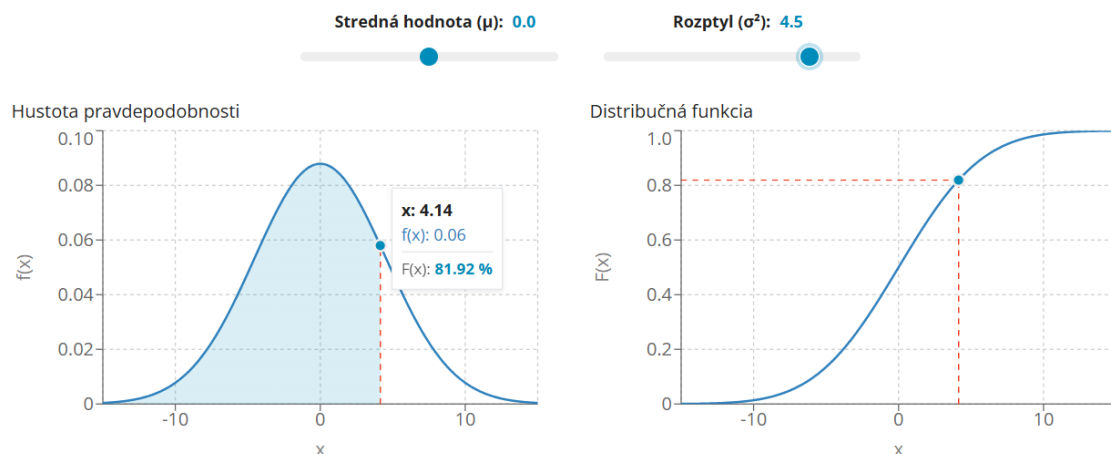
V adresári `context` je uložené ovládanie svetlého a tmavého režimu aplikácie. Vybrané React *hooks* slúžiace napríklad na prvotné načítanie datasetu či dynamickú zmenu metadát v závislosti na aktívnom jazykovom variante sú umiestnené v rovnomennom priečinku.

Prekladové súbory pre jednotlivé jazykové varianty je možné nájsť v priečinku `locales` (Obr. 11). V `pages` sa nachádzajú hlavné súbory, do ktorých je vkladán obsah jednotlivých stránok. Priečink `styles` obsahuje základné CSS štruktúrované v štýle Bootstrap a doplnkové vlastné CSS súbory. Matematické funkcie a výpočty pre grafy či štatistické testovanie sú umiestnené v adresári `utils`.



Obr. 11 Ukážka adresárovej štruktúry v IDE Visual Studio Code vrátane prekladových súborov.

Keďže React aplikácia využíva komponentovo založený prístup a v rámci textu tejto bakalárskej práce nie je priestor popísať či zakresliť vzťahy medzi všetkými komponentmi, využitie tohto typu architektúry demonštrované na príklade grafu normálneho rozdelenia (Obr. 12) od základného súboru `index.html` až po matematické funkcie využité na jeho generovanie.



Obr. 12 Interaktívny graf normálneho rozdelenia.

Základom aplikácie je súbor `index.html`, ktorý obsahuje v hlavičke meta tagy a element `title`. V tele má vložený odkaz na súbor `main.jsx`. Tento komponent je zodpovedný za rendering celej aplikácie a je v ňom vložený aj komponent zabezpečujúci nastavenie témy aplikácie. Súbor využíva komponent `App.jsx`, v ktorom je uložená logika základného užívateľského rozhrania a navigácie na jednotlivé stránky aplikácie (Obr. 13).

```

src > App.jsx > ...
23  * Layout component to ensure consistent navigation and styling.
24  */
25  function App() {
26    return (
27      <Router>
28        /* Global layout wrapper containing Sidebar and Navigation */
29        <Layout>
30          <Routes>
31            /* Landing page */
32            <Route path="/" element={<Home />} />
33
34            /* Main educational modules */
35            <Route path="/random-variable" element={<RandomVariable />} />
36            <Route
37              path="/probability-distributions"
38              element={<ProbabilityDistributions />}
39            />
40            <Route
41              path="/parameter-estimation"
42              element={<ParameterEstimation />}
43            />
44            <Route path="/hypothesis-testing" element={<HypothesisTesting />} />
45            <Route path="/correlation" element={<Correlation />} />
46            <Route path="/anova" element={<Anova />} />
47          </Routes>
48        </Layout>
49      </Router>
50    );
51  }
52

```

Obr. 13 Ukážka časti kódu komponentu `App.jsx` v IDE Visual Studio Code.

V súbore je okrem iného importovaná stránka `ProbabilityDistributions.jsx`. Tá zhromažďuje komponenty jednotlivých podkapitol rozdelených podľa nadpisu druhej úrovne (tzn. v tomto prípade súbory `Introduction.jsx`, `DiscreteDistributions.jsx` a `ContinuousDistributions.jsx`). V podstránke spojitých rozdelení je vložený súbor `NormalChart.jsx`. V tomto súbore sú vložené ovládacie prvky dvojice grafov (komponent vykresľuje hustotu pravdepodobnosti aj distribučnú funkciu), výsledok výpočtu definujúceho tvar krivky na základe zvolených hodnôt, a taktiež použitie súboru `StyledLineChart.jsx`, ktorý je šablónou pre líniové grafy v aplikácii.

Súbor `StyledLineChart.jsx` sám osebe krivku grafu nevykreslí, potrebuje získať hodnotu vlastnosti od hierarchicky vyššie postaveného komponentu, v ktorom je

importovaný. Tento pomocný graf obsahuje preddefinovaný štýl krivky grafu, jeho osí a popisov, v prípade potreby vyznačuje plochu pod krivkou grafu a zodpovedá napríklad za synchronizáciu medzi dvojicou prepojených grafov pri stave po prejdení kurzorom (angl. *hover effect*). Do súboru je importovaný `CustomTooltip.jsx`, ktorý obsahuje *tooltip* grafu informujúci o hodnotách osí v mieste hoveru nad grafom. Rovnaký tooltip je využitý aj v iných grafoch aplikácie, nielen líniových.

Súbor `NormalChart.jsx`, ako bolo spomenuté, uchováva výsledok výpočtu pre generovanie tvaru krivky, no vzorce pre výpočet sú importované z `distributions.js`. V tomto súbore sa nachádzajú pomocné výpočty pre vlastné formátovanie osí grafov, aproximácia pre vykreslenie distribučnej funkcie a vzorce pre výpočet jednotlivých rozdelení. Výpočet na vykreslenie grafu normálneho rozdelenia (pre matematický vzorec viď Obr. 7) importovaný zo súboru `distributions.js` je teda nasledovný:

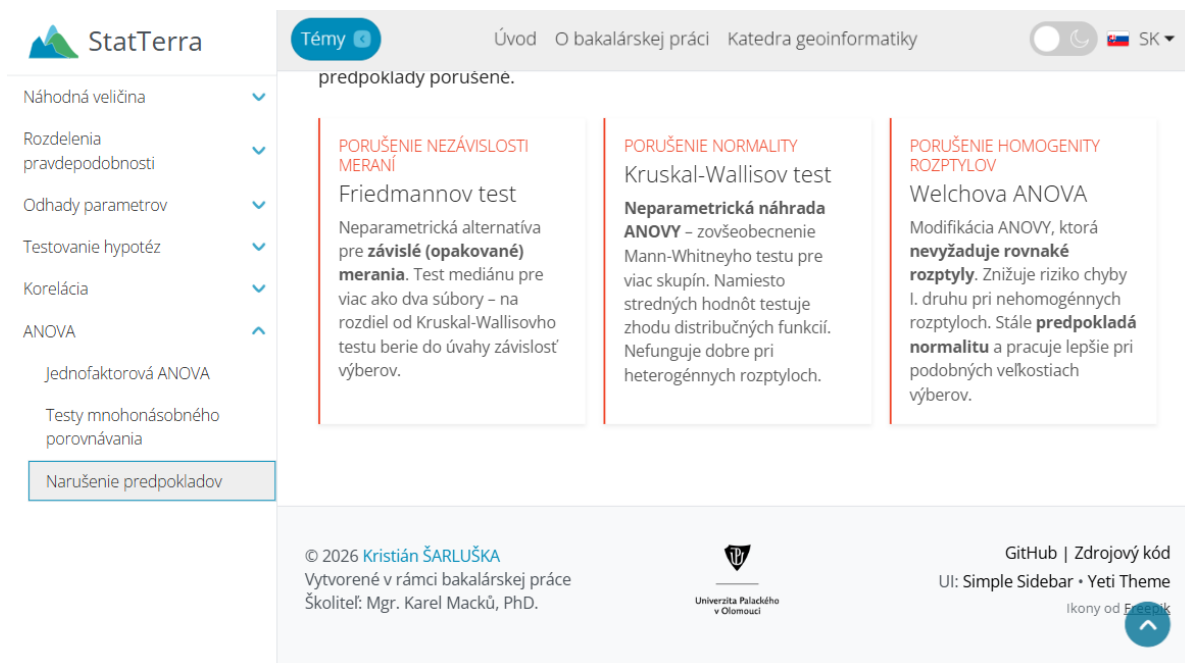
```
/**
 * Normal Distribution PDF.
 */
export function normalPDF(x, mean = 0, sd = 1) {
  const variance = sd * sd;
  return (
    (1 / (sd * Math.sqrt(2 * Math.PI))) *
    Math.exp(-0.5 * Math.pow((x - mean) / sd, 2))
  );
}

/**
 * Normal Distribution CDF.
 */
export function normalCDF(x, mean = 0, sd = 1) {
  return 0.5 * (1 + erf((x - mean) / (sd * Math.sqrt(2))));
}
```

Obdobné skladanie komponentov je používané naprieč celou aplikáciou. Základom sú súbory `index.html`, `main.jsx` a `App.jsx`. Do nich sú vkladané jednotlivé stránky s rozdelením na menšie súbory podľa nadpisov druhej úrovne. Sem je potom vložená štruktúra jednotlivých podkapitol s kľúčmi pre textový popis, matematickými vzorcami a ďalším vnútorným formátovaním. Osadené interaktívne prvky sú väčšinou skladané zo znovu použiteľných šablónových komponentov pre zachovanie konzistentnosti a zníženie redundancie v kóde.

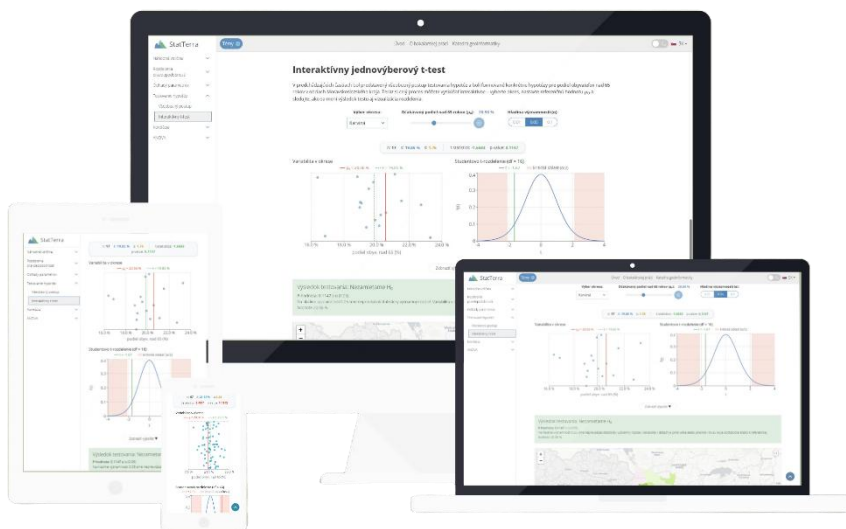
5.2 Užívateľské rozhranie

UI aplikácie (Obr. 14) vychádza zo šablóny Simple Sidebar. Pozostáva z navigačného panela, bočného panela s jednotlivými témami, tlačidla pre *scrolling* na začiatok stránky, pätičky a časti s hlavným obsahom stránky.



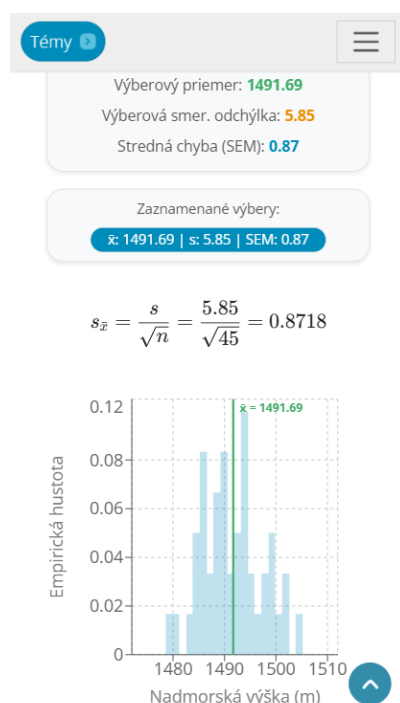
Obr. 14 Náhľad UI aplikácie pri zobrazení na počítači.

Rozhranie je plne responzívne, prispôsobuje sa šírke zariadenia, na ktorom je aplikácia zobrazená. Vďaka tomu je možné s ňou plnohodnotne pracovať aj na mobilnom zariadení či tablete (Obr. 15). Responzivita bola v priebehu prác testovaná na stolnom počítači, laptope, tablete a niekoľkých mobilných zariadeniach. Overená bola taktiež funkčnosť aplikácie vo webových prehliadačoch Google Chrome, Safari, Microsoft Edge, Mozilla Firefox, Opera a Vivaldi Browser.



Obr. 15 Mockup interaktívneho prvku zobrazeného na rôznych zariadeniach.

Navigation panel in the top part of the page contains a button on the left for opening and closing the side panel, links to the home page of the application, web created for the bachelor's thesis and web pages of KGI. It also contains a control of light and dark theme and a selection of language variant of the application. In the case of display on a mobile device or a smaller tablet, the majority of the content of the top panel is grouped under one button controlling the so-called *hamburger menu* (Fig. 16). The navigation panel is set so that it appears automatically when scrolling up in the main content of the page, and vice versa, it disappears when scrolling down.



Obr. 16 Navigačný panel
pri zobrazení na mobilnom zariadení.

The side panel contains a list of topics from the syllabus of the subject STAME and serves for navigation between them. Selecting the topic name leads the user to the beginning of the page. Clicking on the arrow next to the text opens the internal structure of the topic. In the case of selecting one of the lower levels, it leads to the specific subchapter using an anchor (angl. *anchor*). In the top part of the side panel, there is a logo of the application with a link to the home page.

In the bottom right corner of the application, there is a button for automatic scrolling to the beginning of the page. The button is automatically displayed only when the user is far from the main heading.

The footer of the application contains the author's name and the supervisor's name along with information that the application was created within the bachelor's thesis. It also contains the logo of the university and links to the used template, topic, and source icons. There is also a link to the GitHub repository of the application.

The main content of the application is located in the right part of the interface and in the case of closing the side panel, it expands to the full width of the device up to a width of 1200 pixels. This limitation was set to prevent excessive stretching of text descriptions in the case of devices with wide displays. The width of interactive elements and their direct descriptions is also limited in the application, and that to 1000 pixels for the reason of visual separation from general theoretical texts.

5.2.1 Domovská stránka

Po otvorení aplikácie sa na jej základnej adrese zobrazuje domovská stránka, ktorú tvoria štyri sekcie. V prvej, tzv. *hero section*, sa nachádza logo aplikácie s úvodným textom informujúcim o všeobecnom účele aplikácie. Sekcia má v pozadí umiestnenú jemnú sivú štvorcovú sieť, ktorá ju vizuálne oddeľuje od zvyšku obsahu.

Pod ňou (Obr. 17) sa nachádza ďalšia časť, bližšie špecifikujúca zámer, s ktorým bola aplikácia vytvorená. Prítomný je taktiež text informujúci o cieľovej skupine užívateľov. Vpravo od textu (resp. pri zobrazení na mobilnom zariadení až pod textom) je umiestnený mockup laptopu s otvorenou aplikáciou StatTerra. Snímka z aplikácie sa v mockupe mení v závislosti na zvolenom svetlom či tmavom režime.



Obr. 17 Domovská stránka aplikácie StatTerra s hero sekciou a základným popisom.

Ďalej sa na domovskej stránke nachádza prehľad spracovaných tém s ich stručným popisom a odkazom na priame presmerovanie na jednotlivé výučbové moduly. Pri tomto zozname sa nachádza popis informujúci čitateľa o fakte, že ich štruktúra vychádza zo sylabu predmetu STAME.

Posledná sekcia domovskej stránky je rozdelená na dve časti (Obr. 18). Prvá informuje užívateľa o odporúčanom postupe pri práci s aplikáciou – najskôr je potrebné si prečítať teoretické štatistické popisy, potom sa oboznámiť s kontextom použitých dát či modelového príkladu a až následne pracovať s interaktívnym prvkom. Táto informácia je zásadná pre správne porozumenie téme a pre správnu prácu so samotným interaktívnym prvkom.

V druhej časti tejto sekcie sa nachádzajú náhľady kľúčových princípov využívaných naprieč aplikáciou. Prítomné sú tri oddiely, ktoré obsahujú po jednom reprezentatívnom komponente. Na tieto karty je možné kliknúť a otvoriť tak modálne okno s danou ukážkou. Užívateľ si vďaka tomu môže odskúšať základnú prácu s aplikáciou.

Metodika výučby

Pre maximálne porozumenie preberanej problematiky odporúčame pri každej téme dodržiavať nasledujúci postup:

1. Teoretický základ

Prečítajte si definície a pochopte matematický princíp.

2. Kontext problému

Zoznámte sa so zadáním praktického geoinformatického príkladu.

3. Interakcia a experiment

Meňte parametre, sledujte zmeny v grafoch a upevnite si vedomosti.

Nižšie sú predstavené tri základné moduly, ktoré sa vyskytujú pri jednotlivých témach obsiahnutých v aplikácii. Kliknutím na kartu si môžete otvoriť ich ukážku.



Obr. 18 Sekcia domovskej stránky obsahujúca odporúčaný postup práce a interaktívne ukážky.

Na konci domovskej stránky je umiestnené tlačidlo s nápisom „Začať s učením“. Po užívateľovom prvotnom oboznámení s aplikáciou v predchádzajúcich sekciách môže nastať presun k jednotlivým témam z oblasti štatistických metód. Tlačidlo má nastavené presmerovanie na prvú tému – náhodná veličina.

5.3 Pokryté témy

Aplikácia StatTerra pokrýva šesť tém zo sylabu predmetu STAME. Pri tvorení ich obsahu bola vynaložená snaha o ich spracovanie v čo najjednoduchšej forme, no svojim rozsahom, členením, komplexnosťou a počtom interaktívnych prvkov sa mierne líšia. Vlastné výučbové kapitoly v aplikácii majú zastúpené témy Náhodná veličina, Rozdelenia pravdepodobnosti, Odhady parametrov, Testovanie hypotéz, Korelácia a ANOVA.

5.3.1 Náhodná veličina

Vychádzajúc zo sylabu predmetu STAME je náhodná veličina prvou témou spracovanou v aplikácii. Po stručnom teoretickom úvode oboznamujúcom čitateľa s týmto pojmom nasleduje vysvetlenie základného rozdielu medzi diskretnou a spojitou náhodnou veličinou s uvedením konkrétnych praktických príkladov.

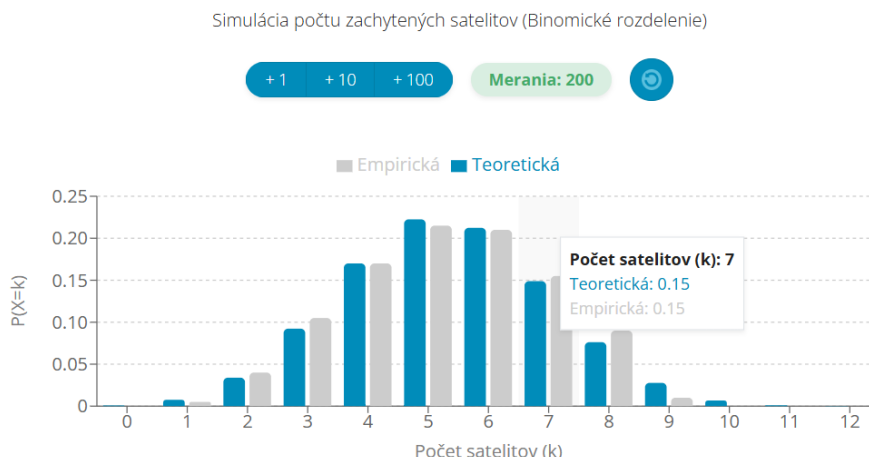
Podkapitola Rozdelenie náhodnej veličiny predstavuje tri základné typy funkcií, ktorými náhodná veličina býva štandardne popísaná:

- pravdepodobnostnú funkciu a hustotu pravdepodobnosti,
- distribučnú funkciu,
- kvantilovú funkciu.

Pre pravdepodobnostnú funkciu a hustotu pravdepodobnosti sú uvedené praktické príklady (jeden pre diskretné a jeden pre spojité rozdelenie) s interaktívnymi grafmi predstavujúcimi koncept zákona veľkých čísel: užívateľ môže pridávať fiktívne pozorovania daného javu a sledovať tak významné približovanie sa rozdelenia empirických meraní teoretickému rozdeleniu danej veličiny pri veľkom počte pozorovaní (Obr. 19).

Pravdepodobnostná funkcia: Počet viditeľných GNSS satelitov

Graf nižšie zobrazuje teoretické pravdepodobnosti pre jednotlivé počty aktuálne viditeľných satelitov (modelované pomocou [binomického rozdelenia pravdepodobnosti](#) s parametrom $p = 0,45$). Pomocou kliknutia na tlačidlá nižšie sú do interaktívnej simulácie generované umelé empirické merania, ktoré môžu reprezentovať zistenia momentálne dostupných satelitov. Všimnite si spomenutý zákon v praxi: pri nízkom počte meraní sú empirické stĺpce rozkolísané a nemusia zodpovedať teoretickému predpokladu. Akonáhle však počet meraní narastie do vyšších stoviek až tisícov, empirické relatívne početnosti sa stabilizujú a takmer dokonalo splynú s teoretickým modelom.



Obr. 19 Interaktívny graf simulujúci meranie diskkrétnej náhodnej veličiny.

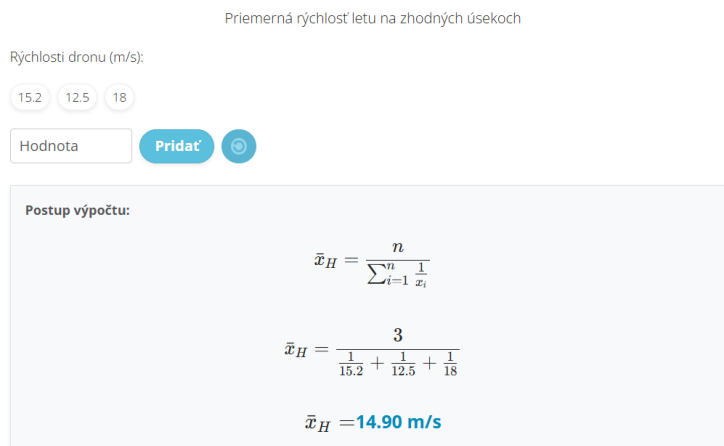
Pri vysvetlení distribučnej funkcie sa nachádzajú dvojice prepojených grafov ilustrujúce vzťah medzi pravdepodobnostnou funkciou, resp. hustotou pravdepodobnosti a distribučnou funkciou. Užívateľ má kontrolu nad vstupnými parametrami rozdelenia, a môže tak pozorovať zmeny v správaní grafov na základe aktuálne nastavených vstupných dát.

Kvantilová funkcia je predstavená okrem základného teoretického popisu dvojicou grafov. Prvý je postavený na dátach pochádzajúcich z dátového portálu Svetovej banky a ukazuje index ľudského kapitálu v jednotlivých krajinách sveta. Užívateľ môže zadať vlastný kvantil a zistiť odpovedajúcu hodnotu v datasete, alebo naopak, zadať hodnotu a sledovať vypočítaný kvantil. V druhom grafe má potom priamu kontrolu nad vstupnými hodnotami – môže ich ľubovoľne pridávať a mazať, prípadne obnoviť predvolené dáta. V grafe je možné zobrazíť medián, kvartily či decily a tak zároveň zvýrazniť prislúchajúce hodnoty.

Najrozsiahlejšou časťou z tejto témy je podkapitola Charakteristiky náhodnej veličiny. Vnútorne je členená na Charakteristiky polohy, Charakteristiky variability, Iné číselné miery a záverečnú sekciu Päťčíselná charakteristika. Medzi charakteristikami polohy sú postupne uvedené nasledujúce miery:

- aritmetický priemer,
- harmonický priemer,
- geometrický priemer,
- vážený priemer,
- modus,
- medián.

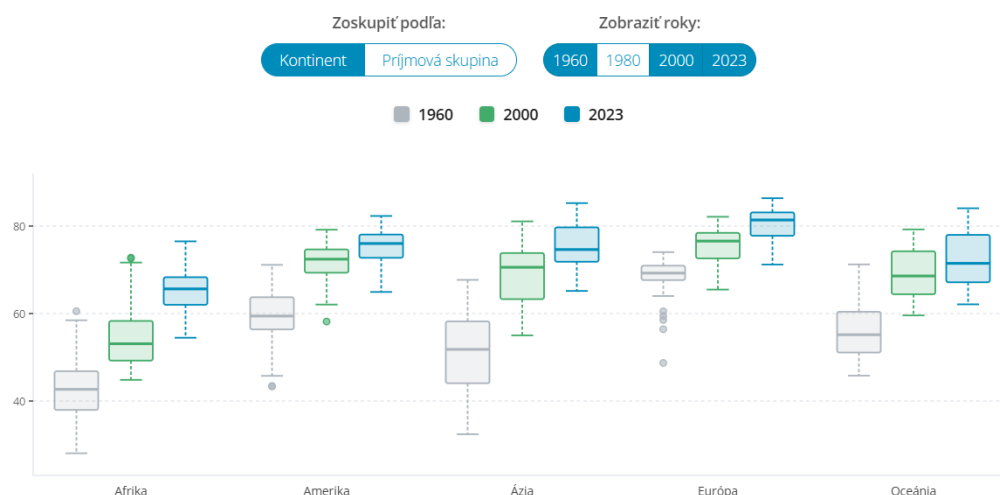
Pri všetkých mierach je uvedený ich stručný popis a príklad z praxe, pod ktorým sa nachádza interaktívna kalkulačka s matematickým vzorcom a výpočtom (Obr. 20). Jedinou výnimkou je modus, keďže namiesto výpočtového bloku sa tu nachádza stĺpcový graf s absolútnymi počtami hodnôt. Užívateľ má opäť plnú kontrolu nad vstupnými hodnotami.



Obr. 20 Príklad interaktívnej kalkulačky – výpočet harmonického priemeru.

Charakteristiky variability majú totožnú štruktúru, postupne je predstavené variačné rozpätie, priemerná odchýlka, stredná diferencia, rozptyl, smerodajná odchýlka, variačný koeficient a medzikvartilová odchýlka. V časti Iné číselné miery sa nachádzajú grafy šikmosti a špicatosti s uvedenými vzorcami pre ich výpočet. Grafy sú ovládané posuvníkom, pomocou ktorého je možné meniť hodnotu koeficientu a pozorovať tak zmenu krivky grafu.

V časti Päťčíselná charakteristika sa nachádza popis *boxplot* grafu a jeho praktická ukážka. Použitý boxplot je postavený na dátach zo Svetovej banky a zobrazuje strednú dĺžku života v krajinách sveta v rokoch 1960, 1980, 2000 a 2023. K vstupným dátam bolo pri spracovaní pridané kvalitatívne členenie na základe príslušnosti k regiónu podľa triedenia Organizácie spojených národov (OSN) a taktiež podľa príjmovej skupiny v roku 2025 (kategorizácia Svetovej banky).



Obr. 21 Boxplot zobrazujúci strednú dĺžku života v krajinách sveta.

Užívateľ v grafe môže zobrazovať hodnoty z vybraných rokov a zoskupovať ich na základe spomínaných dvoch kategorických členení. Pri tvorbe tohto grafu nebola využitá knižnica Recharts ako pri väčšine vizualizácií, keďže natívne v nej boxploty nie sú nepodporované. Graf je generovaný priamo z SVG elementov bez použitia ďalšej knižnice.

5.3.2 Rozdelenia pravdepodobnosti

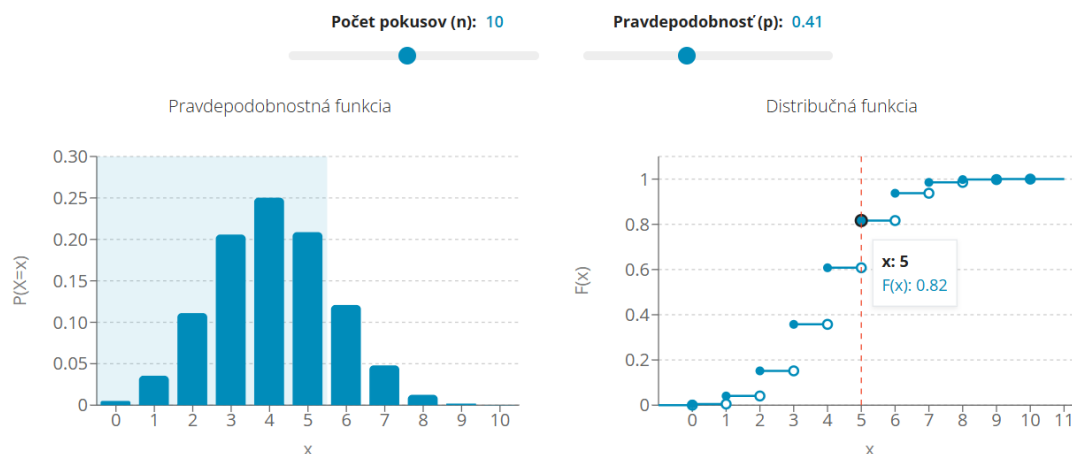
Táto téma obsahuje prehľad rozdelení pravdepodobnosti, s ktorými sa študenti KGI pri výučbe stretávajú. Členená je na podkapitoly diskretných a spojitých rozdelení. Zoznam rozdelení predstavených v rámci výučbového modulu je nasledovný:

1. Diskrétna rozdelenia:
 - o alternatívne,
 - o rovnomerné,
 - o binomické,
 - o Poissonovo.
2. Spojité rozdelenia:
 - o rovnomerné,
 - o exponenciálne,
 - o normálne,
 - o chí kvadrát,
 - o Studentovo t-rozdelenie,
 - o Fisherovo F-rozdelenie.

Rozdelenia obsahujú teoretický popis a všeobecný vzorec pre pravdepodobnostnú funkciu, resp. hustotu pravdepodobnosti a distribučnú funkciu. Následne je uvedený príklad z geoinformatickej praxe s interaktívnym grafom rozdelenia (Obr. 22). Výnimkou sú rozdelenia vychádzajúce z normálneho, pri nich bol praktický príklad na základe konzultácie s vedúcim práce vynechaný, keďže ich význam spočíva skôr v teoretickej a výpočtovej štatistike.

Automatická extrakcia objektov

Pri analýze satelitných snímok používame algoritmus na detekciu budov. Parameter p predstavuje pravdepodobnosť, že algoritmus správne rozpozná budovu (úspech), a n je celkový počet budov na snímke, ktoré má spracovať. Všimnite si, že ak je presnosť algoritmu vysoká (napr. $p = 0,9$), najvyššia pravdepodobnosť sa kumuluje pri hodnote blízkej celkovému počtu budov n .



Obr. 22 Ukážka interaktívneho grafu zo stránky rozdelení pravdepodobnosti.

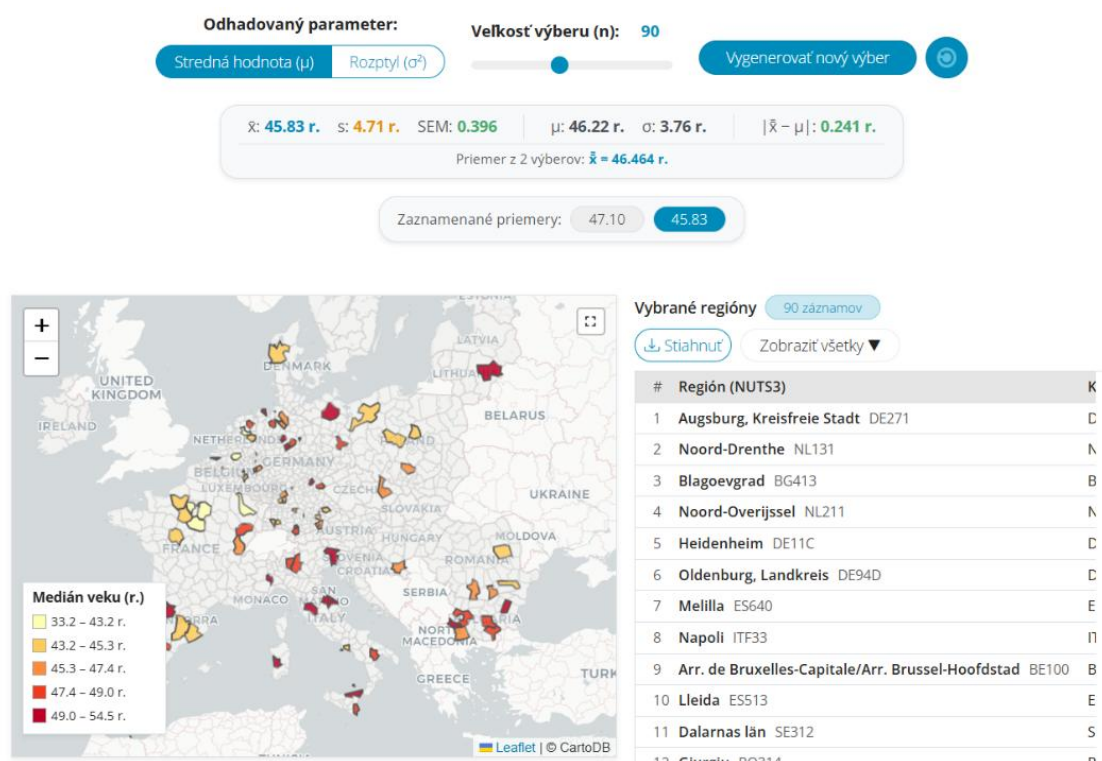
Všetky grafy na tejto stránke sú on-the-fly generované na základe funkcií uložených v súbore `distributions.js`. Grafy majú interaktívne ovládanie pomocou posuvníkov, ktoré nastavujú hodnoty ich parametrov. Grafu rovnomerného spojitého rozdelenia bol vytvorený špeciálny obojstranný posuvník pomocou vlastných CSS tried a fyzickému prekrytiu dvoch bežných posuvníkov, keďže túto možnosť prehliadače natívne nepodporujú. Toto komplikovanejšie riešenie bolo uprednostnené pred dvoma oddelenými ovládacími prvkami pre hornú a dolnú hodnotu v snahe zlepšiť UX pri používaní aplikácie.

5.3.3 Odhady parametrov

V úvode kapitoly Odhady parametrov je čitateľovi predstavený rozdiel medzi základným a výberovým súborom. V tabuľke ďalej je uvedený prehľad terminológie popisných parametrov a ich odlišných označení používaných pri celej populácii a štatistickej vzorke.

Kapitola je ďalej členená na sekciu bodového a intervalového odhadu. Pri bodovom odhade je užívateľ oboznámený s pojmom stredná chyba priemeru a jeho výpočtom. Pre lepšie porozumenie sa v tejto časti nachádza interaktívny prvok na simulujúci geodetické meranie nadmorskej výšky bodu. Užívateľ môže nastavovať veľkosť vzorky a sledovať tak vypočítanú hodnotu strednej chyby priemeru.

Ďalší interaktívny prvok už ukazuje bodový odhad na reálnych dátach (Obr. 23). Použitý dataset z Eurostatu sleduje mediánový vek obyvateľstva v regiónoch NUTS 3 Európskej únie (základný súbor). Pri bodovom odhade je možné nastaviť veľkosť výberu (počet regiónov NUTS vo vzorke). Výbery je možné ľubovoľne pridávať a sledovať tak priemer z viacerých vzoriek. Interaktívny prvok obsahuje mapový náhľad so zvýraznenými regiónmi spadajúcimi do daného výberu a tabuľku s ich konkrétnymi hodnotami.



Obr. 23 Interaktívny prvok bodového odhadu parametrov.

V sekcii intervalového odhadu je umiestnený interaktívny prvok využívajúci rovnaké dáta. Užívateľ má k dispozícii možnosť zvoliť hladinu spoľahlivosti, typ intervalu, veľkosť vzorky a taktiež simulovať známy alebo neznámy rozptyl populácie, na základe ktorého je upravený výpočet a zobrazený graf Z- alebo t-rozdelenia. V interaktívnom prvku je po pridání výberov v grafe teoretického rozdelenia výberových priemerov vykreslená hodnota z danej vzorky a taktiež je zaznačený do druhého grafu intervalový odhad so zobrazením chybovej úsečky. Tento graf, podobne ako boxplot, nepoužíva knižnicu Recharts z dôvodu špecifických potrieb vykresľovania intervalov spoľahlivosti. Využitie boli priamo SVG elementy.

5.3.4 Testovanie hypotéz

V tejto téme je čitateľ prevádzaný všeobecným postupom testovania hypotéz v štatistických úlohách. Vysvetlené sú jednotlivé kroky postupu aplikovateľného na zisťovanie normality dát, porovnávanie štatistických vzoriek, skúmanie vzťahov medzi skupinami, a pod.

Popísané kroky sú prepojené so zvoleným praktickým príkladom – skúmaním podielu obyvateľstva nad 65 rokov v obciach Moravsko-sliezskeho kraja. Obce sú zoskupené podľa okresov a v ukážke je snahou zistiť, či je rozdiel v rámci daného okresu oproti celočeskému priemeru možné považovať za štatisticky významný. Postup je demonštrovaný na dátovej sade ArcČR® 4.3, z ktorej boli extrahované obce kraja s relevantnými atribútmi. Moravsko-sliezsky kraj bol zvolený na túto ukážku, pretože v rámci jeho okresov sa tento podiel približuje normálnemu rozdeleniu a zároveň sú medzi okresmi dostatočné rozdiely na to, aby mohli vykazovať odlišné výsledky testovania v závislosti na zvolených kritériách.

Vo všeobecnom postupe je po poradí predstavená formulácia hypotéz, voľba hladiny významnosti, výpočet testového kritéria a vyhodnotenie hypotézy. Pri každom z týchto krokov je uvedená aplikácia na modelovú úlohu. Rozdiel oproti celorepublikovému priemeru je skúmaný pomocou jednovýberového t-testu. Postupne sú formulované konkrétne hypotézy, zvolená hladina významnosti, uvedený výpočet testového kritéria a zobrazená tabuľka potenciálnych záverov.

Na konci stránky sa nachádza samotná interaktívna vizualizácia t-testu (Obr. 24) pozostávajúca z dvoch grafov a mapového náhľadu. Prvý graf (*scatter plot*) ukazuje hodnoty v jednotlivých obciach okresu. Na osi *y* vynesené hodnoty nie sú, v tomto type grafu je dátam pridaný náhodný šum pre lepšiu vizualizáciu jednej veličiny. Druhý graf zobrazuje teoretické t-rozdelenie výberových súborov vzhľadom na očakávanú hodnotu. Pod grafmi je umiestnený blok informujúci o výsledku testovania na základe aktuálneho nastavenia. Možno je taktiež zobraziť výpočet testového kritéria a p-hodnoty. Nižšie sa nachádza kartogram zobrazujúci hodnoty v obciach aktuálne zvoleného okresu.



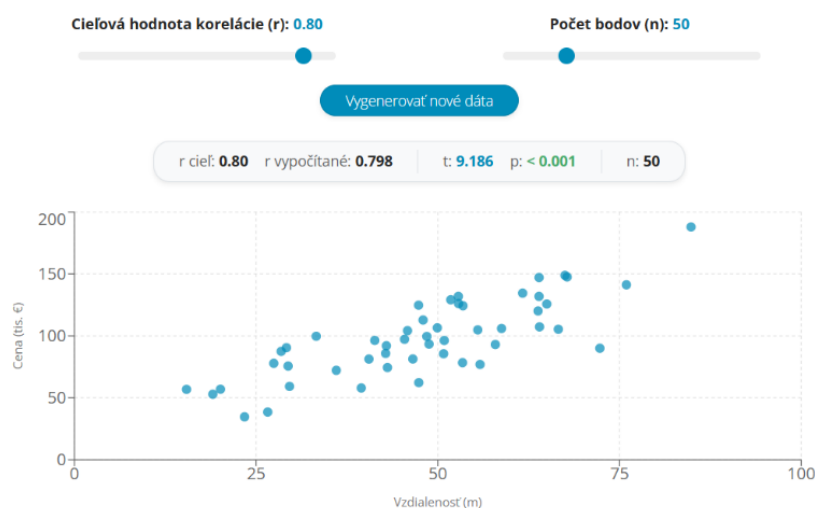
Obr. 24 Interaktívny prvok pre testovanie hypotéz.

V interaktívnom prvku má užívateľ možnosť zvoliť okres – pri ostatných predvolených nastaveniach sa v niektorých z nich nulová hypotéza zamieta, pri jednom okrese ju nemožno zamietnuť a pri ďalšom stačí pre nezamietnutie zmeniť hladinu významnosti. Užívateľ je schopný nastaviť taktiež spomínanú hladinu významnosti a očakávanú hodnotu (celoštatný priemer, s ktorým je výber porovnávaný), a tak sledovať výsledok testovania v závislosti na zvolených parametroch.

5.3.5 Korelácia

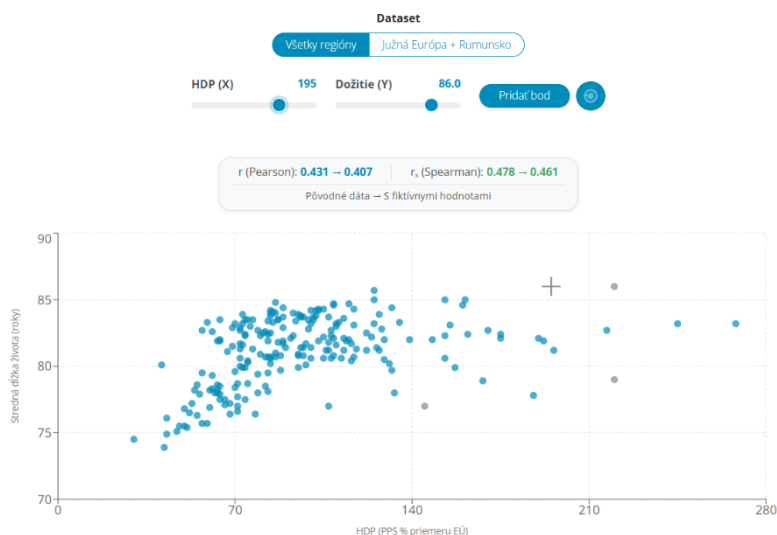
Za úvodným odstavcom textu tejto témy sa nachádza tabuľka informujúca o použití korelácie a jej previazanosti s regresnou analýzou. Ďalší obsah stránky je rozdelený na dve časti. V prvej sú uvedené základné informácie o korelačnej analýze, zatiaľ čo druhá sa už zameriava na konkrétne porovnanie korelačných koeficientov.

V prvej podkapitole je tak užívateľ oboznámený s všeobecnými princípmi korelačnej analýzy. Nachádza sa tu vysvetlenie kladnej a zápornej korelácie, za ktorým nasleduje poznámka upozorňujúca na odlišenie korelácie od kauzality. Nižšie je umiestnený interaktívny on-the-fly generovaný graf korelácie s možnosťou nastavenia hodnoty korelácie a počtu vykresľovaných bodov. Prítomný je taktiež vzorec s výpočtom testového kritéria a informácia o výsledku testovania.



Obr. 25 Interaktívny graf korelácie.

Druhá časť tejto témy sa podrobnejšie venuje porovnaniu Pearsonovho a Spearmanovho korelačného koeficientu. Interaktívny prvok (Obr. 26) umiestnený pod základnými informáciami o koeficientoch používa dáta regiónov NUTS 2 pochádzajúce z Eurostatu. Zlúčené boli dva pôvodné datasety – stredná dĺžka života a hrubý domáci produkt v parite kúpnej sily ako percento priemeru Európskej únie.



Obr. 26 Interaktívny graf z dát Eurostatu porovnávajúci korelačné koeficienty.

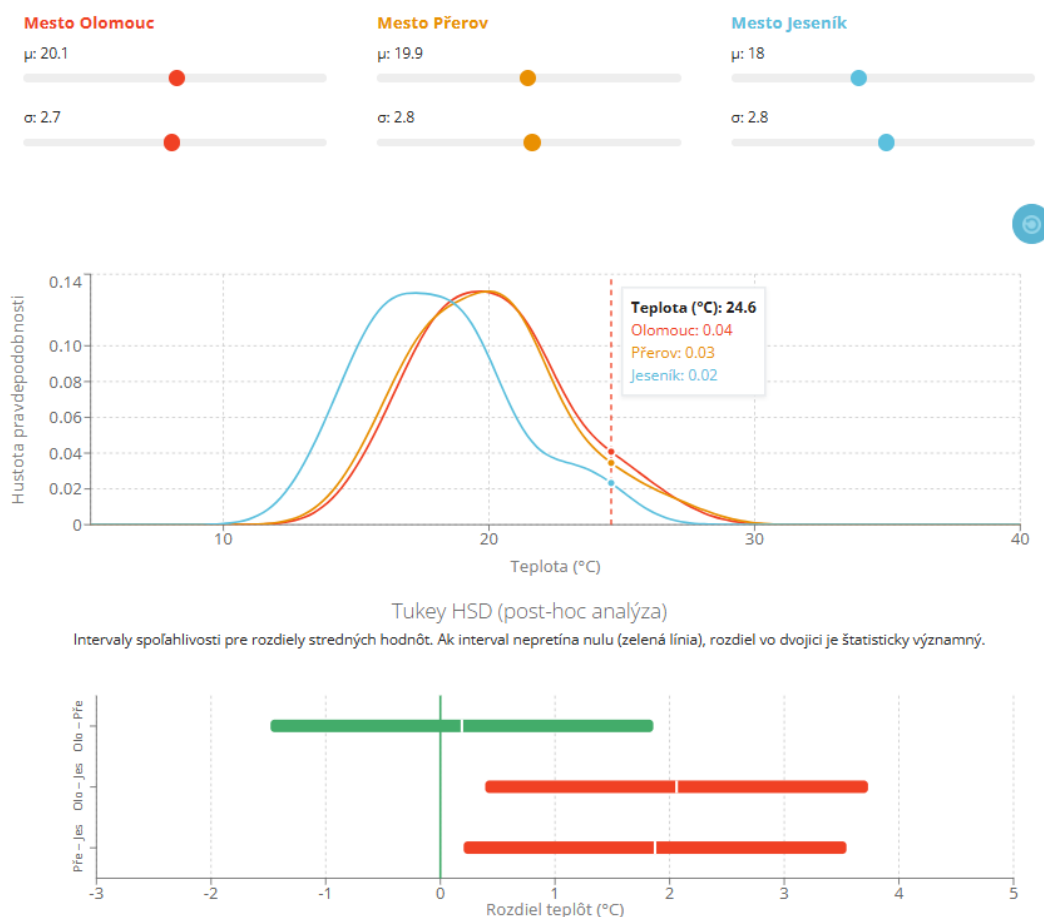
Z grafu vyplýva, že vzťah medzi zvolenými veličinami nie je lineárny, keďže so zvyšujúcim sa HDP previazanosť so strednou dĺžkou života postupne klesá. Z tohto dôvodu boli zvolené ukazovatele použité na demonštráciu rozdielu medzi citlivosťou Pearsonovho a Spearmanovho korelačného koeficientu na dáta nevykazujúce lineárny vzťah.

Graf má dve záložky – v prvej sa nachádzajú všetky regióny Európskej únie, ktoré mali dostupné dáta za rok 2024 v oboch ukazovateľoch a v druhej regióny štátov južnej Európy doplnené o Rumunsko, keďže pri tomto výbere je rozdiel medzi hodnotami koeficientov zásadnejší. Užívateľ môže do grafu pridávať pomocou posuvníkov vlastné fiktívne regióny a sledovať tak ich vplyv na oba koeficienty.

5.3.6 ANOVA

Poslednou témou obsiahnutou v aplikácii StatTerra je ANOVA. Na začiatku kapitoly je uvedené použitie analýzy a jej predpoklady. Pre predpoklad homogenity rozptylov je popísaný rozdiel medzi Bartlettovým a Leveneho testom, ktoré slúžia na jej skúmanie naprieč skupinami. Stránka je ďalej členená na časti Jednofaktorová ANOVA, Testy mnohonásobného porovnania a Narušenie predpokladov.

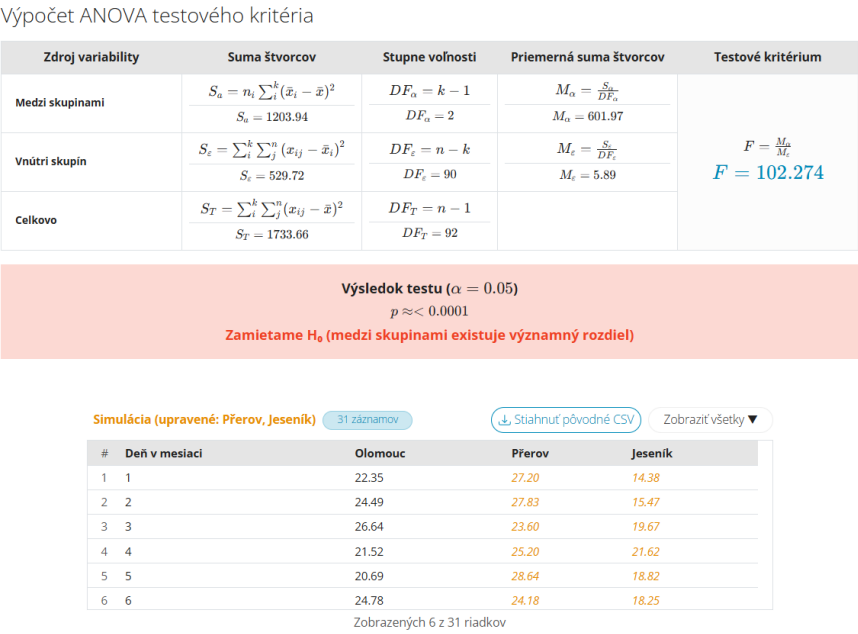
Prvá časť ponúka teoretický základ s informáciou o nulovej hypotéze analýzy, variabilite medzi skupinami a vnútri skupín a jej využití pri výpočte testového kritéria. V časti Testy mnohonásobného porovnania sú uvedené rozdiely medzi Tukeyho HSD testom, Bonferroniho metódou a Scheffého metódou. Za nimi sa nachádza jediný interaktívny prvok tejto stránky (Obr. 27).



Obr. 27 Interaktívny prvok na stránke ANOVA.

Interaktívna vizualizácia je postavená na dátach pochádzajúcich z API OpenMeteo a v prvom grafe zobrazuje histogramy teplôt v mestách Olomouc, Přerov a Jeseník za mesiac júl 2025. Ďalej sa tu nachádza graf zobrazujúci výsledok Tukeyho HSD testu (významnosť rozdielov medzi jednotlivými mestami). V prípade, že úsečka v grafe nepretína hodnotu nula, rozdiel medzi teplotami vo dvojici miest možno považovať za štatisticky významný a úsečka sa zafarbí načerveno.

Nižšie pod grafmi sa nachádza tabuľka s výpočtom ANOVA testového kritéria a informačný blok s výsledkom testovania. Pod ním je umiestnený náhľad dát vstupujúcich do analýzy. V prípade, že užívateľ vstupné dáta upraví pomocou posuvníkov na zmenu parametrov strednej hodnoty a smerodajnej odchýlky, dáta sa generujú on-the-fly a takto získané hodnoty sú v tabuľke dát zvýraznené (Obr. 28).



Obr. 28 Tabuľka testového kritéria ANOVA, informačný blok s výsledkom testovania a náhľadová tabuľka so zmenenými dátami.

V poslednej časti stránky ANOVA sú uvedené alternatívy analýzy v prípade porušenia niektorého z jej predpokladov (nezávislosti meraní, normality dát a homogenity rozptylov). V stručnosti je popísaný Friedmanov test, Kruskal-Wallisov test a Welchova ANOVA.

6 UŽÍVATEĽSKÉ TESTOVANIE

Pre overenie UX prebehlo v apríli 2026 kvalitatívne užívateľské testovanie aplikácie StatTerra. Účastníkmi experimentu boli študenti prvého ročníka KGI, tzn. participanti, ktorí v tom čase aktívne študovali predmet STAME. Cieľom testovania bolo porozumieť práci participantov s aplikáciou StatTerra a vďaka tomu ju optimalizovať pre potenciálnych budúcich užívateľov. Autor mohol vďaka nemu pozorovať, ako účastníci reagujú na podnety v aplikácii, všimnúť si ich správanie a sledovať použiteľnosť aplikácie v praxi.

6.1 Priebeh testovania

Testovanie prebehlo v priestoroch KGI za využitia metódy think-aloud. Zúčastnilo sa ho päť participantov, ktorí mali možnosť s aplikáciou pracovať na laptopu autora práce, pričom participanti prichádzali na testovanie individuálne. Zvukový záznam priebehu bol na základe súhlasu všetkých zúčastnených nahrávaný na mobilné zariadenie autora pre potreby ďalšej analýzy.

Užívateľské testovanie pozostávalo z dvoch častí. V prvej mali participanti v časovom horizonte piatich minút priestor na voľné preskúmanie aplikácie a v druhej nasledovala séria troch úloh zameraných na prácu s interaktívnymi prvkami. Celkom práca s každým respondentom zaberala približne 12 – 15 minút.

V prvej časti bola viditeľná odlišná stratégia jednotlivých participantov. Niektorí poskytnutý čas využili najmä na podrobné štúdium informácií o aplikácii na domovskej stránke či čítanie teoretických popisov. Iní priamo vyhľadávali interaktívne prvky a skúmali prácu s nimi, a postupne tak samostatne odhaľovali možnosti, ktoré aplikácia ponúka. Počas tejto práce s aplikáciou zazneli slová uznania smerom k dizajnu aplikácie, animácie v grafoch, ale taktiež formulácie týkajúce sa nejasností ohľadom niektorých interaktívnych prvkov, potenciálne prameniace z neoboznámenia sa s ich popismi. Dvaja participanti si aplikáciu počas priebehu tejto časti napríklad prepli do tmavého režimu, ktorého prítomnosť taktiež ocenili, najmä pre prípad štúdia vo večerných hodinách.

Druhá časť už bola štruktúrovaná a vychádzala z troch úloh, ktoré mali účastníci experimentu postupne riešiť. Participanti dostali vytlačené papierové zadanie s nasledujúcimi úlohami:

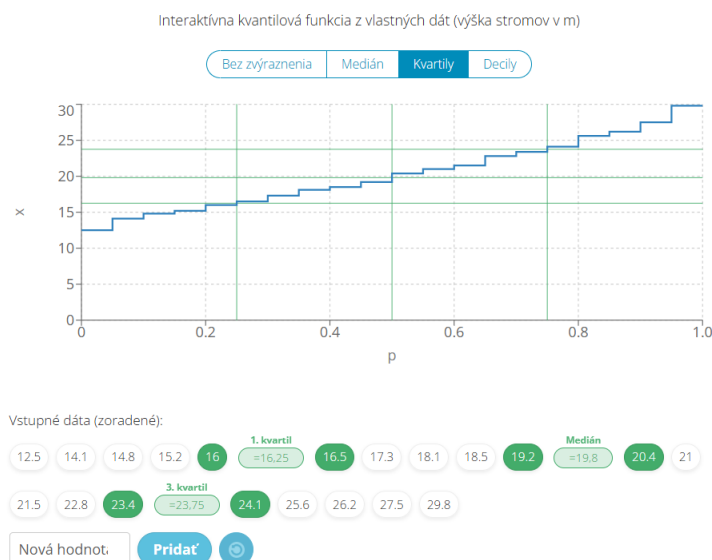
1. *Koľko hodnôt (a akých) je potrebné pridať v grafe empirickej kvantilovej funkcie, aby sa tretí kvartil zvýšil nad hodnotu 27?*
2. *Nastavte interaktívny t-test dvoma rôznymi spôsobmi tak, aby výsledkom testovania bolo nezamietnutie nulovej hypotézy.*
3. *Dosiahnite v interaktívnom prvku porovnávajúcim korelačné koeficienty zníženie Pearsonovho koeficientu pod hodnotu 0,2.*

Prvá úloha bola zameraná na jeden z dvojice interaktívnych grafov pre kvantilovú funkciu na stránke Náhodná veličina (Obr. 29). Zámerom bolo overiť použiteľnosť šablóny pre zadávanie a mazanie vstupných hodnôt pre grafy či kalkulačky, a taktiež samotného grafu pre kvantilovú funkciu.

Participant si pre vyriešenie problému mal najskôr zapnúť zobrazenie kvartilov pre zvýraznenie hodnoty tretieho kvartilu v grafe a aj medzi vstupnými dátami. Táto časť nebola problematická, nejasnosti sa ukázali až pri snahe participantov zvýšiť hodnotu tretieho kvartilu. Dvaja participanti to zvládli vyriešiť bez problémov, no pri ďalších troch nastali komplikácie, pri ktorých sa autor práce nazdáva, že pramenili skôr z nedostatočných znalostí z danej oblasti. Po objasnení významu kvartilov a ich správania zvládli úlohu bez väčších ťažkostí dokončiť aj ostatní participanti.

Simulované dáta: Výška stromov v rezervácii

Predvolené dáta reprezentujú zoradené výšky stromov (v metroch) namerané v malej fiktívnej prírodnej rezervácii. Vyskúšajte si zobrazit **medián** (50 % stromov je nižších alebo rovnako vysokých) alebo **decily** (napr. 9. decil ukáže hraničnú výšku, pod ktorou sa nachádza 90 % všetkých stromov). Dáta môžete interaktívne mazať a dopĺňať vlastnými hodnotami.



Obr. 29 Interaktívny graf kvantilovej funkcie s vlastným zadáním vstupných hodnôt s úpravami vyplývajúcimi z testovania.

V druhej úlohe pracovali participanti s interaktívnym prvkom t-testu (viď Obr. 24). Tento prvok je komplexnejší ako predchádzajúci a ponúka viaceré možnosti nastavenia okolností, za ktorých je štatistický test vykonávaný. Ako vyplýva zo zadania úlohy, participanti museli nájsť dva rôzne spôsoby, ktorými bolo možné dosiahnuť nezamietnutie nulovej hypotézy pri testovaní. Podľa predpokladov autora bola pre študentov najjednoduchším spôsobom dosiahnutia tohto výsledku zmena očakávanej hodnoty. Pri hľadaní druhej cesty boli taktiež pozorované rozdiely medzi participantmi – niektorí požadovaný výsledok dosiahli zmenou okresu alebo hladiny významnosti takmer okamžite a iným to trvalo výrazne dlhšie.

Posledné zadanie sa ukázalo byť najjednoduchším, k čomu mohol prispieť aj fakt, že tému korelácie študenti preberali na predchádzajúcej hodine a tým pádom mali vedomosti v bezprostrednej pamäti. Predpokladom autora práce bola problematickosť použitia posuvníkov na pridávanie nových hodnôt do grafu korelácie (viď Obr. 26). Počas priebehu experimentu sa táto domnienka ukázala byť neopodstatnenou, keďže študenti s pridávaním hodnôt pracovali správne a uspokojivého výsledku dosiahli relatívne rýchlo. Zaujímavý bol opäť rozličný prístup k riešeniu problému, keďže niektorí študenti sa snažili pridávať body s rôznymi hodnotami, zatiaľ čo iní dosiahli výsledku pri opakovanom umiestňovaní bodov na rovnaké miesto.

6.2 Výsledky užívateľského testovania

Užívateľské testovanie bolo vyhodnocované retrospektívnou analýzou (Vaníček 2022). Spojené boli poznatky z práce jednotlivých participantov zapísané autorom práce bezprostredne po ukončení experimentu a vedomosti získané z návratu k zvukovým nahrávkam jeho priebehu.

Orientácia v rámci aplikácie bola pre študentov prirodzená a boli tak schopní plynule prechádzať medzi jednotlivými úlohami nachádzajúcimi sa v rôznych častiach obsahu. Námetom na zlepšenie zo strany jedného z participantov bolo pridanie vyhľadávacieho

okna do bočného panelu pre ďalšie zjednodušenie práce. Tento návrh však nebol zapracovaný, keďže obsah aplikácie nie je autorom považovaný za natoľko obsírny, aby bolo bezprostredne nutné pridať túto funkcionalitu.

Na základe pozorovanej skúsenosti práce s grafom z prvej úlohy testovania bol pozmenený názov grafu. Pojem „empirická kvantilová funkcia“ bol zavádzajúci, študenti mu nerozumeli a všetci participanti sa snažili najskôr pracovať s iným grafom kvantilovej funkcie, nesúvisiacim s úlohou, ktorý bol v obsahu umiestnený ako prvý. Interaktívne prvky s popisom „príklad z praxe“ a „empirická kvantilová funkcia“ boli upravené na „reálne dáta“ a „simulované dáta“.

Ďalšou úpravou v interaktívnom prvku bolo pridanie popisov jednotlivých kvantilov k zoznamu vstupných dát (viď Obr. 29). Viacerí participanti neporozumeli, že hodnoty zo zoznamu zvýraznené zelenou farbou ukazujú kvantily zvolené nad grafom, takže prepojenie vyznačenia v grafe a vo vstupných dátach bolo možné považovať za nie dostatočne intuitívne.

V interaktívnom t-teste došlo k zmene usporiadania niektorých súčastí interaktívneho prvku. Niektorí participanti prišli pri nastavovaní vstupných parametrov k požadovanému výsledku veľmi rýchlo, čo si však neuvedomili, keďže informačný blok k výsledku testovania sa nachádzal až pod grafmi a kartogramom a pre jeho viditeľnosť bolo potrebné scrollovať nadol. Jedinou informáciou, podľa ktorej sa riadili bola vypočítaná p-hodnota umiestnená tesne pod ovládacími prvkami. Informačný blok k výsledku testovania spolu s jeho výpočtom bol na základe tejto skúsenosti presunutý priamo pod grafy (viď Obr. 24).

Práca s interaktívnym prvkom používaným v tretej úlohe bola pri testovaní bezproblémová, preto bol tento interaktívny prvok ponechaný v pôvodnom stave. Vo všeobecnosti sa aplikácia StatTerra ukázala byť použiteľným a relatívne intuitívnym nástrojom s potenciálom pre výučbu. Vývoj tejto aplikácie študenti ocenili a niektorí z respondentov sa vyjadrili, že by ju radi využili pri príprave na skúšku z predmetu STAME.

7 VÝSLEDKY

Kapitola poskytuje prehľad výsledkov dosiahnutých pri vypracovaní bakalárskej práce. Hlavným výstupom je interaktívna webová aplikácia StatTerra, pričom ďalšími výsledkami sú poznatky vyplývajúce z vykonaného užívateľského testovania a sprievodné materiály k bakalárskej práci – webová stránka s poster.

7.1 Aplikácia StatTerra

V rámci bakalárskej práce bola vyvíjaná webová aplikácia StatTerra. Aplikácia má primárne slúžiť ako podporný materiál pre výučbu predmetu STAME na KGI – využívaná má byť v rámci prednášok na interaktívne demonštrácie vybraných štatistických konceptov, ale aj pri príprave študentov na úspešné ukončenie predmetu.

Aplikácia StatTerra je postavená na JS knižnici React a pracuje na princípe SPA. Z technického hľadiska aplikácia využíva na vizualizáciu dát knižnice Recharts a Leaflet, na matematickú notáciu knižnicu KaTeX a na poskytnutie prekladu aplikácie do jednotlivých jazykových variantov knižnicu i18n.

Pre zachovanie vizuálnej identity aplikácie je použitý predpripravený CSS súbor zo stránky Bootstrap a na základe farieb v ňom používaných má aplikácia vytvorené vlastné logo (Obr. 9). UI aplikácie vychádza zo šablóny a v zjednodušení pozostáva z navigačného panelu, bočného panelu so zoznamom tém a sekcie hlavného obsahu (Obr. 14). Aplikácia umožňuje prepínať medzi svetlým a tmavým režimom a taktiež medzi predvolenými jazykovými variantmi – českým, slovenským a anglickým.

Zdrojový kód aplikácie je verejne dostupný v GitHub repozitári na adrese <https://github.com/kristiansarluska/StatTerra>. Táto platforma je využitá na správu verzií kódu a taktiež na statický webhosting zostavenej aplikácie prostredníctvom služby GitHub Pages.

V obsahu aplikácie je spracovaných šesť tém zo sylabu predmetu STAME:

- Náhodná veličina,
- Rozdelenia pravdepodobnosti,
- Odhady parametrov,
- Testovanie hypotéz,
- Korelácia,
- ANOVA.

Jednotlivé kapitoly obsahujú vysvetľujúce teoretické texty, matematické vzorce s výpočtami a taktiež informácie prepájajúce predstavené štatistické koncepty s oblasťou geoinformatiky. Zásadným faktorom je zakomponovanie interaktívnych prvkov – najmä grafov, ale aj mapových náhľadov, tabuliek či kalkulačiek. Interaktívne prvky sú rôznorodé a líšia sa svojou komplexnosťou (viď kap. 5.3). Každý interaktívny prvok má svoje ovládanie, ktorým môžu byť nastavované parametre, pridávaná a mazaná vstupné hodnoty či vo všeobecnosti volené okolnosti, za ktorých pozorovanie prebieha.

Niektoré interaktívne prvky sú on-the-fly generované, iné na demonštráciu používajú dáta z verejne dostupných zdrojov. Pri prvej menovanej skupine prvkov je pred ich použitím uvedený praktický príklad z geoinformatického alebo geografického prostredia popisujúci situáciu, v ktorej je daný koncept využiteľný. Reprezentatívnym môže byť napríklad graf binomického rozdelenia (Obr. 22), pri ktorom má užívateľ možnosť pomocou posuvníkov upravovať hodnoty parametrov (v tomto prípade počet pokusov a pravdepodobnosť),

na základe ktorých sa stĺpcový graf mení. Vďaka tomu si môže priamo prepojiť popis praktického príkladu pri grafe s jeho správaním v závislosti na zvolených hodnotách.

Druhá skupina interaktívnych prvkov má na pozadí určitý dataset, ktorý bol zvolený pre reprezentáciu daného princípu. Dáta použité v aplikácii sú poskytované inštitúciou Eurostat, Svetovou bankou, spoločnosťou ARCDATA PRAHA a API OpenMeteo. Na tomto princípe pracuje napríklad graf interaktívneho t-testu (Obr. 24) postavený na GeoJSON dátach obcí Moravsko-Sliezskeho kraja. Užívateľ môže meniť sledovaný okres, očakávanú hodnotu, voči ktorej je test vymedzovaný a parameter známeho či neznámeho rozptylu populácie. Od aktuálneho nastavenia týchto ovládacích prvkov závisí stav dvoch vykreslených grafov, mapy a výsledku testovania.

Vytvorená interaktívna webová aplikácia StatTerra je k dispozícii na verejne dostupnej webovej adrese <https://statterra.app>, takže ju je možné slobodne využívať k výučbe či individuálnemu štúdiu štatistických metód.

7.2 Poznatky z užívateľského testovania

Jedným z výsledkov bakalárskej práce sú poznatky získané z užívateľského testovania. Jeho priebeh je bližšie popísaný v kap. 6.1 Priebeh testovania. Realizácia experimentu bola zdrojom cenných informácií o UX z aplikácie.

Z testovania vyplynulo, že aplikácia je pomerne použiteľná a relatívne intuitívna. Participanti nevykazovali zásadné problémy s orientáciou medzi jednotlivými témami a skúsenosť s aplikáciou vo všeobecnosti hodnotili kladne. Vyzdvihli napríklad prepínanie tmavej témy a jeden z participantov, ktorý nebol českej národnosti, využil zmenu jazyka aplikácie. Niektorí vyjadrili záujem aplikáciu využiť pri príprave na zakončenie predmetu STAME a dopytovali sa na jej dostupnosť.

Ako bolo spomenuté v kap. 6.2, na základe retrospektívnej analýzy boli navrhnuté a realizované úpravy nedostatkov, ktoré z testovania vyplynuli. Tieto zmeny sa týkali len konkrétnych interaktívnych prvkov, keďže v priebehu experimentu sa neukázali zásadné nedostatky štruktúry či rozhrania aplikácie. Táto skúsenosť implikuje, že vytvorená webová aplikácia má potenciál stať sa platným nástrojom pre výučbu, ktorý môže byť skutočne využívaný študentmi v snahe prehĺbiť porozumenie preberaným témam.

7.3 Sprievodné materiály k bakalárskej práci

Okrem samotnej aplikácie sú výsledkom práce aj sprievodné materiály určené na jej prezentáciu a odbornú sumarizáciu. Ide o webovú stránku práce a poster.

Webová stránka práce slúži ako hlavný prezentačný nástroj projektu. Obsahuje anotáciu, ciele práce, použité metódy, postup spracovania a zhrnutie výsledkov. Stránka zároveň funguje ako rázcestník, z ktorého je možné pristupovať k vytvorenej aplikácii, plnému textu bakalárskej práce a digitálnej verzii posteru.

Poster je spracovaný vo forme grafického abstraktu s cieľom oboznámenia odbornej aj laickej verejnosti s riešenou problematikou vizuálne pútavou formou. Obsahuje schematicky znázornený postup práce, kľúčové výstupy a prínosy.

8 DISKUSIA

Webová aplikácia StatTerra, vytvorená v rámci bakalárskej práce, je originálnym nástrojom prepájajúcim oblasti štatistických metód a geoinformačných technológií. Jej silnými stránkami sú interaktivita a názornosť.

Od obdobných aplikácií na trhu sa odlišuje najmä svojím zameraním na prepojenie štatistiky s konkrétnou vedeckou disciplínou. Aplikácia ponúka taktiež pomerne ucelený pohľad na vybrané témy, čo je kontrastom voči nástrojom zameraným takmer výlučne na vizualizáciu (viď Setosa, s. 20) alebo nástrojom prezentujúcim najmä jednoduchšie koncepty (viď GeoGebra, s. 21). Naopak, pútavosťou vizualizácie a technickou úrovňou animácií podľa názoru autora vytvorená aplikácia nedosahuje etalón, ktorý nastavuje Seeing Theory (s. 20), a to najmä z dôvodu limitácií použitej jednoduchšej knižnice Recharts oproti jej výrazne komplexnejšej alternatíve D3.

V priebehu tvorby zdrojového kódu aplikácie, prirodzene, nastali komplikácie pri práci s knižnicou React, keďže autor nedisponoval predchádzajúcimi skúsenosťami s jej prácou. React je pomerne obsiahlou knižnicou na tvorbu webových aplikácií, ktorá je považovaná za náročnejšiu na naučenie než frameworky ako napríklad Vue (Karić a Durmić 2024). Problémy boli postupne vyriešené a voľba knižnice React ako hlavného technického riešenia sa ukázala ako správna, keďže k dispozícii existujú varianty iných knižníc optimalizované priamo pre jeho potreby (napr. React Leaflet).

Problematickou sa ukázala byť tvorba niektorých typov grafov v knižnici Recharts. Z pohľadu autora práce je nedostatkom tejto knižnice absencia podpory pre boxplots, čo skomplikovalo tvorbu tohto typu grafu. V procese tvorby prebehli experimenty s vykreslením boxplotu pomocou Recharts stĺpcových grafov s nastavením priehľadnosti časti stĺpca, no výsledok nebol uspokojivý, a tak boli pre vizualizáciu použité natívne SVG elementy (Obr. 21). K obdobnému rozhodnutiu došlo pri tvorbe grafu intervalov spoľahlivosti, ktorého špecifické potreby vykresľovania taktiež nebolo možné v rámci knižnice Recharts uspokojiť (viď kap. 5.3.3).

Potenciál rozšírenia tejto aplikácie do budúcnosti je pomerne zrejmý. Ako priamočiara možnosť sa ponúka spracovanie ďalších tém zo sylabu predmetu STAME, ktoré z dôvodu obmedzeného časového harmonogramu nebolo možné spracovať. Ako bolo spomenuté, pokrytých je šesť tém zo osnov tohto predmetu, čo je napokon o jednu viac než bolo interne vytýčené na základe konzultácií v začiatkoch tvorby práce.

Ďalšou možnosťou je optimalizácia zdrojového kódu aplikácie pre zvýšenie jej výkonnosti a zrýchlenie načítavania. V priebehu spracovania bola, samozrejme, vyvinutá snaha o čo najefektívnejší a najzrozumiteľnejší zápis, no kód v praxi nikdy nebude dokonalý a priestor na zlepšenie vždy bude. Teoreticky sa ponúka taktiež možnosť použitia inej knižnice pre vykresľovanie grafov tak, aby bolo použité riešenie dostatočne flexibilné pre potreby všetkých grafov aplikácie za predpokladu zachovania ich vizuálnej jednotnosti.

Alternatívnym prístupom by bolo taktiež získavanie dát pre praktické ukážky prostredníctvom API. Pre súčasnú aplikáciu bolo uznesené rozhodnutie, že postačujúcim variantom je ich uloženie priamo v repozitári, no pre ďalšiu optimalizáciu v prípade rozšírenia portfólia ukážok dát z praxe by sa táto cesta javila ako udržateľnejšia.

Z pohľadu autora je vytvorená aplikácia vydareným výstupom bakalárskej práce, ktorý by bolo vhodné v budúcnosti šíriť a propagovať aj mimo priestorov KGI. Ako schodná cesta sa ukazuje možnosť jej prezentácie na študentských súťažiach či vedeckých konferenciách (viď s. 34). Osobnou motiváciou autora je navyše vidina akoukoľvek mierou prispieť či pomôcť k prehĺbeniu porozumenia vybraným témam užívateľmi aplikácie StatTerra.

9 ZÁVER

Zámerom bakalárskej práce bolo vytvoriť interaktívne webové stránky pre potreby výučby predmetu STAME. Tento cieľ bol naplnený vo výslednej aplikácii StatTerra, ktorá má slúžiť ako LO používaný na demonštráciu princípov preberaných na prednáškach daného predmetu, ale taktiež ako doplňujúci materiál pre študentov počas individuálnej prípravy. Aplikácia je verejne dostupná na <https://statterra.app>.

Pre tvorbu aplikácie bola zásadným krokom identifikácia potenciálnych technických riešení a následný výber toho najvhodnejšieho. Z tejto rešerše vyplynula ako správna možnosť voľba frontend-only riešenia s hrubým klientom, vďaka ktorej odpadla potreba aplikačného servera na jeho prevádzku. Spomedzi najrozšírenejších frameworkov a knižníc bol zvolený React, a to najmä pre jeho ustálenosť na trhu a pretrvávajúce prvenstvo v miere využívania vývojárskou komunitou.

Pred vlastnou tvorbou zdrojového kódu bola zaistená šablóna a základný CSS súbor pre zaistenie responzivity UI a konzistentnosti vizuálnej identity aplikácie. Obsah šablóny bol prepracovaný do React komponentovej štruktúry a bolo dotvorené základné rozhranie aplikácie. Následne bol na základe zvolených tém zo sylabu predmetu STAME plnený textový a interaktívny obsah aplikácie, ktorému predchádzalo zaobstaranie a spracovanie ukázkových dát pre vybrané ukážky. Vytvorený textový obsah aplikácie bol z pracovnej slovenskej verzie preložený do českého a anglického variantu.

Do jednotlivých JSX súborov bola doplnená dokumentácia v štýle JSDoc pre zlepšenie orientácie potenciálnych budúcich záujemcov o úpravu či doplnenie zdrojového kódu, ktorých okruh môže rozšíriť aj lokalizácia aplikácie do troch jazykov. Zdrojový kód aplikácie je verejne dostupný na adrese <https://github.com/kristiansarluska/StatTerra>, kde je taktiež umiestnený readme súbor s návodom na vytvorenie jej lokálnej kópie.

Použiteľnosť prototypu aplikácie bola podrobená užívateľskému testovaniu, ktoré prebehlo metódou think-aloud za účasti piatich študentov prvého ročníka bakalárskeho štúdia na KGI. Na základe analýzy jeho výsledkov boli vybrané aspekty aplikácie optimalizované pre zlepšenie UX pri práci s ňou.

Výsledná aplikácia zahŕňa okrem vysvetľujúcich teoretických textov a matematických vzorcov príklady z geoinformatickej praxe. Jej hlavný prínos však spočíva v interaktivite, prejavujúcej sa naprieč aplikáciou napríklad ovládaním vstupných parametrov rozdelení pravdepodobnosti, zmenou hodnôt vstupujúcich do výpočtov kalkulačiek charakteristík náhodnej veličiny či voľbou nastavenia okolností štatistického testovania. Práve zakomponovanie interaktivity ako jedného z jej základných princípov má perspektívu prispieť k inovovaniu výučby predmetu STAME na KGI a tak napomôcť k lepšej pripravenosti absolventov kurzu do praxe.

Spolu so samotnou aplikáciou je k bakalárskej práci vytvorená aj webová stránka a poster, ktoré slúžia na jej odbornú prezentáciu. Webová stránka slúži ako informačný uzol a rázcestník k textu práce či aplikácii, zatiaľ čo poster vizuálne pútavou formou približuje postup a prínosy projektu odbornej i laickej verejnosti.

POUŽITÁ LITERATÚRA A INFORMAČNÉ ZDROJE

BANKS, Alex a Eve PORCELLO, 2017. *Learning React: Functional Web Development with React and Redux*. First Edition. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc. ISBN 9781491954621.

BRÁZDIL, Rudolf, 1981. *Statistické metody v geografii: cvičení*. Brno: Univerzita J.E. Purkyně.

BURT, James E.; Gerald M. BARBER a David L. RIGBY, 2009. *Elementary statistics for geographers*. New York: Guilford Press. ISBN 9781572304840.

CONALLEN, Jim, 1999. Modeling web application architectures with UML. *Communications of the ACM*. Online. **42**(10), 63–70 [vid. 2026-01-17]. ISSN 00010782. Dostupné z: doi:10.1145/317665.317677

DALE, Edgar, 1946. *Audiovisual methods in teaching*. New York: Dryden Press.

DAVIS, John C, 2002. *Statistics and Data Analysis in Geology*. Third Edition. New York: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-17275-8.

DOI, Jimmy; Gail POTTER; Jimmy WONG; Irvin ALCARAZ a Peter CHI, 2016. Web Application Teaching Tools for Statistics Using R and Shiny. *Technology Innovations in Statistics Education*. Online. **9**(1). Dostupné z: doi:10.5070/t591027492

EMMANNI, Phani Sekhar, 2023. Comparative Analysis of Angular, React, and Vue.js in Single Page Application Development. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. Online. **12**(6), 2971–2974. Dostupné z: doi:10.21275/sr24401230015

FIELDING, Roy T, 2000. *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*. No publisher. Dissertation. University of California.

FLANAGAN, David, 2020. *JavaScript: The Definitive Guide*. 7th Edition. Sebastopol, CA: O'Reilly Media. ISBN 978-1-491-95202-3.

GEOGEBRA, 2026. *Learn Probability and Statistics - GeoGebra Math Resources*. Online [vid. 2026-01-18]. Dostupné z: <https://www.geogebra.org/math/statistics-probability>

GOOGLE, 2026. *What is Angular?* Online [vid. 2026-02-12]. Dostupné z: <https://angular.dev/overview>

GREIF, Sacha, 2025. *State of JavaScript 2025: Front-end Frameworks*. Online [vid. 2026-02-12]. Dostupné z: <https://2025.stateofjs.com/en-US/libraries/front-end-frameworks/>

HAINING, Robert, 2003. *Spatial Data Analysis*. Online. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 9780521774376. Dostupné z: doi:10.1017/CBO9780511754944

HÖFFLER, Tim N. a Detlev LEUTNER, 2007. Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*. Online. **17**(6), 722–738. ISSN 09594752. Dostupné z: doi:10.1016/j.learninstruc.2007.09.013

CHURCHILL, Daniel, 2007. Towards a useful classification of learning objects. *Educational Technology Research and Development*. Online. **55**(5), 479–497. ISSN 10421629. Dostupné z: doi:10.1007/s11423-006-9000-y

JENKS, George F a Fred C CASPALL, 1971. Error on Choroplethic Maps: Definition, Measurement, Reduction. *Annals of the Association of American Geographers*. **61**(2), 217–244.

JURIŠICOVÁ, Anna, 2023. *Aplikace pro podporu výuky základního kurzu z pravděpodobnosti*. No publisher. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

KARIĆ, Anes a Nermina DURMIĆ, 2024. Comparison of JavaScript Frontend Frameworks – Angular, React, and Vue. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*. Online. 1383–1390. Dostupné z: doi:10.38124/ijisrt/ijisrt24jun600

KUNIN, Daniel, 2019. *Seeing-Theory: A visual introduction to probability and statistics*. Online [vid. 2026-01-18]. Dostupné z: <https://github.com/seeingtheory/Seeing-Theory>

KUNIN, Daniel; Jingru GUO; Tyler DAE DEVLIN a Daniel XIANG, 2018. *Seeing Theory*. Online [vid. 2026-01-18]. Dostupné z: <https://seeing-theory.brown.edu/>

LLOYD, Christopher D., 2010. *Spatial data analysis: an introduction for GIS users*. New York: Oxford University Press. ISBN 9780199554324.

MACHIS, Sharon, 2022. *RStudio unveils Shiny for Python*. Online [vid. 2026-02-11]. Dostupné z: <https://www.infoworld.com/article/2336240/rstudio-unveils-shiny-for-python.html>

MANLY, Bryan F J, 2000. *Statistics for Environmental Science and Management*. Online. Boca Raton: CRC Press LLC [vid. 2026-01-15]. ISBN 1-58488-029-5. Dostupné z: www.crcpress.com

MAYER, Richard E., 2021. *Multimedia learning*. Third edition. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 9781107187504.

MAYER, Richard E a Paul CHANDLER, 2001. When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*. Online. **93**(2), 390–397. Dostupné z: doi:10.1037//0022-0663.93.2.390

META PLATFORMS, Inc, 2026. *React*. Online [vid. 2026-02-11]. Dostupné z: <https://react.dev/>

MIKOWSKI, Michael S a Josh C POWELL, 2013. *Single Page Web Applications: JavaScript End-to-End*. First Edition. Shelter Island, NY: Manning Publications. ISBN 9781617290756.

MOORE, David S; George P MCCABE a Bruce A CRAIG, 2017. *Introduction to the Practice of Statistics*. Ninth edition. New York: W. H. Freeman. ISBN 9781319013387.

NĚTEK, Rostislav, 2020. *Webová kartografie - specifika tvorby interaktivních map na webu*. Online. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-5827-4. Dostupné z: doi:10.5507/prf.20.24458274

O'SULLIVAN, David a David J. UNWIN, 2010. *Geographic Information Analysis*. Online. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 9780470288573. Dostupné z: doi:10.1002/9780470549094

PACÁKOVÁ, Viera; Ružena PARDELOVÁ; Eva RUBLÍKOVÁ; Eva SODOMOVÁ a Erik ŠOLTĚS, 2003. *Štatistika pre ekonómov*. Bratislava: Iura edition.

POSIT SOFTWARE, PBC, 2022. *Share your Shiny Applications Online*. Online [vid. 2026-02-11]. Dostupné z: <https://www.shinyapps.io/>

POSIT SOFTWARE, PBC, 2026. *Shiny*. Online [vid. 2026-02-11]. Dostupné z: <https://shiny.posit.co/>

POWELL, Victor a Lewis LEHE, 2023. *Setosa data visualization and visual explanations*. Online [vid. 2026-01-18]. Dostupné z: <https://setosa.io/#/>

PROGRAMMING WITH MOSH, 2023. *React Tutorial for Beginners*. Online [vid. 2026-04-24]. Dostupné z: https://youtu.be/SqcY0GIETPk?si=dFf_5o5DJ6vom0-_

REFSNES DATA, 2026. *TypeScript Introduction*. Online [vid. 2026-02-12]. Dostupné z: https://www.w3schools.com/typescript/typescript_intro.php

ROGERSON, Peter A, 2015. *Statistical methods for geography: a student's guide*. Fourth Edition. Los Angeles: SAGE Publications. ISBN 9781446295731.

ROSLING, Hans.; Ola. ROSLING a Anna Rosling. RONNLUND, 2018. *Factfulness: ten reasons we're wrong about the world - and why things are better than you think*. New York: Flatiron Books. ISBN 9781250107817.

SAUVY, Alfred, 1952. *Trois Mondes, Une Planète. L'Observateur*.

SNOWFLAKE INC., 2026a. *Manage your app - Streamlit Docs*. Online [vid. 2026-02-11]. Dostupné z: <https://docs.streamlit.io/deploy/streamlit-community-cloud/manage-your-app>

SNOWFLAKE INC., 2026b. *Streamlit • A faster way to build and share data apps*. Online [vid. 2026-02-11]. Dostupné z: <https://streamlit.io/>

SNOWFLAKE INC., 2026c. *Streamlit documentation*. Online [vid. 2026-02-11]. Dostupné z: <https://docs.streamlit.io/>

SOMMERVILLE, Ian, 2016. *Software Engineering*. Tenth Edition. Harlow: Pearson Education. ISBN 978-1-292-09613-1.

STIFTELSEN GAPMINDER, 2026. *Gapminder*. Online [vid. 2026-01-18]. Dostupné z: <https://www.gapminder.org/>

SVELTE CONTRIBUTORS, 2026. *Overview • Svelte Docs*. Online [vid. 2026-02-12]. Dostupné z: <https://svelte.dev/docs/svelte/overview>

ŠIROKÝ, Jan, 2011. *Tvoříme a publikujeme odborné texty*. No publisher: Computer Press. ISBN 978-80-251-3510-5.

ŠUMPÍK, Josef, 2023. *Webová aplikace pro podporu výuky statistiky*. No publisher. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

TALHOFER, Václav, 2019. Why we need mathematics in cartography and geoinformatics? *Studies in Systems, Decision and Control*. Online. **104**, 123–160 [vid. 2025-12-23]. ISSN 21984190. Dostupné z: [doi:10.1007/978-3-319-54819-7_10/FIGURES/37](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54819-7_10/FIGURES/37)

TRIOLA, Marc M; Mario F TRIOLA a Jason ROY, 2023. *Biostatistics for the Biological and Health Sciences*. Third Edition. No publisher: Pearson Education Limited. ISBN 978-1-292-45201-2.

UNIVERSITY CONSORTIUM FOR GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE, 2026. *GIS&T Body of Knowledge*. Online [vid. 2026-01-17]. Dostupné z: <https://www.ucgis.org/site/gis-t-body-of-knowledge>

VANÍČEK, Tomáš, 2022. *Využití metody think-aloud v kartografickém výzkumu*. No publisher. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

WILEY, David A, 2000. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In: *The Instructional Use of Learning Objects*. Online. Logan, UT: Utah State University [vid. 2026-01-16]. Dostupné z: <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>

WITTE, Robert S., 2017. *Statistics*. Online. 11th Edition. Hoboken, NJ: Wiley [vid. 2025-12-23]. ISBN 9781119254515. Dostupné z:
<https://books.google.com/books/about/Statistics.html?hl=sk&id=KcxjDwAAQBAJ>

YOU, Evan, 2026. *Introduction | Vue.js*. Online [vid. 2026-02-11]. Dostupné z:
<https://vuejs.org/guide/introduction.html>

ZVÁRA, Karel.; Jiří. ANDEL a Patricie. MARTINKOVÁ, 2013. *Základy statistiky v prostředí R. Biomedicínská statistika, 4*. Praha: Karolinum. ISBN 9788024624471.

PRÍLOHY

ZOZNAM PRÍLOH

Voľné prílohy

Príloha 1 Poster

Elektronické prílohy

Príloha 2 Web k bakalárskej práci

Príloha 3 Zdrojový kód aplikácie StatTerra spolu s jej zostaveným kódom

Popis štruktúry a obsahu odovzdávaných digitálnych dát na dátové úložisko katedry

sarluska26

poster.jpg

poster.pdf

statterra (produkčná verzia aplikácie sa nachádza v podadresári dist)

text_prace.docx

text_prace.pdf

web