

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016

Martin Štěpánek

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Webový nástroj pro analýzu dat

Martin Štěpánek

Bakalářská práce

2016

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Štěpánek**  
Osobní číslo: **I12239**  
Studijní program: **B2646 Informační technologie**  
Studijní obor: **Informační technologie**  
Název tématu: **Webový nástroj pro analýzu dat**  
Zadávací katedra: **Katedra informačních technologií**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Vyhodnocení dat umožňuje stanovení obtížnosti otázek a určení citlivosti testových úkolů (lehké otázky, těžké otázky, nevyhovující otázky, seřazení úloh podle obtížnosti atd.) a určení citlivosti otázky (kvality jednotlivých otázek) a testu jako celku.

Cílem práce je vytvořit webovou aplikaci, která umožní výpočty základních statistických charakteristik (průměr, směrodatná odchylka, šikmost, špičatost, medián, modus), charakteristik měřících obtížnost položek, charakteristik citlivosti položek, reliabilitu (Cronbachovo alfa), charakteristiky validity (Spearmanův korelační koeficient). Součástí aplikace také bude možnost zobrazení pomocí základních nástrojů statistické grafiky (histogram, boxplot, empirická distribuční funkce).

Student pro svou webovou aplikaci může využít existujících knihoven, nebo tříd pro statistickou analýzu dat. Jeho klíčový přínos bude v adaptaci importovaných dat a jejich zpracování - tedy zvýšení dostupnosti řešení a rozšíření možností současných existujících řešení pro tvorbu online testů.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 35 - 45 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- \* KONÍČEK, Libor. Hodnocení výsledků vzdělávání: teoretická část. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2007, 57 s. ISBN 978-80-7368-392-4.
- \* KONÍČEK, Libor. Hodnocení výsledků vzdělávání: praktická část. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2007, 48 s. ISBN 978-80-7368-393-1.
- \* ZVÁRA, Karel a Josef ŠTĚPÁN. Pravděpodobnost a matematická statistika. Vyd. 4. Praha: Matfyzpress, 2006, 230 s. ISBN 80-867-3271-1.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Brožek

Katedra informačních technologií

Datum zadání bakalářské práce: 31. října 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: 13. května 2016



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.  
děkan



L.S.



Mgr. Josef Horálek, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2016

## Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 10. 5. 2016



podpis autora

Martin Štěpánek

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji všem, kteří se mnou měli v průběhu psaní této práce trpělivost, pomohli mi a podpořili mě. Především děkuji mému nejbližšímu okolí, dále vedoucímu práce Ing. Josefu Brožkovi a konzultantovi práce Bc. Václavu Svobodovi a všem autorům, jejichž díla jsem při tvorbě své práce využil, neboť bez nich by tato práce nikdy nevznikla.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce se věnuje vyhodnocení výsledků testů, stanovení obtížnosti otázek, citlivosti, validity a reliability testových úloh a testu jako celku. V rámci práce byla vytvořena webová aplikace umožňující výpočet základních statistických charakteristik (průměr, rozptyl, směrodatná odchylka, šikmost, špičatost, medián, modus), charakteristik obtížnosti položek, charakteristik citlivosti úloh, reliability (Cronbachovo alfa) a charakteristik validity (Spearmanův korelační koeficient). Aplikace dále umožňuje zobrazení výsledků pomocí základních nástrojů statistické grafiky (histogram, krabicový diagram, empirická distribuční funkce).

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Java Server Pages, Java, JavaScript, D3.js, webová aplikace, didaktické testy, graf, statistika, analýza

## **TITLE**

Web tool for data analysis

## **ANNOTATION**

The bachelor's thesis is focused on the evaluation of didactic tests, determining difficulty of the questions, sensitivity, validity and reliability of the tested tasks and the whole test. The web tool for calculation of statistic characteristics describing those attributes was developed as part of the thesis. This application also presents basic tools of the Statistic Graphic such as a histogram, a box plot or empirical distribution function.

## **KEYWORDS**

Java Server Pages, Java, JavaScript, D3.js, web application, didactic tests, graph, statistics, analysis

## **OBSAH**

|  |    |
|--|----|
| Úvod.....  | 11 |
| Vymezení termínů.....  | 13 |
| 1    Základní charakteristiky testu.....                                 | 14 |
| 1.1    Základní statistické charakteristiky.....                         | 14 |
| 1.2    Charakteristiky obtížnosti .....                                  | 16 |
| 1.3    Charakteristika citlivosti .....                                  | 16 |
| 1.4    Reliabilita .....   | 17 |
| 1.5    Charakteristika validity .....                                    | 17 |
| 1.6    Základní nástroje statistické grafiky .....                       | 18 |
| 2    Použité webové technologie .....                                    | 21 |
| 2.1    Nástroje statického webu a stylování.....                         | 21 |
| 2.2    Nástroje pro dynamickou tvorbu webu, grafiky a práci s daty ..... | 22 |
| 3    Struktura webové aplikace.....                                      | 24 |
| 3.1    Soubory a adresáře skupiny Web Pages.....                         | 24 |
| 3.2    Balíčky a třídy skupiny Source Packages .....                     | 25 |
| 4    Popis funkcí webové aplikace.....                                   | 28 |
| 4.1    Vkládání dat .....  | 28 |
| 4.2    Zpracování dat.....   | 30 |
| 4.3    Vypsání výsledků .....  | 30 |
| 4.4    Vykreslení grafů.....   | 32 |
| 4.5    Další funkce nástroje.....  | 38 |
| 5    Ukázka vyhodnocení testu .....                                      | 40 |
| ZÁVĚR .....  | 44 |
| Použitá literatura .....   | 45 |



## SEZNAM ILUSTRACÍ

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1.1: Histogram v programu MS Excel .....  | 18 |
| Obrázek 1.2: Krabicový diagram, zdroj [2] .....   | 19 |
| Obrázek 1.3: Graf empirické distribuční funkce, zdroj [2] .....                             | 19 |
| Obrázek 1.4: Graf závislosti citlivosti ULI a indexu obtížnosti, zdroj [2] .....            | 20 |
| Obrázek 2.1: Ukázka kódu HTML, CSS a JS .....   | 21 |
| Obrázek 3.1: Struktura webové aplikace v prostředí NetBeans .....                           | 24 |
| Obrázek 3.2: Diagram javovských tříd aplikace v nástroji Violet .....                       | 26 |
| Obrázek 4.1: Komunikace souborů v rámci aplikace v nástroji Violet .....                    | 28 |
| Obrázek 4.2: Formulář pro nahrání souboru .....   | 29 |
| Obrázek 4.3: Automaticky generovaný formulář pro zadání dat do webové aplikace .....        | 29 |
| Obrázek 4.4: Ukázka výpisu zpracovaných dat .....   | 30 |
| Obrázek 4.5: Ukázka vyhodnocených charakteristik seřazených dle součtu bodů vzestupně ..... | 31 |
| Obrázek 4.6: Ukázka výpisu pokročilých charakteristik testu .....                           | 31 |
| Obrázek 4.7: Postup vykreslení histogramu v nástroji Violet .....                           | 32 |
| Obrázek 4.8: Vykreslovaný histogram .....   | 33 |
| Obrázek 4.9: Zobrazení hodnot v histogramu při přejetí kurzorem myši .....                  | 34 |
| Obrázek 4.10: Vykreslovaný krabicový diagram .....  | 35 |
| Obrázek 4.11: Zobrazení hodnot grafu boxplot po přejetí kurzorem myši .....                 | 35 |
| Obrázek 4.12: Vykreslovaný graf empirické distribuční funkce .....                          | 36 |
| Obrázek 4.13: Vykreslovaný graf závislosti citlivosti a indexu obtížnosti .....             | 37 |
| Obrázek 4.14: Zobrazení hodnot grafu ULI po přejetí kurzorem myši .....                     | 38 |
| Obrázek 4.15: Ukázka možnosti skrytí vypisovaných dat .....                                 | 39 |
| Obrázek 5.1: Formulář pro nahrání souboru s vybraným souborem .....                         | 40 |
| Obrázek 5.2: Základní informace a zdrojová data .....                                       | 40 |
| Obrázek 5.3: První část vypočítaných statistických charakteristik .....                     | 41 |
| Obrázek 5.4: Druhá část vypočítaných statistických charakteristik .....                     | 41 |
| Obrázek 5.5: Charakteristiky vztahů mezi úlohami a celého testu .....                       | 42 |
| Obrázek 5.6: Ukázka vykreslovaných histogramů .....   | 43 |
| Obrázek 5.7: Ukázka krabicových diagramů vykreslovaných v aplikaci .....                    | 43 |
| Obrázek 5.8: Ukázka empirických distribučních funkcí .....                                  | 43 |
| Obrázek 5.9: Ukázka grafů ULI vykreslovaných nástrojem .....                                | 43 |

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

|      |                                       |
|------|---------------------------------------|
| CSS  | Cascading Style Sheets                |
| D3   | Data-Drive Documents                  |
| HTML | HyperText Markup Language             |
| HTTP | HyperText Transfer Protocol           |
| JS   | JavaScript                            |
| JSP  | Java Server Pages                     |
| MIT  | Massachusetts Institute of Technology |
| PHP  | PHP: Hypertext Preprocessor           |
| POI  | Poor Obfuscation Implementation       |
| SVG  | Scalable Vector Graphics              |
| ULI  | Upper-Lower Index                     |
| URL  | Uniform Resource Locator              |
| XML  | eXtensible Markup Language            |

# ÚVOD

*„Neustále říkám, že nejzajímavější prací příští dekády bude statistika. Lidé si myslí, že žertuji, ale kdo by si býval myslel, že v devadesátých letech bude nejzajímavější prací programování?“*

*Hal Varian, vedoucí ekonom společnosti Google, 2009 <sup>1</sup>*

Statistika představuje vývoj a aplikaci metod užívaných při sběru a analýze dat [1]. V případě potřeby analyzovat datové výstupy z didaktických testů za účelem jejich statistického vyhodnocení a zkvalitnění není snadné najít pro tento účel vhodný nástroj. Zadaní práce stanovuje jejím hlavním cílem vytvořit takovýto nástroj splňující následující kritéria.

Nástroj umožní na základě zadaných výsledků didaktického testu stanovit pro jednotlivé úlohy testu základní statistické charakteristiky (aritmetický průměr, medián, kvartily, modus, rozptyl, směrodatná odchylka, šikmost, špičatost), charakteristiky obtížnosti položek (index a hodnota obtížnosti), charakteristiku měřící citlivost (index citlivosti), dále pak reliabilitu celého testu (Cronbachovo alfa) a charakteristiku validity určující korelaci úloh v testu (Spearmanův korelační koeficient). Pro každou úlohu testu také vykreslí základní nástroje statické grafiky (histogram, boxplot, průběh empirické distribuční funkce, graf závislosti citlivosti a indexu obtížnosti).

Protože podobný nástroj již existuje ve formě desktopové aplikace [2], práce si klade za cíl především zvýšení přístupnosti nástroje převedením jeho funkcionalit do webové aplikace, dále rozšíření o další možnosti nahrání, zpracování a zobrazení dat (podpora více formátů nahrávaných souborů a úprava nahraných dat).

Po vymezení obecných termínů používaných v práci budou v první kapitole teoretické části stručně vysvětleny pojmy základních charakteristik testu, které nástroj umožňuje stanovit a to včetně základních nástrojů statistické grafiky.

Ve druhé kapitole jsou představeny technologie využívané praktickou částí práce, především programovací jazyk Java a webové technologie HTML, CSS, JSP a JavaScript. Cílem kapitoly není naučit čtenáře s těmito technologiemi pracovat, pouze jej s nimi seznámit.

---

<sup>1</sup> Zdrojem překladu do Českého jazyka je [1, s. 24]

Třetí kapitola se zabývá popisem struktury webové aplikace ve vývojovém prostředí NetBeans, které bylo pro tvorbu praktické části práce využito. Představuje jednotlivé soubory a třídy praktické části a popisuje jejich využití.

V rámci čtvrté kapitoly je podrobněji popsán obecný postup vyhodnocení testu od možnosti nahrání dat do webové aplikace, přes vyhodnocení testu, vypsání výsledků a vykreslení grafů, až po doplňující funkce aplikace.

Poslední pátá kapitola je ukázkou vyhodnocení výsledku anonymního didaktického testu webovým nástrojem.

## VYMEZENÍ TERMÍNŮ

Termíny byly vymezeny na základě webových zdrojů a ověřeny v další literatuře.

### **Webová aplikace**

*„Webová aplikace v softwarovém inženýrství je aplikace poskytovaná uživateli z webového serveru přes počítačovou síť Internet, nebo její vnitropodnikovou obdobu. Webové aplikace jsou populární především pro všudypřítomnost webového prohlížeče jako klienta.“ [3]*

### **Analýza dat**

*„Datová analýza je procesem, v jehož rámci se surová data seřadí a roztrídí, aby je bylo možné použít v metodách, které pomáhají interpretovat minulost a předvídat budoucnost.“ [1, s. 23]*

### **Knihovna**

*„Knihovna je v informatice označení pro soubor funkcí a procedur (v objektovém programování též objektů, datových typů a zdrojů), který může být sdílen více počítačovými programy. Knihovna usnadňuje programátorovi tvorbu zdrojového kódu tím, že umožňuje použít již vytvořený kód i v jiných programech.“ [4]*

### **Framework**

*„Framework je základ pro softwarovou strukturu, který přebírá řešení základních problémů a udává směr, kterým by se měl řídit postup vývoje. Cílem frameworku je sjednocení architektury aplikací a usnadnění práce programátorům. Obsahuje hotová řešení (knihovny), kterých programátor pouze využije.“ [5]*

# 1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY TESTU

Vybrané charakteristiky testu lze rozdělit na ty, které se vztahují k jednotlivým úlohám (základní statistické charakteristiky, charakteristiky obtížnosti a citlivosti), charakteristiky popisující vztah mezi úlohami (charakteristika validity) a charakteristiky celého testu (reliabilita).

## 1.1 Základní statistické charakteristiky

### Aritmetický průměr

Aritmetický průměr  $\bar{x}$  je roven podílu součtu všech hodnot ve statistickém souboru a jejich počtu  $n$  (rozsahu souboru). Jde o charakteristiku polohy (nebo také střední hodnoty) znaku  $x$  určující polohu metrických dat. Její nevýhodou je citlivost k hodnotám, které se značně odchylují od zbytku souboru. [6]

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

### Medián

Medián  $\tilde{x}$  souboru, jehož hodnoty jsou uspořádány dle velikosti vzestupně, odpovídá prostřední hodnotě tohoto souboru. Dělí jej na dvě stejně velké poloviny – hodnoty menší nebo rovné mediánu a hodnoty větší nebo rovné mediánu. Pokud je počet hodnot v poli sudý, je medián definován jako aritmetický průměr dvou prostředních hodnot. Výhodou mediánu je jeho malá citlivost k hodnotám mimořádně odlišným oproti ostatním hodnotám v souboru. [6]

$$\tilde{x} = \frac{x_{\frac{n+1}{2}}}{2}$$
$$\tilde{x} = \frac{\frac{x_n}{2} + \frac{x_{\frac{n}{2}+1}}{2}}{2}$$

### Kvartily

Kvartily jsou takové tři hodnoty z uspořádaného souboru hodnot, které rozdělují tento souboru na čtyři stejně četné části. O dolním kvartilu  $\tilde{x}_{25}$  platí, že 75 % hodnot v poli je větší nebo rovno této hodnotě a 25 % hodnot je větší nebo rovno tomuto kvartilu. Lze jej tedy nalézt ve vzestupně seřazeném poli na indexu  $i$ , který je roven třičtvrtinovému podílu celkového počtu hodnot  $n$ . Druhým kvartilem je medián. Třetí (horní) kvartil  $\tilde{x}_{75}$  odděluje tři čtvrtiny prvků s nejnižšími hodnotami od čtvrtiny prvků s nejvyššími hodnotami v souboru. [7]

## Modus

Modus souboru je roven hodnotě s nejvyšší četností výskytu v souboru. Tato hodnota je dobře čitelná z grafu histogramu, kde odpovídá hodnotě s nejvyšším sloupcem. [6]

## Rozptyl

Rozptyl  $s_x^2$  hodnot souboru o rozsahu  $n$  je roven aritmetickému průměru druhých mocnin odchylek jednotlivých hodnot od jejich aritmetického průměru. [6]

$$s_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

## Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka  $s_x$  souboru hodnot je definována jako druhá odmocnina rozptylu tohoto souboru. [6]

$$s_x = \sqrt{s_x^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

## Koeficient šikmosti

*„Pokud je soubor hodnot jednomodálním rozdělením může být toto rozdělení označeno buď za symetrické (souměrné) nebo za nesymetrické (nesouměrné). Jestliže je polovina větších hodnot rozptýlena naprosto stejně, jako polovina menších hodnot jedná se o symetrické rozdělení. V takovém případě bude koeficient šikmosti  $\gamma_1$  roven nule.*

*Jestliže se bude jednat o nesymetrické rozdělení a zároveň je polovina menších hodnot více rozptýlena než polovina větších hodnot, jedná se o záporné zešikmení. Naopak pokud je polovina menších hodnot méně rozptýlena než polovina větších hodnot, jedná se o zešikmení kladné. Kladné hodnoty  $\gamma_1$  vypovídají o kladném zešikmení, záporné hodnoty o záporném zešikmení.“ [2, s. 14]*

$$\gamma_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^3$$

## Koeficient špičatosti

„Špičatost  $\gamma_2$ , též nazývaná *exces* vyjadřuje míru koncentrace hodnot kolem střední hodnoty normálního rozdělení. Výběrový koeficient špičatosti je definován vztahem

$$\gamma_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^4 - 3,$$

kde  $s$  je směrodatná odchylka a  $\bar{x}$  je aritmetický průměr.“ [2, s. 14]

## 1.2 Charakteristiky obtížnosti

### Index obtížnosti

Index obtížnosti  $P$  je jedna ze základních charakteristik obtížnosti úlohy. Udává procento správných odpovědí. Lze jej také vyjádřit pomocí desetinného čísla jako podíl počtu správných odpovědí (resp. součet všech bodů získaných studenty)  $n_s$  a celkového počtu odpovědí (resp. maximální dosažitelný bodový zisk všech studentů)  $n$ . [2]

$$P = 100 \frac{n_s}{n}$$

### Hodnota obtížnosti

Hodnota obtížnosti  $Q$  udává procento nesprávných odpovědí. Lze ji vypočítat jak pomocí indexu obtížnosti  $P$ , tak pomocí podílu počtu nesprávných odpovědí (resp. součtu všech nezískaných bodů v testované úloze)  $n_n$  a celkového počtu odpovědí  $n$ .

$$Q = 100 - P = 100 \frac{n_n}{n}$$

Úlohy s velkým indexem obtížnosti ( $P > 80$ ) a malou hodnotou obtížnosti ( $Q < 20$ ) lze označit za úlohy velmi snadné. Pokud je naopak hodnota obtížnosti vyšší ( $Q > 80$ ) a index obtížnosti nižší ( $P < 20$ ), jde o úlohu velmi obtížnou. [2]

## 1.3 Charakteristika citlivosti

### Koeficient citlivosti

„Koeficient citlivosti  $d$ , též nazývaný ULI (*upper-lower-index*) určuje schopnost položky rozlišovat mezi lepšími a horšími studenty. V případě shodného počtu lepších studentů  $L$  a horších studentů  $H$  platí vzorec

$$d = 2 \frac{(N_L - N_H)}{N}.$$



*V případě nestejného počtu lepších a horších studentů platí vztah*

$$d = \frac{(N_L - N_H)}{\max\{N_L, N_H\}}.$$

*$N_L$  je počet lepších studentů, kteří odpověděli správně,  $N_H$  počet horších studentů, kteří odpověděli správně,  $N$  je počet všech respondentů.*

*Koeficient citlivosti se pohybuje v intervalu  $\langle -1, 1 \rangle$ .“ [2, s. 15]*

## **1.4 Reliabilita**

Reliabilita udává míru přesnosti a spolehlivosti testu. Čím větší je reliabilita testu, tím spolehlivější jsou jeho výsledky a test je méně ovlivňován náhodnými faktory (vnější podmínky, psychický stav žáků). [8]

### **Cronbachovo alfa**

*„Cronbachovo alfa je používáno k odhadu reliability testu. Vyjadřuje míru vnitřní konzistence testu. Výpočet probíhá pomocí vzorce*

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s^2} \right),$$

*kde  $k$  je počet položek v testu,  $s_i^2$  je rozptyl  $i$ -té položky a  $s^2$  je rozptyl sumy za všechny příklady.*

*Cronbachovo alfa se pohybuje v intervalu  $\langle 0, 1 \rangle$ . Při hodnotě  $\alpha \geq 0,7$  se reliabilita považuje za dostatečnou.“ [2, s. 15-16]*

## **1.5 Charakteristika validity**

Validita (někdy také platnost) testu odpovídá na otázku, do jaké míry test skutečně reprezentuje sledované vlastnosti a kvality. [8]

### **Spearmanův koeficient pořadové korelace**

Spearmanův korelační koeficient je charakteristikou užívanou k vyhodnocování validity didaktických testů. Určuje, jak těsně spolu dva zachycené jevy souvisí. Charakteristika umožňuje stanovit míru podobnosti dvou pořadí hodnot, čímž zároveň určí, jak těsná je souvislost mezi jevy, na jejichž základě pořadí vznikla. Její výpočet probíhá pomocí vzorce

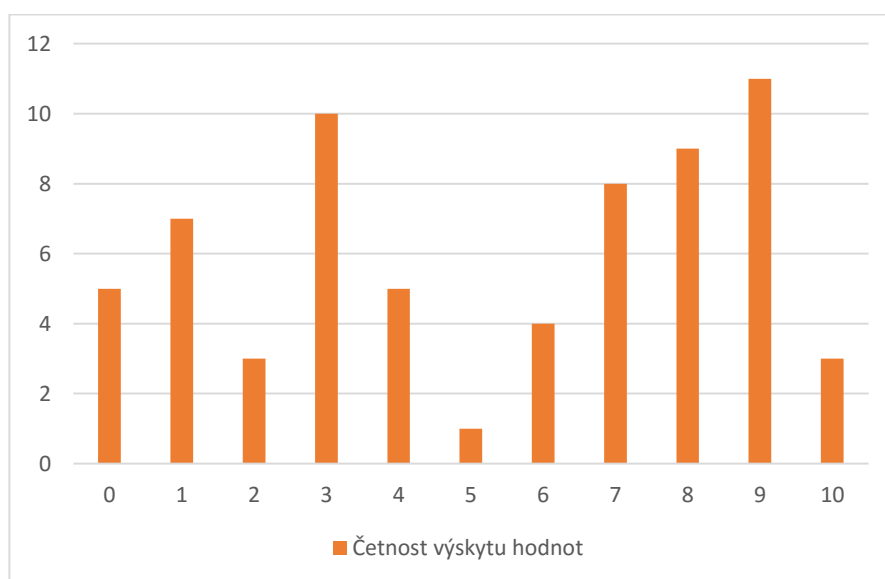
$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)},$$

kde  $d_i$  je rozdíl mezi pořadími u jednotlivých korelačních párů a  $n$  je počet těchto párů. [2]

## 1.6 Základní nástroje statistické grafiky

### Histogram

Histogramy jsou jedním z nejběžnějších vizualizačních nástrojů sloužících k zobrazení četnosti výskytu jednotlivých hodnot v souboru prvků. Na obrázku 1.1 je znázorněn histogram, vykreslený programem MS Excel pro soubor náhodných hodnot, představující graf četnosti výskytu jednotlivých hodnot v souboru. Na vodorovné ose (x) je vynesena rozsah hodnot, kterých mohou prvky v souboru nabývat, na ose svislé (y) pak počet výskytů jednotlivých hodnot. Konkrétněji lze tedy říci, že na ose x jsou vyneseny možné bodové zisky studentů v daném příkladu a na ose y kolik studentů dosáhlo konkrétních bodových zisků. Z histogramu lze vyčíst jaké je rozložení studentů mezi jednotlivé bodové zisky nebo jakého bodového zisku dosáhlo nejvíce studentů. [1], [2]

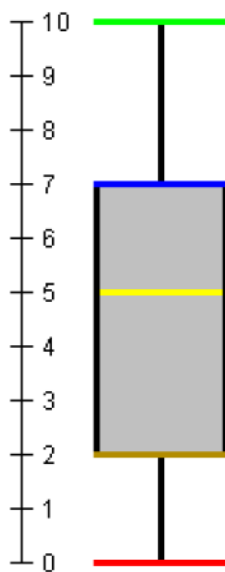


Obrázek 1.1: Histogram v programu MS Excel

### Krabicový diagram

Krabicové diagramy, nazývané také boxploty, existují v mnoha různých provedeních. Je proto nutné vědět, co daný boxplot znázorňuje. Krabicový diagram vyobrazený na obrázku 1.2 znázorňuje minimální bodový zisk v příkladu (dolní vnější hradba), dolní kvartil (dolní vnitřní hradba), medián bodových zisků (přepažení mezi vnitřními hradbami), horní kvartil (horní

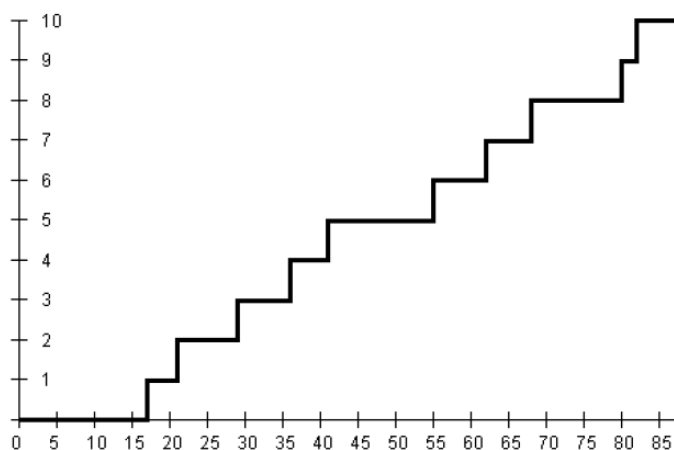
vnitřní hradba) a maximální dosažený bodový zisk (horní vnější hradba). Boxploty stejného typu jsou vykreslovány i v praktické části práce. [2]



Obrázek 1.2: Krabicový diagram, zdroj [2]

### Empirická distribuční funkce

V tomto typu grafu, který je znázorněn na obrázku 1.3, je na vodorovné ose vynesena posloupnost čísel od nuly do rozsahu souboru, na ose svislé pak pro každé číslo  $i$  hodnota  $i$ -tého prvku ve vzestupně seřazeném souboru. Pokud jsou si hodnoty dvou sousedních vykreslených bodů rovny, jsou tyto body spojeny vodorovnou čarou. Jestliže je hodnota druhého ze sousedních bodů vyšší, je vykreslena svislá linka z bodu prvního až na úroveň bodu druhého a následně je konec této linky spojen s druhým bodem. Křivka grafu empirické distribuční funkce v bodu  $i$  udává, kolik studentů získalo z otázky, pro kterou je vykreslována, stejný nebo nižší počet bodů než je hodnota  $y(i)$ . [2]

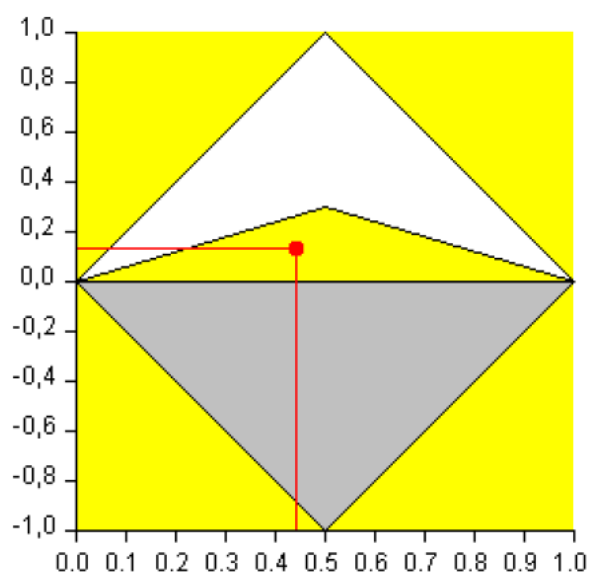


Obrázek 1.3: Graf empirické distribuční funkce, zdroj [2]

### Graf závislosti koeficientu citlivosti ULI a indexu obtížnosti

Graf závislosti koeficientu citlivosti a indexu obtížnosti zobrazuje průsečík těchto dvou hodnot. Na vodorovné ose je vynesena index obtížnosti souboru hodnot udávaný v desetinném čísle (nikoli procentuálně) v intervalu  $\langle 0,1 \rangle$ . Je zde znázorněno, jaká část studentů úlohu vyřešila správně. Na svislé ose je vynesena koeficient citlivosti souboru. Ten se pohybuje v rozsahu  $\langle -1,1 \rangle$  a charakterizuje citlivost úlohy, tedy jestli na úlohu odpovídali správně spíše studenti, kteří byli v celkovém testu úspěšnější (pak se koeficient pohybuje v kladných hodnotách), nebo méně úspěšní (záporný koeficient).

Graf na obrázku 1.4 dělí úlohy na základě toho, ve které oblasti vznikne průsečík vykreslených hodnot na vhodné, nevhodné a podezřelé. Pokud je průsečík vykreslen do bílé části grafu, spadá otázka do oblasti vhodných úloh, jestliže je bod vynesena do šedé části grafu, otázka patří mezi nevhodné úlohy a je-li bod vyobrazen na žlutém pozadí, je otázka považována za podezřelou úlohu. [2]



Obrázek 1.4: Graf závislosti citlivosti ULI a indexu obtížnosti, zdroj [2]

## 2 POUŽITÉ WEBOVÉ TECHNOLOGIE

Technologie využívané v praktické části práce lze rozdělit na nástroje použité k vytvoření statických stránek (a úpravě jejich vzhledu) a technologie využívané pro dynamickou úpravu webové prezentace, generování webu a práci s daty. Byly použity následující technologie, knihovny a frameworky.

### 2.1 Nástroje statického webu a stylování

#### HyperText Markup Language

HTML je značkovací jazyk určený k tvorbě webových stránek, který zajišťuje základní kostru vizualizace. Jde o sadu příznaků (označovaných jako tagy), které definují různé části dokumentu. Interpretací tagů vznikají značky označující jednotlivé prvky stránky označované jako elementy. Ty mohou být buď blokové (způsobují zalomení řádku před a za elementem) nebo řádkové (in-line). Se strukturou stránky definovanou pomocí HTML může dále pracovat JavaScript a D3. [1], [9]

```
<html>
  <head>
    <title>Titulek</title>
    <!-- CSS -->
    <style>
      selektor {
        atribut: hodnota;
      }
    </style>
  </head>
  <body>
    <div>Obsah HTML</div>
    .
    .
    .
    <script>
      //kód JavaScriptu a D3.js
    </script>
  </body>
</html>
```

Obrázek 2.1: Ukázka kódu HTML, CSS a JS

Příklad tagu může být tag `div` na obrázku 2.1, jehož interpretací vzniknou značky úvodní `<div>` a koncová `</div>` označující element `<div>Obsah HTML</div>`.

## **Kaskádové styly**

Kaskádové styly, nazývané často anglickou zkratkou CSS, popisují prezentační část webové stránky a pomáhají stránku stylovat. Definují, jak mají být HTML elementy vykresleny na obrazovce počítače, mobilního zařízení nebo třeba při tisku stránky. Styly jsou aplikovány na elementy pomocí selektorů, které určují, pro jaké z nich bude dále definovaná sada pravidel uplatněna. Obecná formule zápisu CSS pravidel je patrná z obrázku 2.1. [1], [10]

## **Bootstrap**

Bootstrap je oblíbený a rozšířený framework pro tvorbu webových stránek spojující HTML, CSS a JavaScript. Je vydán pod MIT licenci a jeho autorská práva vlastní společnost Twitter. Jeho výhodami jsou kompatibilita s prohlížeči, snadné použití, podpora responzivního webového designu a fakt, že je dostupný zcela zdarma. Jedná se o takzvaný frontend framework (usnadňuje tvorbu té části webu, kterou vidí jejich návštěvník). S pomocí Bootstrapu lze snadno vytvořit vzhled stránek, který bude zároveň přizpůsobený pro zobrazování na různých zařízeních. Framework také nabízí využití speciálních obrázkových ikon (*Glyphicons*). [11]

## **2.2 Nástroje pro dynamickou tvorbu webu, grafiky a práci s daty**

### **Java**

Java je (mimo jiné) objektově orientovaný programovací jazyk vyvinutý společností Sun Microsystems. V současnosti je tento jazyk velmi oblíbený a rozšířený. Jednou z jeho hlavních výhod je snadná přenositelnost mezi systémy.

V jazyce Java jsou napsány také knihovny projektu Apache POI, z nichž některé jsou využity v praktické části práce k načítání dat ze souborů Microsoft Office (konkrétně ze souborů *.xls* a *.xlsx*).

Vývojové nástroje jazyka byly rozděleny do tří edic, označovaných Java SE (*Standard Edition*), Java ME (*Micro Edition*) a Java EE (*Enterprise Edition*). Součástí poslední zmíněné jsou také specifikace pro Servlety a JSP. [12], [13]

### **Servlety a Java Server Pages**

Servlet je třída v jazyce Java, která zpracovává HTTP požadavky a generuje HTML stránky. Je odvozena od abstraktní třídy *javax.servlet.http.HttpServlet* a bývá spojena s konkrétní URL cestou. Na základě požadavku, který na server od klienta přijde, generuje servlet patřičnou odpověď, která je poté serverem odeslána zpět klientovi a zobrazena.

JSP označuje technologii pro vývoj dynamického webu podobnou PHP, pomocí které lze vytvořit dokumenty založené na XML (přípona *.jsp*). Při nasazení na server se JSP dokumenty překládají do jazyka Java a následnou kompilací vznikne Servlet. JSP (stejně jako PHP) je tedy zpracováváno na straně serveru, odkud je na klientskou stranu odesílána vygenerovaná webová stránka. [14]

### **JavaScript**

JavaScript je dynamický skriptovací programovací jazyk, který je běžně implementován na straně klienta. Díky tomu mohou mít stránky dynamický charakter a nabízet interakci s uživatelem v reálném čase. [1]

### **Scalable Vector Graphics**

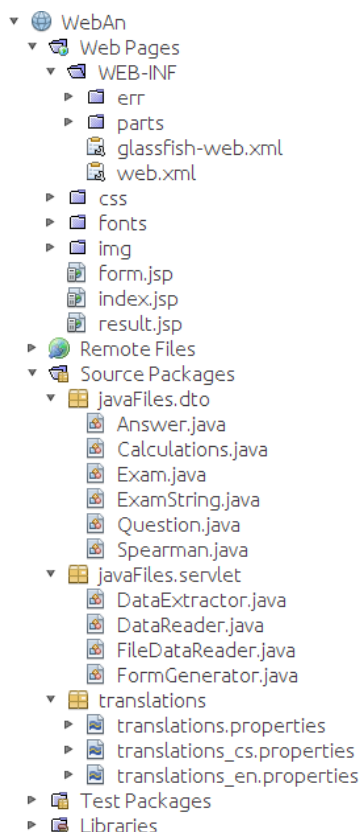
SVG je formát založený na XML používaný při práci s 2D grafikou. Lze jej vnořit přímo do webové stránky. SVG nabízí možnost vytvoření a úprav základních tvarových elementů, jako jsou obdélníky, kruhy, úsečky nebo texty. Z nich pak lze sestavit složitější celky, například grafy. [1]

### **D3.js**

D3 je knihovna napsaná v jazyce JavaScript, která slouží k vizualizaci dat a manipulaci s dokumentovým objektovým modelem. Nabízí vlastní rozhraní, které pomáhá vkládat vlastní elementy na správné místo stránky. Knihovna je velmi dobře zdokumentovaná, včetně praktických příkladů. [1], [15]

### 3 STRUKTURA WEBOVÉ APLIKACE

Strukturu souborů webové aplikace, která tvoří praktickou část práce, lze rozdělit do dvou hlavních částí – soubory webových stránek (na obrázku 3.1 skupina *Web Pages*) a zdrojové kódy v jazyce Java a soubory lokalizace (na obrázku 3.1 *Source Packages*). Knihovny využívané aplikací lze zobrazit ve skupině *Libraries*.



Obrázek 3.1: Struktura webové aplikace v prostředí NetBeans

#### 3.1 Soubory a adresáře skupiny Web Pages

Ve skupině *Web Pages*, která odpovídá obsahu fyzického adresáře *web* nacházejícího se v kořenové složce praktické části práce, jsou uloženy následující soubory a adresáře související se strukturou a prezentací webové stránky.

- *WEB-INF* obsahuje podsložky *parts*, kde je uložen soubor obsahující patičku zobrazovanou na každé stránce a *err* (vlastní chybové hlášky serveru). Jsou zde také soubory pro úpravu nastavení serveru. V souboru *web.xml* lze například nastavit jaké stránky má server zobrazit v případě výskytu konkrétního chybového kódu nebo jakou adresu má obsloužit který servlet. Obsah složky *WEB-INF* není uživateli přímo dostupný přes HTTP. [14]
- Složka *css* obsahuje soubory kaskádových stylů. Je zde uložen soubor frameworku bootstrap a soubor s vlastními styly *style.css*.



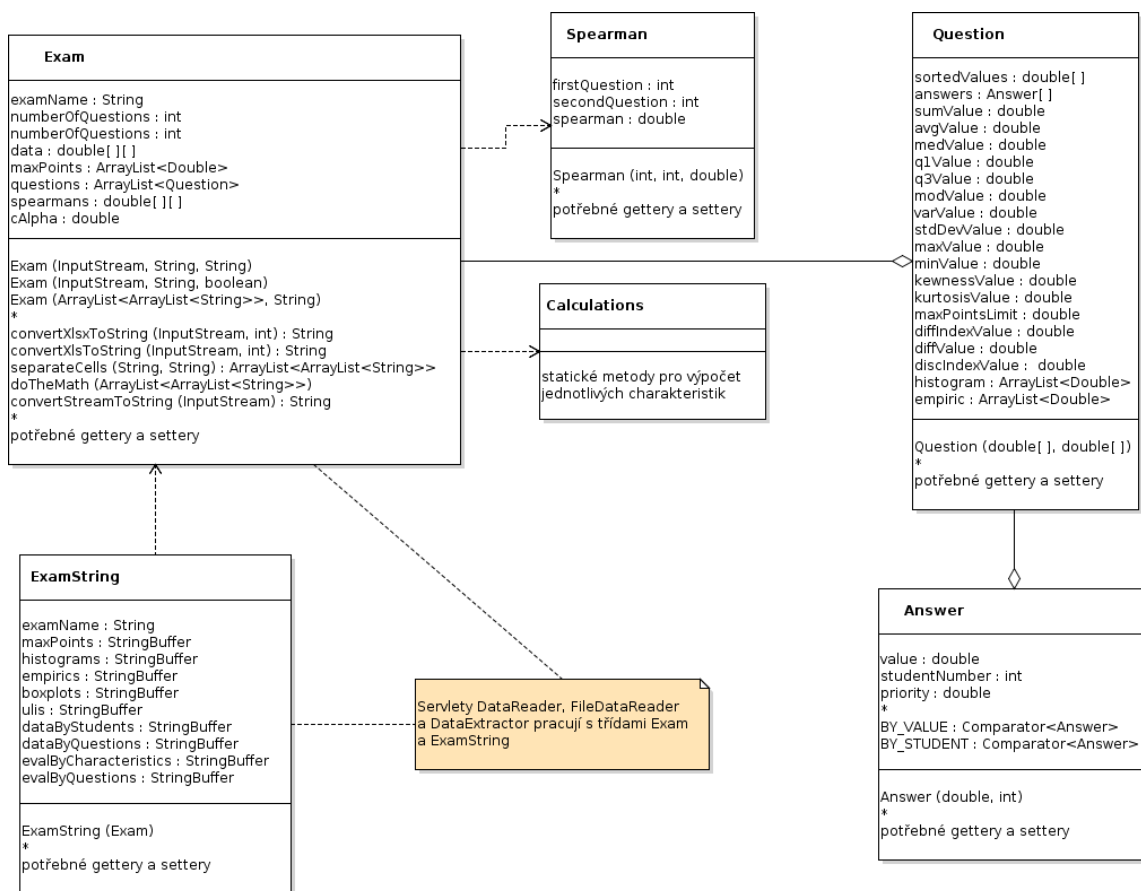
- Adresář *fonts* s fonty písma, které využívá bootstrap k zobrazení speciálních ikon *Glyphicons* (v aplikaci využity především jako symboly řazení hodnot) a adresář *img*, kde jsou uloženy obrázky (v prezentaci pouze vlajky jako symboly změny jazyka).
- Soubor *index.jsp* je úvodní stranou aplikace. Uživatel zde má možnost změnit jazyk stránek, nahrát soubor s daty k vyhodnocení, případně zadat počet otázek a studentů v testu pro vygenerování formuláře k ručnímu zadání dat.
- *form.jsp* je soubor využívaný při generování formuláře k ručnímu zadání dat nebo při úpravě již nahraných dat. Přijímá od servletu zdrojová data, pro která je následně vygenerován formulář, nebo (v případě ručního zadávání) připravenou strukturu prázdné tabulky o rozměrech odpovídajících zadaným hodnotám počtu otázek a studentů v testu.
- Soubor *result.jsp* slouží k zobrazení výsledků vyhodnocení. Jde o nejrozsáhlejší soubor ze skupiny Web Pages. Obsahuje kód pro vygenerování zobrazovaných tabulek (pro vstupní data, charakteristiky a Spearmanovy korelační koeficienty), připravené oblasti *div* pro vykreslení jednotlivých typů grafů a tlačítka pro úpravu nahraných dat a návrat na hlavní stranu. V souboru je také uložen kód JavaScriptu sloužící k řazení dat a charakteristik v příslušných tabulkách, vykreslení všech grafů (blíže popsáno v kapitole 4.4) a zobrazení nebo skrytí příslušných bloků zobrazované stránky.

### 3.2 Balíčky a třídy skupiny Source Packages

Skupina *Source Packages* odpovídající fyzickému adresáři *src/java* je dále rozdělena na tři balíčky – *javaFiles.dto*, *javaFiles.servlet* a *translations*. První jmenovaný balíček, jehož třídy a vazby mezi nimi jsou znázorněny na obrázku 3.2, obsahuje soubory s následujícími javovskými třídami.

- Třída *Calculations* obsahuje statické metody potřebné k výpočtu charakteristik testu (včetně dat pro vykreslení nástrojů statistické grafiky). Důvodem oddělení těchto metod od datových struktur, ve kterých jsou data uchovávána, je jejich obecnost. Většina metod pracuje s polem desetinných čísel (v tomto případě se jedná o pole hodnot odpovědí na danou otázku v testu), a tak je možné třídu *Calculations* (případně některé její metody) využít i v jiných projektech.
- *Answer* je třída pro uchování odpovědi konkrétního studenta na otázku, ke které odpověď patří. Je v ní uchována hodnota odpovědi, identifikátor studenta (anonymně na základě pořadí zadávání studentů) a priorita (potřebná k výpočtu hodnoty Spearmanových korelačních koeficientů). Pole instancí této třídy je vytvořeno pro každou otázku testu.
- Třída *Spearman* je implementována k uchování Spearmanových korelačních koeficientů. Obsahuje čísla obou otázek, kterých se konkrétní koeficient týká, a dále hodnotu tohoto koeficientu.

- Třída *Question* slouží k uchování úlohy a to včetně jejích charakteristik. Je využita ve třídě *Exam*, kde je vytvořena její instance pro každou úlohu v testu a vzápětí jsou tyto instance naplněny daty a charakteristikami.
- Ve třídě *Exam* jsou uchovávány informace o hodnoceném testu. Třída má několik konstruktorů pro různé formáty vstupních dat popsanych dokumentačními komentáři. *Exam* v sobě uchovává základní informace o testu (například název zkoušky nebo počet otázek), *ArrayList* instancí třídy *Question* (popsána dále), charakteristiky, které nejsou vázány ke konkrétní otázce (Spearmanovy korelační koeficienty) a charakteristiky celého testu (Cronbachovo alfa). Kromě uchovávání dat slouží třída také k jejich zpracování. Obsahuje metody k extrakci dat z *csv*, *tsv*, *xls* a *xlsx* souborů a jejich uložení do svých proměnných. Naplnění proměnných a vyhodnocení testu probíhá v privátní metodě *doTheMath*, kde jsou volány statické metody implementované ve třídě *Calculations*.
- *ExamString* je třída obsahující *StringBuffery* předávané do JavaScriptu. *StringBuffery* obsahují hodnoty potřebné k vykreslení grafů a data, která jsou pomocí JavaScriptu řazena na straně klienta. *StringBuffery* jsou formátované tak, aby při jejich uložení do pole v JS došlo k vytvoření pole (většinou vícerozměrného).

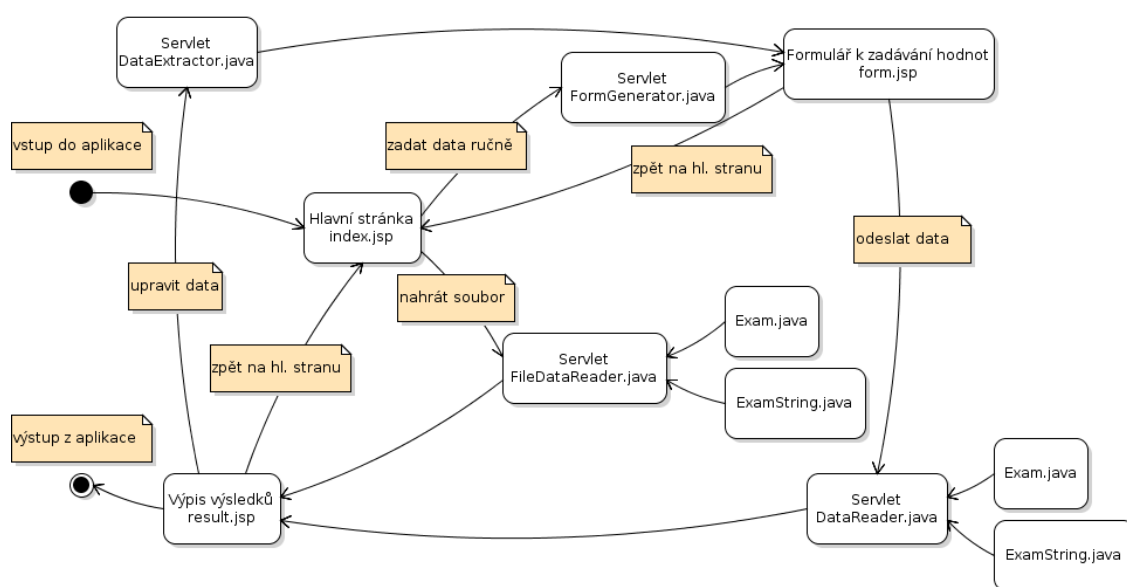


Obrázek 3.2: Diagram javovských tříd aplikace v nástroji Violet

Balíček *javaFiles.servlet* z obrázku 3.1 obsahuje servlety využívané pro obsluhu HTTP požadavků. Servlety *FileDataReader* a *DataReader* slouží k načtení dat ze souboru, nebo z webového formuláře. Vytvářejí instance tříd *Exam* a *ExamString* a předávají je dále souboru *result.jsp*, který na základě nich zobrazí výsledky. Servlet *DataExtractor* slouží k předání nahraných dat k úpravě, servlet *FormGenerator* k vygenerování prázdného formuláře při zadávání dat přímo do webové aplikace. V posledním balíčku *translations* se nacházejí jazykové překlady.

## 4 POPIS FUNKCÍ WEBOVÉ APLIKACE

Obrázek 4.1 popisuje všechny možnosti toku dat v aplikaci. Stručně lze tento postup shrnout tak, že data jsou ve formátu souboru (nebo ručním zadáním) odeslána na server, kde je příslušný servlet extrahuje a uloží do tříd implementovaných v jazyce Java, které zároveň provedou vyhodnocení a výsledky připojí k datům. Servlet dále takto strukturovaná data předá zpět do klientské části, kde jsou pomocí JavaScriptu zobrazena uživateli. Nyní budou tyto postupy popsány podrobněji.



Obrázek 4.1: Komunikace souborů v rámci aplikace v nástroji Violet

### 4.1 Vkládání dat

Jak již bylo zmíněno, data je možné vkládat buď formou souboru, nebo je také zadat přímo do webové aplikace pomocí dynamicky generovaného formuláře.

#### Import ze souboru

Nástroj podporuje čtení dat ze souborů typu *.xls*, *.xlsx*, *.csv* a *.tsv*. U posledních dvou formátů lze také volit mezi oddělovači (separátory) jednotlivých hodnot. Možné oddělovače hodnot na řádku jsou čárka, středník nebo tabulátor. Ve všech souborech je požadován takový formát dat, kdy řádky představují jednotlivé studenty, sloupce představují jednotlivé otázky testu a první řádek každého sloupce obsahuje hodnoty maximálního dosažitelného bodového zisku z dané otázky. Název nahrávaného souboru je také využit jako název zkoušky. V případě jiného formátu souboru nebo špatně zvoleného oddělovače aplikace zobrazí příslušnou chybovou hlášku. Formulář pro vybrání souboru s daty je zobrazen na obrázku 4.2.

### Nahrát data ze souboru

Browse...
No file selected.
Odeslat

☐ .xls, .xlsx
☒ .csv, .tsv

Oddělení hodnot: tabulátor ▼

Obrázek 4.2: Formulář pro nahrání souboru

### Zadávání přímo do webové aplikace

Pro vkládání dat přímo do webové aplikace je třeba nejprve na úvodní stránce zadat údaje o počtu otázek v testu a počtu zúčastněných studentů. Následně je s využitím servletu *FormGenerator* a souboru *form.jsp* vygenerován formulář pro maximální dosažitelné bodové zisky v jednotlivých příkladech a pro konkrétní bodová ohodnocení studentů. Vygenerovaná stránka je znázorněna na obrázku 4.3. Pro odeslání dat je třeba vyplnit všechna pole čísly (mimo pole název zkoušky) a u bodových ohodnocení získaných studenty rovněž dodržet maximální limit, který se pro každou otázku dynamicky mění podle zadaného dosažitelného maxima otázky.

Název zkoušky: Název zkoušky

|                        | Ot. č. 1             | Ot. č. 2             | Ot. č. 3             | Ot. č. 4             | Ot. č. 5             | Ot. č. 6             | Ot. č. 7             |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Max. možný zisk</b> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

|               | Ot. č. 1             | Ot. č. 2             | Ot. č. 3             | Ot. č. 4             | Ot. č. 5             | Ot. č. 6             | Ot. č. 7             |
|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>St. 1</b>  | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <b>St. 2</b>  | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <b>St. 3</b>  | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <b>St. 4</b>  | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <b>St. 5</b>  | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <b>St. 6</b>  | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <b>St. 7</b>  | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <b>St. 8</b>  | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <b>St. 9</b>  | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <b>St. 10</b> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Obrázek 4.3: Automaticky generovaný formulář pro zadání dat do webové aplikace














## 4.2 Zpracování dat

Po vložení jsou data s využitím servletu (*DataReader* nebo *FileDataReader*) odeslána do výpočetní části aplikace implementované v jazyce Java, kde je provedeno jejich zpracování. Servlet z přijatých dat vytvoří instanci třídy *Exam*, do které jsou uloženy údaje týkající se celého testu, *ArrayList* obsahující maximální možné bodové zisky otázek a *ArrayList* otázek samotných. Zde je pro každou otázku vytvořena instance třídy *Question*, v níž jsou uloženy informace o dané otázce.

Hodnoty sloužící k vykreslení grafů jsou dále také uloženy v instanci třídy *ExamString*, kde jsou převedeny do *StringBufferů* formátovaných do tvaru řetězce pro tvorbu pole, aby byl usnadněn jejich přenos a využití v jazyce JavaScript. Dále servlet všechna data a výsledky vyhodnocení předá souboru *result.jsp*, kde jsou zobrazena.

## 4.3 Vypsání výsledků

Kromě úvodního textu o názvu zkoušky, počtu otázek v testu a počtu zúčastněných studentů jsou všechny informace rozděleny do bloků. Prvním blokem, znázorněným na obrázku 4.4, jsou zdrojová data vypsána do tabulky, kde řádky představují jednotlivé studenty a sloupce jednotlivé otázky testu. Data jsou vykreslena v pořadí, v jakém byli zadáni studenti do webové aplikace (nebo jaké bylo jejich pořadí ve zdrojovém souboru), lze je však řadit vzestupně i sestupně dle ohodnocení studentů v konkrétní otázce. K tomuto účelu jsou vytvořena tlačítka u každé otázky v hlavičce sloupce. K opětovnému vypsání dat podle pořadí studentů slouží tlačítko se znakem znovunačtení v levém horním rohu tabulky.

| -Data   |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|
|  | Ot. č. 1   | Ot. č. 2   | Ot. č. 3   | Ot. č. 4   | Ot. č. 5   | Ot. č. 6   |
| St. 1   | 3  | 12   | 1  | 5  | 3  | 5  |
| St. 2   | 3  | 10   | 8  | 8  | 9  | 9  |
| St. 3   | 6  | 12   | 8  | 11   | 6  | 12   |
| St. 4   | 0  | 0  | 10   | 9  | 5  | 10   |
| St. 5   | 9  | 1  | 0  | 8  | 1  | 6  |
| St. 6   | 9  | 3  | 8  | 8  | 9  | 1  |
| St. 7   | 10   | 6  | 2  | 1  | 5  | 8  |
| St. 8   | 3  | 12   | 1  | 4  | 6  | 4  |
| St. 9   | 11   | 12   | 6  | 9  | 2  | 5  |
| St. 10  | 0  | 11   | 2  | 7  | 5  | 4  |

Obrázek 4.4: Ukázka výpisu zpracovaných dat

V druhém bloku, který je znázorněn na obrázku 4.5, je zobrazena tabulka s charakteristikami otázek, kde řádky reprezentují jednotlivé otázky a sloupce pak ohodnocení otázek na základě

charakteristiky uvedené v hlavičce sloupce. Data jsou vypsaná podle pořadí otázek, lze je však, podobně jako data v prvním bloku, řadit dle hodnocení otázek na základě charakteristik. V levém horním rohu je opět tlačítko pro vypsaní v původním pořadí.

| Hodnocení testu |                        |                            |                            |                    |                    |               |                      |                      |              |                |                            |
|-----------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|---------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------|----------------------------|
|                 | Max. možný zisk<br>↑ ↓ | Max. získaných bodů<br>↑ ↓ | Min. získaných bodů<br>↑ ↓ | Součet bodů<br>↑ ↓ | Průměr bodů<br>↑ ↓ | Medián<br>↑ ↓ | Dolní kvartil<br>↑ ↓ | Horní kvartil<br>↑ ↓ | Modus<br>↑ ↓ | Rozptyl<br>↑ ↓ | Směrodatná odchylka<br>↑ ↓ |
| Ot. 3           | 10                     | 10                         | 0                          | 396                | 4.5                | 4             | 1                    | 8                    | 1            | 11.182         | 3.344                      |
| Ot. 4           | 11                     | 11                         | 0                          | 486                | 5.523              | 5.5           | 2.5                  | 8.5                  | 8            | 12.249         | 3.5                        |
| Ot. 1           | 11                     | 11                         | 0                          | 508                | 5.773              | 6             | 3                    | 9                    | 10           | 13.517         | 3.677                      |
| Ot. 6           | 14                     | 14                         | 0                          | 563                | 6.398              | 6             | 3                    | 10                   | 5            | 17.353         | 4.166                      |
| Ot. 5           | 12                     | 12                         | 0                          | 587                | 6.67               | 8             | 3                    | 10                   | 9            | 13.903         | 3.729                      |
| Ot. 2           | 15                     | 15                         | 0                          | 638                | 7.25               | 8             | 3                    | 12                   | 12           | 23.233         | 4.82                       |

Obrázek 4.5: Ukázka vyhodnocených charakteristik seřazených dle součtu bodů vzestupně

Třetí blok, zobrazený na obrázku 4.6, obsahuje tabulku Spearmanových korelačních koeficientů souměrnou podle osy vedoucí z jejího levého horního do pravého dolního rohu. V tabulce je na řádce  $i$  ve sloupci  $j$  zobrazena hodnota koeficientu mezi příklady  $i$  a  $j$  (stejnou hodnotu lze nalézt také na řádce  $j$  sloupce  $i$ ). V bloku se také nachází hodnota charakteristiky reliability testu – Cronbachovo alfa.

| Pokročilé hodnocení testu                           |          |          |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Tabulka Spearmanových koeficientů pořadové korelace |          |          |          |          |          |          |
|   | Ot. č. 1 | Ot. č. 2 | Ot. č. 3 | Ot. č. 4 | Ot. č. 5 | Ot. č. 6 |
| Ot. č. 1  |          | -0.056   | 0.046    | 0.179    | -0.088   | 0.075    |
| Ot. č. 2  | -0.056   |          | -0.037   | 0.094    | 0.016    | 0.102    |
| Ot. č. 3  | 0.046    | -0.037   |          | 0.104    | -0.146   | -0.036   |
| Ot. č. 4  | 0.179    | 0.094    | 0.104    |          | 0.137    | 0.063    |
| Ot. č. 5  | -0.088   | 0.016    | -0.146   | 0.137    |          | 0.106    |
| Ot. č. 6  | 0.075    | 0.102    | -0.036   | 0.063    | 0.106    |          |

**Cronbachovo alfa**  
0.15487631802032617

Obrázek 4.6: Ukázka výpisu pokročilých charakteristik testu

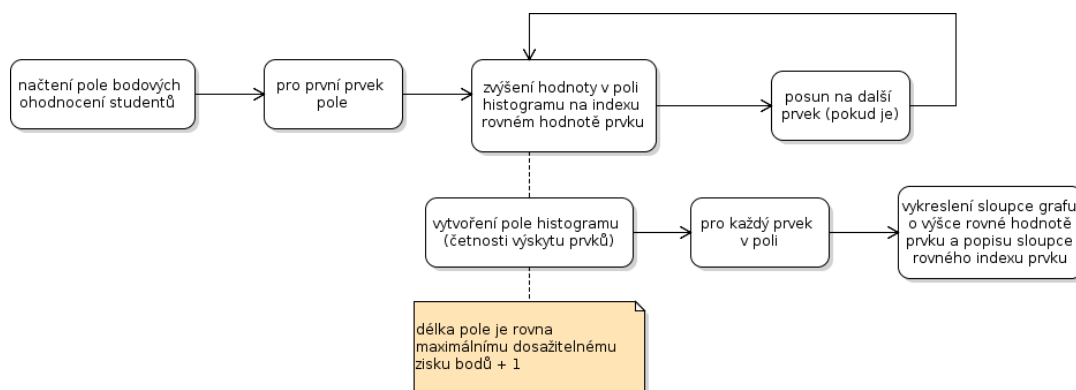
Všechny bloky obsahují připravené horizontální posuvníky, které jsou v případě potřeby (například většího množství příkladů) využity k posunu zobrazovaných dat, která jsou z důvodu zachování čitelnosti vykreslena do větší šířky, než dovozuje zobrazovaná oblast. Toto platí i pro dále popisované bloky pro vykreslení grafů.

## 4.4 Vykreslení grafů

Grafy jsou vykresleny na stejné stránce jako vypsané výsledky. Pro každý typ grafu (viz kapitola 1.6) je připraven blok podobný těm, které byly popsány v předchozí části. Dále je nastíněn postup vykreslování jednotlivých typů grafů.

### Histogram

Zjednodušený postup vykreslení histogramu je popsán na obrázku 4.7. Pro vykreslení tohoto grafu je nutné získat informace o četnosti výskytu bodových ohodnocení z rozsahu od nejmenšího možného bodového zisku (typicky nula bodů), až po maximální dosažitelný bodový zisk za vykreslovaný příklad. Jinými slovy, kolik studentů bylo ohodnoceno daným bodovým ziskem, pro každý dosažitelný bodový zisk. Toto je realizováno v jazyce Java ve statické metodě *getHistogram* třídy *Calculations*, která vrací jako návratovou hodnotu *ArrayList* čísel, kde na pozici *i* je uložen počet výskytů hodnoty *i* mezi bodovými ohodnoceními. Při volání metody ve třídě *Exam* je *ArrayList* uložen do proměnné *histogram* vztahující se k otázce, pro kterou byla metoda volána. Poté, co jsou takto vypočteny hodnoty pro všechny otázky v testu, jsou ve třídě *ExamString* tyto hodnoty spojeny do *StringBufferu*, představujícího řetězec připravený pro tvorbu dvourozměrného pole obsahujícího hodnoty histogramů pro jednotlivé otázky. Servlet předá tento řetězec JavaScriptu, kde je pole vytvořeno.

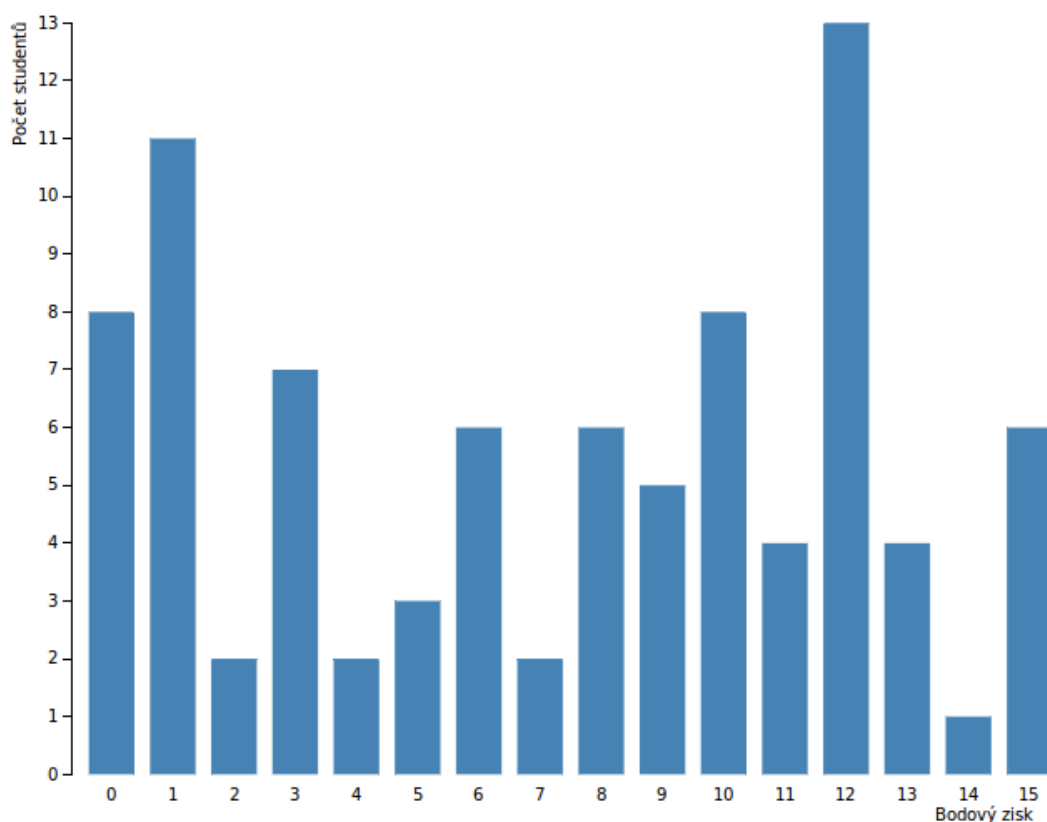


Obrázek 4.7: Postup vykreslení histogramu v nástroji Violet

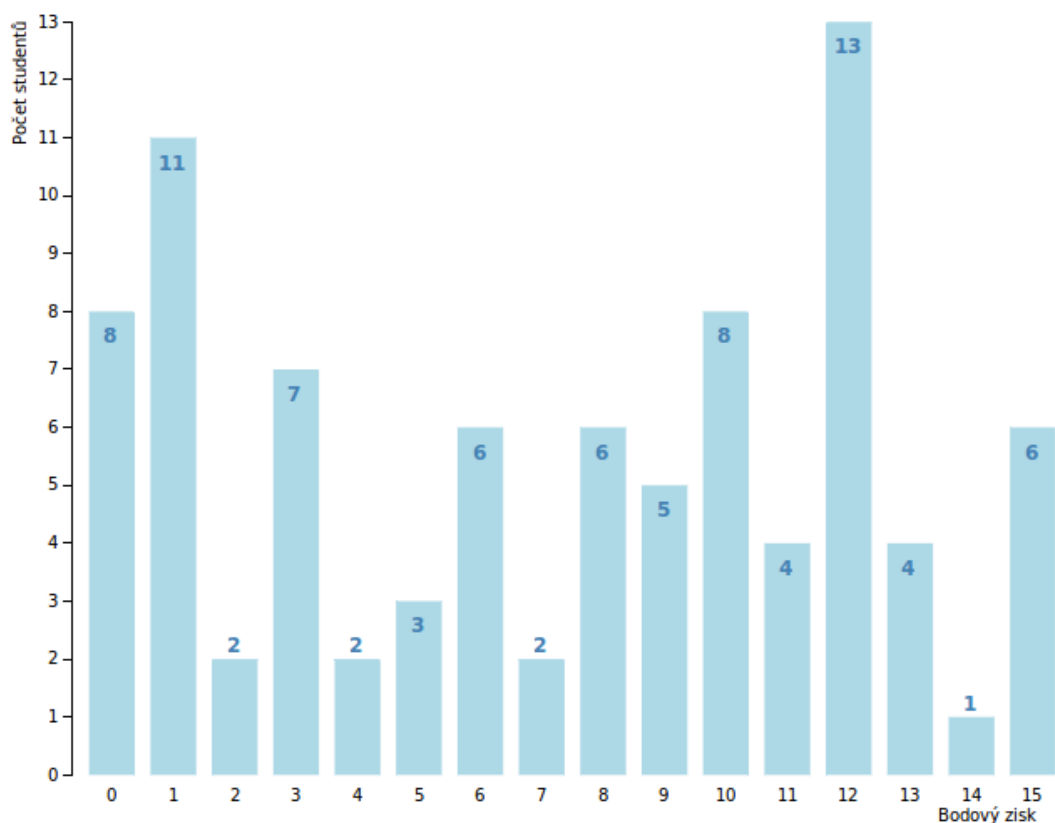
V JavaScriptu je vypočtena šířka zobrazovaných sloupců, která je určena podílem celkové šířky histogramu a počtu hodnot v poli dat. Dále jsou s využitím knihovny D3.js vytvořeny lineární rozsahy (*d3.scale.linear*) pro přepočty zobrazovaných hodnot do rozměrů grafu a jsou připraveny osy grafu využívající tyto rozsahy (*d3.svg.axis*). Následně je z předem připraveného bloku stránky vybrán pomocí *d3.select* objekt *svg*, který představuje oblast celého grafu, a do nějž jsou následně vykresleny jednotlivé prvky histogramu. Po vykreslení obou os je



pro každou hodnotu v poli dat přidán obdélník představující množství výskytu dané hodnoty. Výška obdélníku je určena poměrově v závislosti na výšce celého grafu a konkrétní vykreslované hodnotě, kterou sloupec představuje. Ke každé hodnotě je také přidána popisná číselná hodnota, která se zobrazí při přejetí kurzorem myši přes oblast grafu. Tento textový popis, který jinak není zobrazen, je vykreslen v horní části sloupce reprezentujícího danou hodnotu, nebo nad sloupcem, pokud je vykreslovaná hodnota menší než 2 (z důvodu zachování čitelnosti). Celý postup od počítání šířky sloupců až po vykreslení popisů je opakován pro každou otázku v testu. Výsledkem je tedy tolik histogramů, kolik úloh test obsahuje. Jak graf v aplikaci vypadá, ukazuje obrázek 4.8. Na obrázku 4.9 je zobrazen stejný graf při přejetí kurzorem myši.



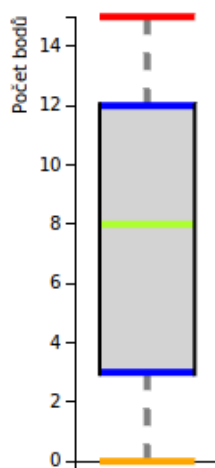
**Obrázek 4.8: Vykreslovaný histogram**



Obrázek 4.9: Zobrazení hodnot v histogramu při přejetí kurzorem myši

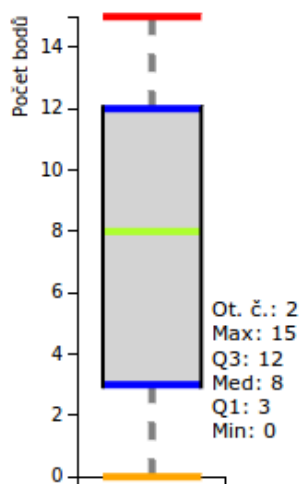
### Krabicový diagram

V krabicových diagramech, vykreslovaných v praktické části této práce (obrázek 4.10), jsou znázorněny hodnoty minima a maxima z bodových ohodnocení studentů, dále medián a oba kvartily (jak je popsáno v kapitole 1.6). Tyto hodnoty jsou uloženy u každé otázky v poli otázek ve třídě *Exam*. Třída *ExamString* pak na jejich základě vytvoří *StringBuffer*, kde jsou uloženy hodnoty pro všechny otázky tak, aby po předání *StringBufferu* do JavaScriptu bylo vytvořeno pole obsahující všechny tyto hodnoty. U boxplotů je také důležité jejich vykreslení v jedné horizontální rovině (vedle sebe). Důvodem je usnadnění porovnávání jednotlivých úloh mezi sebou i testu jako celku.



**Obrázek 4.10: Vykreslovaný krabicový diagram**

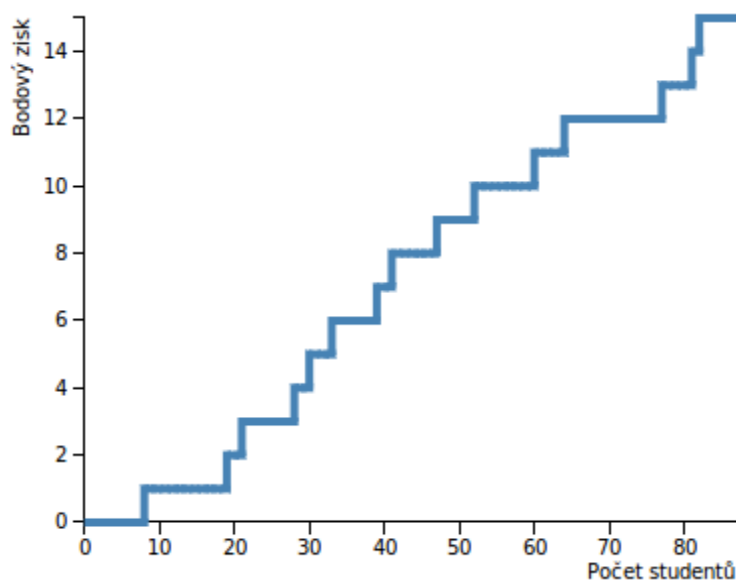
V JavaScriptu je nejprve vypočtena šířka zobrazovaných obrazců jako dvoutřetinový podíl přednastavené šířky grafu. Další postup je prováděn pro jednotlivé příklady samostatně. Stejně jako u histogramů, jsou i pro boxploty vytvořeny lineární rozsahy pro přepočet vykreslovaných hodnot do oblasti grafu. Rozsah pro svislou osu je vytvořen na základě maximálního dosažitelného bodového zisku z příkladu. Dále jsou s využitím těchto rozsahů vytvořeny osy grafu a jsou také přidány do připraveného elementu *svg*, vybraného pomocí *d3.select*. Následně jsou do stejného elementu přidávány další prvky grafu – přerušovaná svislá linka, vertikální linky zobrazující minimum a maximum dosažených bodů, šedý obrazec o šířce vypočtené na začátku vykreslování a výšce odpovídající rozdílu kvartilů, včetně svislých čar jeho orámování, dále vertikální linky pro hodnoty mediánu a obou kvartilů. Nakonec jsou do pravého dolního rohu grafu umístěny textové popisy vykreslovaných charakteristik, zobrazované pouze při přejetí kurzoru myši přes oblast grafu. Výsledek i s textovými popisy je znázorněn na obrázku 4.11.



**Obrázek 4.11: Zobrazení hodnot grafu boxplot po přejetí kurzorem myši**

## Graf empirické distribuční funkce

Pro vykreslení křivky empirické distribuční funkce je třeba získat vzestupně seřazené bodové zisky studentů z úlohy. Hodnota na indexu  $i$  v poli takových hodnot pak odpovídá bodovému ohodnocení  $i$ -tého studenta v řadě zúčastněných studentů seřazených podle dosaženého bodového zisku vzestupně. Pole je vytvořeno uložení návratové hodnoty statické metody *getEmpiric* třídy *Calculations* do proměnné *empiric* dané otázky. Metoda je volána pro každou otázku v konstruktoru třídy *Exam*. Následně jsou pole *empiric* využívána třídou *ExamString* k vytvoření *StringBufferu* sloužícího k předání polí do JavaScriptu.



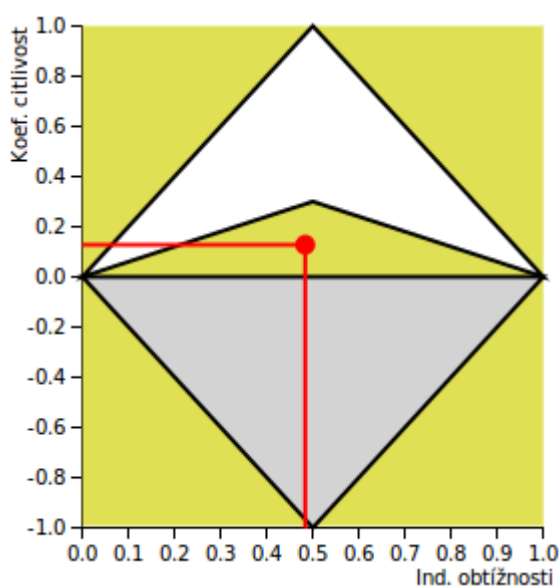
Obrázek 4.12: Vykreslovaný graf empirické distribuční funkce

Další postup je prováděn pro každou otázku. S využitím knihovny D3.js jsou vytvořeny rozsahy pro přepočtení zobrazovaných hodnot tak, aby se všechny hodnoty zobrazily do oblasti grafu při zachování původních poměrů. Dále jsou připraveny osy využívající tyto rozsahy. Do předem připraveného elementu *svg*, vybraného opět pomocí *d3.select*, jsou následně přidávány jednotlivé části grafu. Kromě os a jejich popisů jsou přidány především jednotlivé části křivky grafu. Na začátku je vytvořena pomocná proměnná *valPrev* s hodnotou 0, odpovídající nejnižšímu možnému bodovému zisku studenta. Následuje postupné procházení celého seřazeného pole a u každé hodnoty dojde ke kontrole, zda je vyšší než hodnota proměnné *valPrev*. Pokud je tato podmínka splněna, je do grafu vykreslena svislá čára o délce odpovídající rozdílu těchto dvou proměnných a *valPrev* je aktualizována na hodnotu právě procházeného prvku pole. V opačném případě je tento krok přeskočen. V obou případech je dále vykreslena vodorovná čára, jejíž délka odpovídá jedné  $n$ -tině šířky grafu, kde  $n$  je počet studentů

zúčastněných v testu. K výpočtu této šířky je využit jeden z dříve definovaných lineárních rozsahů. Obrázek 4.12 na předchozí straně ukazuje výsledek vykreslování.

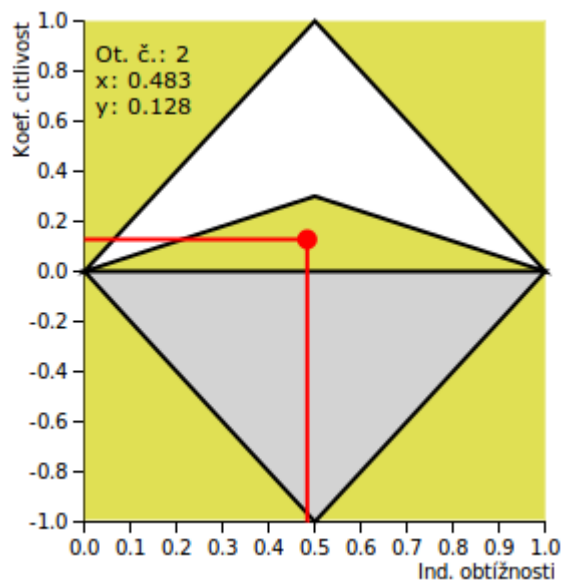
### Graf koeficientu citlivosti – ULI

Graf znázorňuje závislost koeficientu citlivosti a indexu obtížnosti otázky. Hodnoty těchto charakteristik jsou získány výpočty ve statických metodách *getQDiscriminationIndex* a *getQDifficultyIndex* třídy *Calculations* a následně uloženy do proměnných příslušné otázky. Odtud jsou pomocí třídy *ExamString* převedeny do pro všechny úlohy společného *StringBufferu*, který je předán do JavaScriptu. Před předáním je také index obtížnosti převeden z procentuálního vyjádření na desetinné číslo.



Obrázek 4.13: Vykreslovaný graf závislosti citlivosti a indexu obtížnosti

Další postup probíhá pro každou otázku samostatně. Opět jsou připraveny rozsahy a osy, podobně jako u předchozích typů grafů. Je vybrán odpovídající element *svg*, do nějž jsou následně vykreslovány jednotlivé prvky grafu. Po zobrazení os a jejich popisů následuje vykreslení jednotlivých vrstev pozadí. Nejdříve je připojen žlutý obdélník o výšce i šířce odpovídající oblasti grafu. Na něj jsou vykresleny šedý trojúhelník a bílý čtyřúhelník, oba pomocí elementu *path* a jeho atributu *d*, kterým lze popsat cestu ohraničení vykreslovaného obrazce. Nakonec je červeným kruhem znázorněn průsečík hodnot indexu obtížnosti (vyneseném na vodorovné ose) a koeficientu citlivosti příkladu (vyneseném na svislé ose) a jsou dokresleny linky spojující vzniklý bod s osami pro lepší odečítání znázorněných hodnot. Do levého horního rohu jsou umístěny skryté texty popisující hodnoty zobrazených charakteristik, viditelné pouze po přejetí kurzoru myši přes oblast grafu. Výsledek bez zobrazených hodnot (resp. s nimi) zobrazuje obrázek 4.13 (resp. obrázek 4.14).



Obrázek 4.14: Zobrazení hodnot grafu ULI po přejetí kurzorem myši

## 4.5 Další funkce nástroje

Kromě výše popsaných funkcí vyhodnocení a vyobrazení dat nabízí webová aplikace také další funkce, jejichž cílem je usnadnit nebo zpříjemnit práci s analytickým nástrojem.

### Úprava zadaných dat

Nahraná data, se kterými nástroj pracuje, lze po provedení výpočtů a zobrazení výsledků exportovat do formuláře pro úpravu dat. Formulář je téměř totožný s tím pro zadávání dat přímo do webové aplikace. Touto cestou lze upravit název zkoušky, maximální možné bodové zisky z příkladů i bodová ohodnocení jednotlivých studentů. K exportu dat slouží tlačítko na pravé straně stránky, které je fixováno vzhledem k hornímu kraji zobrazované oblasti (nikoli celé stránky).

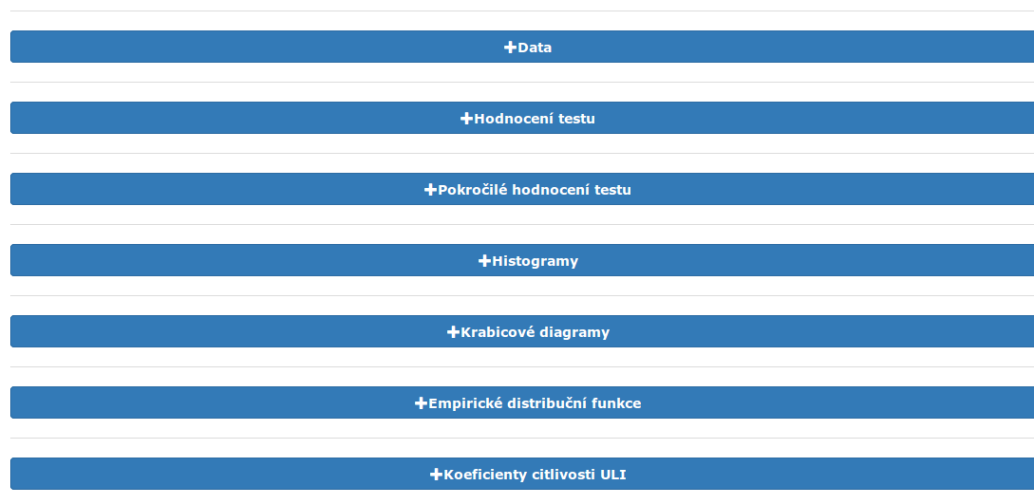
### Skrytí a zobrazení bloků

Bloky popsané v předchozích částech (pro původní data, vyhodnocené charakteristiky, Spearmanovy korelační koeficienty a Cronbachovo alfa, histogramy, boxploty, grafy empirických distribučních funkcí, grafy ULI) je možné skrýt (jak je ukázáno na obrázku 4.15) a ponechat tak zobrazené pouze potřebné informace. Skrytí (a opětovné zobrazení) se provádí pomocí modrých tlačítek na začátku každého bloku.

Název zkoušky: random\_data.xls

Počet otázek: 6

Počet studentů: 88



Obrázek 4.15: Ukázka možnosti skrytí vypisovaných dat

## Lokalizace

Většina textů podporuje jazykové preference nastavené uživatelem v prohlížeči, ve kterém je nástroj zobrazován. Výchozím jazykem je čeština, dále je k dispozici jazyk anglický. Lokalizované texty jsou uloženy v samostatných souborech s příponou *.properties* a vypisované textové řetězce jsou volány pomocí klíčů. Výhodou tohoto systému je snadné přidávání nových textů a možnost rozšíření podpory o další jazyky.

## 5 UKÁZKA VYHODNOCENÍ TESTU

Ukázkový soubor *ISTAT\_ukazka.xlsx* obsahuje anonymní výsledky zkoušky předmětu ISTAT z roku 2016. Nejprve je třeba vybrat zvolený soubor, ve kterém se data nachází. Formulář pro nahrání by poté měl vypadat podobně jako ten na obrázku 5.1.

Obrázek 5.1: Formulář pro nahrání souboru s vybraným souborem

Po načtení a zpracování hodnot webový nástroj zobrazí základní informace o hodnoceném testu. Dále jsou do tabulky v prvním bloku vypsána zdrojová data. Sloupce tabulky odpovídají jednotlivým úlohám, řádky pak jednotlivým studentům. Základní informace a část tabulky jsou zobrazeny na obrázku 5.2 spolu s tlačítky pro úpravu dat a návrat na hlavní stránku aplikace.

Název zkoušky: ISTAT\_ukazka.xlsx

Počet otázek: 12

Počet studentů: 49

[Upravit vstupní data](#)

[Návrat na hlavní stránku](#)

| Data   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|        | Ot. č. 1 | Ot. č. 2 | Ot. č. 3 | Ot. č. 4 | Ot. č. 5 | Ot. č. 6 | Ot. č. 7 | Ot. č. 8 | Ot. č. 9 | Ot. č. 10 | Ot. č. 11 | Ot. č. 12 |
| St. 1  | 0        | 0        | 0        | 6        | 8        | 2        | 1        | 6        | 2        | 4         | 2         | 7         |
| St. 2  | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 2        | 0        | 6        | 0        | 5         | 0         | 0         |
| St. 3  | 4        | 0        | 6        | 0        | 0        | 2        | 1        | 6        | 0        | 6         | 6         | 11        |
| St. 4  | 2        | 0        | 0        | 0        | 2        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 1         |
| St. 5  | 3        | 0        | 0        | 6        | 0        | 2        | 2        | 6        | 0        | 2         | 1         | 0         |
| St. 6  | 0        | 0        | 0        | 6        | 0        | 0        | 0        | 6        | 0        | 0         | 0         | 0         |
| St. 7  | 0        | 6        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         |
| St. 8  | 2        | 0        | 6        | 0        | 0        | 0        | 0        | 6        | 0        | 5         | 0         | 6         |
| St. 9  | 2        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         |
| St. 10 | 1        | 0        | 6        | 6        | 2        | 2        | 6        | 6        | 6        | 8         | 0         | 5         |
| St. 11 | 3        | 6        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         |
| St. 12 | 4        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0         |
| St. 13 | 3        | 0        | 0        | 0        | 0        | 2        | 0        | 6        | 0        | 0         | 0         | 5         |
| St. 14 | 5        | 0        | 0        | 6        | 0        | 2        | 8        | 6        | 0        | 4         | 0         | 5         |
| St. 15 | 2        | 0        | 6        | 6        | 0        | 2        | 6        | 6        | 6        | 8         | 0         | 5         |
| St. 16 | 2        | 0        | 0        | 6        | 0        | 2        | 1        | 6        | 0        | 0         | 0         | 0         |
| St. 17 | 1        | 6        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 6        | 0        | 2         | 0         | 0         |
| St. 18 | 2        | 0        | 6        | 6        | 0        | 0        | 7        | 6        | 6        | 8         | 0         | 0         |

Obrázek 5.2: Základní informace a zdrojová data



Druhý blok rozdělený na obrázky 5.3 a 5.4 obsahuje vypočítané statistické charakteristiky a umožňuje úlohy podle těchto charakteristik řadit.

| —Hodnocení testu |                       |                           |                           |                |                |        |                  |                  |       |         |                        |
|------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|----------------|--------|------------------|------------------|-------|---------|------------------------|
|                  | Max.<br>možný<br>zisk | Max.<br>získaných<br>bodů | Min.<br>získaných<br>bodů | Součet<br>bodů | Průměr<br>bodů | Medián | Dolní<br>kvartil | Horní<br>kvartil | Modus | Rozptyl | Směrodatná<br>odchylka |
| Ot. č. 1         | 8.0                   | 7.0                       | 0.0                       | 80.0           | 1.633          | 2.0    | 0.0              | 2.0              | 0.0   | 2.967   | 1.722                  |
| Ot. č. 2         | 6.0                   | 6.0                       | 0.0                       | 54.0           | 1.102          | 0.0    | 0.0              | 0.0              | 0.0   | 5.398   | 2.323                  |
| Ot. č. 3         | 6.0                   | 6.0                       | 0.0                       | 96.0           | 1.959          | 0.0    | 0.0              | 6.0              | 0.0   | 7.917   | 2.814                  |
| Ot. č. 4         | 6.0                   | 6.0                       | 0.0                       | 102.0          | 2.082          | 0.0    | 0.0              | 6.0              | 0.0   | 8.157   | 2.856                  |
| Ot. č. 5         | 8.0                   | 8.0                       | 0.0                       | 50.0           | 1.02           | 0.0    | 0.0              | 2.0              | 0.0   | 4.102   | 2.025                  |
| Ot. č. 6         | 4.0                   | 4.0                       | 0.0                       | 48.0           | 0.98           | 0.0    | 0.0              | 2.0              | 0.0   | 1.163   | 1.078                  |
| Ot. č. 7         | 11.0                  | 9.0                       | 0.0                       | 63.0           | 1.286          | 0.0    | 0.0              | 1.0              | 0.0   | 5.347   | 2.312                  |
| Ot. č. 8         | 6.0                   | 6.0                       | 0.0                       | 192.0          | 3.918          | 6.0    | 0.0              | 6.0              | 0.0   | 8.157   | 2.856                  |
| Ot. č. 9         | 11.0                  | 6.0                       | 0.0                       | 36.0           | 0.735          | 0.0    | 0.0              | 0.0              | 0.0   | 2.848   | 1.688                  |
| Ot. č. 10        | 14.0                  | 14.0                      | 0.0                       | 153.0          | 3.122          | 1.0    | 0.0              | 5.0              | 0.0   | 16.475  | 4.059                  |
| Ot. č. 11        | 11.0                  | 11.0                      | 0.0                       | 59.0           | 1.204          | 0.0    | 0.0              | 1.0              | 0.0   | 7.999   | 2.828                  |
| Ot. č. 12        | 11.0                  | 11.0                      | 0.0                       | 127.0          | 2.592          | 0.0    | 0.0              | 5.0              | 0.0   | 12.609  | 3.551                  |

Obrázek 5.3: První část vypočítaných statistických charakteristik

| —Hodnocení testu |                  |                  |       |         |                        |                        |                          |                     |                       |                          |           |
|------------------|------------------|------------------|-------|---------|------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|-----------|
| dián             | Dolní<br>kvartil | Horní<br>kvartil | Modus | Rozptyl | Směrodatná<br>odchylka | Koeficient<br>šikmosti | Koeficient<br>špičatosti | Index<br>obtížnosti | Hodnota<br>obtížnosti | Koeficient<br>citlivosti |           |
| .0               | 0.0              | 2.0              | 0.0   | 2.967   | 1.722                  | 1.033                  | 0.716                    | 20.408              | 79.592                | 0.04                     | Ot. č. 1  |
| .0               | 0.0              | 0.0              | 0.0   | 5.398   | 2.323                  | 1.635                  | 0.671                    | 18.367              | 81.633                | -0.775                   | Ot. č. 2  |
| .0               | 0.0              | 6.0              | 0.0   | 7.917   | 2.814                  | 0.74                   | -1.453                   | 32.653              | 67.347                | -0.515                   | Ot. č. 3  |
| .0               | 0.0              | 6.0              | 0.0   | 8.157   | 2.856                  | 0.643                  | -1.587                   | 34.694              | 65.306                | -0.469                   | Ot. č. 4  |
| .0               | 0.0              | 2.0              | 0.0   | 4.102   | 2.025                  | 2.273                  | 4.407                    | 12.755              | 87.245                | -0.6                     | Ot. č. 5  |
| .0               | 0.0              | 2.0              | 0.0   | 1.163   | 1.078                  | 0.43                   | -1.021                   | 24.49               | 75.51                 | -0.115                   | Ot. č. 6  |
| .0               | 0.0              | 1.0              | 0.0   | 5.347   | 2.312                  | 1.998                  | 2.872                    | 11.688              | 88.312                | -0.676                   | Ot. č. 7  |
| .0               | 0.0              | 6.0              | 0.0   | 8.157   | 2.856                  | -0.643                 | -1.587                   | 65.306              | 34.694                | 0.469                    | Ot. č. 8  |
| .0               | 0.0              | 0.0              | 0.0   | 2.848   | 1.688                  | 2.456                  | 4.786                    | 6.679               | 93.321                | -0.711                   | Ot. č. 9  |
| .0               | 0.0              | 5.0              | 0.0   | 16.475  | 4.059                  | 1.153                  | 0.024                    | 22.303              | 77.697                | -0.419                   | Ot. č. 10 |
| .0               | 0.0              | 1.0              | 0.0   | 7.999   | 2.828                  | 2.64                   | 5.66                     | 10.946              | 89.054                | -0.775                   | Ot. č. 11 |
| .0               | 0.0              | 5.0              | 0.0   | 12.609  | 3.551                  | 1.07                   | -0.185                   | 23.562              | 76.438                | -0.419                   | Ot. č. 12 |

Obrázek 5.4: Druhá část vypočítaných statistických charakteristik

V třetím bloku znázorněném na obrázku 5.5 jsou zobrazeny informace charakterizující vztah mezi úlohami nebo test jako celek. Jde o tabulku Spearmanových korelačních koeficientů a Cronbachovo alfa.

| —Pokročilé hodnocení testu                          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Tabulka Spearmanových koeficientů pořadové korelace |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |
|   | Ot. č. 1 | Ot. č. 2 | Ot. č. 3 | Ot. č. 4 | Ot. č. 5 | Ot. č. 6 | Ot. č. 7 | Ot. č. 8 | Ot. č. 9 | Ot. č. 10 | Ot. č. 11 | Ot. č. 12 |
| Ot. č. 1  |          | 0.42     | 0.328    | 0.052    | 0.234    | 0.313    | 0.512    | 0.22     | 0.497    | 0.258     | 0.329     | 0.317     |
| Ot. č. 2  | 0.42     |          | 0.449    | 0.244    | 0.429    | 0.449    | 0.413    | 0.381    | 0.544    | 0.364     | 0.534     | 0.359     |
| Ot. č. 3  | 0.328    | 0.449    |          | 0.296    | 0.438    | 0.51     | 0.455    | 0.364    | 0.581    | 0.455     | 0.439     | 0.478     |
| Ot. č. 4  | 0.052    | 0.244    | 0.296    |          | 0.302    | 0.349    | 0.408    | 0.559    | 0.499    | 0.354     | 0.305     | 0.428     |
| Ot. č. 5  | 0.234    | 0.429    | 0.438    | 0.302    |          | 0.348    | 0.543    | 0.284    | 0.657    | 0.322     | 0.468     | 0.439     |
| Ot. č. 6  | 0.313    | 0.449    | 0.51     | 0.349    | 0.348    |          | 0.554    | 0.469    | 0.48     | 0.289     | 0.445     | 0.385     |
| Ot. č. 7  | 0.512    | 0.413    | 0.455    | 0.408    | 0.543    | 0.554    |          | 0.46     | 0.792    | 0.487     | 0.456     | 0.436     |
| Ot. č. 8  | 0.22     | 0.381    | 0.364    | 0.559    | 0.284    | 0.469    | 0.46     |          | 0.51     | 0.583     | 0.464     | 0.43      |
| Ot. č. 9  | 0.497    | 0.544    | 0.581    | 0.499    | 0.657    | 0.48     | 0.792    | 0.51     |          | 0.632     | 0.573     | 0.575     |
| Ot. č. 10   | 0.258    | 0.364    | 0.455    | 0.354    | 0.322    | 0.289    | 0.487    | 0.583    | 0.632    |           | 0.627     | 0.665     |
| Ot. č. 11   | 0.329    | 0.534    | 0.439    | 0.305    | 0.468    | 0.445    | 0.456    | 0.464    | 0.573    | 0.627     |           | 0.633     |
| Ot. č. 12   | 0.317    | 0.359    | 0.478    | 0.428    | 0.439    | 0.385    | 0.436    | 0.43     | 0.575    | 0.665     | 0.633     |           |

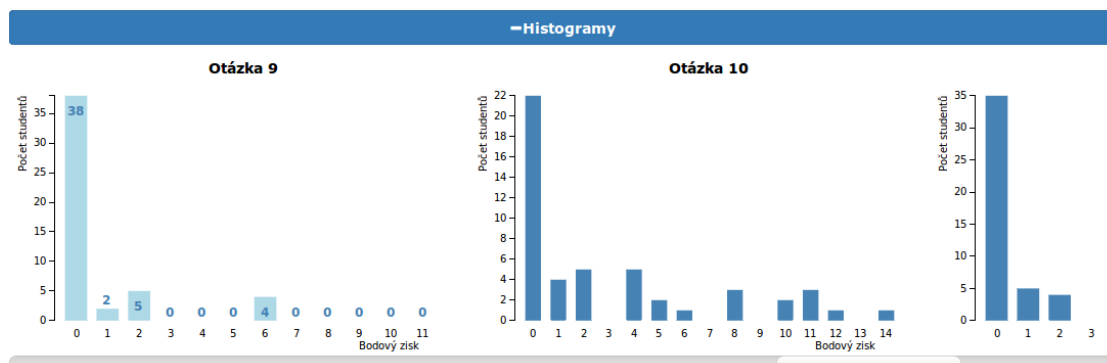
#### Cronbachovo alfa

0.7165500376547418

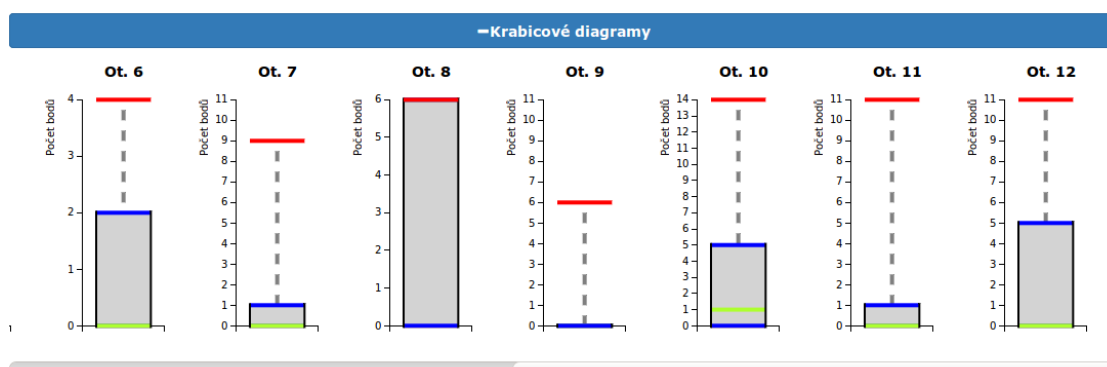
**Obrázek 5.5: Charakteristiky vztahů mezi úlohami a celého testu**

Dále jsou vytvořeny bloky pro jednotlivé typy grafů, které jsou následně do připravených bloků vykreslovány. Pro každou úlohu jsou vytvořeny všechny čtyři typy grafů, na obrázcích 5.6 až 5.9 jsou však zobrazeny pouze vybrané úlohy pro každý typ, neboť kapitola má být pouhou ukázkou funkčnosti aplikace, nikoliv plnohodnotným rozbořem vyhodnocovaného testu.

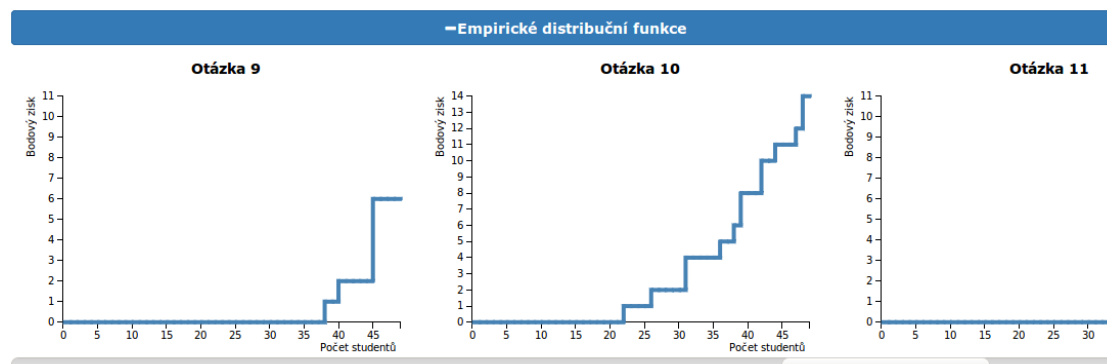
Na obrázku 5.6 jsou znázorněny histogramy deváté a desáté úlohy testu. Histogram deváté úlohy je znázorněn stylem, jakým se zobrazují histogramy v aplikaci při přejetí kurzorem myši přes oblast grafu. Na obrázku 5.7 jsou ukázány vykreslované boxploty pro druhou polovinu testu. Obrázek 5.8 ukazuje grafy empirických distribučních funkcí deváté a desáté úlohy. Poslední obrázek (5.9) znázorňuje vykreslované diagramy ULI pro tři úlohy. Na prvním diagramu jsou rovněž vykresleny hodnoty zobrazované pouze při přejetí kurzorem myši přes jeho oblast.



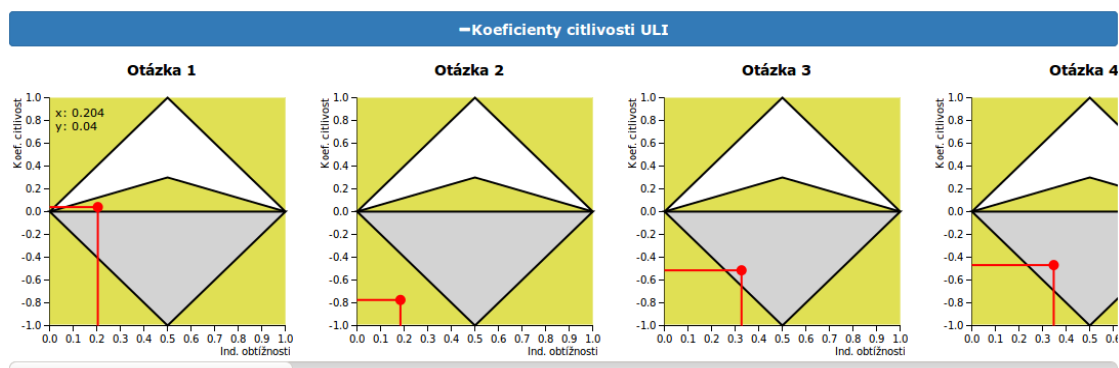
Obrázek 5.6: Ukázka vykreslovaných histogramů



Obrázek 5.7: Ukázka krabicových diagramů vykreslovaných v aplikaci



Obrázek 5.8: Ukázka empirických distribučních funkcí



Obrázek 5.9: Ukázka grafů ULI vykreslovaných nástrojem

## ZÁVĚR

V teoretické části byly stručně představeny pojmy z oblasti základních charakteristik testu, se kterými webový nástroj vytvořený v rámci praktické části pracuje, a technologie, které využívá. Byla popsána adresářová struktura aplikace, funkce jednotlivých souborů a tříd i komunikace mezi nimi. Podrobněji byl popsán princip vykreslování grafů nástroje. Předvedena byla také praktická ukázka vyhodnocení anonymního testu.

Nástroj splňuje všechny požadavky popsané v zadání práce. Nabízí více možností nahrání dat ke zpracování (pomocí souboru formátu *.xls*, *.xlsx*, *.csv* a *.tsv* nebo zadáním přímo v aplikaci), nahraná data i požadované základní charakteristiky testu zobrazuje v přehledných tabulkách a umožňuje jejich řazení. Pro jednotlivé příklady vykresluje základní nástroje statistické grafiky s možností zobrazení popisu vykreslovaných grafů. Nástroj je realizován formou webové aplikace, čímž dodržuje požadavek jeho vysoké dostupnosti.

Dále jsou implementovány některé další funkce usnadňující práci s nástrojem, které přímo nevyplývají ze zadání, jako například podpora více jazyků (českého a anglického) nebo možnost skrýt nepotřebné informace. Práce je zároveň snadno rozšiřitelná o nové jazyky, případně další požadované funkce.

Nástroj umožňuje na základě zobrazovaných statistik vyhodnotit citlivost a obtížnost jednotlivých úloh i reliabilitu a validitu celého testu. Jeho funkčnost byla ověřena na několika didaktických testech zadávaných studentům předmětů ISTAT, IMAT2 a IMAT2E na Fakultě elektrotechniky a informatiky Univerzity Pardubice.

Dalšími rozšířeními práce by mohla být například podpora neanonymních dat, výpočet pokročilých charakteristik, vykreslování klouzavých histogramů nebo export vyhodnocených dat.

## POUŽITÁ LITERATURA

1. CUESTA, Hector. *Analýza dat v praxi*. 1. vydání. Překlad Jiří Huf. Brno: Computer Press, 2015. ISBN 978-80-251-4361-2.
2. SVOBODA, Václav. *Analýza didaktických testů*. Pardubice, 2015. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra informačních technologií. Vedoucí práce Jaroslav Marek.
3. Webová aplikace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Webová\\_aplikace](https://cs.wikipedia.org/wiki/Webová_aplikace)
4. Knihovna (programování). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Knihovna\\_\(programování\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Knihovna_(programování))
5. Definice a význam framework. *Vyznam-slova.com: Vyhledávání ve slovníku* [online]. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.vyznam-slova.com/framework>
6. POLÁK, Josef. *Přehled středoškolské matematiky*. 8. vyd. Praha: Prometheus, 2003. ISBN 80-7196-267-8.
7. CYHELSKÝ, Lubomír, Jana KAHOUNOVÁ a Richard HINDLS. *Elementární statistická analýza*. 2. dopl. vyd. Praha: Management Press, 2001. ISBN 80-7261-003-1.
8. BARAN, René. Základní vlastnosti didaktických testů. *CVIČEBNICE ONLINE* [online]. 2006 [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: [http://cvicebnice.ujep.cz/cvicebnice/FRVS1973F5d/data/Snimek34\\_text.html](http://cvicebnice.ujep.cz/cvicebnice/FRVS1973F5d/data/Snimek34_text.html)
9. REFSNES DATA. Introduction to HTML. *W3Schools Online Web Tutorials* [online]. 1999-2016 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: [http://www.w3schools.com/html/html\\_intro.asp](http://www.w3schools.com/html/html_intro.asp)
10. REFSNES DATA. CSS Introduction. *W3Schools Online Web Tutorials* [online]. 1999-2016 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: [http://www.w3schools.com/css/css\\_intro.asp](http://www.w3schools.com/css/css_intro.asp)
11. REFSNES DATA. Bootstrap Get Started. *W3Schools Online Web Tutorials* [online]. 1999-2016 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: [http://www.w3schools.com/bootstrap/bootstrap\\_get\\_started.asp](http://www.w3schools.com/bootstrap/bootstrap_get_started.asp)

12. HEROUT, Pavel. *Učebnice jazyka Java*. 5. rozš. vyd. České Budějovice: KOPP, 2011. ISBN 978-80-7232-398-2.
13. APACHE SOFTWARE FOUNDATION. *Apache POI: the Java API for Microsoft Documents* [online]. © 2002-2016 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: [poi.apache.org](http://poi.apache.org)
14. KUČERA, František. Java na webovém serveru: první web. *Zdroják: o tvorbě webových stránek a aplikací* [online]. 2008 [cit. 2016-04-30]. ISSN 1803-5620. Dostupné z: <https://www.zdrojak.cz/clanky/java-na-webovem-serveru-prvni-web/>
15. BOSTOCK Mike. *D3.js: Data-Driven Documents* [online]. © 2015 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <https://d3js.org/>