

Vysoká škola ekonomická v Praze  
Fakulta informatiky a statistiky



# **Modely logistické regrese v oblasti esportových dat**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Studijní program: Aplikovaná informatika

Studijní obor: Aplikovaná informatika

Autor: Michal Lauer

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Šulc, Ph.D.

Praha, Duben 2022

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Modely logistické regrese v oblasti esportových dat* vypracoval samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury.

V Praze dne DD. Dubna 2021

.....

Podpis studenta

---

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu doktoru Zdenku Šulcovi, který mou bakalářskou práci podpořil a vedl, i přes odlišný studijní obor. Dále děkuji autorům citovaných knih za poskytnutou příležitost se ve logistických modelech zlepšit. Bez nich by se práce psala velmi složitě.

---

## Abstrakt

Cílem bakalářské práce je kvantitativně zanalyzovat esportové zápasy ze hry Counter-Strike: Global Offensive (CSGO) a predikovat výhry vybraného teamu. Použitý datový soubor je z internetového portálu kaggle.com<sup>1</sup> a obsahuje data od roku 2017 až do roku 2020. Práce je rozdělena do tří částí. V první části je představen esport jako takový, je zde shrnutý jeho vývoj a jsou zde definovány důležité pojmy a termíny. Druhá část obsahuje popis metod, které jsou pro analýzu a predikci použity. Pro analýzu data setu jsou zobrazeny grafy jako boxplot či čárový graf. Predikce jsou založené na vícerozměrném logistickém regresním modelu. V závěrečné praktické části jsou metody použité pro analýzu data setu, predikci výhry daného teamu a model je vyhodnocen jak kvantitativně, tak i v kontextu reálného využití.

## Klíčová slova

Model, logistická regrese, predikce, esport

---

<sup>1</sup><https://www.kaggle.com/mateusdmachado/csgo-professional-matches>

---

## **Abstract**

– Bude přeložen po odsouhlasení abstraktu v češtině

## **Keywords**

Model, logistic regression, prediction, esport

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Představení esportu</b>	<b>3</b>
2.1	Historie esportu . . . . .	3
2.2	Zasazení do dnešní doby . . . . .	3
2.3	Představení titulu Counter-Strike: Global Offensive . . . . .	4
2.4	Propojení práce a titulu Counter-Strike: Global Offensive . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Teoretická část</b>	<b>8</b>
3.1	Vizualizace dat . . . . .	8
3.1.1	Bodový graf . . . . .	8
3.1.2	Sloupcový graf . . . . .	9
3.1.3	Histogram . . . . .	9
3.1.4	Boxplot . . . . .	12
3.2	Logistická regrese . . . . .	14
3.2.1	Interpretace parametrů . . . . .	14
3.2.2	Maximální pravděpodobnost . . . . .	15
3.2.3	Waldův test . . . . .	15
3.2.4	Test poměru věrohodností . . . . .	16
3.2.5	Vyhodnocení modelu . . . . .	16
<b>4</b>	<b>Praktická část</b>	<b>17</b>
4.1	Metodika . . . . .	17
4.2	Představení data setu . . . . .	17
4.3	Příprava data setu . . . . .	17
4.4	Omezení dat . . . . .	17
4.5	Sestavení modelu . . . . .	17
4.5.1	Interpretace . . . . .	17
4.6	Vyhodnocení modelu . . . . .	17
4.6.1	Statistika 1 . . . . .	17
<b>5</b>	<b>Závěr</b>	<b>18</b>
5.1	Závěrečné vyhodnocení modelu . . . . .	18
5.2	Interpretace modelu do reálného světa . . . . .	18
5.3	Použití modelu v reálném světě . . . . .	18
5.4	Místo pro budoucí vylepšení . . . . .	18
	<b>Seznam použité literatury</b>	<b>19</b>
	<b>Seznam elektronických zdrojů</b>	<b>20</b>
	<b>Seznam obrázků</b>	<b>21</b>

---

Seznam tabulek	22
Seznam použitých zkratek	23
I Přílohy	24

# 1. Úvod

Esport je označení pro elektronický sport. Obsahuje všechny důležité oblasti jako klasický sport (např. turnaje, trénování, investice, stadiony, či sázení) s tím rozdílem, že se hraje na nějakém zařízení (počítač, konzole, mobil). Je to jedno z nejrychleji rostoucích odvětví v dnešní době. V roce 2021 se tržní hodnota esportu pohybovala kolem jedné miliardy dolarů - skoro 50% nárůst oproti roku 2020. Lze předpovídat, že v roce 2024 esport překročí hodnotu 1,5 miliardy dolarů (Gough 2021). Dalo by se spekulovat, že za takový velký nárůst je zodpovědná aktuální pandemie. Většina populace je nucena zůstat doma. Toto otevřelo dveře se s esportem přirozeně seznámit a nějakým způsobem se ho účastnit (online divák, soutěžící, organizátor, fanoušek...). Hrají se různé kategorie her **jako např.** střílečky, Multiplayer online battle arena (MOBA)<sup>1</sup>, karetní hry, First-person shooter (FPS) či Battle Royale (BR).

Práce se zaměřuje primárně na esportový titul Counter-Strike: Global Offensive (CSGO). Je to jeden z nejdéle hraných esportových titulů, boří mnohé divácké rekordy<sup>2</sup> a je aktuálně nejhranějším FPS esport titulem. CSGO vyniká nejen detailní herní mechanikou, ale i bohatou a zajímavou historií. Hra je unikátní i tím, že obsahuje mnoho různých módů<sup>3</sup> a hráč může strávit mnoho hodin pouze objevováním komunitních serverů, hraním klasických zápasů či trénováním na offline mapách.

Finální cíl práce je vytvořit logistický model, který předpovídá výsledek zápasů. Pro tvorbu kvalitního modelu bude kritické zvolit vhodné prediktory. Použitý data set<sup>4</sup> obsahuje čtyři soubory, které podávají informace jak už o zápase (např. datum, výsledek zápasu, výsledek jednotlivých map, typ zápasu), hráčích (např. statistiky za zápas, statistiky za mapy, statistiky za team), tak o vývoji celého zápasu (především ekonomika týmu). V práci je tedy vytvořeno více specializovaných modelů pro každý vybraný tým a následně je pro každý tým vybrán nejlepší model. Výsledné modely jsou v závěru mezi sebou porovnány.

Logistický model je preferován kvůli své lehké interpretaci a dobré aplikaci v reálném životě. Výsledky, statistiky a pravděpodobnosti mohou být použity např. v sázkových kancelářích, kdy se výsledky modelu dají využít na nejrozumnější sázky **a lze předpovídat**, kdo vyhraje zápas, kdo vyhraje mapu, jaký hráč bude mít nejlepší statistiky, či zda si hráč koupí určitou zbraň.

Práce je tedy rozdělená do tří částí. V první části je kladen důraz na esport, jeho vývoj, a na esportový titul CSGO. Jsou zde také představená pravidla, podle kterých se hra hraje. V druhé části jsou popsány popisné a statistické metody. Jsou zde definované grafické nástroje pro popis data setu, logistický regresní model, a evaluační nástroje pro model. Třetí čas se zaměřuje na praktickou tvorbu modelů, jejich interpretaci, a vzájemné porovnání.

---

<sup>1</sup>tzn. MOBA, kde hráči hrají v jedné online aréně proti sobě

<sup>2</sup><https://www.invenglobal.com/articles/15619/csgo-major-breaks-viewership-records-overtakes-the-international>

<sup>3</sup>rozšíření, jak hru hrát. Každý mód má svá vlastní pravidla, mapy, či herní fanoušky

<sup>4</sup><https://www.kaggle.com/mateusdmachado/csgo-professional-matches>



## 2. Představení esportu

### 2.1 Historie esportu

I přes fakt, že esport není obecně známý pojem mezi širokou veřejností, má přes 70 let bohaté historie. Za jeho počátky by se daly považovat arkádové automaty, kde hráči z počátku soutěžili sami proti sobě. Největší rozvoj arkádových automatů se děl kolem 70 let minulého století. Nejen za tímto účelem byla 9. 2. 1982 založena Twin Galaxies National Scoreboard (TGNS). TGNS měla na starosti nejen udržování výsledkové tabulky (scoreboard), ale i tvorbu prvotních pravidel pro férovou hru. Za tímto účelem byla vydána kniha Twin Galaxies' Official Video Game & Pinball Book of World Records.

Pozn.: ano, čárka v názvu knihy výše tam má opravdu být: <https://www.amazon.com/Galaxies-Official-Pinball-Records-Arcade/dp/1595409955>

Na přelomu osmdesátých let minulého století se začal esport vyvíjet již více profesionálním směrem. V roce 1972 pořádala Stanfordská Universita historicky první esportový turnaj v arkádové hře Spacewar!. Výherce si mohl odnést předplatné magazínu Rolling Stones. Dále v roce 1983 byl založen první esportový profesionální tým, který se nacházel ve Spojených státech. Všechno toto se stalo díky podnikateli Walteru Day, který je zakladatel společnosti TGNS a založil již zmíněný první esportový tým. Ač se Walter považuje za jednoho z hlavních pionýrů esportu, v roce 2010 TGNS opustil kvůli své vášni pro hudbu.

Další důležitou kapitolou ve vývoji esportu je příchod internetu a výkonných počítačů. Hráči se dostali k rychlejší sestavám, stolní počítače se stali cenově dostupnějšími a díky tomu se zpřístupnili k více lidem. Klesala cena hardwaru, vývoj nové technologie a her se zrychloval. Díky rozvoji počítačových sítí se mohli hrát LAN<sup>1</sup> party či organizovat BYOC<sup>2</sup> turnaje. Dále už esport potřeboval jen čas na organický růst a dnes má tržní hodnotu přes jednu miliardu amerických dolarů (Gough 2021), (Larch 2019).

### 2.2 Zasazení do dnešní doby

V dnešní době je esport téměř miliardová záležitost. Díky pandemii, která trvá již od r. 2019, si esport ještě přilepšil. Dle průzkumu<sup>3</sup> z října roku 2020 si 73 % dotázaných myslelo, že se úroveň zájmu a obchodní činnost esportu v Q4 2020 a Q1 2021 zvětší. Respondenti, kteří se průzkumu zúčastnili, jsou považováni za experty v oblasti esportu. Tento průzkum byl následně podpořen růstem že tržní hodnoty esportu a mezi lety 2019 a 2020 vzrostla o téměř 50 % (Gough 2021).

---

<sup>1</sup>Hráči hrají v jedné místnosti na lokální počítačové síti.

<sup>2</sup>z ang. Bring Your Own Computer, kde si hráči si na akci donesou vlastní počítač

<sup>3</sup><https://www.statista.com/statistics/1247902/covid-impact-esports-investments>

K takto prudkému růstu tržní hodnoty esportu z velké části přispěla právě pandemie. Mladá generace byla nucena zůstat doma, což dovolilo i esportem nedotčeným jedincům do tohoto světa proniknout. Větší zájem o esport přinesl i větší tržby herním studiím, která začala do esportových turnajů **více investovat** (Professeur 2021), (liquipedia 2021). S větším počtem diváku roste i marketingový potenciál, investiční příležitost a kariérní růst.

Druhý dominantní žánr je FPS. V této kategorii jsou nejvýznamnější hry CSGO a Valorant. V tomto žánru proti sobě hrají dva týmy, většinou složené z pěti hráčů. Každý hráč pak má v týmu různou roli, jako např. velitel či odstřelovač. Jeden tým má obvykle za úkol něco zničit (položit bombu, unést rukojmí) a druhý tým jim v tom musí zabránit (ochránit oblast proti bombě, záchrana rukojmí).

Poslední žánr který zmíním je Battle Royale (BR). V těchto hrách hraje buď každý hráč sám za sebe, ve dvojici, nebo ve skupině po čtyřech. Zde hráči padají na začátku kola na velkou mapu. Jejich úkolem je získat vybavení, aby mohl porazit ostatní hráče a kolo sami, nebo s týmem vyhrát. Nacházejí se zde různé role, avšak trochu rozdílné oproti žánru FPS. Hlavním titulem této kategorie je hra Fortnite, která žánru dominuje. Stal se z ní jak esportový titul, tak perfektní marketingové místo pro teenagery. Hráči si zde mohou koupit oblečky různých filmových či komiksových postav. Pokud vychází nový film, ve hře se může objevit „event“ (událost), který daný film propaguje. Toto lze vidět například na propagaci Avengers: Endgame<sup>4</sup>.

## 2.3 Představení titulu Counter-Strike: Global Offensive

CSGO, jak ho známe dnes, má bohatou a dlouhou historii. Ne vždy se to ovšem jmenovalo stejně. Úplně první iterace hry se jmenovala čistě Counter-Strike a byl to pouze mód<sup>5</sup> do hry Half-Life. Half-Life byl vyvinutí společností Valve, tehdy primárně společností zaměřenou na vývoj her. Mód byl vytvořen studenty vysoké školy, panem Minh Le a Jess Cliffe. Toto rozšíření začali programovat v roce 1999. Jelikož mód byl neoficiálním rozšířením, Valve o něj neprojevovalo veliký zájem. Až po pěti betaverzích hry Counter-Strike si společnost Valve všimla rozšíření, její komunity, ale především jejich autorů. Minh a Jess se v roce 2000 stali oficiálními zaměstnanci Valve a duševní vlastnictví módu prodali. Autoři, nově jako zaměstnanci Valve, roku 2000 vydávají první oficiální verzi hry Counter-Strike. I přes toto „oficiální“ datum vydání je většina komunity přesvědčena, že výročí má CSGO v den svého úplně první vydání, a to 18. června 1999.

<sup>4</sup>Trailer pro propagaci události: [https://www.youtube.com/watch?v=TanGK9o\\_d24](https://www.youtube.com/watch?v=TanGK9o_d24)

<sup>5</sup>upravení či rozšíření hry

Hra je z žánru FPS a hraje se primárně online proti skutečným hráčům. Counter-Strike se v herní komunitě rychle rozrostl díky své jednoduchosti. Hra se dá velmi dobře popsat pořekadlem „Lehké hrát, těžké vypilovat“. Hra má mechaniky<sup>6</sup>, které jsou lehké na pochopení, ale velmi těžké na vypilování k dokonalosti. Spolu s touto vlastností je hra vlastně velmi jednoduchá a hráč hraje buď za policisty, nebo za teroristy. Hráči tak mohli, a stále mohou, hru velmi lehce a rychle začít hrát **jelikož se tento formát od roku 2000 nijak extrémně nezměnil**.

Hra tedy rostla zejména díky své komunitě. Hráči hru různě upravovali, přidávali další módy, typy her, zbraně, mapy či audiovizuální obsah. Tento trend se přenášel přes mnoho různých verzí hry. První velký „průlom“ udělala verze 1.6, tedy Counter-Strike 1.6. Ta vynikala jak esportem, tak komunitním obsahem. Jen v České a Slovenské republice bylo několik herních serverů, na kterých se mohlo sejít sta tisíce hráčů. Např. na česko-slovenském herním portálu kotelná hrálo celkem přes 1,5 milionu unikátních hráčů (csko 2021). Hra byla populární nejen mezi obyčejnými hráči, ale i profesionály.

Counter-Strike 1.6 je pionýrem esportu pro FPS žánr. Za podpory Valve se hráli první major<sup>7</sup> turnaje, kde hráči mohli ukázat svůj um za tehdy relativně velkou sumu peněz. Hra se časem vyvíjela, hráči nalézali nové strategie či triky a Valve vydalo novou verzi — Counter-Strike: Source. Tato nová verze získala nepříliš pozitivní ohlas, jelikož velmi rozdělila herní komunitu. Představila nové mechaniky, staré mechaniky změnila a hráčům, zejména v esportu, se nechtělo učit něco úplně nového. Valve se rozhodlo sjednotit herní komunitu, a proto vydalo novou verzi hry **s názvem CSGO**

CSGO se snažilo sjednotit oba tábory **z her** Counter-Strike 1.6 a Counter-Strike: Source. Hra vyšla 21. srpna 2012 a z počátku nebyla tolik úspěšná, ale díky přidání různých skinů (Valve 2013) na zbraně hra přilákala úplně nové publikum. Díky novému a velkému publiku se začali hrát menší esportové turnaje právě ve hře CSGO, ke kterým se později přidali i profesionálové z předchozích dvou verzí. Díky tomuto organickému růstu má Counter-Strike velmi silnou komunitu, která se o hru i nadále stará. I přes netradiční interakci mezi Valve a herní komunitou hra stále roste. CSGO se díky své dlouhé historii, bohaté komunitě a různým možnostem, jak hru hrát, dostala na špičku esportu. I přes několik titulů, které se s hrou snaží soutěžit, je hra stále největším a nejsledovanějším esport titulem v rámci FPS žánru (Henningson 2020).

---

<sup>6</sup>herní prvky či unikátní vlastnosti

<sup>7</sup>turnaj pořádaný přímo Valve, který má největší prestiž

## 2.4 Propojení práce a titulu Counter-Strike: Global Offensive

Práce se zaměřuje na identifikování významných prediktorů a následně vytvoření regresního modelu. Před jakoukoliv prací s daty je ale nutné pochopit, jak se hra vlastně hraje a jaká jsou její pravidla. Ve hře CSGO hraje pět hráčů proti pěti (dále jen 5v5). Hra se většinou hraje online, avšak velké esportové turnaje se hrají offline, tedy v nějaké např. aréně. Hra má v základu 30 kol a po prvních patnácti se mění strany. Jedna strana jsou policisté (Counter-Terrorists či CT), kteří mají za úkol chránit „bomboviště“ - část mapy, která má vybuchnout. Naopak cíl Teroristů (T) je právě bombu položit a „bomboviště“ nechat vybuchnout. Vyhrává tým, který první vyhraje 16 kol. Pokud ovšem po první 30 kolech je stav nerozhodný, tedy 15:15, hraje se prodloužení. Tento formát není standardizovaný pro všechny turnaje, proto zmíním pouze pravidla, která se týkají turnajů od společnosti Valve (již zmíněné a nejvíc prestižní Majory). Zde se hraje prodloužení ve formát Bo6, tedy kdo první získá 4 body, vyhraje zápas. Takto může jít zápas teoreticky do nekonečna. Nejdelší semi-profesionální zápas, který se ovšem neodehrál na Majoru, se stal mezi týmem exCeL a XENEX(hltv.org 2015). Zápas pokračoval do úctyhodných 88 kol.

V každém kole má tým určitý počet peněz. Každá hráč začíná polovinu (ted v první a šestnácté kolo) s \$800. Finance každého hráče pak záleží na mnoha faktorech, jako kolik vyhrál jeho tým kol v řadě, kolik nakoupil zbraní, kolik zabil nepřátel, kolik peněz dostane hráč za zabití či jak kolo skončí. V profesionálním týmu je velmi obtížné pracovat s financemi, jelikož všichni musí být v tomto ohledu jednotní. V tuto chvíli přichází na řadu tzn. In-Game Leader (velitel týmu). Tuto roli má většinou jeden hráč v každém týmu. Je to ta nejdůležitější role ze všech. Má na starosti např. finance týmu, rozhoduje kdy se koupí a kdy půjde tzn. eco (hráči nekoupí nic, aby ušetřili peníze), jaké se budou hrát mapy či jaká se půjde v daném kole strategie. V dnešní době k tomu In-Game Leader má i trenéra. Ten hru nehraje, ale pozoruje hráče a dává jim různé typy a triky.

Role trenéra není nijak silně definovaná a každý esportový tým má trochu jiného trenéra. V jednom případě může být trenér čistě jako podpora a pomáhá hráčům když se nedaří a řeší interní problémy. V jiném týmu může ovšem mít velký zásah do hry, pomáhat In-Game Leaderovi se strategiemi, obelstění soupeře či sledováním předchozích zápasů pro kontinuální zlepšování týmu. Další role v týmu jsou například Entry Fragger (má za úkol získat první zabití pro tým), support (podporuje svůj tým za pomoci různých granátů nebo se často pro svůj tým obětuje), AWP hráč (hráč je specifický tím, že hraje primárně s jednou zbraní) a Lurker (chodí po mapě sám a snaží se nepřítele odchytnout ze stran, které by nečekali)

Zápasy se pak hrají ve formátech „Best of“. Best of 3 například znamená, že se hrají tři mapy. **Kdo první vyhraje dvě mapy, tak vyhrál celý zápas.** Turnaje se pak odehrávají v tradičních formátech, jako je pavouk. Ten se charakterizuje tím, že vypadá jak pavučina, jde zleva doprava a každý tým může prohrát pouze jednou. Následně tu máme Upper/Lower bracket formát, který je v podstatě pavoučí formát, akorát jsou zde dvě „sítě“ a každý tým může prohrát maximálně jednou, jelikož druhá prohra znamená vyřazení z turnaje. Specifičtější formát pro CSGO je například swiss, který se počítá přes různé body a statistiky výsledných zápasů.

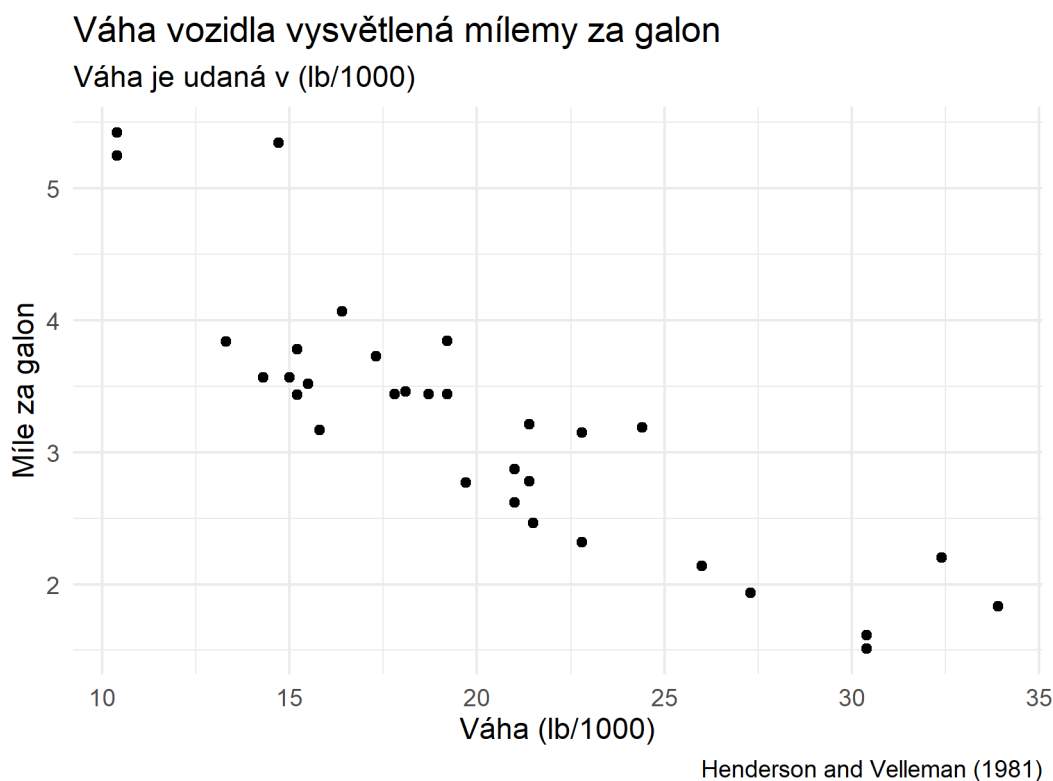
## 3. Teoretická část

V následující části jsou popsány jak teoretické metody pro vizualizaci dat, tak i tvar, forma a vyhodnocení logistického regresního modelu. Ke každé části, která se věnuje popisu dat pomocí nějakého grafu, je přidána praktická ukázka s popisem a praktickým vysvětlením. vhodné. Testovací citace: (Hebák 2015), (Kleinbaum 2010)

### 3.1 Vizualizace dat

#### 3.1.1 Bodový graf

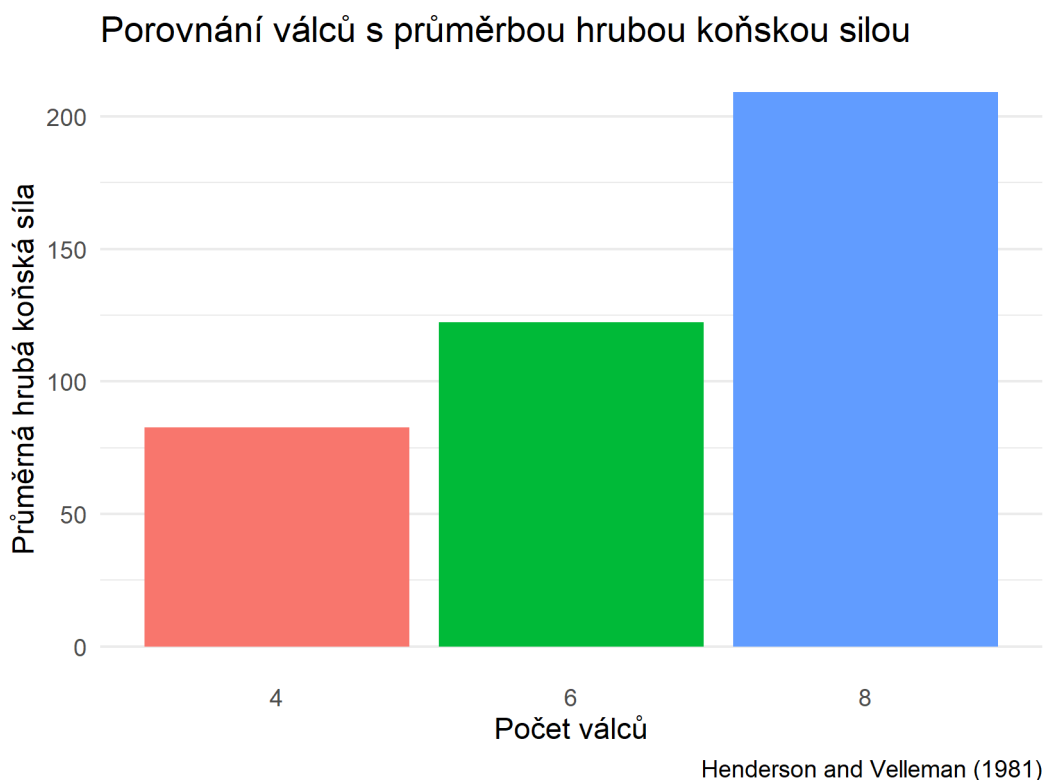
Bodový graf slouží pro zobrazení vztahu dvou kvantitativních proměnných. Z pravidla se vysvětlovaná proměnná dává na osu Y, zatímco proměnná vysvětlující se nachází na ose X. Vysvětlovaná (nezávislá) proměnná je ta proměnná, která má být určitým způsobem předvídaná. Vysvětlující proměnná se naopak snaží vysvětlovanou proměnnou předpovědět či nějakým způsobem popsat. Propojením vysvětlované a vysvětlující proměnné na bodovém grafu lze vidět např. sílu korelace nebo vztah mezi proměnnými (např. lineární, kvadratický, logaritmický). Obrázek 3.1 zobrazuje negativní korelaci mezi váhou vozidla a mílemi ujetými za galon.



Obrázek 3.1: Bodový graf váhy a míly za galon z data setu mtcars

### 3.1.2 Sloupcový graf

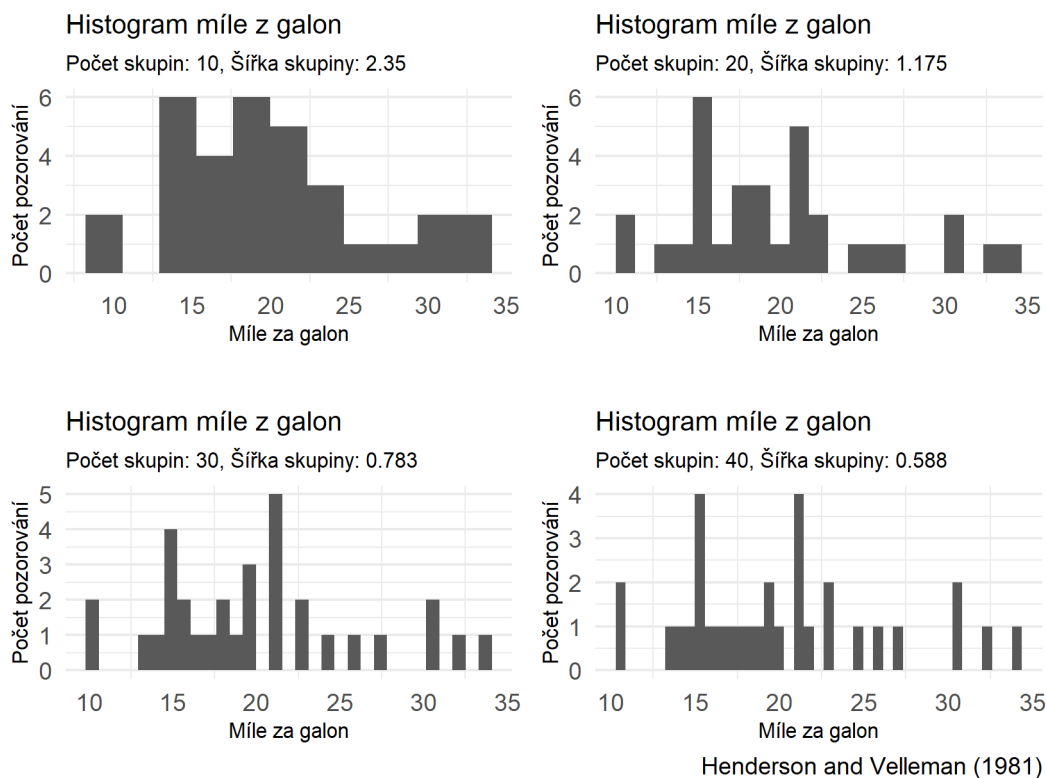
Sloupcový graf slouží k porovnání kategoriální. Na jednu osu (z pravidla osu X) se položí možné kategorie. Na druhou osu se pak položí sledovaná statistika. Sledovat můžeme např. počet výskytů, nebo relativní počet výskytu či průměr. Pokud je sledovaná proměnná ordinální, je také možné odvodit vztah mezi kategoriemi. Příklad sloupcového grafu je zobrazen na obrázku 3.2, který porovnává průměrnou hrubou koňskou silou s počtem válců. Je na něm také vidět vztah, kdy s vyšším počtem válců stoupá průměrná koňská síla.



Obrázek 3.2: Sloupcový graf z data setu mtcars

### 3.1.3 Histogram

Histogram je speciální typ sloupcového grafu. Hlavní rozdíl je v tom, že popisuje bodové rozdělení spojité proměnné a mezi sloupci není žádná mezera. Pro histogram je třeba data sloučit do skupin (*bins*) o určité šířce. Správný výběr počtu skupin je kritický, jelikož může velmi silně ovlivnit interpretaci dat. Pokud se vybere moc malý počet skupin, data se seskupí a může se ztratit důležitý vztah. Pokud se ovšem vybere moc velký počet skupin, v datech bude obtížné najít nějaký obecný vztah či trend. Tento efekt je znázorněn na obrázku 3.3.



Obrázek 3.3: Porovnání histogramů s různým počtem skupin

Pro vhodný počet skupin existuje mnoho způsobů. Nejznámější je takzvané Sturgesovo pravidlo, které se spočítá následujícím vztahem:

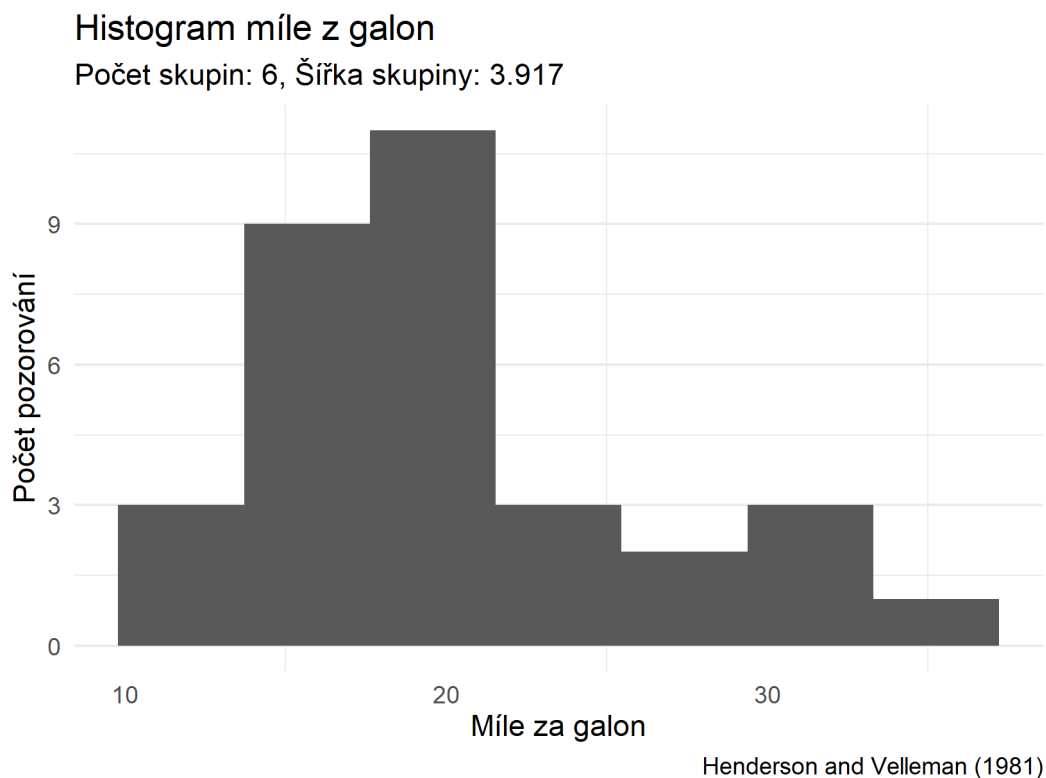
$$k \doteq 1 + 3,3 * \log_{10}(n) \quad (3.1)$$

kde  $k$  je výsledný zaokrouhlený počet skupin **nahoru** a  $n$  je počet pozorování. Druhý parametr, který je pro tvorbu histogramu potřeba, je šířka skupiny. Ta by měla být ideálně stejná pro všechny skupiny. Pokud tomu tak není, histogram může být zavádějící a čtenář mu nemusí plně rozumět. Pro vypočtení počtu skupin má šířka skupiny následující tvar:

$$w = \frac{\max(x) - \min(x)}{k} \quad (3.2)$$

kde  $x$  je zobrazovaná proměnná,  $k$  je počet skupin a  $w$  je výsledná šířka intervalu. Pokud na stejný dataset, jako na obrázku 3.3, použije Sturgesovo pravidlo 3.1 a výpočet šířky 3.2, obrázek vypadá následovně:





Obrázek 3.4: Histogram s počtem skupin dle Sturgesova pravidla

Histogram lze samozřejmě rozepsat. Lze vytvořit tzn. tabulku četností , která mimo jiné obsahuje spodní hranici intervalu, horní hranici intervalu a počet pozorování. Důležité je, aby přechody mezi intervaly byli jasné.

Spodní hranice intervalu	Horní hranice intervalu	Počet pozorování
9.791667	13.70833	3
13.708334	17.62500	9
17.625001	21.54167	11
21.541668	25.45833	3
25.458334	29.37500	2
29.375001	33.29167	3
33.291668	37.20833	1

Tabulka 3.1: Tabulka četnostní

### 3.1.4 Boxplot

#### Five-number summary

Five-number summary je číselná tabulka, která pomocí pěti různých čísel shrnuje seřazenou číselnou řadu. Základní statistický nástroj pro vytvoření takové tabulky jsou kvantily. Hodnota  $P$ -tého percentilu označuje číslo, které rozděluje seřazenou číselnou řadu na dva intervaly. První interval obsahuje  $P * 100\%$  číselné řady a druhý analogicky  $(1 - P) * 100\%$ . Různé hodnoty percentilů mohou mít specifitější pojmenování a značí se  $Q_P$ . Percentil  $P = 0.5$  se označuje jako medián a rozděluje seřazenou číselnou řadu na polovinu. Percentily, kde  $P = 0.25$  nebo  $P = 0.75$ , se označují jako kvartily a značí se  $Q_1$  a  $Q_3$ . Oba tyto typy kvartilů jsou použité při tvorbě Five-number summary tabulky. Jako příklad je uvedena tabulka 3.2

$Q_0(Q_0)$	$Q_{0.25}(Q_1)$	$Q_{0.50}$	$Q_{0.75}(Q_3)$	$Q_{1.00}$
1.513	2.58125	3.325	3.61	5.424

Tabulka 3.2: Five-number summary tabulka hmotnosti vozidla (lb/1000)

$Q_0$  a  $Q_{1.00}$  označují minimum a maximum číselné řady. Kvartily  $Q_1$  a  $Q_3$  jsou čísla, která rozdělují časovou řadu na čtvrtiny. V prvním případě, tedy  $Q_1 = Q_{0.25}$ , je 25% čísel menší než 1.513 a 75% dat větší. Pro kvantil  $Q_3 = Q_{0.75}$  je 75% čísel menších než 3.61 a 25% větších.  $Q_{0.50}$  označuje medián.

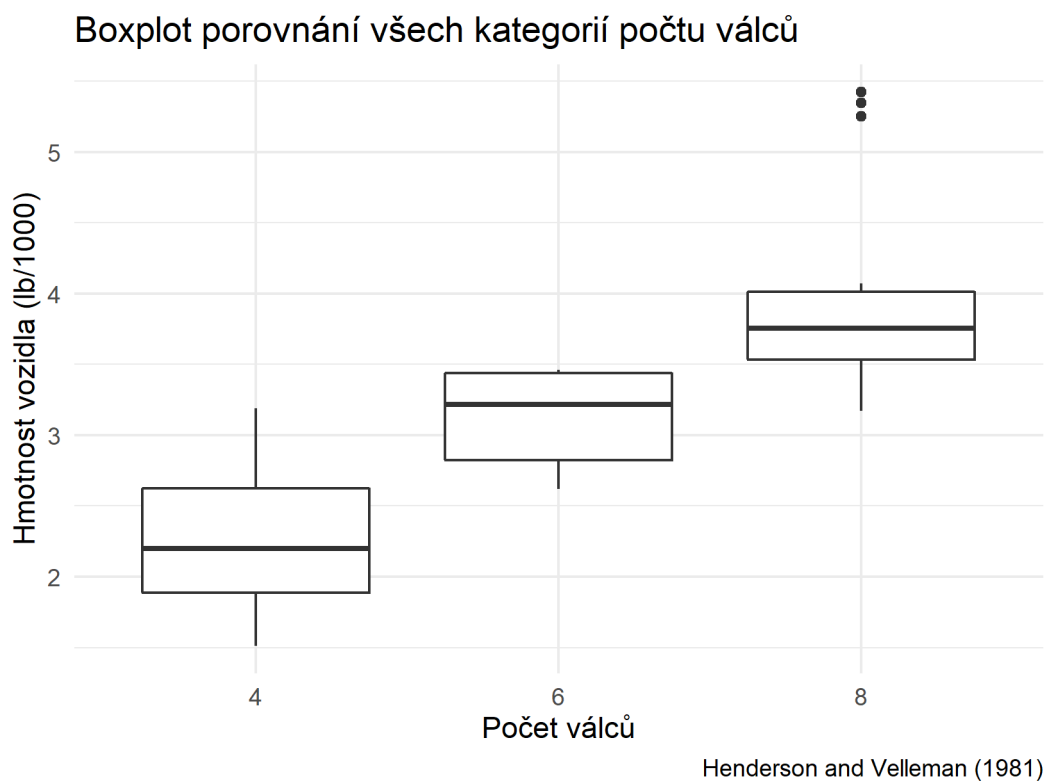
#### Boxplot

Boxplot je grafické zobrazení a rozšíření Five-number summary tabulky. Krom grafické zobrazení **pěti kvantilů ukazuje odlehlé a extrémní hodnoty**. V boxplotu se také nachází obdélník, který ukazuje mezikvartilové rozsah (IQR), tedy prostředních 50 % dat. V obdélníku se také nachází černá čára, která značí medián. Z prostředního obdélníku vedou oběma směry čáry, které značí teoretické minimum a maximum (**což mohou a nemusí být hodnoty  $Q_0$  a  $Q_1$** ). Obě dve hranice se počítají následovně

$$\min = Q_1 - 1.5 * IQR \quad (3.3)$$

$$\max = Q_3 + 1.5 * IQR \quad (3.4)$$

Hodnoty, které spadají do intervalu  $\langle Q_1 - 1.5IQR; Q_1 - 3IQR \rangle$  a  $\langle Q_3 + 1.5IQR, Q_3 + 3IQR \rangle$  se nazývají jako odlehlé. Hodnoty které leží mimo tento vztah, tedy hodnoty menší než  $Q_1 - 3IQR$  nebo větší než  $Q_3 + 3IQR$  se nazývají jako hodnoty extrémní a v boxplotu jsou z pravidla vyznačeny nějakým speciálním znakem, např. kolečkem. Díky grafickému zobrazení lze lehce porovnávat rozdělení jedné vysvětlované proměnné tříděné přes několik kategorií.



Obrázek 3.5: Boxplot váhy auta pro různé počty válců

Černé tečky v obrázku 3.5 v kategorii osmi válců značí odlehlé hodnoty, t. j. hodnoty v intervalu  $(Q_3 + 1.5IQR, Q_3 + 3IQR)$ .

## 3.2 Logistická regrese

Logistická regrese je způsob, jak popsat vztah mezi jedním či několika prediktory a jednou binární predikovanou proměnnou. K tomu slouží spojovací funkce, která transformuje lineární kombinaci prediktorů na index  $z$ . V případě logistické regrese se tato funkce nazývá logistická a je definovaná jako

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (3.5)$$

Obor hodnot funkce je interval  $\langle 0, 1 \rangle$ . Proměnná  $z$  je lineární kombinace prediktorů  $X_1, X_2, \dots, X_k$ , jejich koeficientů  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  a parametru  $\alpha$ .

$$\begin{aligned} z &= \alpha + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_2 X_2 + \beta_k X_k \\ &= \alpha + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i \end{aligned} \quad (3.6)$$

Mějme tedy binární predikovanou (vysvětlovanou) proměnnou  $Y$ , u které hodnota 1 značí výskyt jevu. Pravděpodobnost, že jev nastane vzhledem k definovaným prediktorům lze zapsat jako

$$P(Y = 1 \mid X_1, X_2, \dots, X_k) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i}} \quad (3.7)$$

kde  $\alpha$  a  $\beta_i$  jsou parametry odhadnuté z datového souboru.

### 3.2.1 Interpretace parametrů

Parametry  $\alpha$  a  $\beta_i$  značí logaritmus šance.  $\alpha$  je logaritmus šance v případě, že všechny prediktory jsou teoreticky rovné 0. Parametr  $\beta_i$  značí logaritmus šance pro prediktor  $X_i$ . V případě, že všechny prediktory jsou konstantní a prediktor  $X_i$  zvýší, resp. sníží, o jednotku, šance že  $P(Y = 1 \mid X_1, \dots, X_k)$  se zvýší, resp. sníží, o logaritmus šance  $\beta_i$ . Pokud je prediktor  $Y$  skutečně binární, tedy značí 0 pro nepřítomnost jevu a 1 pro přítomnost jevu, lze šance vypočítat jako

$$\text{šance} = e^{\beta_i} \quad (3.8)$$

Šance je podíl dvou pravděpodobností. Pokud bychom měli šanci jevu A oproti jevu B 2 : 1, značí to, že výskyt jevu A je dvakrát tak pravděpodobný jako výskyt jevu B a jev A se vyskytuje ve  $\frac{2}{3}$  případů. Šance  $e^{\beta_i}$  tedy značí vztah mezi prediktorem  $X_i$  a predikovanou proměnnou  $Y$ . Pokud je šance kladná, značí to, že s vyšší hodnotou prediktoru  $X_i$  se zvyšuje šance že  $P(Y = 1)$ . Pokud je naopak nižší, pravděpodobnost se zmenšuje. Pokud je potřeba interpretovat pravděpodobnost jako šanci, použije se logitová funkce

$$\text{šance jevu A} = \frac{p}{1 - p} \quad (3.9)$$

kde  $p$  je pravděpodobnost výskytu jevu A.

### 3.2.2 Maximální pravděpodobnost

Parametry logistického modelu v rovnici 3.7 jsou pouze teoretické a je třeba je určitým způsobem odhadnout. Již vypočtené odhady se proto neznačí pouze  $\beta$ , ale  $\hat{\beta}$ . Pro odhad parametrů se při logistické regresi používá metoda zvaná Největší pravděpodobnost. Pro výpočet největší pravděpodobnosti se počítá pravděpodobnostní funkce  $L(\theta)$  kde  $\theta$  jsou parametry logistického modelu  $\alpha, \beta_1, \dots, \beta_k$ . Pro logistickou regresi má pravděpodobnostní funkce tvar

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^{m_1} P(X_i) \prod_{l=m_1+1}^n 1 - P(X_i) \quad (3.10)$$

kde  $n$  je počet pozorování a  $m_1$  je počet příznivých ( $Y = 1$ ) jevů. Funkce předpokládá, že datový soubor je seřazen tak, že prvních  $m_1$  výskytů jsou jevy příznivé.  $P(X_i)$  poté značí logistickou funkci 3.5. Pro vypočtení optimálního parametru  $\beta_i$  je nutné vypočítat maximum funkce  $L(\theta)$  vzhledem k parametru  $\beta_i$ . Parametr  $\beta_i$  lze tedy získat derivací funkce  $L(\theta)$  vzhledem k parametru  $\beta_i$

$$\frac{\partial L(\theta)}{\partial \beta_i} = 0 \quad (3.11)$$

### 3.2.3 Waldův test

Waldův test je test hypotézy o tom, zda je parametr logistického regresního modelu  $\beta_i$  významný či nikoliv. Definice testu hypotézy je tedy

$H_0$  : Koeficient  $\beta_i$  je rovný nule

$H_A$  : Koeficient  $\beta_i$  je různý od nuly

Kritická hodnota  $Z$  má normální rozdělení  $Z \sim N(0, 1)$  a její mocnina,  $Z^2$ , má Chi-square rozdělení s jedním stupněm volnosti.  $Z$  a lze vypočítat jako

$$Z = \frac{\hat{\beta}_i}{S_{\hat{\beta}_i}} \quad (3.12)$$

kde  $\hat{\beta}_i$  je odhadnutý testovaný parametr logistického regresního modelu a  $S_{\hat{\beta}_i}$  je směrodatná chyba koeficientu  $\beta_i$

### 3.2.4 Test poměru věrohodností

Test poměru věrohodností slouží k porovnání dvou modelů. Důležitá podmínka je, aby jeden model byl zmenšený a druhý model plný. To v praxi znamená, že zmenšený model obsahuje stejné prediktory jako model plný, ale ne všechny. Prediktory, které v zmenšeném modelu nejsou jsou následně obsahem testovací hypotézy. Pokud se model plný a zmenšený liší o prediktor  $X_i$ , jsou hypotézy definovány následovně

$H_0$  : Koeficient  $\beta_i$  je rovný nule

$H_A$  : Koeficient  $\beta_i$  je různý od nuly

Do výpočtu kritické hodnoty pak v poměru vstupují hodnoty pravděpodobnostní funkce 3.10, kde  $\hat{L}_1$  značí hodnotu pravděpodobnostní funkce pro plný model a  $\hat{L}_2$  hodnotu pro model zmenšený.

$$Z = -2\ln\left(\frac{\hat{L}_1}{\hat{L}_2}\right) \quad (3.13)$$

při velké hodnotě  $n$  má  $Z$  zhruba Chi-square rozdělení s jedním stupněm volnosti.

### 3.2.5 Vyhodnocení modelu

... Dopsat

## 4. Praktická část

### 4.1 Metodika

... Proč jsem si vybral právě vybrané metody a statistiky

### 4.2 Představení data setu

... Popis dat a struktury

### 4.3 Příprava data setu

... Popis PROČ a jak byl data set transformován, žádný kód, pouze slovně

### 4.4 Omezení dat

... Restrikce data, výběr jednoho konkrétního teamu

### 4.5 Sestavení modelu

... Slovní popis modelu a jeho proměnných, rovnice

#### 4.5.1 Interpretace

... Matematická interpretace modelu a výstupu z Rka (koeficienty, odchylky, významnost...)

### 4.6 Vyhodnocení modelu

#### 4.6.1 Statistika 1

... Různé statistiky, které ještě musím vybrat

## 5. Závěr

... Uzavření bakalářské práce

### 5.1 Závěrečné vyhodnocení modelu

... Výsledné vyhodnocení modelu pomocí všech statistik

### 5.2 Interpretace modelu do reálného světa

... Přenesení modelu do reálného světa

### 5.3 Použití modelu v reálném světě

... Použití modelu v reálném světě

### 5.4 Místo pro budoucí vylepšení

...



# Seznam použité literatury

Hebák, Petr (2015). *Statistické myšlení a nástroje analýzy dat*. 2. vyd. Informatorium. ISBN: 978-80-7333-118-4.

Kleinbaum, David (2010). *Logistic regression : a self-learning text*. 3. vyd. Springer. ISBN: 978-1-4939-3697-7.

# Seznam elektronických zdrojů

- csko (2021). „základní statistiky“. In: *csko.cz*. URL: <https://stats.csko.cz/statsx/hlstats.php>.
- Gough, Christina (srp. 2021). „esports market revenue worldwide from 2019 to 2024“. In: *statista*. URL: <https://www.statista.com/statistics/490522/global-esports-market-revenue/>.
- Henningson, Joakim (2020). „the history of counter-strike“. In: *redbull*. URL: <https://www.redbull.com/se-en/history-of-counterstrike>.
- hltv.org (2015). „xenex vs. excel at esl uk premiership season 1“. In: *hltv.org*. URL: [https://www.hltv.org/matches/2295340/xenex-vs-excel-esl-uk-premiership-season-1?\\_\\_cf\\_chl\\_jschl\\_tk\\_\\_=82S\\_Uc\\_dNU8PM71eUY1VKzNUZkp5\\_ArTb69qteh2wBI-1641459294-0-gaNycGzNChE](https://www.hltv.org/matches/2295340/xenex-vs-excel-esl-uk-premiership-season-1?__cf_chl_jschl_tk__=82S_Uc_dNU8PM71eUY1VKzNUZkp5_ArTb69qteh2wBI-1641459294-0-gaNycGzNChE).
- Larch, Florian (led. 2019). „the history of the origin of esports“. In: *ispo*. URL: <https://www.ispo.com/en/markets/history-origin-esports>.
- liquipedia (2021). „pgl major stockholm 2021“. In: *liquipedia*. URL: <https://liquipedia.net/counterstrike/PGL/2021/Stockholm>.
- Professeur (2021). „esea increase prize pool and number of seasons for 2021; simplify path to pro league“. In: *hltv*. URL: <https://www.hltv.org/news/30926/esea-increase-prize-pool-and-number-of-seasons-for-2021-simplify-path-to-pro-league>.
- Valve (2013). „counter-strike: the arms deal update“. In: URL: <http://counter-strike.net/armsdeal>.

# Seznam obrázků

3.1	Bodový graf váhy a míly za galon z data setu mtcars . . . . .	8
3.2	Sloupcový graf z data setu mtcars . . . . .	9
3.3	Porovnání histogramů s různým počtem skupin . . . . .	10
3.4	Histogram s počtem skupin dle Sturgesova pravidla . . . . .	11
3.5	Boxplot váhy auta pro různé počty válců . . . . .	13

# Seznam tabulek

3.1	Tabulka četnostní . . . . .	11
3.2	Five-number summary tabulka hmotnosti vozidla (lb/1000) . . . . .	12

# Seznam použitých zkratek

**CSGO** Counter-Strike: Global Offensive

**BR** Battle Royale

**MOBA** Multiplayer online battle arena

**FPS** First-person shooter

**TGNS** Twin Galaxies National Scoreboard

**Část I**

**Přílohy**