

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Francis Galton a jeho přínos k psychometrii



**Katedra matematické analýzy a aplikací matematiky**

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. et PhDr. Ivo Müller Ph.D**

Vypracovala: **Nikola Šajtarová**

Studijní program: B1103 Aplikovaná matematika

Studijní obor: Matematika-ekonomie se zaměřením na bankovníctví/pojišťovnictví

Forma studia: prezenční

Rok odevzdání: 2016

## BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

**Autor:** Nikola Šajtarová

**Název práce:** Francis Galton a jeho přínos k psychometrii

**Typ práce:** bakalářská

**Pracoviště:** Katedra matematické analýzy a aplikací matematiky

**Vedoucí práce:** RNDr. et PhDr. Ivo Müller Ph.D

**Rok obhajoby:** 2016

**Abstrakt:** Tato bakalářská práce se zabývá Francisem Galtonem a jeho přínosem k psychometrii. V práci jsou popsány životní osudy, zásadní názory a odborné zájmy tohoto všestranného badatele. Dále je práce zaměřená na jeho působení a výsledky v oblasti diferenciální psychologie a matematické statistiky.

**Klíčová slova:** Francis Galton, psychometrika, mentální testy, antropometrický laboratoř, dotazník, dědičnost geniality, korelace, eugenika

**Počet stran:** 43

**Počet příloh:** 10

**Jazyk:** český

## BIBLIOGRAPHIC IDENTIFICATION

**Author:** Nikola Šajtarová

**Title:** Francis Galton and his contribution to psychometrics

**Type of thesis:** Bachelor's

**Department:** Department of Mathematical Analysis and Application of Mathematics

**Supervisor:** RNDr. et PhDr. Ivo Müller Ph.D

**The year of presentation:** 2016

**Abstract:** The bachelor thesis deals with Francis Galton and his contribution to psychometrics. This thesis describe life fate, fundamental opinion and interests of this allround research worker. Further thesis is focus on his work and results in differential psychology and mathematical statistics.

**Key words:** Francis Galton, psychometrics, mental tests, anthropometric laboratory, questionnaire, hereditary genius, correlation, eugenics

**Number of pages:** 43

**Number of appendices:** 10

**Language:** Czech

### Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením RNDr. et PhDr. Ivo Müllerem Ph.D a všechny použité zdroje jsem uvedla v seznamu literatury.

V Olomouci dne.....

.....

podpis

## Obsah

Úvod .....	7
1 Francis Galton .....	8
1.1 Rodina a vzdělání.....	8
1.2 Cestování .....	10
1.3 Meteorologie .....	11
1.4 Otisky prstů.....	12
1.5 Překrývání fotografií.....	12
2 Psychometrika .....	14
2.1 Mentální testy .....	14
2.2 Antropometrická laboratoř.....	15
2.3 Dotazníky.....	16
3 Dědičnost geniality.....	18
3.1 Vědci.....	20
3.1.1 Sir Isaac Newton.....	22
3.1.2 André Ampère .....	22
3.2 Soudci .....	23
3.3 Závěr výzkumu .....	23
3.4 Kruskalův-Wallisův test .....	26
4 Statistické metody .....	31
4.1 Regresní přímka.....	31
4.2 Korelace .....	32
4.2.1 Pearsonův korelační koeficient.....	36
5 Eugenika.....	38
6 Závěr .....	40
7 Seznam příloh.....	41
8 Zdroje .....	42

### Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce RNDr. et PhDr. Ivu Müllerovi Ph.D za pomoc, ochotu, odborné vedení a volný čas, který mi věnoval při konzultacích.

## Úvod

Ve své práci čtenářům představím Francise Galtona, který se jako jeden z mála vědců dokázal prosadit hned v několika od sebe odlišných oborech. Budu se věnovat Galtonovu životu a jeho přínosu v různých vědních oblastech. Největší část práce je věnována Galtonovu výzkumu týkající se inteligence a korelace.

V první kapitole se zaměřím na jeho život a prostředí, ve kterém vyrůstal. Představím Francise Galtona jako cestovatele a meteorologa. Zmíním jeho metodu překrývání fotografií a jeho přínos v oblasti identifikace osob pomocí otisků prstů. Ve druhé kapitole se budu věnovat antropometrické laboratoři, ve které Galton prováděl měření pomocí mentálních testů. Dále se budu věnovat psychologickému dotazníku, pomocí kterého Galton zkoumal například dvojčata. Ve třetí kapitole se věnuju Galtonovu názoru, že inteligence je dědičná a na základě Kurskallova-Wallisova testu ověřím výsledky jeho výzkumu. Ve čtvrté kapitole o statistických metodách představím Galtonův objev regresní přímky a korelace, kterou dále rozvinul jeho žák Karl Pearson. V poslední, páté kapitole, se budu věnovat eugenice, vědě, která měla za cíl zlepšit lidskou rasu.

## 1 Francis Galton

Francis Galton byl velice významným mužem, který se dokázal prosadit v mnoha oborech. Jako geograf a cestovatel napsal několik knih věnujících se cestování a meteorologii. Jako matematik a statistik se zasloužil o vynález korelační analýzy. Vytvořil fungující systém identifikace osob podle otisku prstů. V psychologii začal jako první testovat duševní schopnosti, zabýval se vlivy prostředí na inteligenci a vynalezl genealogický výzkum dědičnosti psychologických rysů (Hunt, 2010). Byl prvním vědcem, který se věnoval výzkumu dvojčat. Je vynálezcem eugeniky, vědy, která měla za cíl zlepšit lidskou rasu. Zastával názor, že inteligence je dědičná. Nashromáždil velké množství rodokmenů vzdělaných mužů a snažil se ukázat, že je inteligence dědičná. Mezi Galtonovy další vynálezy patří píšící telegraf, zdokonalená petrolejová lampa, nástroj na otevírání zámků nebo periskop, který mu umožňoval vidět v davu do dálky (Hunt, 2010).

I když jsou Galtonovy metody v psychologii velmi často používány, jeho jméno se do povědomí lidí moc nedostalo. Francis Galton své výzkumy prováděl mimo univerzitní prostředí, nevytvořil žádnou psychologickou školu a jeho následovníků nebylo mnoho. (Hunt, 2010)

### 1.1 Rodina a vzdělání

Francis Galton se narodil 16. února 1822 v Birminghamu Samuelovi Tertiusovi Galtonovi mladšímu a jeho ženě Violettě Darwinové. Byl nejmladším z devíti sourozenců. Samuel Tertius Galton byl významným bankéřem. Jeho otec Samuel Tertius Galton starší se zajímal o vědu a byl vlastníkem manufaktury na muškety, které dodával armádě. Francisova matka, Violetta Darwinová, byla dcerou lékaře, básníka, filosofa, fyzika a botanika Erasma Darwina. Z matčiny strany byl Francis Galton bratrancem Charlese Darwina, přírodovědce a zakladatele evoluční teorie. (Galton, 1908)

Členové rodiny Galtonů i Darwinů byli členy Královské společnosti. Erasmus Darwin a Samuel Tertius Galton starší založili vědeckou společnost Lunar society v Birminghamu.

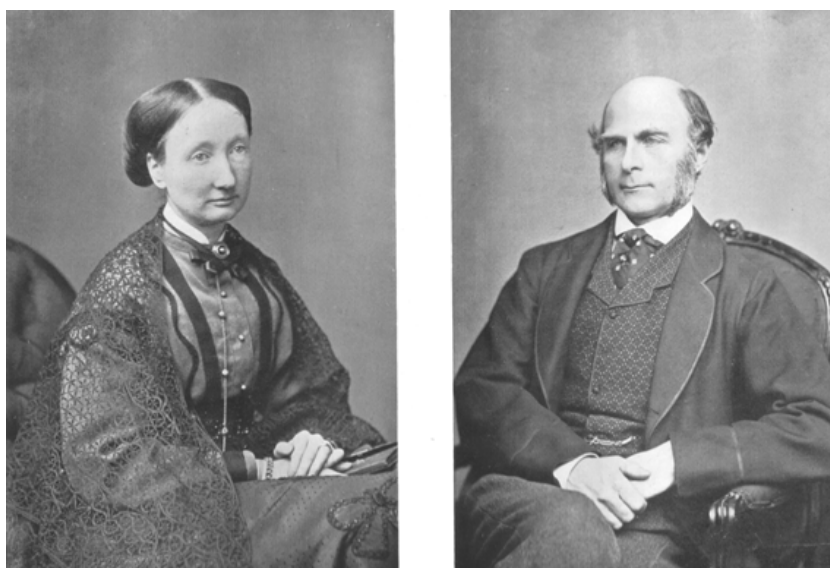


O Francisovo vzdělání se z počátku starala jeho hendikepovaná sestra Adele, která byla upoutána na lůžko (Galton, 1908). Byl považován za zázračné dítě. Mezi zajímavosti z jeho dětství patří to, že se ve dvou letech naučil číst a ve čtyřech letech psal. V dětství se také věnoval četbě Shakespeara. Mezi jeho oblíbené literární dílo patřil epos Ilias a Odyssea od spisovatele Homéra.

Na otcovo přání začal v šestnácti letech studovat medicínu v General Hospital v Birminghamu. Zde si mohl medicínu vyzkoušet i v praxi. Přiděloval pacientům léky, napravoval zlomené kosti, amputoval prsty a očkovoval děti. Díky tomu, že měl přístup k lékům, začal sledovat účinky jednotlivých medikamentů na sobě samém. (Schultz, 1975)

O rok později pokračoval ve studiu medicíny na King's College v Londýně. Zde studoval opět pouhý jeden rok. V letech 1840 až 1843 se nadchl pro studium matematiky. Matematiku studoval na Trinity College v Cambridge (Schultz, 1975). Po absolvování Trinity College se načas vrátil ke studiu medicíny, ale po smrti otce se medicíně přestal věnovat.

V lednu 1853 se seznámil s Louisou Butlerovou. Francis se s Luisou oženil v srpnu téhož roku. Jejich manželství bylo bezdětné. Francise a jeho ženu můžeme vidět níže, na obrázku 1. Francis Galton zemřel 17. ledna 1911 v Haslemare. ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

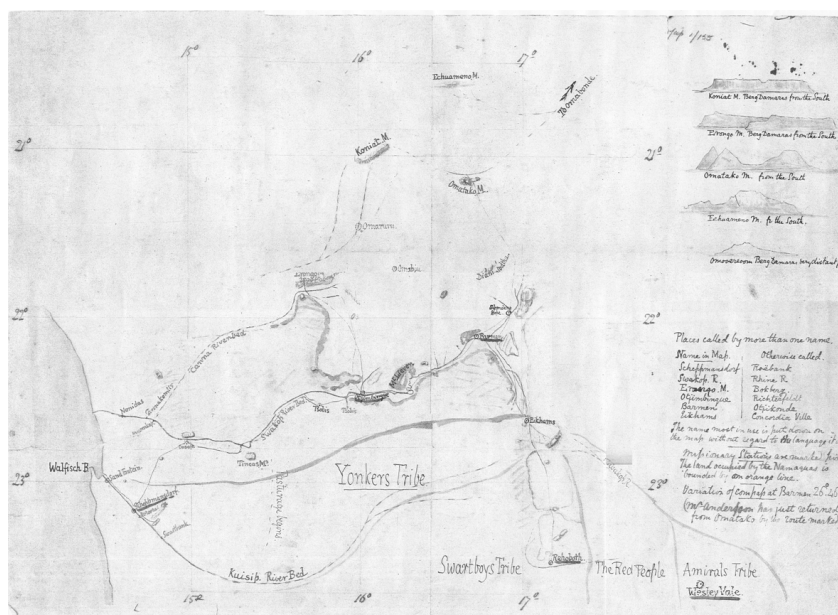


Obrázek 1. Francis Galton s manželkou Luisou ([www.galton.org](http://www.galton.org))

## 1.2 Cestování

Francis Galton se během svého mládí vydal na několik cest. Jeho první cesta, uskutečněná v roce 1840, ho zavedla do turecké Smyrny<sup>1</sup>. Při své druhé cestě v roce 1844 se vydal do Egypta, Sýrie a Súdánu.

Jeho třetí a nejvýznamnější cesta ho v letech 1850 až 1852 zavedla do oblasti jihovýchodní Afriky, konkrétně na území dnešní Namibie. Tato část Afriky byla do té doby neprozkoumána. Francis Galton se na tuto výpravu vydal po dohodě s Královskou geografickou společností<sup>2</sup> a díky své dobré finanční situaci si celou cestu hradil sám (Hunt, 2010). Cestu s ním absolvoval i amatérský přírodovědec Charles Anderson (www.galton.org). Královská geografická společnost mu v roce 1854 udělila medaili za jeho přínosy v prozkoumávání této části Afriky. Francis Galton se během cesty snažil zmapovat jihovýchodní Afriku. Výslednou mapu můžeme vidět na následujícím obrázku.

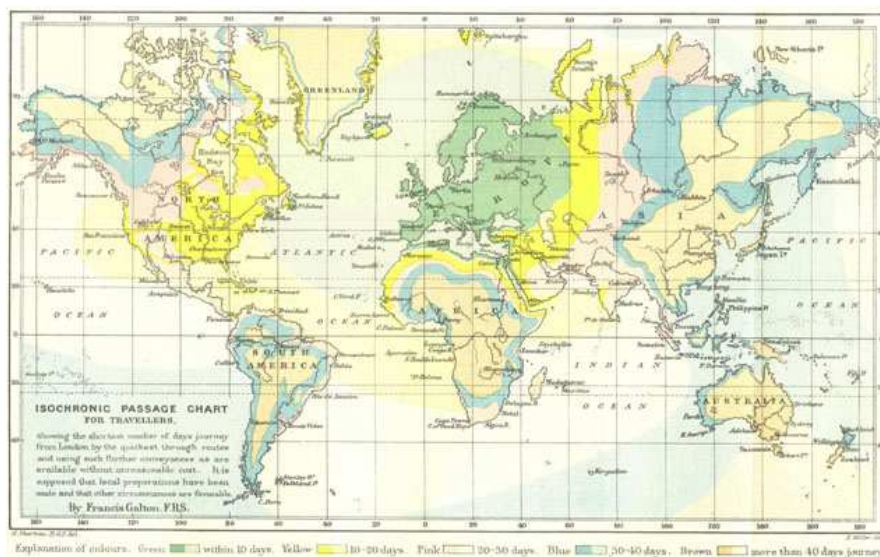


Obrázek 2. Galtonova mapa z výpravy do jihovýchodní Afriky (www.galton.org)

<sup>1</sup> Dnešní Izmir v Turecku

<sup>2</sup> Královská geografická společnost (Royal Geographical Society) byla založena v roce 1830 v Anglii. Dnes má společnost 16 500 členů. (www.rgs.org)

Po návratu z jihovýchodní Afriky začal pracovat na knize *The Art of Travel* (1855), kde shrnul užitečné poznatky ze svých cest a vytvořil tak ucelenou příručku pro cestovatele. Jelikož on sám se později už na žádnou vědeckou výpravu nevydal, pomáhal alespoň s přípravami těchto výprav. Pro cestovatele například zhotovil mapu, kterou můžeme vidět na obrázku níže. V této mapě barevně odlišil vzdálenosti jednotlivých destinací od Londýna. Vzdálenosti udával ve dnech.

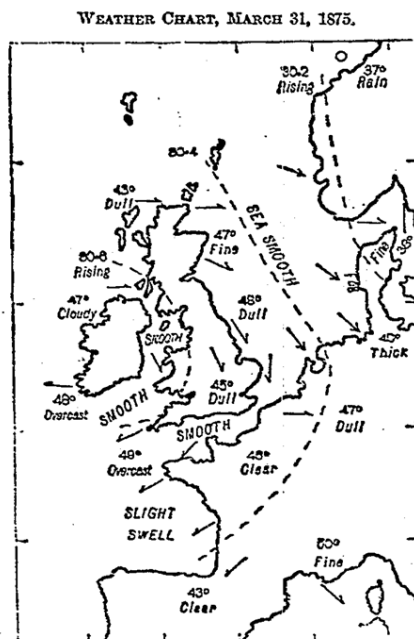


Obrázek 3. Mapa vzdáleností destinací id Londýna ([www.galton.org](http://www.galton.org))

### 1.3 Meteorologie

Francis Galton byl prvním, kdo přišel s pojmem tlaková výše. Poté, co shromáždil velké množství údajů o počasí, napadlo ho spojit body, se stejným barometrickým tlakem. Kruhové systémy, které na mapě vznikly, znázorňovaly cyklony a anticyklony neboli tlakové výše a tlakové níže. (Hunt, 2010)

Galton připravil první meteorologickou mapu pro veřejnost, která byla publikovaná 1. dubna 1875 v novinách *The Times*. Mapu můžeme vidět na obrázku 4. Mapa zobrazovala počasí nad Britskými ostrovy předešlého dne ([www.galton.org](http://www.galton.org)). Jeho kniha *Meteorographica* (1962), ve které shrnul své poznatky o meteorologii, se stala základním dílem moderní meteorologie.



Obrázek 4. Meteorologická mapa (www.galton.org)

## 1.4 Otisky prstů

Francis Galton svým bádáním přispěl i k forezním vědám. Nebyl prvním člověkem, který přišel s tím, že by se otisky prstů mohly používat k identifikaci. Ale jako první měl svou studii otisků prstů vědecky podloženou.

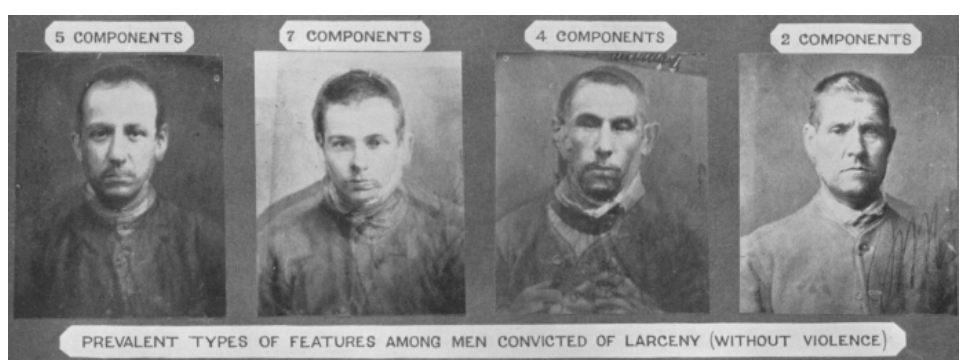
V antropologické laboratoři se mu podařilo získat více jak 8 000 sad otisků prstů. Při studiu těchto otisků získal statistické důkazy o tom, že otisky prstů jsou u každého člověka jedinečné. (Hunt, 2010)

## 1.5 Překrývání fotografií

Francis Galton se po mnoho let věnoval překrývání fotografií. Díky spolupráci s věznicí se dostal k fotografiím vězňů, které si v rámci svého bádání rozdělil do tří skupin. Do první skupiny spadali vězni, kteří spáchali vraždu nebo loupež. Do druhé skupiny zařadil vězně, kteří se dopustili padělání, a třetí skupinu tvořili vězni, kteří spáchali

sexuální zločiny. Galton se pomocí překrývání fotografií snažil najít společný rys, který by vězně v jednotlivých skupinách spojoval. Příklad jeho práce můžeme vidět na obrázku níže. Galtonovým závěrem bylo, že zločince z jednotlivých skupin žádný tělesný rys nespojuje. (Neužilová, 2013)

Galton tuto metodu nevyužil jenom při zkoumání vězňů, ale společně s lékaři se podílel na fotografování pacientů trpících tuberkulózou. Hledal typické obličejové rysy, které by odhalily toto onemocnění. I zde bylo jeho bádání neúspěšné. (Neužilová, 2013)



Obrázek 5. Překrývání fotografií ([www.galton.org](http://www.galton.org))

## 2 Psychometrika

Psychometrika je pomocná vědní disciplína psychologie. Zaměřuje se na tvorbu, úpravy a hodnocení psychologických metod. Zabývá se teoretickými otázkami měření v psychologii a aplikacemi teoretických principů v praxi. Psychometrika používá matematické a statistické postupy, které byly v průběhu let speciálně vyvinuté pro konkrétní potřeby psychologické praxe. (Urbánek, 2011)

Bez psychometrie se neobejde hodnocení, konstrukce ani interpretace psychologických testů. Psychometrika je propojena s teoretickými i aplikovanými psychologickými disciplínami. Matematická statistika pomáhá psychologii při zpracování dat pomocí analýzy a statistického testování hypotéz. S psychometrikou se začínáme setkávat na konci 19. století. Za zakladatele a otce psychometrie je považován právě Francis Galton.

### 2.1 Mentální testy

Na základě předpokladu, že inteligence by mohla být měřitelná na úrovni tělesných smyslů, Galton vynalezl první mentální testy, které měly odhalit výši inteligence u jednotlivých lidí. Galton věřil myšlence, že čím víc je člověk inteligentní, tím vyšší bude mít úroveň tělesných smyslů.

Galton vynalezl mnoho přístrojů, pomocí kterých bylo možné měřit smyslové vnímání. Příkladem může být fotometr, který měřil, jak je subjekt schopen rozeznat od sebe dvě barevné skvrny, série závaží, kterou testovaný jedinec musel seřadit podle hmotnosti, měřidla, která složila na odhad vzdálenosti, nebo sady lahvíček s aromatickými látkami, které měly být seřazeny podle intenzity vůně. (Schultz, 1975)

Dalším Galtonovým vynálezem je tzv. Galtonova píšťala, kterou můžeme vidět na následujícím obrázku. Zvuk této píšťaly je pro člověka zčásti neslyšitelný, protože se pohybuje ve vysokých frekvencích. Píšťala se používá k výcviku psů nebo koček. Galton prováděl testování na zvířatech při procházkách v ulicích a v zoologických zahradách. Píšťalu měl schovanou na jednom konci duté vycházkové hole. Na druhém konci hole měl

gumový balonek, kterým do píšťaly vháněl vzduch. Galtonova píšťala byla standardním psychologickým vybavením zhruba do roku 1930, kdy byly vynalezeny kvalitnější elektronické přístroje. (Schultz, 1972)



Obrázek 6. Galtonova píšťala ([www.utsic.escalator.utoronto.ca](http://www.utsic.escalator.utoronto.ca))

## 2.2 Antropometrická laboratoř

S novými testy mohl Galton začít sbírat data od mnoha subjektů. Rozhodl se, že si na vlastní náklady zřídí na Mezinárodní výstavě zdraví v Londýně antropologickou laboratoř. Jak taková laboratoř vypadala, můžeme vidět na obrázku níže.



Obrázek 7. Antropometrická laboratoř ([www.galton.org](http://www.galton.org))

Výstava se konala v roce 1884. Návštěvníci si mohli za 3 pence projít různými Galtonovými testy. Přístroje byly umístěny na dlouhém stole a lidé do kartiček zaznamenávali své naměřené hodnoty. Například si mohli nechat změřit rychlost reakce, zrak, sluch, schopnost odhadu délky, sílu dechu, rychlost úderu nebo sílu stisku dlaně. Po skončení výstavy se antropometrická laboratoř přesunula do muzea v Jižním Kensingtonu, kde fungovala dalších 6 let. V laboratoři se nechalo otestovat zhruba 9 000 lidí. (Schultz, 1972)

Cílem testování v tak velkém měřítku bylo zjistit rozsah lidských schopností na základě provedení mnoha testů zároveň. Galtonova představa byla otestovat celou populaci Velké Británie a tím zjistit přesnou výši mentální úrovně celého národa. (Schultz, 1972)

Následovník Galtona, americký psycholog James McKeen Cattell, který působil na pensylvánské univerzitě, začal na dobrovolnících z řad studentů testovat své mentální testy. Jeho testy zahrnovaly sadu závaží, které měl jedinec seřadit podle váhy, dále měřil rychlost pohybu a reakce a testoval paměť studentů. Tyto testy museli povinně absolvovat studenti prvních ročníků pensylvánské univerzity. Cattelle věřil, že jeho testy měří inteligenci. O několik let později Cattellův student Clark Wissler dokázal, že mezi studijními výsledky a mezi výsledky z mentálních testů neexistuje žádný statistický vztah. ([www.en.wikipedia.org](http://www.en.wikipedia.org))

### **2.3 Dotazníky**

Francis Galton se stal prvním člověkem, který vytvořil psychologický dotazník na základě kterého chtěl zkoumat inteligenci jednotlivých respondentů. Dotazník se skládal z otázek, které se týkaly několika oblastí respondentova života. V dotazníku se respondenti mohli setkat s otázkami týkajícími se jejich rasové, náboženské nebo sociální příslušnosti. Galton nevynechal ani otázky týkající se tělesného vzhledu a zajímal se o barvu vlasů nebo o velikost klobouku. Dotazník rozeslal členům Královské společnosti. I přes rozsáhlou délku dotazníku jej většina dotazovaných vyplnila. (Hunt, 2010)

Odpovědi získané z dotazníků si Galton zapisoval do tabulek. Při vyhodnocování zjistil, že většina dotazovaných je toho názoru, že jejich vědecké nadání je vrozené. Dalším



zajímavým závěrem, který Galton z vyplněných dotazníků vyvodil, bylo, že prostředí, ve kterém jednotliví dotazovaní vyrůstali, mohlo mít vliv na vývoj jejich inteligence a zájmu o vědu. (Hunt, 2010)

Tento první dotazník se ukázal jako nepraktický a měl mnoho nedostatků. Příkladem bylo to, že Galton svůj dotazník nedal na vyplnění méně významným vědcům ani lidem, kteří se vědě nevěnovali vůbec. Dalším nedostatkem byl chybějící matematický model, který by měřil vztahy mezi dvěma libovolnými odpověďmi zjištěnými z dotazníku a který by odpověděl na otázku, zda jsou odpovědi významné nebo náhodné. (Hunt, 2010)

Galton využil dotazník při zkoumání dvojčat. Pracoval s 94 dotazníky, které se mu vrátily zpět vyplněné. Po vyhodnocení dotazníků se v 80 případech objevila velká podobnost mezi jednotlivými dvojčaty. Při zkoumání dotazníků Galton hledal dvojčata, jejichž charakter se postupem času odlišoval. Zjistil, že dvojčata, která si byla v dětství velmi podobná, nejen vzhledem, ale i myšlením, si zůstala podobná i ve stáří. Toto nejspíš platilo u jednovaječných dvojčat. U dvojčat, která si v dětství nebyla moc podobná vzhledově ani myšlenkově, tato rozdílnost setrvala do stáří. Toto platilo pravděpodobně pro dvojvaječná dvojčata. (Hunt, 2010)

Takto provedený výzkum dvojčat pomocí dotazníků se z dnešního pohledu zdá velmi jednoduchý a nepřesný. Pokud bychom měli sledovat vliv dědičnosti a prostředí na inteligenci nebo rysy osobnosti, jeví se v tomto případě výzkum dvojčat jako nejvíc průkazný. (Hunt, 2010)

### 3 Dědičnost geniality

V knize *Hereditary Genius* z roku 1869 se Francis Galton snaží ukázat, že genialita a inteligence je dědičná. Jeho argumenty spočívají v tom, že muži, kteří jsou významní, mívají i významné příbuzné a potomky.

Francis Galton se už při studiu na Cambridgi zabýval tím, jestli se inteligence dědí. Všiml si, že studenti, kteří získali vyznamenání, byli synové nebo sourozenci studentů, kteří byli také vyznamenáni. Do tabulky si zapisoval údaje o studentech matematiky a klasické filologie z Cambridge. Poté porovnával příbuzenské vztahy vyznamenaných studentů. Zjistil, že ve většině případů byli tito studenti ze stejné rodiny. (Hunt, 2010)

Galton vycházel ze zákona odchylky od průměru. Tento zákon se běžně používal pro vyjádření chyb v astronomických pozorováních. Galton dokázal, že zákon může být aplikován i na odchylky v lidských vlastnostech. K výzkumu inteligence byl inspirován dalším vědcem, Belgičanem Adolphem Quételetem. Ten shromažďoval informace o francouzských vojácích. Všiml si, že jen málo jich je hodně malých, nebo hodně vysokých. Většina mužů měla průměrně vysokou postavu, nebo se k průměru alespoň přibližovala. Po zanesení do grafu vznikla křivka normálního rozdělení. Ve středu křivky se soustřeďovali průměrně vysokí muži, kterých bylo nejvíce. Čím víc se pozorování vzdalovala od středu křivky, tím víc se počty mužů snižovaly. Galton předpokládal, že to, co platí o výšce postavy, musí platit i u duševních schopností. Pokud by měl pravdu, měly by duševní schopnosti jedinců také kopírovat křivku normálního rozdělení. Proto Galton rozdělil křivku normálního rozdělení do 16 oddílů, ty ještě rozdělil na polovinu. Osm oddílů představovalo nadprůměrnou inteligenci a osm podprůměrnou inteligenci. Poté vypočetl podíl populace v každém oddílu. Na úplný konec křivky připadal pouze jeden člověk z milionu. To byl podle Galtona ten, který se s velmi vysokou inteligencí už narodil. (Hunt, 2010)

Před svým dalším výzkumem toho, zda se inteligence dědí, strávil Galton mnoho let vyhledáváním významných mužů v bibliografických slovnících, rodokmenech a dalších dokumentech. Výběr zúžil na muže, kteří ve své kariéře dosáhli dobré pověsti a trvalého úspěchu, a na muže, kteří byli dobře známí v době, ve které žili. Muži, kterými se ve svém

výzkumu zabýval, jsou podle Galtona tak významní, že kdyby zemřeli, truchlil by pro ně celý národ a jejich jméno by v budoucnu mělo mít jistou historickou váhu. (Galton, 1892)

	Soudci	Politikové	Velitelé	Spisovatelé	Vědci	Básníci	Malíři	Duchovní	Celkový počet
Počet rodin	85	39	27	33	43	20	28	25	300
Počet mužů	262	130	89	119	148	57	97	75	977
Počet věhlasných mužů	109	35	32	52	65	24	26	33	376

Tabulka 1. Počty významných mužů (Watson, 1979, upraveno)

V knize *Basic Writings in the History of Psychology* shrnul Robert Irwin Watson Galtonův výzkum týkající se dědičnosti a inteligence, kterou Galton zpracoval v díle *Hereditary Genius*. Watsonova práce obsahovala jednu krátkou kapitolu týkající se Galtonova výzkumu, ve které byly shrnuty základní informace. Na internetu se mi podařilo najít původní Galtonův text, ze kterého pochází úryvek z knihy *Basic Writings in the History of Psychology*, z tohoto textu jsem následně vycházela při psaní této kapitoly.

Do výzkumu Galton zahrnul 300 rodin s 977 významnými muži, jak můžeme vidět v tabulce 1. Poslední řádek tabulky 1 udává počty věhlasných mužů v jednotlivých skupinách povolání. Tyto údaje jsem dohledala v Galtonově knize *Hereditary Genius*. Ze skupiny 977 mužů Galton vybral 376 nejvýznamnějších – věhlasných (*eminent*) mužů. K nim dohledával významné příbuzné v několika stupních příbuzenství od nejbližšího – otce, až po ty nejdálší příbuzné (Watson, 1979). Počty jednotlivých příbuzných si zapisoval do tabulek. Muže si rozřídil podle povolání do osmi skupin – soudci, politikové, velitelé, spisovatelé, vědci, básníci, malíři a duchovní.

### 3.1 Vědci

Francis Galton vybral 65 věhlasných vědců a k nim dohledával významné příbuzné. Tito muži pocházeli ze 43 rodin. Do skupiny vědců Galton zařadil například Sira Isaaca Newtona, Andrého Ampéra nebo Jacoba Bernouliho (Galton, 1892). Pokud bylo v rodině více věhlasných mužů, významní příbuzní se započítávali pro každého z nich. Proto se mohlo stát, že jeden člověk byl započítán víckrát. Díky tomuto faktu číselné údaje o počtech mužů z tabulky 1 neodpovídají údajům ze sloupce A tabulky 2, kde sloupec A udává reálné počty příbuzných. Když například sečteme údaje ze sloupce A, tabulky 2 vyjde nám 105 příbuzných a pokud k tomuto připočítáme ještě 65 věhlasných mužů, dostaneme 170 osob ve skupině vědců, což se ale neshoduje s počtem mužů ve skupině vědců uvedených v tabulce 1.

		A	B	C	D
1. stupeň	Otec	11	26	100	26
	Bratr	20	47	150	31
	Syn	26	60	100	60
2. stupeň	Dědeček	6	14	200	7
	Strýc	7	16	400	4
	Synovec	10	23	400	6
	Vnuk	6	14	200	7
3. stupeň	Pradědeček	0	0	400	0
	Prastrýc	2	5	800	0,6
	Bratranec	7	16	800	2,0
	Prasynovec	7	16	800	2,0
	Pravnuk	3	7	400	2,7

Tabulka 2. Počty příbuzných ve skupině vědců (Galton, 1892)

Galton přepočítával veškeré údaje na 100 rodin. Sloupec B udává počty významných příbuzných na 100 rodin, v nichž je alespoň jeden věhlasný muž. To znamená, že Galton násobil reálný počet příbuzných číslem  $\frac{100}{43}$ , kde číslo 43 je počet rodin ve skupině vědců.

Tím si hodnoty převedl na novou jednotku, kterou byla rodina. Ve sloupci C můžeme vidět koeficienty pro výpočet sloupce D. V Galtonově práci jsem nenarazila na postup, kterým odvodil údaje z tohoto sloupce. Vysvětlení čísel v tomto sloupci bude nejspíš následující. Každý má pouze jednoho otce, dva dědečky a 4 pradědečky atd., tyto údaje si Galton převedl na procenta. Údaje u dalších příbuzných jsou zřejmě zprůměrované. Tím pomocí vhodných váhových koeficientů dosáhl srovnatelnosti jednotlivých příbuzenských vztahů. Důsledkem těchto výpočtů jsou výraznější rozdíly mezi jednotlivými stupni příbuzenství ve sloupci D v tabulce 2 oproti sloupci B. Sloupec D udává přepočítané počty významných příbuzných na 100 rodin a je vypočítán jako  $D = \frac{B}{C} \cdot 100$ . Udává, kolik procent významných mužů v každém stupni příbuzenství má rodina. V tomto sloupci následně můžeme vidět, že procenta významných mužů se v každém stupni snižují.

		B		D	
		Přepočítaný na 100 věhlasných rodin	Přepočítaný na 100 věhlasných mužů	Přepočítaný na 100 věhlasných rodin	Přepočítaný na 100 věhlasných mužů
1. stupeň	Otec	26	17	26	17
	Bratr	47	31	31	20
	Syn	60	40	60	40
2. stupeň	Dědeček	14	9	7	5
	Strýc	16	11	4	3
	Synovec	23	15	6	4
	Vnuk	14	9	7	5
3. stupeň	Pradědeček	0	0	0	0
	Prastrýc	5	3	0,6	0,4
	Bratranec	16	11	2,0	1,4
	Prasynovec	16	11	2,0	1,4
	Pravnuk	7	5	2,7	1,3

Tabulka 3. Porovnání Galtonových výpočtů pro různou jednotku u vědců.

Zajímavostí je, že Galton zvolil jako jednotku rodinu a nepřepočítával údaje ve sloupci B na jednoho věhlasného muže. Kdyby tak učinil, tj. že reálný počet příbuzných ze sloupce A by násobil číslem  $\frac{100}{65}$ , dostal by výrazně menší hodnoty. Například v prvním stupni příbuzenství by se u otce ve sloupci B objevila hodnota 17, u bratra 31 a u syna 40. Tím by se nám snížilo i procento významných mužů vzhledem k věhlasnému muži ve sloupci D. Zde bychom se dostali na hodnoty 17 u otce, 20 u bratra a 40 u syna. Další hodnoty můžeme vidět v tabulce 3.

### 3.1.1 Sir Isaac Newton

Sir Isaac Newton, žijící v letech 1643 – 1727, absolvoval stejně jako Galton Trinity College v Cambridge. Věnoval se matematice a fyzice. Zformuloval zákon setrvačnosti, zákon síly, zákon akce a reakce a zákon všeobecné gravitace.

Francis Galton do výzkumu zařadil dva významné praprapravnuky Newtona. Prvním byl Charles Hutton, který žil v letech 1737 – 1823. Působil jako profesor matematiky na Královské vojenské akademii. Byl členem Královské společnosti. Hutton provedl výpočty, které vedly k určení hmotnosti a hustoty Země. ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

Druhým významným příbuzným byl geolog, lékař a botanik James Hutton žijící v letech 1726 – 1792. Nejvíce objevů učinil v oblasti geologie a je považován za otce moderní geologie. Sepsal několik geologických prací, ve kterých shrnul své poznatky. ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

### 3.1.2 André Ampère

Dalším věhlasným mužem, kterého Galton zahrnul do výzkumu, byl matematik, který se proslavil díky svým pracem z oblasti fyziky, André Marie Ampère žijící v letech 1775 – 1836. Zajímal se o magnetismus a elektrodynamiku.

Významným mužem z Ampérových příbuzných byl syn, Jean-Jacques Ampère, spisovatel a historik, který se zaměřil především na středověkou historii. Působil jako profesor na Collège de France. ([www.fr.wikipedia.org](http://www.fr.wikipedia.org))

### **3.2 Soudci**

Povolání soudce je podle Galtona určeno jenom těm nejvzdělanějším mužům, kteří mají cit pro spravedlnost. Při sčítání lidu bylo zjištěno, že v Anglii působí 3 000 soudců, advokátů a obhájců.

Výzkum zahrnoval celkem 109 věhlasných soudců, kteří pocházeli z 85 rodin. Z tabulky 4, kde sloupce B, C, D mají stejný význam jako v tabulce 2, jde vidět, že soudci mají daleko častěji významného otce než dědečka a daleko víc významných synů než vnuků. Ve třetím stupni příbuznosti se počty významných mužů snižují.

Galton připojil několik zajímavostí, se kterými se při vyhledávání soudců, které zařadil do výzkumu, setkal. Průměrný věk, kdy byl muž jmenován do funkce soudce, byl 57 let. Průměrný věk úmrtí u soudců byl 75 let. Soudci většinou umírali v době, kdy ještě zastávali svou funkci. Mnoho ze soudců, kteří byli do výzkumu zahrnutí, se původně soudcovskému povolání nevěnovalo. Tito muži nejčastěji zastávali různé funkce v armádě. Také rodiny, ze kterých soudci pocházeli, nebyly mnohdy na soudcovské povolání zaměřeny. Díky tomu můžeme ve výzkumu Francise Galtona nalézt muže, kteří patřili do rodiny holiče nebo instalatéra. (Galton, 1892)

### **3.3 Závěr výzkumu**

V tabulce 4 jsou shrnuty údaje pro jednotlivá povolání a stupně příbuzenství. Veškeré údaje jsou v této tabulce přepočítány na 100 věhlasných rodin. V posledním sloupci můžeme vidět, jak se průměrný počet významných příbuzných v jednotlivých stupních příbuzenství snižuje. Ve sloupci B tabulky 4 můžeme vidět, že 31 procent rodin má významného otce, 41 procent významného bratra a 48 procent významného syna. Ve

druhém a třetím stupni příbuzenství jsou počty významných mužů výrazně menší. Údaje v tomto sloupci jsou zprůměrované pro všechny skupiny. Dalším Galtonovým závěrem bylo to, že čím bližší byl vztah mezi významným mužem a jeho příbuzným, tím pravděpodobnější je, že příbuzný je také významný (Hunt, 2010). Pro srovnání Galtonových výsledků jsem tabulku 4 přepočítala na 100 věhlasných mužů. Přepočtené hodnoty můžeme vidět v tabulce 5.

		Soudci	Politikové	Velitelé	Spisovatelé	Vědci	Básníci	Malíři	Duchovní	B	C	D
1. stupeň	Otec	26	33	47	48	26	20	32	28	31	100	31
	Bratr	35	39	50	42	47	40	50	36	41	150	27
	Syn	36	49	31	51	60	45	89	40	48	100	48
2. stupeň	Dědeček	15	28	16	24	14	5	7	20	17	200	8
	Strýc	18	18	8	24	16	5	14	40	18	400	5
	Synovec	19	18	35	24	23	50	18	4	22	400	5
	Vnuk	19	10	12	9	14	5	18	16	14	200	7
3. stupeň	Pradědeček	2	8	8	3	0	0	0	4	3	400	1
	Prastrýc	4	5	8	6	5	5	7	4	5	800	1
	Bratranec	11	21	20	18	16	0	1	8	13	800	2
	Prasynovec	17	5	8	6	16	10	0	0	10	800	1
	Pravnuk	6	0	0	3	7	0	0	0	3	400	1

Tabulka 4. Počet mužů v jednotlivých stupních příbuzenství, údaje jsou přepočítány na 100 rodin (Watson, 1979). Sloupec B udává průměrný počet příbuzných ve všech skupinách v procentech. Sloupec C obsahuje koeficienty pro výpočet sloupce D. Sloupec D udává, kolik procent věhlasných mužů má významného muže v daném stupni příbuzenském vztahu.

Velký vliv na to, zda muž měl věhlasného nebo významného potomka, mohlo podle Galtona mít vliv také to, s jakou ženou toto dítě měl. Podle Galtonových slov bylo velmi pravděpodobné, že pokud je muž významný a ve společnosti tím pádem zaujímá určité postavení, tak se ožení s ženou, která je ze stejné společenské vrstvy. Tyto ženy byly často také významné v profesi, které se věnovaly. Dalším Galtonovým názorem bylo to, že



potomek manželských párů, ve kterých byli muž i žena významní, má větší pravděpodobnost, že zdědí genialitu a inteligenci svých rodičů. (Galton, 1892)

		Soudci	Politikové	Velitelé	Spisovatelé	Vědci	Básníci	Malíři	Duchovní	B	C	D
1. stupeň	Otec	20	37	38	31	17	17	35	21	27	100	27
	Bratr	27	42	41	27	31	33	53	27	35	150	23
	Syn	28	54	25	33	40	38	96	30	43	100	43
2. stupeň	Dědeček	12	31	13	15	9	4	8	15	13	200	7
	Strýc	14	20	6	15	11	4	15	45	16	400	4
	Synovec	15	20	28	15	15	42	19	3	20	400	5
	Vnuk	15	11	9	6	9	4	19	12	11	200	6
3. stupeň	Pradědeček	2	9	6	2	0	0	0	3	3	400	1
	Prastrýc	3	6	6	4	3	4	8	3	5	800	1
	Bratranec	8	23	16	12	11	0	4	6	10	800	2
	Prasynovec	14	9	6	4	11	13	0	0	7	800	1
	Pravnuk	5	0	0	2	5	0	0	0	2	400	1

Tabulka 5. Počet mužů v jednotlivých stupních příbuzenství, údaje jsou přepočítány na 100 věhlasných mužů.

Galton tvrdí, že velký vliv na dítě, které se v pozdější době mělo věnovat kariéře vědce, měla jeho výchova a vzdělávání, o které se ve většině rodin starala matka. Galton měl mnoho názorů na to, v jakém prostředí by bylo nejvhodnější, aby dítě, budoucí vědec, vyrůstalo. Bylo důležité, aby bylo dítě vedeno k samostatnosti a aby si stálo za svým názorem a nenásledovalo slepě společnost. Důležité také bylo, aby mohlo dítě svobodně zkoumat okolí, ve kterém vyrůstalo. (Galton, 1892)

Jelikož Galtonovo manželství bylo bezdětné, snažil se v díle *Hereditary Genius* odpovědět na otázku, do jaké míry jsou muži a ženy, kteří jsou významní, neplodní. Největším a neřešitelným problémem se ukázalo to, zda je nebo není genialita v korelaci s neplodností. Dále přišel s myšlenkou, že někteří z věhlasných a významných mužů, které do svého výzkumu zahrnul, byli bezdětní jenom proto, že se naplno chtěli věnovat svému

oboru, ve kterém vynikli, a nechtěli se zbytečně zatěžovat starostmi o rodinu, která by je v kariéře jenom brzdila. (Galton, 1892)

V této práci se také zabýval zákony úmrtnosti v jednotlivých skupinách významných mužů a vykresloval si křivky úmrtnosti. Galton došel k závěru, že většina významných mužů z výzkumu se dožila vysokého věku. (Galton, 1892)

Galton při svém výzkumu toho, zda se inteligence dědí, nejdřív vyhledával významné muže a pak k nim dohledával další významné příbuzné. Ovšem jak by takovýto výzkum vypadal v případě, kdy bychom pozorovali, jak velký vliv má na inteligenci například prostředí ve kterém dítě vyrůstá, výchova a přístup rodičů nebo geny? Bylo by dítě, které by mělo ideální podmínky nejen pro učení úspěšnější než dítě, které by bylo nějakým způsobem znevýhodněno?

### 3.4 Kruskalův-Wallisův test

Pro ověření výsledků Galtonova výzkumu dědičnosti inteligence použijeme Kruskalův-Wallisův test. Galton ukázal, že počet významných mužů vzhledem k věhlasnému muži se v jednotlivých stupních příbuzenství snižuje. V době, kdy Galton tento výzkum prováděl, neměl tento test k dispozici, a proto tímto testem ověříme jeho výsledky objektivněji.

Test je používán, pokud se jedná o výběr z rozdělení, které se liší od normálního rozdělení. Necht'  $Y_{i1}, \dots, Y_{i,n_i}$  je výběr z nějakého rozdělení se spojitou distribuční funkcí  $F_i$ ,  $i = 1, \dots, I$ . Necht' všechny tyto výběry jsou na sobě nezávislé. Testujeme hypotézu

$$H_0: F_1(x) = \dots = F_I(x)$$

oproti alternativě  $H_A$ , že hypotéza  $H_0$  neplatí za platnosti  $H_0$ . Veličiny  $Y_{ij}$  tvoří sdružený náhodný výběr o rozsahu  $n = n_1 + \dots + n_I$ . Veličiny  $Y_{ij}$  se uspořádají do rostoucí posloupnosti a určí se pořadí jednotlivých veličin. (Anděl, 2007)

Pro kontrolu určení správnosti pořadí použijeme vztah:

$$T_1 + \dots + T_I = \frac{n(n+1)}{2},$$

kde  $T_1, \dots, T_I$  značí součet pořadí v jednotlivých skupinách. Testová statistika Kruskalova-Wallisova testu má tvar:

$$Q = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^I \frac{T_i^2}{n_i} - 3(n+1).$$

Pokud se v datech objevuje více než 25 % shodných pozorování, používá se korigovaná statistika, kde  $t_1, t_2, \dots$  označují počty shodných pozorování v jednotlivých skupinách veličin, které mají stejnou hodnotu. (Anděl, 2007)

Korigovaná statistika má tvar:

$$Q_{korig} = \frac{Q}{1 - (n^3 - n)^{-1} \sum (t_i^3 - t_i)}.$$

Za platnosti  $H_0$  má  $Q$  asymptoticky  $\chi^2$  rozdělení, když všechna  $n_i$  rostou nade všechny meze. Půjde o  $\chi^2$  rozdělení o  $(I - 1)$  stupních volnosti. Hypotézu  $H_0$  zamítneme, když  $Q \geq \chi_{I-1}^2(\alpha)$ . Pokud zamítneme  $H_0$ , je třeba rozhodnout, které dvojice výběrů se od sebe liší. Označíme si  $v_i = \frac{T_i}{n_i}, i = 1, \dots, I$ . Pokud bude platit vztah

$$|v_i - v_j| > \sqrt{\frac{1}{12} \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right) n(n+1) \chi_{I-1}^2(\alpha)},$$

řekneme, že distribuční funkce  $i$ -tého a  $j$ -tého výběru se od sebe významně liší. (Anděl, 2007)

Výběry pro nás představují jednotlivé stupně příbuzenství, které jsou tři. Data použijeme z tabulky 4. Testujeme hypotézu  $H_0: F_1(x) = F_2(x) = F_3(x)$  oproti alternativě  $H_A$ , že hypotéza  $H_0$  neplatí. V prvním kroku testu seřadíme hodnoty z tabulky 4 od nejmenší po největší a určíme průměrná pořadí jednotlivých pozorování. Pořadí pozorování jsou zaznamenána v tabulce 6. Pro jednotlivé stupně příbuzenství určíme součet pořadí:

- $T_1 = 1\,979$  pro 1. stupeň příbuzenství,
- $T_2 = 1\,669$  pro 2. stupeň příbuzenství,
- $T_3 = 1\,008$  pro 3. stupeň příbuzenství.

Hodnota	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pořadí	6	12	13	14,5	17,5	23	28	31	35,5	39	40,5
Počet shod	11	0	0	2	4	7	3	3	6	0	2
Hodnota	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	23
Pořadí	42	43	45	47	50	53	56,5	60,5	63	65	66
Počet shod	0	0	3	0	5	0	6	2	3	0	0
Hodnota	24	26	28	31	32	33	35	36	39	40	42
Pořadí	68	70,5	72,5	74	75	76	77,5	79,5	81	83	85
Počet shod	3	2	2	0	0	0	2	2	0	3	0
Hodnota	45	47	48	49	50	51	60	89			
Pořadí	86	87,5	89	90	92	94	95	96			
Počet shod	0	2	0	0	3	0	0	0			

Tabulka 6. Seřazené hodnoty

V dalším kroku ověříme, zda jsme správně určili pořadí jednotlivých pozorování:

$$1979 + 1669 + 1008 = \frac{96(96 + 1)}{2}$$

$$4656 = 4656.$$

Před dosazením hodnot do testové statistiky určíme počty pozorování v jednotlivých stupních příbuzenství:  $n_1 = 24$  pozorování v 1. stupni příbuzenství,  $n_2 = 32$  pozorování v 2. stupni příbuzenství a  $n_3 = 40$  pozorování ve 3. stupni pozorování.

Spočítáme hodnotu statistiky Q

$$Q = \frac{12}{96(96 + 1)} \left( \frac{1979^2}{24} + \frac{1669^2}{32} + \frac{1008^2}{40} \right) - 3(96 + 1) = 64,200.$$

Jelikož se v datech vyskytlo víc jak 25 % shod, použijeme k výpočtu korigovanou statistiku, kde se v čitateli zlomku dosadí počty shodných pozorování:

$$Q_{\text{korig}} = \frac{64,2}{1 - (96^3 - 96)^{-1} [8(2^3 - 2) + 4(3^3 - 3) + (4^3 - 4) + 2(5^3 - 5) + (6^3 - 6) + (11^3 - 11)]} = 64,343.$$

Hodnota  $\chi_2^2(0,95) = 5,99$  je menší než korigovaná statistika a tím pádem zamítáme hypotézu  $H_0$  a můžeme prohlásit, že mezi jednotlivými stupni příbuzenství jsou rozdíly.

Posledním krokem Kruskalova-Wallisova testu je porovnání jednotlivých stupňů příbuzenství mezi sebou:

- 1. a 2. stupeň příbuzenství

$$\left| \frac{1979}{24} - \frac{1669}{32} \right| > \sqrt{\frac{1}{12} \cdot \left( \frac{1}{24} + \frac{1}{32} \right) \cdot 96 \cdot (96 + 1) \cdot 5,99}$$

$$30,302 > 18,410,$$

- 1. a 3. stupeň příbuzenství

$$\left| \frac{1979}{24} - \frac{1008}{40} \right| > \sqrt{\frac{1}{12} \cdot \left( \frac{1}{24} + \frac{1}{40} \right) \cdot 96 \cdot (96 + 1) \cdot 5,99}$$

$$57,258 > 17,603,$$

- 2. a 3. stupeň příbuzenství

$$\left| \frac{1699}{32} - \frac{1008}{40} \right| > \sqrt{\frac{1}{12} \cdot \left( \frac{1}{32} + \frac{1}{40} \right) \cdot 96 \cdot (96 + 1) \cdot 5,99}$$

$$26,956 > 16,169.$$

I po porovnání výsledků v jednotlivých stupních příbuzenství mezi sebou, můžeme prohlásit, že jednotlivé stupně příbuzenství se od sebe významně liší.

Pro srovnání provedeme test i pro tabulku 5, ve které jsou údaje přepočítané na 100 věhlasných mužů. Postup bude úplně stejný. Hodnoty z tabulky 5 seřadíme od nejmenší po největší a určíme pořadí jednotlivých pozorování. Následně určíme součet pořadí pro jednotlivé stupně příbuzenství. Ty jsou v tomto případě následující:

- $T_1 = 1\ 954$  pro 1. stupeň příbuzenství,
- $T_2 = 1686$  pro 2. stupeň příbuzenství,
- $T_3 = 1\ 016$  pro 3. stupeň příbuzenství.

Počet pozorování v jednotlivých stupních příbuzenství zůstává stejný, tj.:  $n_1 = 24$  pozorování v 1. stupni příbuzenství,  $n_2 = 32$  pozorování v 2. stupni příbuzenství a  $n_3 = 40$  pozorování ve 3. stupni pozorování. Dále určíme počty shodných pozorování. Spočítáme hodnotu statistiky Q

$$Q = \frac{12}{96(96+1)} \cdot \left( \frac{1954^2}{24} + \frac{1686^2}{32} + \frac{1016^2}{40} \right) - 3(96+1) = 61,739.$$

Protože máme v datech víc než 25 % shodných pozorování, vypočteme i korigovanou statistiku, která bude mít hodnotu  $Q_{korig} = 61,948$ . Závěr testu je stejný jako v předchozím případě, hodnota  $\chi_2^2(0,95) = 5,99$  je menší než korigovaná statistika a tím pádem zamítáme hypotézu  $H_0$ . V posledním kroku mezi sebou porovnáme jednotlivé stupně příbuzenství:

- 1. a 2. stupeň příbuzenství

$$\left| \frac{1954}{24} - \frac{1686}{32} \right| > \sqrt{\frac{1}{12} \cdot \left( \frac{1}{24} + \frac{1}{32} \right) \cdot 96 \cdot (96+1) \cdot 5,99}$$

$$28,729 > 18,410$$

- 1. a 3. stupeň příbuzenství

$$\left| \frac{1954}{24} - \frac{1016}{40} \right| > \sqrt{\frac{1}{12} \cdot \left( \frac{1}{24} + \frac{1}{40} \right) \cdot 96 \cdot (96+1) \cdot 5,99}$$

$$56,016 > 17,603$$

- 2. a 3. stupeň příbuzenství

$$\left| \frac{1686}{32} - \frac{1016}{40} \right| > \sqrt{\frac{1}{12} \cdot \left( \frac{1}{32} + \frac{1}{40} \right) \cdot 96 \cdot (96+1) \cdot 5,99.}$$

$$27,287 > 16,169$$

Stejně jako u předchozích výpočtů můžeme prohlásit, že jednotlivé stupně příbuzenství se od sebe významně liší.

## 4 Statistické metody

Galtonovou celoživotní zálibou bylo počítání. Své největší objevy učinil v oblasti statistiky, kde se zasloužil o vynález pojmu korelace a regresní přímky.

### 4.1 Regresní přímka

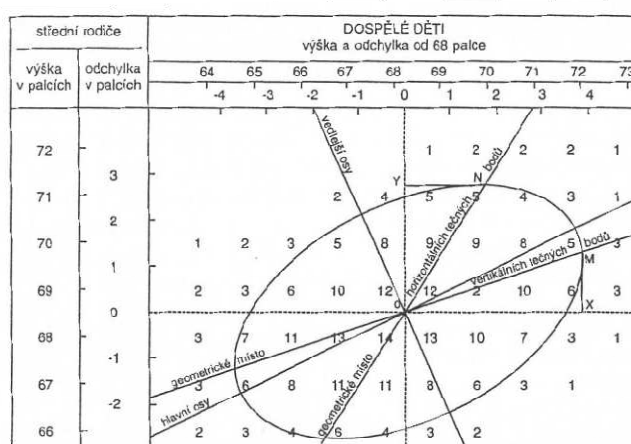
Galton učinil svůj největší objev až v pokročilém věku. Využíval výsledky, naměřené v antropologické laboratoři. Chtěl zjistit, jaký je vzájemný vztah mezi dvěma různými měřeními. U některých měření byly vztahy zřejmé. Příkladem může být to, že vyšší člověk bude vážit více. Ovšem ne u všech měření byl tento vztah jasný. Kdyby se mu podařilo přijít na to, jak jednotlivá měření mezi sebou souvisí nebo nesouvisí, mohl by přijít na to, jak změřit inteligenci. (Hunt, 2010)

Galton si u tělesných vlastností všiml, že děti vysokých rodičů bývají méně vysoké, i když byly stále nad průměrem, a děti malých rodičů nebyly malé, i když byly stále pod průměrem. Galton to nazval regrese k průměrnosti a sestavil rozptylový diagram. Do něj zaznamenal výšku 300 dětí a výšku průměrného rodiče, která představovala průměr z každého rodičovského páru. Do každého políčka tabulky zapsal počet dětí s danou výškou, jak můžeme vidět na obrázku8. (Hunt, 2010)

střední rodiče		DOSPĚLÉ DĚTI výška a odchylka od 68 palce									
výška v palcích	odchylka v palcích	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
		-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	
72	3						1	2	2	2	1
71	2				2	4	5	5	4	3	1
70	1	1	2	3	5	8	9	9	8	5	3
69	0	2	3	6	10	12	12	2	10	6	3
68	-1	3	7	11	13	14	13	10	7	3	1
67	-2	3	6	8	11	11	8	6	3	1	
66		2	3	4	6	4	3	2			

Obrázek 8. Rozptylový diagram (Hunt, 2010)

Vztah, který Galton hledal, mu odhalily elipsy a přímky, které zakreslil do tabulky. Toto můžeme vidět na obrázku 9. Čára, která spojila libovolnou množinu přibližně stejných hodnot, měla tvar nakloněné elipsy. Poté napříč elipsou spojil krajní horizontální a vertikální body. Čáry procházely v každém sloupci průměrnou výškou dětí a v každém řádku průměrnou výškou rodičů. Při libovolné pevné výšce rodiče – geometrické místo horizontálních tečných bodů, byla průměrná výška dětí ve dvou třetinách vzdálenosti od průměru v porovnání s touto vzdáleností u rodičů. To znamená, že děti byly o třetinu blíže k průměru populace než jejich rodiče. (Hunt, 2010)



Obrázek 9. Rozptylový diagram (Hunt, 2010)

Galton tímto objevil regresní přímky. Pokud by výšky dětí a rodičů byly stejné, obě regresní přímky by splynuly, kdyby mezi nimi naopak nebyl žádný vztah, byly by navzájem kolmé. V případě výzkumu Francise Galtona byly blízko sebe, což znamená, že vztah mezi oběma proměnnými byl někde mezi úplným vztahem a žádným vztahem.

## 4.2 Korelace

Galton ke svému dalšímu výzkumu použil svou antropometrickou laboratoř, ve které začal v roce 1888 s měřením výšky člověka a měřením obvodu hlavy. Výsledkem byl vynález pojmu co-relation, neboli korelace, která udává vztahy mezi dvěma proměnnými. Galton uvádí, že jedna proměnná je v korelaci s druhou proměnnou, jestliže změna jedné proměnné je doprovázena změnou druhé proměnné ve stejném směru. Můžeme říct, že



délka lokte muže je v korelaci s výškou postavy, protože vysocí muži budou mít ve většině případů i dlouhé lokty. O takovéto korelaci můžeme říct, že je těsná (*close*). Mírně těsná korelace (*moderately close co-relation*) by nastala v případě, že by při vysoké postavě délka lokte byla sice velká, ale ne moc. A délka lokte a výška postavy by nebyly v korelaci, kdyby byla délka lokte podprůměrná oproti výšce postavy. Galton své postupy shrnul v krátkém článku nazvaném *Co-relations and their Measurement, chiefly from Anthropometric data*. ([www.galton.org](http://www.galton.org))

Výška postavy v palcích	Délka levého lokte v palcích								Počet mužů
	pod 16,5	16,5 – 17	17 – 17,5	17,5 – 18	18 – 18,5	18,5 – 19	19 – 19,5	nad 19,5	
nad 71	0	0	0	1	3	4	15	7	30
70	0	0	0	1	5	13	11	0	30
69	0	1	1	2	25	15	6	0	50
68	0	1	3	7	14	7	4	2	38
67	0	1	7	15	28	8	2	0	61
66	0	1	7	18	15	6	0	0	48
65	0	4	10	12	8	2	0	0	36
64	0	5	11	2	3	0	0	0	21
pod 64	9	12	10	3	1	0	0	0	34
Počet mužů	9	25	49	61	102	55	38	9	348

Tabulka 7. Počty mužů v jednotlivých skupinách měření ([www.galton.org](http://www.galton.org))

Galton použil informace od 348 mužů starších 21 let. Data získal v antropometrické laboratoři v Jižním Kensingtonu, kde prováděl měření speciálně pro účely tohoto výzkumu. Kromě měření výšky postavy a délky levého lokte se zaměřil i na šířku hlavy, délku hlavy, délku levého prsteníčku a výšku pravého kolene od země. Délka lokte se měřila s rukou na břiše, a byla to vzdálenost od lokte po špičku prostředníčku. Následně zjišťoval, jaká je korelace mezi jednotlivými veličinami. ([www.galton.org](http://www.galton.org))

Galton nejdříve provedl měření jednotlivých částí těla. Počítal vztahy mezi dvěma veličinami v různých kombinacích. Jeho postup bude vysvětlen na měření délky levého lokte a výšky postavy. Veškerá měření uváděl v palcích. Naměřené hodnoty délky levých loktů všech mužů seřadil do posloupnosti  $U_{(1)}^L \leq \dots \leq U_{(n)}^L$ , kde  $n = 348$ , kterou rozdělil na 4 stejně velké části a určil tak dolní kvartil  $Q_1^L$ , medián  $M^L$  a horní kvartil  $Q_3^L$ . Stejně postupoval při měření výšky postavy. V tabulce 8 bude  $Q^P$  značit mezikvartilové rozpětí pro výšku postavy a  $M^P$  medián pro výšku postavy. Průměrné mediány a mezikvartilové rozpětí jednotlivých veličin byly následující:

- délka levého lokte – 18,05 a 0,56,
- výška postavy – 67,2 a 1,75.

Při zkoumání korelace mezi výškou postavy a délkou levého lokte si může rozdělil do jednotlivých skupin, jak můžeme vidět v tabulce 7. Nejdříve si může rozdělil podle délky levého lokte. Poté si může v takto vytvořených skupinách rozdělil podle výšky postavy. V prvním sloupci tabulky 8 vidíme počty mužů, které odpovídají poslednímu řádku tabulky 7. Ovšem Galton do dalších výpočtů nezahrnul dvě skupiny mužů, a to ty, s loktem kratším než 16,5 palců a delším než 19,5 palců. Při dalších výpočtech tedy Galton pracoval s následujícími šesti skupinami mužů:

- 1. skupina s délkou levého lokte 19 – 19,5 palců s 38 muži,
- 2. skupina s délkou levého lokte 18,5 – 19 palců s 55 muži,
- 3. skupina s délkou levého lokte 18 – 18,5 palců se 102 muži,
- 4. skupina s délkou levého lokte 17,5 – 18 palců s 61 muži,
- 5. skupina s délkou levého lokte 17 – 17,5 palců s 49 muži a
- 6. skupina s délkou levého lokte 16,5 – 17 palce s 25 muži.

Dále si pro jednotlivé skupiny mužů, rozříděných podle délky levého lokte vypočítal průměrnou délku lokte  $X_i^L$  a průměrnou výšku postavy  $X_i^P$ , kde  $i = 1, \dots, 6$ . Vypočítané hodnoty můžeme vidět v tabulce 8. Centrováním přešel na hodnoty  $Y_i^L$ , které jsou vypočteny jako rozdíl průměrné délky levého lokte  $i$ -té skupiny ( $X_i^L$ ) a mediánu ( $M^L$ ), tj.  $Y_i^L = X_i^L - M^L$ .

Aby mohl mezi sebou jednotlivé veličiny porovnávat, vypočetl hodnoty, které jsou v tabulce 8 označeny jako  $Z_i^L$  ( $Z_i^P$ ) a jsou dány jako  $Z_i^L = \frac{Y_i^L}{Q}$ , kde  $Q$  značí mezikvartilové rozpětí, tj.  $Q = \frac{Q_1^L - Q_3^L}{2}$ . Tímto škálováním přešel na novou jednotku, kterou bylo mezikvartilové rozpětí, tedy jednotka variability. V dnešní terminologii se jedná o standardizaci proměnné převodem k nové jednotce měření, a sice ke směrodatné odchylce.

Počet mužů	$X_i^L$	$Y_i^L$	$Z_i^L$	$X_i^P$	$Y_i^P$	$Z_i^P$	$Z_i^{Ps}$	$Z_i^{Ps} \cdot Q^P$	$(Z_i^{Ps} \cdot Q^P) + M_P$
38	19,25	+1,25	+2,14	70,30	+3,10	+1,8	+1,70	+3,00	70,20
55	18,75	+0,70	+1,25	68,70	+1,50	+0,9	+1,00	+1,80	69,00
102	18,25	+0,20	+0,36	67,40	-0,20	+0,10	+0,28	+0,50	67,70
61	17,75	-0,30	-0,52	66,30	-0,90	-0,50	-0,43	-0,80	66,40
49	17,25	-0,80	-1,42	65,00	-2,20	-1,30	-1,15	-2,00	65,20
25	16,75	-1,30	-2,31	63,70	-3,50	-2,00	-1,85	-3,20	64,00

Tabulka 8. Výpočty k výšce postavy a délce levého lokte. Data jsou původní, ale označení sloupců je ve shodě se značením v této práci. (www.galton.org, upraveno)

Nakonec Galton hledal  $r$  takové, aby ideálně pro všechna  $i$  platil vztah  $Z_i^P = r \cdot Z_i^L$ . Zřejmě zkusným dosazováním přišel na to, že tato rovnost platí s dostatečnou přesností pro všechna  $i$  při  $r = 0,8$ .

V tabulce 8 jsou ve sloupci s označením  $Z_i^{Ps}$  vyhlazené hodnoty. Jsou to hodnoty, které jsou zaokrouhlené a vypočítané jako  $Z_i^{Ps} = r \cdot Z_i^L$ . Aby mohl zpětně porovnávat jednotlivá měření v původních jednotkách, kterými byly palce, vynásobil nejdříve tyto vyhlazené hodnoty mezikvartilovým rozpětím pro výšku postavy, tyto hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 8 ve sloupci označeném  $Z_i^{Ps} \cdot Q_P$ . Následně k těmto hodnotám přičetl medián pro výšku postavy, tyto hodnoty jsou v posledním sloupci tabulky 8.

Při zjišťování korelace mezi ostatními naměřenými veličinami postupoval Galon analogicky. Hodnoty korelací  $r$ , vyšly následovně:

- 0,8 mezi výškou postavy a délkou lokte,

- 0,35 mezi délkou hlavy a výškou postavy,
- 0,7 mezi délkou prostředníčku a výškou postavy,
- 0,45 mezi šířkou a délkou hlavy,
- 0,9 mezi výškou kolene a výškou postavy,
- 0,8 mezi délkou levého lokte a výškou pravého kolene a
- 0,85 mezi délkou prostředníčku a délkou levého loktu.

Po srovnání výsledků se Galtonovi vztah mezi jednotlivými částmi těla ukázal jako blízký.  
([www.galton.org](http://www.galton.org))

#### 4.2.1 Pearsonův korelační koeficient

Přesný postup, jak vypočítat korelační koeficient, aniž bychom museli vykreslovat rozptylový diagram, vymyslel až Galtonův žák Karl Pearson. Korelační koeficient označil prvním písmenem ze slova regrese  $r$ , což má odkazovat na Galtona, který je vynálezcem tohoto pojmu (Schultz, 1975).



Obrázek 10. Zleva Karl Pearson a Francis Galton

Karl Pearson žil v letech 1857 – 1936. Tento anglický matematik a filosof je zakladatelem biometrie, vědy, která aplikuje matematickou statistiku na biologii. Mezi

jeho objevy z oblasti statistiky můžeme zařadit: korelační koeficient, metodu momentů, p hodnotu, chí kvadrát a chí vzdálenost. Pearson byl žákem a později životopiscem Francise Galtona. Galtona a Pearsona můžeme vidět na obrázku 10. ([www.ucl.ac.uk](http://www.ucl.ac.uk))

Pearson rozvinul Galtonovu myšlenku korelace. Pro libovolné dva soubory dat byly získány korelace v rozmezí -1 až 1. Pearsonovi v případě Galtonova výzkumu výšky rodičů a dětí vyšel korelační koeficient  $r = 0,47$ . To znamená, že děti byly v průměru o polovinu blíže k průměru populace než jejich rodiče. (Hunt, 2010)

Metoda výpočtu korelace podle Pearsona se používá dodnes. Korelační koeficient našel své uplatnění v mnoha oborech. Příkladem může být psychologie, přírodní vědy nebo strojírenství. Korelační koeficient nabývá hodnot z intervalu  $\langle -1, 1 \rangle$  a je definován vztahem:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Na závěr kapitoly se podíváme na vztah mezi Galtonovým vzorcem pro výpočet korelačního koeficientu, který bude v této části označen jako  $r^G$  a Pearsonovým vzorcem, označeným  $r^P$ . Galton při výpočtech hledal  $r^G$  takové, aby ideálně pro všechna  $i$  platila rovnost  $Z_i^X = r^G \cdot Z_i^Y$ . Postupnými úpravami Pearsonova vzorce pro výpočet korelačního koeficientu  $r^P$  dojdeme ke Galtonovu korelačnímu koeficientu  $r^G$ :

$$\begin{aligned} r^P &= \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}} \cdot \frac{(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_j - \bar{Y})^2}} = \\ &= \sum_{i=1}^n Z_i^X \cdot Z_i^Y = \sum_{i=1}^n r^G \cdot Z_i^Y \cdot Z_i^Y = \sum_{i=1}^n r^G \cdot (Z_i^Y)^2 = \\ &= r^G \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{\sum_{j=1}^n (Y_j - \bar{Y})^2} = r^G \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{\sum_{j=1}^n (Y_j - \bar{Y})^2} = r^G \cdot 1 = r^G. \end{aligned}$$

## 5 Eugenika

Velký vliv na Galtona mělo dílo *O původu druhů*, které publikoval jeho bratranec Charles Darwin, zakladatel evoluční teorie. Darwin aplikoval na zvířecí druhy myšlenku, že vývoj druhů se uskutečňuje pomocí výběru vhodného partnera mezi živočichy. Galton si tuto myšlenku převedl na lidskou rasu. (Hunt, 2010)

Galton přišel s pojmem eugenika. Slovo eugenika pochází z řečtiny a překládá se jako „dobře narozený“ (Neužilová, 2013). Jedná se o vědu, která má za cíl zlepšit lidskou rasu a zabránit degeneraci genetického potenciálu. Nevhodným lidem by mělo být zakázáno přivádět na svět potomky. Do této skupiny lidí Galton zařadil lidi postižené šílenstvím, neinteligentní lidi, vězně a nemajetné lidi. Společnost by měla mít zájem na tom, aby se uzavíraly jen vhodná, neboli eugenická manželství, která měla zaručit, že se budou rodit vhodní a zdraví potomci. ([www.galton.org](http://www.galton.org))

Aby myšlenka eugeniky dobře fungovala, bylo důležité dodržovat následující plán. Bylo nutné šířit znalosti zákonů dědičnosti a podporovat studium zákonů dědičnosti. Dále bylo potřeba provést historický výzkum významných společenských rodin a shromáždit fakta o rodinách, které mají významné členy. Mělo se zabránit nevhodným manželstvím, například mezi příbuznými. Nejdůležitější bylo vytrvat, jelikož plán nemohl začít fungovat okamžitě. ([www.galton.org](http://www.galton.org))

Prvním ze tří stupňů, kterými eugenika měla projít, bylo seznámení akademické půdy s touto vědou, a eugenika musela být přijata jako fakt. Ve druhém stupni měla být eugenika uznána jako věda, která si zaslouhuje velkou pozornost. Třetím a posledním stupněm bylo zavedení eugeniky do povědomí národa a národ měl tuto vědu přijmout jako nové náboženství. ([www.galton.org](http://www.galton.org))

Na počátku 20. století se v mnoha zemích začaly prosazovat tzv. sterilizační zákony, které měly za cíl omezit reprodukci nevhodných lidí, například epileptiků, mentálně, nebo duševně postižených lidí. Tyto zákony byly prosazovány v USA, Dánsku nebo Německu, kde myšlenka eugeniky měla největší dopad v době druhé světové války.

S eugenikou se setkáváme i v dnešní době, ovšem omezuje se pouze na těhotenství. Interrupce je doporučována v případě, že genetické testy odhalí dědičnou chorobu plodu.

Dále se s eugenikou může setkat při výběr vhodného dárce při umělém oplodnění nebo při sterilizaci mentálně postižených nebo zločinců. ([www.engel.oxo.cz](http://www.engel.oxo.cz))

## 6 Závěr

Ve své práci jsem čtenářům představila vědce Francise Galtona, který svými výzkumy přispěl mnoha vědním oborům. Představila jsem Francise Galtona jako cestovatele, který díky výpravám, které ho zavedly nejen do Afriky, napsal mnoho cestopisných knih. Meteorologii přispěl novými pojmy, kterými byly tlaková výše a tlaková níže. Vytvořil systém identifikace osob pomocí otisků prstů a věnoval se překrývání fotografií. V druhé kapitole jsem popsala mentální testy, které měřily různé lidské vlastnosti a schopnosti, díky kterým mohl provádět další výzkumy. Tyto výzkumy ho přivedly k objevu regresní přímky a korelace. V kapitole Dědičnost geniality jsem představila Galtonův dlouholetý výzkum zaměřený na inteligenci a to, zda se inteligence dědí. V poslední kapitole jsem představila eugeniku, vědu, která si kladla za cíl zlepšit lidskou rasu.

Galton napsal mnoho knih a vědeckých prací, ale ani jediná není přeložena do českého jazyka. Většina jeho prací, je volně přístupná na internetových stránkách [www.galton.org](http://www.galton.org), a z této stránky jsem také čerpala při psaní této práce. Nejnáročnější pro mě byla práce s anglickým textem.



## 7 Seznam příloh

Obrázek 1. Francis Galton s manželkou Luisou (www.galton.org) .....	9
Obrázek 2. Galtonova mapa z výpravy do jihovýchodní Afriky (www.galton.org) .....	10
Obrázek 3. Mapa vzdáleností destinací id Londýna (www.galton.org) .....	11
Obrázek 4. Meteorologická mapa (www.galton.org) .....	12
Obrázek 5. Překrývání fotografií (www.galton.org) .....	13
Obrázek 6. Galtonova píšťala (www.utsic.escalator.utoronto.ca).....	15
Obrázek 7. Antropometrická laboratoř (www.galton.org) .....	15
Obrázek 8. Rozptylový diagram (Hunt, 2010) .....	31
Obrázek 9. Rozptylový diagram (Hunt, 2010) .....	32
Obrázek 10. Zleva Karl Pearson a Francis Galton .....	36

## 8 Zdroje

ANDĚL, Jiří. *Statistické metody*. 4., upr. vyd. Praha: Matfyzpress, 2007. ISBN 978-80-7378-003-6.

GALTON, Francis. 1892. *Hereditary Genius*. London: Macmillan and Co. Dostupné z : [www.galton.org/](http://www.galton.org/) zed ne 1.12.2015

GALTON, Francis. 1908. *Memories of My Life*. London: Methuen. Dostupné z: [www.galton.org/](http://www.galton.org/) ze dne 20.10.2015

HUNT, Morton M. *Dějiny psychologie*. Vyd. 2. Praha: Portál, 2010, 708 s. ISBN 978-80-7367-814-2.

NEUŽILOVÁ, Iveta. *Přínos Francise Galtona vědám o člověku* [online]. Plzeň, 2013, 2015-11-12 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: [https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/9497/Neuzilova\\_Iveta\\_BP.pdf?sequence=1](https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/9497/Neuzilova_Iveta_BP.pdf?sequence=1).

SCHULTZ, Duane P. 1975. *A History of Modern Psychology*. 2. New York: Academic Press, 395 p. ISBN 0-12-633042-5

URBÁNEK, Tomáš, DENGLEROVÁ Denisa a ŠIRŮČEK Jan. *Psychometrika: měření v psychologii*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2011, 319 s. ISBN 978-80-7367-836-4.

WATSON, Robert Irving. *Basic Writings in the History of Psychology*. 1. New York: Oxford University Press, 1979. ISBN 9780195024432.

*Francis Galton: Francis Galton as Explorer and Geographer* [online]. [cit. 2015-10-18]. Dostupné z: [www.galton.org](http://www.galton.org)

*Francis Galton: Francis Galton as Statistician* [online]. [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: [www.galton.org](http://www.galton.org)

*Royal Geographical Society: About the Society* [online]. [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: [www.rgs.org/](http://www.rgs.org/)

Department of Statistical Science. *London's Global University* [online]. London [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: [www.ucl.ac.uk/statistics/department/pearson](http://www.ucl.ac.uk/statistics/department/pearson)

Scientific Instruments Collection. *University of Toronto* [online]. 2012 [cit. 2016-02-18]. Dostupné z: [www.utsic.escalator.utoronto.ca](http://www.utsic.escalator.utoronto.ca)

Wikipedia: The Free Encyclopedia. *Charles Hutton* [online]. 2016 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Wikipedia: The Free Encyclopedia. *James Hutton* [online]. 2016 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Wikipédia: L'encyclopédie libre. *Charles Hutton* [online]. 2016 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: [www.fr.wikipedia.org](http://www.fr.wikipedia.org)

Eugenika a medicína. *Engel* [online]. [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: [www.engel.moxo.cz/eugenika\\_soubory/Page534.htm](http://www.engel.moxo.cz/eugenika_soubory/Page534.htm)