



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

ANALÝZA ROZDÍLŮ V PSANÍ NA PAPÍR VERSUS PSANÍ NA DIGITALIZAČNÍ DISPLEJ

DIFFERENTIAL ANALYSIS OF ONLINE HANDWRITING VERSUS PEN AND PAPER HANDWRITING.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ivo Plaček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ján Mucha, Ph.D.

BRNO 2023

Diplomová práce

magisterský navazující studijní program **Telekomunikační a informační technika**

Ústav telekomunikací

Student: Bc. Ivo Plaček

ID: 232310

Ročník: 2

Akademický rok: 2022/23

NÁZEV TÉMATU:

Analýza rozdílů v psaní na papír versus psaní na digitalizační displej

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

V rámci práce bude provedena diferenční analýza v klasickém psaní na papír a v psaní na digitalizační tablet s dotykovou obrazovkou (Wacom Pen Display). Přirozené psaní bude simulovat digitalizační tablet (Wacom Intuos překrytý papírem) a speciální inkoustové pero (Wacom Inking Pen). Cílem práce je zjistit, jestli je možné nahradit klasické psaní na papír, psaním na displej při analýze grafomotorických obtíží (např. u Parkinsonovy nemoci). V rámci práce budou nasbíraná data alespoň od 70 osob různých věkových kategorií pomocí obou zmíněných tabletů. Data budou vhodně parametrizována a následně podrobena statistické analýze.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] GERTH, Sabina, et al. Adapting to the surface: A comparison of handwriting measures when writing on a tablet computer and on paper. *Hum Mov Sci.* 2016;48:62-73. doi:10.1016/j.humov.2016.04.006

[2] MAYER, Carmen, et al. Literacy training of kindergarten children with pencil, keyboard or tablet stylus: The influence of the writing tool on reading and writing performance at the letter and word level. *Frontiers in psychology*, 2020, 10: 3054.

Termín zadání: 6.2.2023

Termín odevzdání: 19.5.2023

Vedoucí práce: Ing. Ján Mucha, Ph.D.

prof. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce představuje základní seznámení s písmem a jeho vývojem, poruchami písma, použitými zařízeními pro online písmo a jejich software. Obsahuje také sesbíraná data, která jsou následně analyzována pro zjištění rozdílu mezi testovanými zařízeními.

Hlavní část práce je věnována vyhodnocení rozdílů psaní na papír a digitalizační tablet, jak z pohledu rozdílů jednotlivých parametrů, tak i z pohledu ovlivnění rozdílů těchto parametrů věkovými skupinami respondentů a jejich pohlavími.

V průběhu práce bylo provedeno porovnání jednotlivých parametrů, proveden T-test mezi parametry v jednotlivých skupinách vytvořených podle věku respondentů, ale i mezi jejich pohlavími. Následně byla provedena korelační analýza a v závěru práce zhodnocení výsledků, kdy byly zjištěny rozdíly v rychlosti písma, jeho šířce a tlaku na pero při psaní na jednotlivých zařízeních.

Klíčová slova

Písmo, historie písma, online písmo, poruchy písma, digitalizační tablet, software, t-test, korelační analýza

Abstract

The presented diploma thesis presents a basic introduction with the writing and its development, writing disorders, used devices for online writing and their software. It also contains the collected data, which is then analyzed to determine the difference between the tested devices.

The main part of the work is devoted to the evaluation of the differences between writing on paper and digitizing tablets, both from the point of view of the differences in individual parameters, and also from the point of view of the influence of the differences in these parameters by the age groups of the respondents and their gender. In the course of the work, a comparison of individual parameters was performed, a T-test was performed between parameters in individual groups created according to the age of the respondents, but also between their genders. Subsequently, a correlation analysis was carried out and, at the end of the work, an evaluation of the results, when differences were found in the speed of writing, its width and the pressure on the pen when writing on individual devices..

Keywords

Writing, history of writing, online writing, writing disorders, digitizing tablet, software, t-test, correlation analysis

Bibliografická citace

PLAČEK, Ivo. *Analýza rozdílů v psaní na papír versus psaní na digitalizační displej*. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/151105>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací. Vedoucí práce Ján Mucha.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	<i>Ivo Plaček</i>
VUT ID studenta:	<i>232310</i>
Typ práce:	<i>Diplomová práce</i>
Akademický rok:	<i>2022/23</i>
Téma závěrečné práce:	Analýza rozdílů v psaní na papír versus psaní na digitalizační displej

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 15. května 2023

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Jánu Muchovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat paní Mgr. Zdeňce Pavlíčkové, ředitelce ZŠ ve Velkém Beranově za vstřícnost, výbornou spolupráci a výběr žáků pro srovnávací cvičení.

V Kozlově dne: 15.května 2023

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	8
SEZNAM TABULEK.....	9
ÚVOD	10
1. PÍSMO.....	11
1.1 VÝVOJ PÍSM A JEHO CHARAKTERISTIKA	11
1.2 VĚDY ZABÝVAJÍCÍ SE PÍSMEM A JEHO DĚJINAMI	12
1.3 PORUCHY PÍSM.....	13
2. ONLINE PÍSMO	15
2.1 ZAŘÍZENÍ PRO ONLINE PÍSMO.....	16
2.1.1 Porovnání některých digitalizačních zařízení	16
2.2 DIGITALIZAČNÍ TABLET WACOM	18
2.2.1 Digitalizační tablet WACOM Cintiq DTK 1660	18
2.2.2 Tablet WACOM Intuos PTK 650.....	19
2.3 SOFTWARE HANDAQUUS	21
2.4 POUŽITÍ SOFTWARE	22
3. SROVNÁVACÍ TEST PSANÍ.....	23
3.1 VLASTNÍ PROVEDENÍ TESTU	24
3.1.1 Srovnávací test s dospělými respondenty.....	24
3.1.2 Srovnávací test s dětskými respondenty.....	25
3.1.3 Subjektivní pohled respondentů.....	25
4. TEORIE K VÝPOČTU PARAMETRŮ A POUŽITÝCH STATISTICKÝCH TESTŮ	26
4.1 PARAMETRICKÉ TESTOVÁNÍ – T TEST.....	26
4.2 KORELACE	29
4.2.1 Příklady korelací.....	33
5. PŘEDSTAVENÍ SESBÍRANÝCH DAT	34
6. SHRUTÍ SROVNÁVACÍHO TESTU	36
7. ANALÝZA ZÍSKANÝCH DAT.....	37
7.1 POROVNÁNÍ ROZDÍLŮ PARAMETRŮ.....	40
7.2 T – TEST MEZI PARAMETRY	49
7.3 KORELAČNÍ ANALÝZA.....	53
8. CELKOVÉ ZHDNOCENÍ A ZÁVĚR	59
LITERATURA.....	61
SEZNAM PŘÍLOH.....	63

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1 Ukázka úkolu psaní smyček bez grafomotorických obtíží (horní část obrázku) a s grafomotorickými obtížemi (spodní část obrázku).....	14
2.1 Znázornění jednotlivých modalit okolo pera	15
2.2 Digitalizační tablet Wacom Cintiq DTK 1660.....	19
2.3 Tablet Wacom Intuos 5 PTK 650	20
2.4 Vizualizace připojení aplikace Wintab k ovladači tabletu	21
2.5 Ukázka pracovní plochy při spuštěném software HandAQUUS	22
3.1 Předloha cvičení – smyčky	23
3.2 Předloha cvičení – věta	23
3.3 Pracoviště pro provedení srovnávacího testu.....	24
5.1 Grafické znázornění počtu respondentů v jednotlivých skupinách.....	34
5.2 Rozložení počtu jednotlivých pohlaví.....	35
5.3 Grafické vyjádření rozdělení respondentů podle vzdělání	35
7.1 Diagram postupu při porovnání zařízení a analýzy dat	39
7.2 Znázornění průměrných rozdílů mezi věkovými skupinami.....	41
7.3 Znázornění průměrných rozdílů mezi věkovými skupinami.....	41
7.4 Znázornění průměrných rozdílů mezi věkovými skupinami.....	42
7.5 Znázornění průměrných rozdílů mezi věkovými skupinami.....	42
7.6 Grafické znázornění rozdílů v rychlosti psaní – úkol věta.....	43
7.7 Grafické znázornění rozdílů v rychlosti psaní – úkol smyčky	44
7.8 Grafické znázornění rozdílů náklonu pera	44
7.9 Grafické znázornění rozdílů v tlaku na pero – úkol věta	45
7.10 Grafické znázornění rozdílů v tlaku na pero – úkol smyčky.....	45
7.11 Znázornění parametru šířka tahu – úkol věta.....	46
7.12 Znázornění parametru doba trvání zdvihu – úkol věta.....	47
7.13 Znázornění parametru doba trvání psaní – úkol věta	47

SEZNAM TABULEK

Tabulka 5.1	Tabulka průměrného věku respondentů	34
Tabulka 7.1	Tabulka jednotlivých parametrů psaní	38
Tabulka 7.2	T-test mezi parametry jednotlivých věkových skupin (úkol smyčky)	49
Tabulka 7.3	T-test mezi parametry jednotlivých věkových skupin (úkol věta)	50
Tabulka 7.4	T-test mezi parametry úkolu smyčky a věta	51
Tabulka 7.5	T-test mezi parametry (skupina ženy – muži)	52
Tabulka 7.6	Hodnota korelačních koeficientů pro 1. věkovou skupinu úkol věta	54
Tabulka 7.7	Hodnota korelačních koeficientů pro 2. věkovou skupinu úkol věta	54
Tabulka 7.8	Hodnota korelačních koeficientů pro 3. věkovou skupinu úkol věta	55
Tabulka 7.9	Hodnota korelačních koeficientů pro 4. věkovou skupinu úkol věta	55
Tabulka 7.10	Hodnota korelačních koeficientů pro 1. věkovou skupinu - úkol smyčky	56
Tabulka 7.11	Hodnota korelačních koeficientů pro 2. věkovou skupinu - úkol smyčky	56
Tabulka 7.12	Hodnota korelačních koeficientů pro 3. věkovou skupinu úkol smyčky	57
Tabulka 7.13	Hodnota korelačních koeficientů pro 4. věkovou skupinu - úkol smyčky	57

ÚVOD

Práce se zaměřuje na posouzení možnosti nahradit psaní na papír psaním na digitalizační displej.

V první kapitole diplomové práce je představeno písmo, jeho historie a charakteristiky. Následující kapitola seznamuje s online písmem, a zařízením pro jeho záznam. Práce také v základu přibližuje poruchy písma. Popisuje základní parametry online písma a následně seznamuje s porovnávacím testem při psaní na papír a digitalizační tablet. Dále následuje obeznámení s motivací pro srovnávací test, seznámení s použitými nástroji ke srovnávacímu testu a přehledem sesbíraných dat. V dalších kapitolách se již práce zaměřuje na vlastní analýzu parametrů pro zjištění rozdílu v psaní na jednotlivá zařízení. Je zde představena teorie statistických testů. Jde zejména o t- test a korelační analýzu.

Hlavním cílem je porovnání písma na digitalizačním tabletu s dotykovou obrazovkou a tabletu překrytým papírem, obsahuje tedy i anonymizovanou tabulku účastníků, kteří podstoupili srovnávací test psaní. Výstupem této práce je zjištění, zda lze nahradit klasické psaní na papír psaním na displej digitalizačního tabletu při analýze grafomotorických obtíží. Proto práce zmiňuje i hlavní motivaci, proč se toto srovnání provádí.

Diplomová práce obsahuje rovněž grafické rozložení skupin účastníků z pohledu pohlaví, věku a vzdělání. V průběhu srovnávacího testování byly zaznamenány vzorky písma od 70 účastníků. Věkové rozložení, pohlaví a dosažené vzdělání je uvedeno v tabulce v příloze A A.1 – Databáze účastníků.

Závěrem práce seznamuje s významnými poznatky získanými při srovnávacím testu a předkládá přehledné výstupy v podobě grafů a tabulek získaných ze získaných dat. Následují tabulky a grafy znázorňující jednotlivé rozdíly, výsledky párového t-testu a korelační analýzy. V závěrečné kapitole jsou shrnuty jednotlivé poznatky a rozdíly v parametrech v závislosti na věku respondentů, či jejich pohlaví a samotné zhodnocení nahraditelnosti psaní na papír digitalizačním tabletem.

1. PÍSMO

Grafické znaky, kterým se obecně říká písmena, a které odpovídají hláskové soustavě národních jazyků, říkáme písmo. Uspořádaná soustava těchto znaků se potom nazývá abeceda. Během základní školní výuky se učíme správně používat písmo, a této dovednosti se říká psaní. Každý jedinec si vytvoří osobitý styl psaní jako systém pohybů, a takový individuální systém se nazývá rukopis. [1]

1.1 Vývoj písma a jeho charakteristika

Lze předpokládat, že potřeba psaného projevu vzešla z nutnosti zachytit a uchovávat lidské myšlenky. Psaní lze charakterizovat vytvářením samotného tvaru písmen, jejich spojování za vzniku slov, což nám představuje grafickou složku písma. Dále se provádí zápis vlastní myšlenky, k čemuž se užívá aktuální pravopis. O této složce lze hovořit jako o složce pravopisné. Z uvedeného vyplývá, že mezi oběma složkami existuje souvislost. Pravopis neboli ortografie je souhrn pravidel k používání **grafémů**, což jsou písmena a další znaky, např. diakritika.

K tomu, abychom byli schopni psát, musí se použít specifického, koordinovaného pohybu, který se označuje jako **grafomotorika**. Toto složené slovo vychází z řeckého označení pro pojem psát – *grafó* a latinského označení pro pohyb – *motus*. [2]

Mnohdy se však také texty opisují, obkreslují se obrázky, čteme text a doplňuje se odpověď. K tomuto jsou využívány také specifické schopnosti, kterým se říká **vizuomotorické**. Jde o propojení senzorických a motorických funkcí. Obecně lze říct, že jde o přenos viděného na psací plochu. [3]

Kdy se nějaká forma písma objevila poprvé, lze jen spekulovat. Historie lidstva tak jak jej chápeme dnes, pouze s tím rozdílem, že jeho znalosti zřejmě nedosahovaly těm dnešním, se udává okolo 100 000 let. Jak tehdejší člověk komunikoval, zda používal nějakou formu písma, dnes už asi nezjistíme. Dochovaly se nám ale nástěnné malby v jeskyních, které můžeme považovat za jakousi prvotní formu uchovávání informace. Tyto jeskynní malby nám dokládají, že tehdejší člověk měl analytické schopnosti a dokázal na jevy, které jej obklopovaly, reagovat. Lze také říct, že potřeba uchovávat a předávat informace, byla i v tehdejší společnosti velice důležitá. Nejstarší jeskynní malby jsou údajně staré cca 20 000 let.

Dnes již lze stěží s jistotou určit, jaká byla posloupnost vývoje uchování informací. Jedno je však jisté – doba, po kterou se moderní člověk vyvíjel, poskytovala dostatek času k rozvoji řeči a jejímu zdokonalování, což nakonec vedlo k potřebě vyvinout prostředek, jak zachytit dění okolo sebe mimo vlastní paměť.

K vynálezu písma vedl čistý pragmatismus. Bylo potřeba zaznamenávat množství například drůbeže, skotu, obilí, pozemkovou výměru a mnoho dalších věcí, které nebylo možné si pamatovat. [4]

Zřejmě se tedy nejprve vyvinula nějaká forma obrázkového písma, kde určitý znak představoval konkrétní věc, zvíře atd. až po formu znaku, který je spjat s určitým zvukem neboli hláskou.

Díky tomuto zřejmě nejpřevratnějšího lidského vynálezu, mají národy svoji historii. Písmo samozřejmě mělo také vliv na vytvoření základů vědeckých oborů, astronomie, matematiky, ale i kultury, divadla a poezie.

1.2 Vědy zabývající se písmem a jeho dějinami

Dějiny písma se zabývá **paleografie**, která má široké pojetí v pohledu na písmo. Někteří badatelé vidí význam paleografie ve zkoumání dějin písma z pohledu datace historických textů, ale k dějinám písma se staví zdrženlivě. Paleografie se zabývá nejen vývojem písma a obecně grafických znaků, ale obecně zkoumá vývoj způsobu psaní a látek ke psaní potřebných.

Paleografie spolupracuje s příbuznými odvětvími, jako je

- **numismatika** - historická věda zabývající se platebními prostředky,
- **diplomatika** - pomocná věda historická, zabývá se studiem úředních písemností po formální a obsahové stránce.
- **epigrafika** - je pomocná věda historická, která se zabývá zejména interpretací nápisů na materiálech, které obvykle neslouží k běžnému psaní. Lze tedy uvažovat nápisy na kamenech, zvonech podstavcích soch, ale může jít například i o graffiti.
- **sfragistika** - pomocná věda historická zkoumající znaky na pečetích.

Obecně lze velmi těžko určit, kde bylo poprvé použito písma. Mnozí badatelé řadí mezi písmo i písmo obrázkové, vyskytující se v období pravěku jako již zmíněné různé malby a obrazce, vyjadřující obrazovou formou určitý děj. Jeden takový obrázek nám v podstatě nahrazuje klasicky psanou větu. Dnes uvedeným stylizovaným a srozumitelným obrázkům říkáme piktogramy. Slovo je odvozené od latinského slova **pictus**, což znamená obraz. Takovéto piktogramy často používáme na nádražích, letištích a podobných místech pro jejich mezinárodní význam.

Písmo si prošlo složitým vývojem. Mnohé dnes již zaniklé civilizace vytvářely různé způsoby zaznamenávání myšlenek a zážitků ať již pomocí klínového písma, které bylo vytlačováno rákosou do hliněných tabulek ve starověké Mezopotámii, nebo písma ve starověkém Egyptě, kdy se používalo písma hieroglyfického, což byly posvátné symboly. Jeho zjednodušením vzniklo písmo hieratické, z něhož se vyvinulo písmo démotické. Obrázkové písmo se užívá i dnes (Čína, Japonsko) [2]

1.3 Poruchy písma

Obecně se poruchy grafického projevu nazývají **dysgrafie**. Protože mezi grafické projevy patří i psaní, lze takto i označit poruchu psaní. Slovo dysgrafie je řeckého původu a doslova lze přeložit jako *dys* – porušené a *grafein* – psát, tedy porušené psaní. K těmto problémům může docházet v raném věku u dětí, kde poruchy tohoto typu nesouvisí s intelektem. Ale problém s psaním a obecně grafickým projevem mívají i lidé postižení Parkinsonovou nemocí. Často také hovoříme o grafomotorických obtížích, neboť toto postižení ovlivňuje koordinaci pohybu.

Projevem dysgrafie je mnohdy záměna tvarově podobných písmen, navazování písmen jedno na druhé, nedodržování stejné velikosti jednotlivých znaků. Písmo bývá roztřesené, dysgrafik často přepisuje, a také škrtná celá slova.

Mnohdy však stojí za poruchami písma špatný návyk psaní, proto je velmi důležité při výuce psaní u malých dětí dbát na správné držení psacího prostředku, ale i na správném sezení. Problém s psaním je tak často způsoben nadměrným tlakem na pero, kdy pisatel spotřebuje mnoho energie na vyvedení tvaru písmen a nedostává se mu dostatek pozornosti na analýzu hlásek, ztrácí soustředění. Přestává dbát na pravidla pravopisu a chybí i v samotné skladbě slova, v interpunkci atd.

Analýzou pohybů při psaní bylo zjištěno, že psací návyky jsou utvářeny při prvních pokusech o grafický projev a obtížně se zbavujeme špatných návyků. [2]

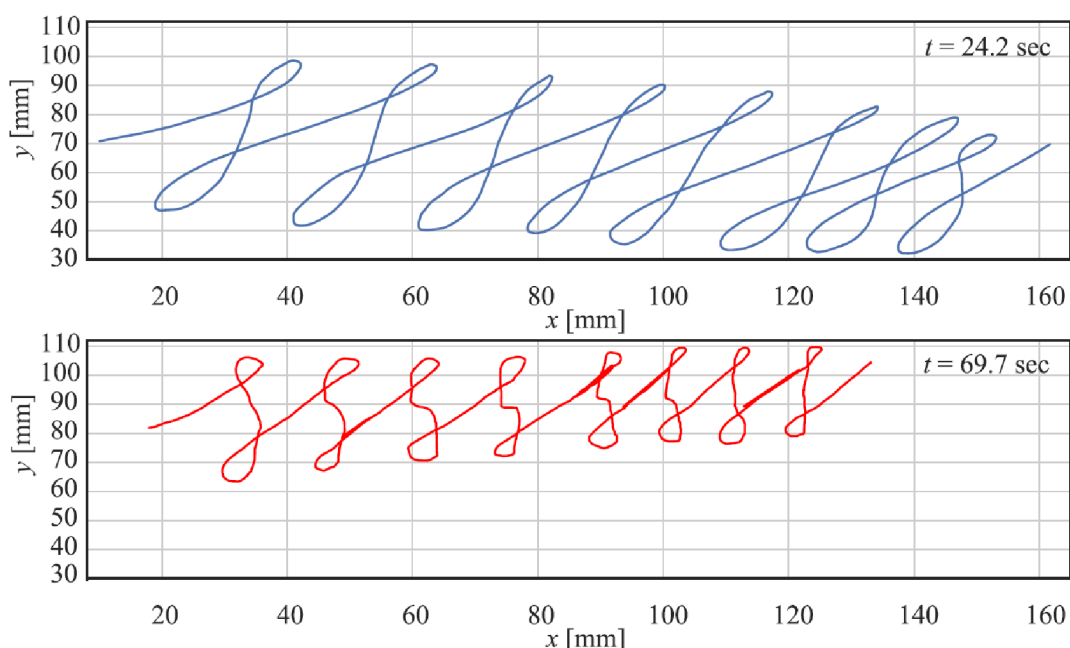
Psaní není ovšem jen záležitostí pohybu ruky, kterou pisatel píše, ale jde o širší koordinaci, která je řízena psychikou. Z toho tedy plyne, že na výsledný projev má vliv únava a celkový psychický stav. Proto lze na tento problém nahlížet i opačně a grafický projev nám může pomoci při posuzování duševního stavu jedince.

Poruchy psaní se také vyskytují při onemocnění Parkinsonovou nemocí. Tato nemoc je charakterizována jako chronické idiopatické onemocnění, které provází degenerace dopaminergních neuronů. Tato choroba je spjata s tzv. dysgrafií Parkinsonovy choroby označované jako **PDYS**. Osoby s tímto postižením mají problémy se sledováním špičky pera, neboť se u nich projevuje nadměrná aktivace některých svalů. Potom je rukopis těchto osob hůře čitelný, roztřesený, objevuje se nestejná šířka písmen apod. [6]

Tato choroba se stala předmětem zájmu i proto, že projevy, jako je třes a poruchy písma jsou již důsledkem dlouhodobého průběhu nemoci. Snahou odborníků je zachytit ranou fázi nemoci, kdy je ještě naděje na určitou ochranu degenerujících neuronů. Stejně jako se provádí analýza písma v souvislosti s Parkinsonovou chorobou, je například vědci z 1. lékařské fakulty UK a odborníky z elektrotechnické fakulty ČVUT vyvíjen software analyzující řeč. A i zde probíhá sběr hlasových záznamů pro analýzu artikulace a

řečového tempa. Při analýze písma, která má odhalit zmíněné poruchy, se používá úkolů založených na kreslení a psaní. Tyto úkoly se obvykle provádí opakovaně. K testům v oblasti kreslení se používají různé jednoduché obrazce, často kruhy, vlnky a spirály. Takové úkoly nejsou náročné a jsou vhodné zejména pro hodnocení třesu. Kresby jsou lidmi s uvedeným postižením často prostorově změněny, bývají zjednodušovány atd. *Obrázek 1.1*

Psaní byť i krátké věty vyžaduje určitý stupeň motorického plánování, a takový test je tedy vhodný k posouzení projevů mikrografie, neboli zmenšování písma, což je také často pozorovaným projevem osob s Parkinsonovou nemocí.

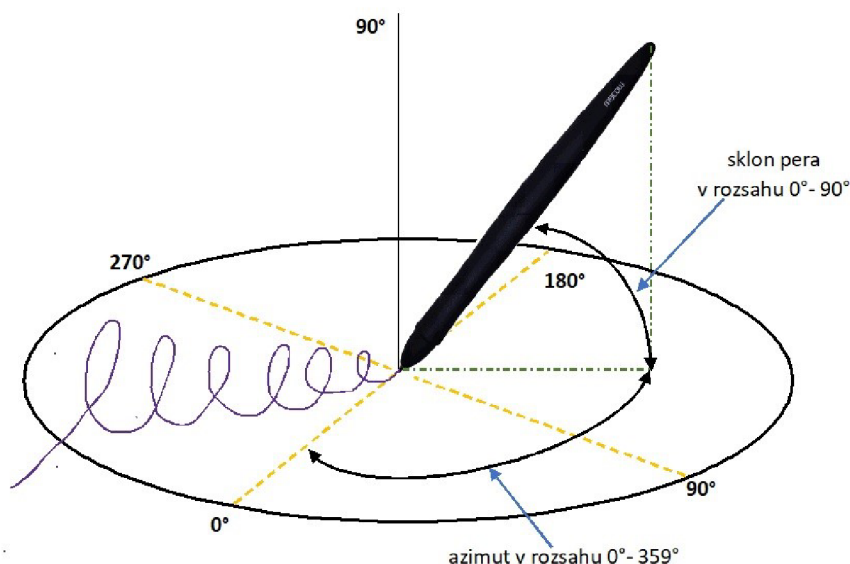


Obrázek[5] 1.1 Ukázka úkolu psaní smyček bez grafomotorických obtíží (horní část obrázku) a s grafomotorickými obtížemi (spodní část obrázku)

2. ONLINE PÍSMO

Online písmo lze chápat jako transformaci klasického písma zpracováním do formy časových řad. Abychom mohli tuto transformaci běžného písma provést, potřebujeme k tomu příslušné zařízení, například digitalizační tablet. Tablet disponuje pracovní plochou, na kterou píšeme speciálním perem. Takové pero má buďto měkký hrot, pokud píšeme přímo na sklo tabletu, případně může být vybaveno inkoustovou vložkou, a takovýmto perem píšeme na papír položený na tabletu. Zařízení takto pracuje s několika fyzikálními proměnnými a tyto převádí na signály.[6]

Pohyb pera na ploše tabletu lze charakterizovat souřadnicemi x a y a to jak na povrchu tabletu, tak i nad tímto povrchem, časem po který pohyb pera trvá, stavem pera a to buď stavem 1 – pero je ve styku s plochou, nebo stavem 0 – pero není ve styku s plochou. Dále zpracováváme signál náklonu pera, také polohy - azimut a dále tlaku, kterým na pero při psaní působíme. Toto jsou důležité signály pro digitalizaci písma. Pohyb pera po ploše tabletu lze rozdělit na složku kinematickou, kam zařadíme rychlost psaní, zrychlení a trh a dynamickou, kam patří sklon, azimut a tlak. *Obrázek 2.1*



Obrázek 2.1 Znárodnění jednotlivých modalit okolo pera

Je zajímavé, že když se podíváme do historie, zjistíme, že psaní na klasický papír je poměrně nová metoda. Běžně se používaly různé jiné metody záznamu písma. Ať již šlo o psaní na pergamen, což byla vyčiněná kůže, dále na papyrus nebo se užívaly destičky z hlíny atd. Ještě v nedávné době se používala ke školní výuce malá tabulka s křídou. Kdy bylo možné napsaný text hned setřít, či přepsat. Z tohoto pohledu se jeví využívání tabletů v podstatě přirozené. Tablet však poskytuje na rozdíl od tabulky obrovskou výhodu v tom, že zapsanou informaci můžeme uchovávat, kopírovat a měnit. Nevýhodou je potřeba zdroje energie, a to, že jde o nepřímý záznam, neboť pisatelova koordinace pohybů a tlak působící na pero jsou pomocí software zpracovávány, uvedené vstupní signály digitalizovány a následně ukládány, případně v podobě obrazu zpětně předávány pisateli. Pisatel tak často vnímá jisté zpoždění a musí se přizpůsobit faktu, že píše jakoby nad povrchem, což je dáno tím, že nad displejem je další plocha, na kterou se provádí vlastní psaní.

2.1 Zařízení pro online písmo

Jak bylo zmíněno výše, pro online písmo potřebujeme zařízení, které je schopno snímat zmíněné veličiny a s těmito potom dále pracovat. K tomu tedy potřebujeme patřičný hardware a software.

Pro srovnávací test byla použita zařízení **WACOM Cintiq DTK 1660** s nainstalovaným software **HandAQUUS for Cintiq** a tablet **WACOM Intuos 5** s použitím software **HandAQUUS**. Tento software byl vyvinut pro získání dat rukopisu pomocí digitalizačních zařízení týmem BDALab na VUT Brno, ústavu telekomunikací.

2.1.1 Porovnání některých digitalizačních zařízení

Trh se zařízeními pro online písmo je poměrně pestrý. K běžně dostupným digitalizačním tabletům patří např. grafický tablet **XP-PEN Artist 15.6 Pro**. Tablet má 15,6“ displej s rozlišením 1920 x 1080 (Full HD). Rozlišení se vyjadřuje jako LPI (Link Per Inch – počet bodů na palec) rozměr aktivní plochy je 344 x 194 mm. Počet úrovní přítlaču výrobce uvádí 8192, přesnost 0,25 mm. Disponuje IPS displejem s pokrytím barevného prostoru 88% NTSC (sRGB 12%).

K tabletu přísluší bezbateriové pero, které díky 8192 úrovní citlivosti přítlaču nabízí velkou přesnost a při tvorbě jemných linií a náčrtků slušný výkon. Rozpoznatelný náklon pera je až 60°.

Pero **P05S** nabízí funkci jednoho stisku. Boční tlačítko poskytuje možnost rychlého přepnutí mezi režimem pro kreslení a gumou. Zároveň jej lze použít jako náhrada za počítačovou myš.

S počítačem se tablet propojuje pomocí kabelu sdružujícího konektory HDMI a USB. Jeden z USB konektorů, zbarvený červeně, je připojen do síťového adaptéru a slouží k napájení. Tablet je vybaven rozhraním Red Dial, kombinující 8 přizpůsobitelných klávesových zkratk. Kompatibilita s operačními systémy Windows 7 a vyšším (32 i 64 bit), tak i s Mac OS X 10.10 a vyšším.

Dalším z nabízených tabletů je **reMarkable**. Tento tablet má pouze 10,3“ černobílý displej s rozlišením 1872 x 1404 (226 DPI – počet bodů na palec). Pero je opět bezbateriové s detekcí náklonu a 4096 úrovní citlivosti na tlak. K propojení slouží kabel s konektorem USB-C.

Je použit operační systém CODEX založený na linuxu. Tablet je kompatibilní s OS Windows 10, Mac OS, iOS a Android. Jazyk menu je pouze angličtina.

Tento tablet umožňuje přímé psaní do dokumentů ve formátu PDF. Výrobce je toto zařízení označované jako nejtenčí mezi tablety, navíc s velmi malou vzdáleností hrotu pera od aktivní plochy – „digitálního inkoustu“. Tyto parametry předurčují tablet k přímému vyplňování formulářů, ke vpisování poznámek do dokumentů atd. Povrch zařízení je navíc vyvinut tak, aby byl co nejvíce podobný papíru. Může výborně posloužit při odborných přednáškách, kdy je posluchačům poskytnut text v elektronické podobě, k již zmíněnému vpisování svých postřehů. Také může dobře posloužit k vyplňování úředních formulářů atd. Oproti podobným zařízením, vzhledem k tomu, že není vybaven barevným displejem, omezuje použití pro grafické účely.

Tablet umožňuje převod ručně psaných poznámek na text s podporou 33 jazyků, podporuje také hůlkové písmo a kurzívu a umožňuje následné sdílení poznámek e-mailem. Zařízení působí velmi příjemným dojmem a svým provedením, jak kvalitními deskami, tak svojí tenkostí a navozením dojmu psaní na papír, je předurčen k širokému spektru využití. K tabletu jsou nabízeny dva druhy per. Pero s možností gumování v černém provedení a značkovač bez možnosti gumování v šedém provedení.

Společnost Apple nabízí zařízení **Apple iPad Air 256G**. Toto zařízení ovšem není primárně grafickým tabletem a je třeba dokoupit Apple Pencil. Zařízení disponuje displejem 10,9“ s rozlišením 2360 x 1640 a jemností 264 PPI (Pixels Per Inch). Přístroj je vybaven fotoaparátem. Připojuje se USB kabelem. Tablet je vybaven operačním systémem iPadOS. Jak bylo zmíněno, k používání zařízení jako grafického tabletu, je třeba dokoupit pero Apple Pencil2. Z dostupných informací se jeví použití tohoto zařízení pro grafické účely jako jedna z možných funkcí, ale spíše doplňkovou. Jako novinka Apple nabízí iPad Pro s 12,9“ displejem a vylepšenými parametry. Opět však platí, že jde o multifunkční zařízení s možností využití ke psaní pomocí pera.

2.2 Digitalizační tablet WACOM

Protože tablet Wacom jako jediný poskytuje surová data a open API, což je veřejně přístupné programovací rozhraní, k tomu, aby bylo možné získat příslušná data a dále je zpracovávat. Zjednodušeně lze říci, že umožňuje nějakému konkrétnímu software interagovat s jiným. Z těchto důvodů byl ke srovnávacímu testu vybrán právě Wacom. Z tohoto důvodu je těmto zařízením věnována samotná podkapitola.

2.2.1 Digitalizační tablet WACOM Cintiq DTK 1660

Digitalizační tablet **WACOM Cintiq DTK 1660** můžeme vidět na obrázku 2.2 disponuje 15,6“ LCD displejem s rozlišením Full HD 1920 x 1080 pixelů. Pracuje v realistických barvách s barevným prostorem 72% NTSC. Podle údajů výrobce má 8192 úrovní citlivosti tlaku digitálního pera, umožňující biometricky přesné snímání písma. Má dostatečný prostor pro podepření ruky během práce, lze nastavit polohu pomocí dvou skládacích nožiček. K tabletu lze dokoupit samostatný stojan pro flexibilnější nastavení. Výrobce deklaruje použití tabletu pro bezpapírové pracovní postupy v oblasti finančních služeb, vzdělávacích institucí, pohostinstvím i telekomunikacemi. Výrobce udává zabezpečení a ověřování podepsaných dokumentů pomocí šifrování AES 256/RSA 2048, což významně snižuje riziko podvodů s dokumenty.

Tablet kombinuje moderní vzhled s příjemným a pohodlným používáním. Flexibilní použití s možností přepínání režimu na šířku nebo na výšku. Jeho maximální spotřeba je 27W, v režimu spánku a vypnutém stavu do hodnoty 0,5W

Barevná teplota: 9300K, 6500K, 5000K, Vlastní RGB

Hmotnost 1,9Kg, Zobrazitelné barvy 16,7M, Barevný gamut 72% NTSC, pozorovací úhel 176/176 – minimálně 140/140; kontrastní poměr 1000:1 – minimálně 600:1; doba odezvy 25ms.

Parametry napájecího adaptéru - 12V, 3A, 36W

Použité pero je typu **Wacom Pro Pen 2**

Tablet je kompatibilní s operačním systémem Windows 7 a vyšším. Pero poskytuje přesnost a kontrolu s 8192 úrovněmi přítlaku, rozpoznáním náklonu pera a nízkou aktivační silou. Pero není potřeba nabíjet, neboť pomocí elektromagnetické rezonance si odebírá energii přímo z tabletu. [7]

Psaní je pohodlné, pero je ergonomické, vyvážené, s gumovou částí pro uchopení a s pohodlně vyvedenými bočními tlačítky.

Hodnocení práce s tabletem je veskrze pozitivní. Aktivní plocha tabletu vyniká poměrně dobrými vlastnostmi, pero po ploše nesklouzává, plocha tabletu nepůsobí rušivě, neodráží nepříjemně světlo. Výhrady bych měl pouze k poněkud masivnímu kabelu,

který svým provedením poměrně překáží. Kabel sdružuje USB a HDMI konektory s konektorem pro napájení tabletu, který se připojuje do spodní části pod odklápěcí víčko. Je zakončen konektorem, který se připojuje na vývod napájecího zdroje připojeného k elektrické síti.

Pero je příjemné v souladu s propagačním materiálem, opravdu se s ním příjemně pracuje. Je uloženo v pouzdru připomínající obal na doutník, v jehož hlavici jsou náhradní vyměnitelné hroty.



Obrázek 2.2 Digitalizační tablet Wacom Cintiq DTK 1660

2.2.2 Tablet WACOM Intuos PTK 650

Při tomto testu byl dále použit tablet **WACOM Intuos 5 PTK 650** vidíme na obrázku [Obrázek 2.3](#) s použitím software HandAQUUS a pero **Wacom intuos inking pen**, které však již dnes není v nabídce. Pero umožňuje vložení inkoustové

vložky, kdy píšeme na papír klasicky, tedy zanecháváme inkoustovou stopu a naše písmo se digitálně zaznamenává na tabletu. Zmíněné pero umožňuje vložení i „nebarvícího“ hrotu a lze tak používat pouze digitálně. Pero je bezdrátové a bezbateriové. Je citlivé na náklon i tlak, a lze tak zaznamenat velmi lehké i těžké tahy perem, jako při klasickém psaní. Podle údajů výrobce dokáže pero reagovat již na tlak vyvolaný jedním gramem a dokáže registrovat až 2048 různých úrovní tlaku. Tyto citlivosti jsou užitečné s podporovaným programem pro malování, úpravu fotografií k úpravě tloušťky čar, krytí obrazu expozice apod. Stejně jako ostatní pera pro tablety, lze i toto použít jako myš. Dotykem hrotu pera na povrch tabletu se provede „klik levým tlačítkem“ a kupříkladu dvojklik se provede dvojitým klepnutím na tablet atd. [8]

Samotný tablet byl velmi příjemný na obsluhu i svým připojením, neboť k propojení s počítačem stačí pouze USB kabel. Psaní je vcelku pohodlné, snad jen na rozdíl od přirozeného psaní, např. do sešitu, zde chybí měkký podklad. Jinak je psaní pomocí inkoustového pera prakticky totožné s klasickým psáním perem na papír.



Obrázek 2.3 Tablet Wacom Intuos 5 PTK 650

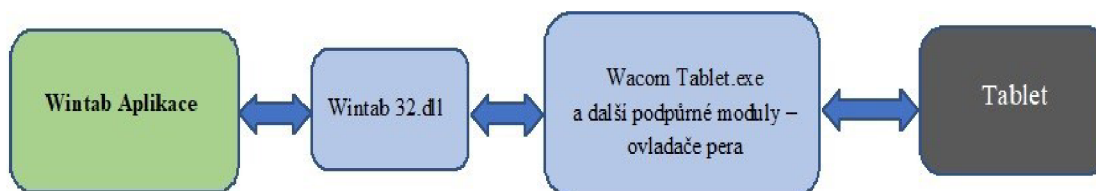
2.3 Software HandAQUS

Ve srovnávacím testu bylo nutné použít software pro snímání rukopisu. K tomuto účelu byl použit software HandAQUS, pomocí něhož lze získat data z napsaného obsahu pomocí tabletu Wacom.

Instalační soubory lze získat na adrese: <https://github.com/BDALab/HandAQUS>. Aplikace se instaluje stejně jako ostatní aplikace pro Windows. Pomocí tohoto software je možné shromažďovat nasnímaná data z pera a uložit je pro další analýzu.

HandAQUS používá ke komunikaci s ovladačem Wacom Wintab API. Wintab je platforma Windows API, která podporuje sběr dat pera z tabletů Wacom s podporou Wintab.

Princip je následující: S instalací ovladače pro tablety Wacom se nainstalují knihovny DLL podporující Windows wintab. Toto umožní komunikaci aplikace s ovladačem a přijímat datové pakety z pera. *Obrázek 2.4*



Obrázek 2.4 Vizualizace připojení aplikace Wintab k ovladači tabletu

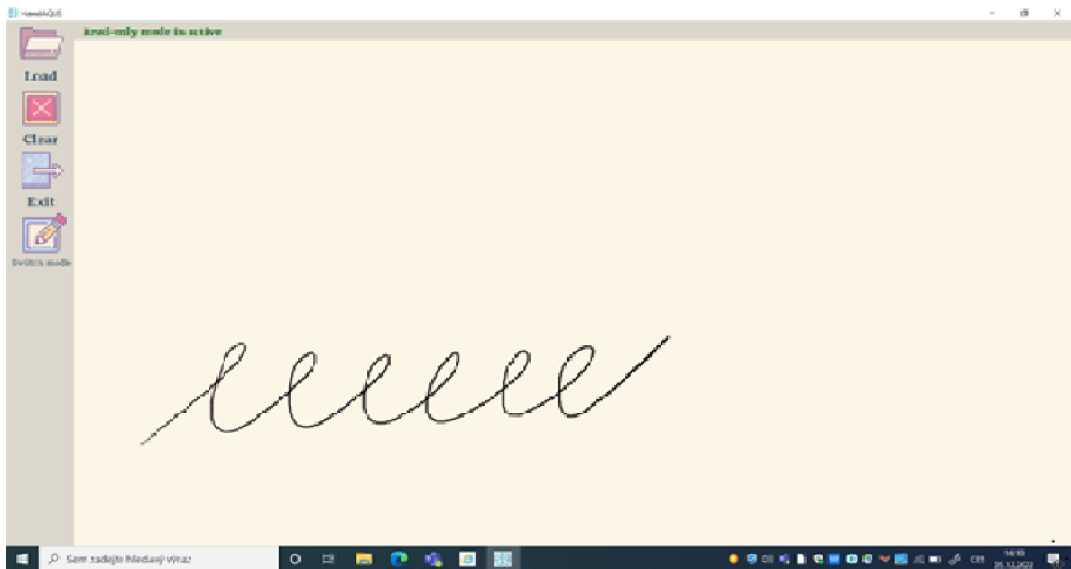
Jsou podporovány dva způsoby sběru dat pera a to způsob dotazováním a řízený zprávou. Aplikace Wintab definováním makra PACKETDATA určuje očekávaná data pera. V podstatě informuje ovladač tabletu o způsobu vytvoření datových paketů, která budou do aplikace odeslána. Obvykle budou obsahovat souřadnice X,Y, dále tlak, otočení pera, orientaci pera a podobně. Pro zmapování zobrazení, tedy jaká část tabletu je mapována se používají tři sady kontextových vlastností wintab. Jsou to:

- **SysOrg, SysExt** - rozsah souřadnic systému a jejich původ, jenž jsou výstupem pro kontext systému
- **InOrg, InExt**, oblast tabletu, kde je přijímaný vstup pera
- **OutOrg, OutExt** – rozsah výstupů tabletu pro kontext digitalizace

Wintab spoléhá na zprávy systému Windows při příjmu dat a tyto zprávy jsou zpracovány prostřednictvím smyčky zpracování zpráv jako jakákoliv jiná zpráva systému.

2.4 Použití software

Po instalaci a spuštění je nutné zadat heslo. Vzhledem k tomu, že šlo o test prováděný jednou osobou, bylo jako heslo zvoleno příjmení, i když je možné použít v podstatě libovolné slovo. Zadáním příjmení se však hlásíme k danému sběru dat. Aby se stal systém použitelný a my mohli ukládat zaznamenané údaje, musíme si nejprve vytvořit složku. Po jejím vytvoření se zaktivuje ikona AUTOSAVE pro ukládání zaznamenaných dat. Data můžeme detailně označit zadáním pohlaví a data narození do tabulky. V případě potřeby smazání zobrazeného textu použijeme ikonu CLEAR a pro zobrazení údajů ze složky ikonu LOAD. Data se ukládají v surové formě do souboru s příponou SVC společně s metadaty, tedy strukturovanými daty, které popisují další vázaná data a informace. *Obrázek 2.5*



Obrázek 2.5 Ukázka pracovní plochy při spuštění software HandAQUUS

3. SROVNÁVACÍ TEST PSANÍ

Hlavním důvodem, proč byl realizován srovnávací test, je skutečnost, že výrobci digitalizačních zařízení přestávají podporovat tablety využívající psaní na papír.

Z tohoto důvodu bylo přikročeno ke srovnávacímu cvičení, abychom zjistili, zda je možné klasické psaní na papír nahradit digitalizačním zařízením, případně, k jakým dochází rozdílům.

Vybraný subjekt nejprve napsal zadaný úkol na papír položený na tabletu, byl použit tablet WACOM Intuos 5 a pero s inkoustovou vložkou *Obrázek 2.3* postupně ve třech pokusech napsal zadání z předlohy. Nejprve se jednalo o šestici smyček, vidíme na *Obrázku 3.1* a následně bylo přikročeno k napsání věty: „Tramvaj dnes už nepojede“ *Obrázek 3.2* opět ve třech pokusech.



Obrázek 3.1 Předloha cvičení – smyčky

Tramvaj dnes už nepojede.

Obrázek 3.2 Předloha cvičení – věta

Stejný úkol byl následně realizován na digitalizačním tabletu WACOM Cintiq DTK 1660 a to opět nejprve smyčky a poté věta Tramvaj dnes už nepojede.

Pro absolvování srovnávacího testu byly vybrány různé věkové kategorie a jako zástupci dětské populace žáci ze základní školy ve Velkém Beranově, a to jak z prvního tak druhého stupně.



Obrázek 3.3 Pracoviště pro provedení srovnávacího testu

3.1 Vlastní provedení testu

Všechny osoby, které se účastnily, byly obeznámeny s tím, co konkrétně budeme dělat a proč toto děláme. Obeznámení s činností bylo vždy podáno konkrétní věkové skupině tak, aby byla schopna porozumět, proč vlastně tento test podstupuje. Rozložení pracoviště pro provedení cvičení vidíme na *Obrázku 3.3*

3.1.1 Srovnávací test s dospělými respondenty

Dospělí účastníci si nejprve vyzkoušeli psaní na papír, položený na tabletu. Byla jim ponechána svobodná vůle rozhodnout se, co budou psát. Ve většině případů se podepsali, pouze pár jedinců malovalo obrázek s různými komentáři. Například jeden z účastníků namaloval jablko. Potom bylo provedeno totéž na digitalizačním displeji. Zde se mnozí realizovali výtvarně více, ale podpis převládal.

Následně byli obeznámeni s úkolem. Byly jim předloženy smyčky, které měli nakreslit na papír umístěný na tabletu. Tento test absolvovali třikrát. Potom byl účastníkům předložen text: „Tramvaj dnes už nepojede“ s tím, že jej mají napsat psacím písmem a opět postupně třikrát. Mnozí z respondentů byli zaražení nutností psát psacím písmem. Často si toto nejprve chtěli vyzkoušet.

3.1.2 Srovnávací test s dětskými respondenty

Trošku jiná situace byla u dětí. Nejprve byly přizvány děti z 2. třídy, kterým byly představeny oba tablety a děti si mohly nakreslit obrázek podle svého uvážení. Dívky většinou kreslily kočku a chlapci domek a krajinu, ale často také postavy. Toto bylo stejné i u čtvrtáků.

Následně bylo přistoupeno k testu, kdy každý žák přistupoval k tabletu jednotlivě a po krátkém představení se, byla vytvořena složka pro každého účastníka. Do této složky byly uloženy oba úkoly, vždy po třech záznamech.

Při provedení testu, byl testovanému žáku ukázán vzor se smyčkami *Obrázek*

Obrázek 3.1 a žák byl vyzván, aby tyto smyčky napsal na papír položený na tabletu. Opět byly provedeny a uloženy tři pokusy. Stejným způsobem proběhl test s větou Tramvaj dnes už nepojede.

Po žácích druhé a čtvrté třídy přišli na řadu žáci druhého stupně. Zde se účastnili žáci 6. 8. a 9. Třídy. Tito dostali také k dispozici nejprve možnost vyzkoušení tabletů a následně byl proveden výše uvedený test. Vyšší stupeň obvykle kreslil hory, objevil se poměrně slušně vyvedený sněhulák Olaf a často heslovité popisy.

3.1.3 Subjektivní pohled respondentů

Po ukončení testu byla každému položena otázka, kde se mu pracovalo lépe. Výsledek by se dal shrnout tak, že menší žáci si spíše pochvalovali digitalizační tablet, ti větší, stejně jako většina dospělých, měli za to, že smyčky se jim píšou lépe na „sklo“ ,ale psaný text na papír a nejstarší dva účastníci se shodli na tom, že je jim příjemnější digitalizační tablet.

Důvody – střední věk většinou negativně hodnotil zpoždění zapisovaného textu a to, že je nepřírodně daleko pod hrotem pera. Starší účastníci si naopak pochvalovali, že se jim píše pohodlněji na sklo, nemusí tolik tlačit na pero a je to zřetelnější a jasnější. Menší děti si většinou pochvalovali „sklo“ ale nebyly schopny přesně definovat důvody

4. TEORIE K VÝPOČTU PARAMETRŮ A POUŽITÝCH STATISTICKÝCH TESTŮ

4.1 Parametrické testování – T test

Ve statistickém testování používáme širokou škálu testovacích metod. Vycházíme vždy z toho, jaká máme vstupní data, jaký je počet testovaných veličin, porovnávaných skupin atd.

Pro náš konkrétní případ je vhodné použít parametrický test, neboť bylo zjištěno při studování dat, že jejich rozložení je normální. Distribuce dat se znázorňuje pomocí histogramu, což je grafické znázornění rozložení jednotlivých dat s využitím sloupcových grafů. Z výšky sloupce zjistíme četnost nebo velikost posuzované veličiny na příslušném intervalu. Histogram rozdělení parametrů pro věkovou skupinu 7 – 10 let je uveden na *Obrázku 4.1*

Protože byla stejná skupinu respondentů, která pracovala na dvou různých zařízeních, kdy se testoval rozdíl mezi nimi, byl zvolen párový T-test. Předpokládáme nějaká teoretická rozdělení a odhadují se jejich parametry. Neparametrické testy nebyly využity, nemají předpoklad kardinálně rozdělené veličiny. Pracují s proměnnými ordinálními a nominálními. Neparametrické testy jsou vhodné při malém počtu pozorování [9] [10]

V dalším textu si v krátkosti představíme základní charakteristiky používaných testů.

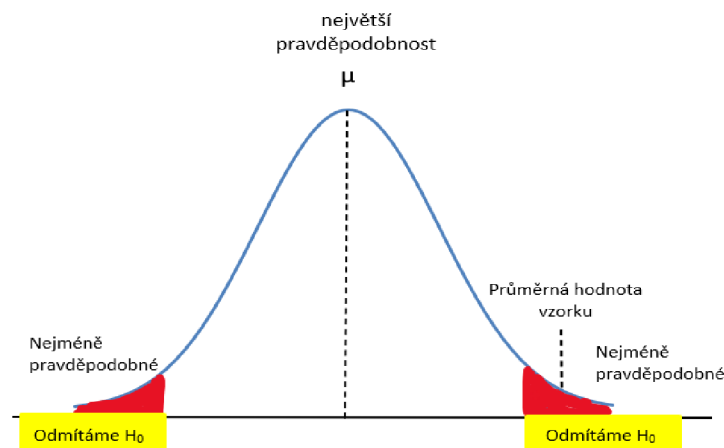
T-test

Jedná se o statistický test, užívaný ke zjištění existence významného rozdílu mezi průměry vzorků dvou skupin u kterých se předpokládá nějaká společná vlastnost.

Principem testu je zjištění testovacího kritéria U tohoto testu jde o porovnání dvou vzorků, kdy vzorky ze dvou měření nebo pozorování jsou párové. Může porovnávat například dvě měření, která se týkají společného subjektu dvě různými měřidly. T- test je vhodný pro normální neboli Gaussovo rozdělení hodnot. *Obrázek 4.2* Byly tedy splněny podmínky pro užití tohoto testu, to znamená stejná skupina respondentů a dvě různá testovací zařízení. Je tedy nějaký rozdíl u zaznamenaných hodnot a je testována hypotéza, rovnají-li se střední hodnoty u jednotlivých sad naměřených hodnot. [9]



Obrázek 4.1 Histogram rozdělení parametrů pro 1. věkovou skupinu – úkol smyčky



Obrázek 4.2 Křivka normálního rozdělení s vyznačením odmítnutí H_0

Hypotézy:

H_0 – nulová hypotéza, která nám říká, že mezi dvěma závislými vzorky není rozdíl

H_a – alternativní hypotéza, ta nám sděluje, že existuje rozdíl mezi závislými vzorky

Používaný vztah pro párový t-test:

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}}, \quad (4.1)$$

Tento vztah sleduje přibližně t rozdělení s $n-1$ stupni volnosti

Kde \bar{d} je průměr rozdílů vzorků. V případě uvedeného srovnávacího testu jde o rozdíl jednotlivých hodnou z obou testovaných zařízení a následně vypočítaný průměr.

s_d je směrodatná odchylka rozdílů vzorků

n - velikost vzorku (počet respondentů ve skupině)

p – hodnota určuje míru pravděpodobnosti, že nulová hypotéza je pravdivá.

Pokud je hodnota p větší než zvolená prahová hodnota α (v našem případě $\alpha = 5\%$, tedy 0,05), říká, že k výsledku nedošlo náhodou. V takovém případě se přijímá nulová hypotéza (H_0) [10]

V uvedeném srovnání jde o hypotézy H_0 , kde $\mu_{cintiq} = \mu_{intuos}$ a H_a kde $\mu_{cintiq} \neq \mu_{intuos}$

t-test byl následně realizován pomocí knihovny scipy programovacího jazyka python s použitím kódu:

```

from scipy.stats import ttest_rel
t_stat, p_value = ttest_rel(r, s)
print("T-statistic value: ", t_stat)
print("P-Value: ", p_value)
alpha=0.05

if p_value < alpha:
    print('Zamitnout nulovou hypotezu')
else:
    print('Neodmitat nulovou hypotezu')

```

Obrázek 4.3 Kód pro t-test

Pro provedení T- testu byla importována knihovna scipy, stanovena hladina významnosti alfa a stanovení za jakých podmínek zamítnout nebo neodmítat nulovou hypotézu. *Obrázek 4.3*

4.2 Korelace

V dalším kroku byla provedena korelační analýza mezi parametry. Korelační analýza nám dává odpověď na otázku jaká je míra závislosti mezi analyzovanými daty. Hledáme korelační koeficient. Tyto koeficienty nám potom dávají představu, do jaké míry na sobě posuzované veličiny závisí. Korelace, jak už sám název napovídá (latinsky correlatio – vzájemný vztah). Může tak sledovat, zda se zvyšující se hodnotou jedné veličiny zvyšuje také druhá posuzovaná veličina. Tento vztah nazýváme souběžností. Nebo naopak, zvyšování jedné hodnoty vede ke snižování hodnoty druhé. V tomto případě mluvíme o protiběžnosti. [11]

Jak bylo výše uvedeno, hledáme korelační koeficient (r). Můžeme hledat buď Pearsonův korelační koeficient, který označujeme jako koeficient lineární. Nejistí tedy například parabolickou závislost. Hodnoty tohoto koeficientu leží v intervalu $\langle -1, 1 \rangle$ kdy záporné hodnoty vypovídají o již zmíněné protiběžnosti a kladné hodnoty o souběžnosti. Hodnoty nulové nám říkají, že mezi veličinami nelze nalézt žádný lineární trend.

Obecný vztah pro výpočet Pearsonova korelačního koeficientu:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{(n-1)s_x s_y}, \quad (4.2)$$

Kde r je korelační koeficient

Při výpočtu vycházíme z dvojic hodnot náhodných veličin označených jako X a Y

$(x_i - \bar{x})$ můžeme interpretovat jako rozdíl jednoho znaku oproti průměru

$(y_i - \bar{y})$ můžeme interpretovat jako rozdíl druhého znaku oproti průměru

\bar{x} a \bar{y} označují výběrové průměry

s_x a s_y označují směrodatné odchylky

n – vektor vstupních hodnot

Čím je hodnota r bližší jedničce, tím je korelace silnější

Pokud $r = 1$, ležely by veškeré body na rostoucí přímce (kladná směrnice přímky)

Pokud $r = -1$, ležely by všechny body na klesající přímce (záporná směrnice přímky)

Pro zhodnocení síly závislosti můžeme použít Evansovu příručku, kde najdeme rozdělení hodnot r [11]

Hodnota „r“	Míra korelace
0,00 - 0,19	Velmi slabá
0,20 - 0,39	slabá
0,40 - 0,59	střední
0,60 - 0,79	silná
0,80 - 1,00	velmi silná

Symetričnost koeficientu vyjádříme jako $r(X,Y) = r(Y,X)$

Pearsonova korelace je citlivá na výskyt odlehlých hodnot V tomto případě potom můžeme využít vlastností **Spearmanovy** korelace. Koeficient této korelace se označuje jako pořadový. Jak označení napovídá, je založen na pořadí hodnot, a není tak ovlivněn odlehlými hodnotami. Jeho korelační koeficient obvykle označujeme ρ Jedná se o neparametrický korelační koeficient.

Matematicky lze Spearmanův korelační koeficient vypočítat ze vztahu:

$$\rho_{Sp} = \frac{6}{n(n^2-1)} \sum_{i=1}^n (P_{1i} - P_{2i})^2, \quad (4.3)$$

Kde P_{1i} a P_{2i} označují pořadí hodnot

ρ_{Sp} označuje Spearmanův korelační koeficient

n – počet subjektů, jejich stupňů ($1-n$)

V principu jde o to, že obě sady dat nejprve seřadíme vzestupně, následně zjistíme rozdíl mezi hodnotami. [12]

Spearmanova korelace je tedy téměř shodná s korelací Pearsonovou. Spearmanova korelace se však zaměřuje na monotónní vztahy, nezávisle na tom, zda jsou lineární, či ne. Toto je tedy hlavní rozdíl. V případě neexistence opakovaných hodnot v datech, dochází k dokonalé korelaci s hodnotami -1 nebo +1 a každá proměnná funkce je potom dokonalou monotónní funkcí druhé. V případě výpočtu korelace mezi údaji ze srovnávaných zařízení, bylo použito programovacího jazyka Python.

Níže je uveden zdrojový kód pro výpočet obou korelačních koeficientů jednoho z parametrů. Dále následuje kód užitý k vykreslení grafu.

Opět byla importována knihovna `scipy`, načtena příslušná data z tabulek s parametry zaznamenanými jednotlivými zařízeními a vypočítána hodnota korelačních koeficientů. Pomocí konzistentního rozhraní API - `plotly express` byl vykreslen graf. *Obrázek 4.4*

```

import numpy as np
import scipy.stats as st
import pandas as pd
import os
os.getcwd()

df=pd.read_excel('veta_cintiq_3_vekova_skupina.xlsx',sheet_name='3_vekova_skupina')
df.head()
r=df['ratio of writing duration']
df=pd.read_excel('veta_intuos_3_vekova_skupina.xlsx',sheet_name='3_vekova_skupina')
df.head()
s=df['ratio of writing duration']

st.pearsonr(r,s)[0]

st.spearmanr(r,s).correlation

```

```

import numpy as np
import scipy.stats as st
import plotly.express as px
import pandas as pd
import os
os.getcwd()
df=pd.read_excel('veta_cintiq_3_vekova_skupina.xlsx',sheet_name='3_vekova_skupina')
df.head()
r=df['mean acceler. ']

df=pd.read_excel('veta_intuos_3_vekova_skupina.xlsx',sheet_name='3_vekova_skupina')
df.head()
s=df['mean acceler. ']

fig=px.scatter(data, x=r, y=s, trendline="ols")
fig.show()

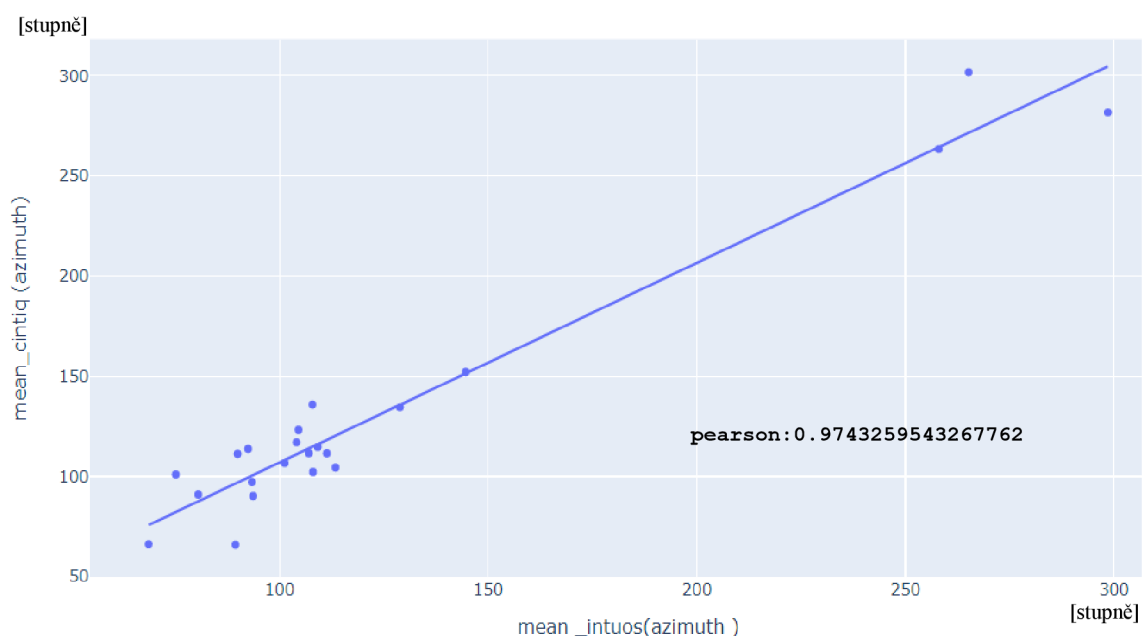
```

Obrázek 4.4 Kód pro výpočet korelačních koeficientů a vykreslení grafu

4.2.1 Příklady korelací

Z obdržných grafů nyní můžeme posuzovat míru korelace jednotlivých parametrů. Tyto výsledky jsou opět na úložišti vedoucího práce. Na *Obrázku 4.5* můžeme vidět příklad velmi silné korelace.

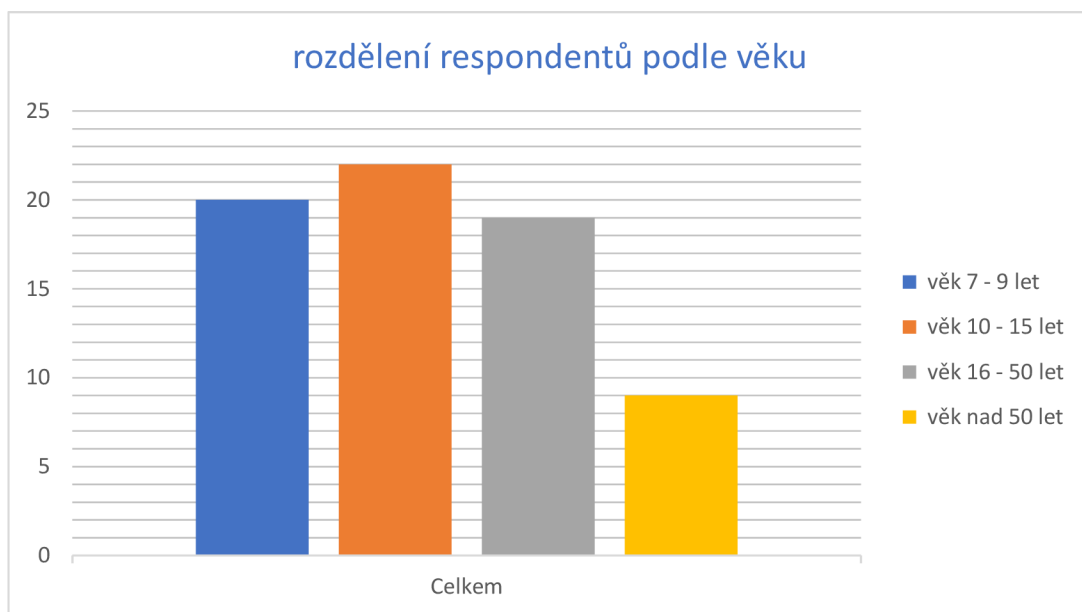
Graf ukazuje míru korelace parametru azimut u věkové skupiny 15 – 42 let. Pozorujeme rozložení hodnot v těsné blízkosti diagonály. Body ležící na přímce nám říkají, že pro parametry těchto respondentů je silná závislost parametrů na obou zařízeních. To znamená, že zvyšuje-li se parametr na jednom zařízení, zvyšuje se i parametr druhého posuzovaného zařízení.



Obrázek 4.5 Graf velmi silné korelace mezi parametry – parametr azimut, věková skupina 15 – 42 let

5. PŘEDSTAVENÍ SESBÍRANÝCH DAT

Jak bylo zmíněno výše, účastníci pro srovnávací test tabletů byli vybráni z různých věkových skupin *Obrázek 5.1* a různého vzdělání *Obrázek 5.3*. Největší podíl představují děti, a to jak skupina dětí, kteří se právě naučili psát, mají za sebou první třídu základní školy, a dále postupně vyššího věku, až po devátou třídu. Tato skupina dětí byla vybrána z jedné základní školy. Další skupina představuje dospělou populaci, která již psaní bere jako rutinní záležitost. Zde je obsažen vzorek různých věkových kategorií a různého stupně dosaženého vzdělání. Zástupci nejstarších účastníků jsou dvě ženy ve věku 80 a 81 let. Průměrný věk zúčastněných osob je 24 let *Tabulka 5.1*. Z pohledu pohlaví převládají ženy, jak je patrné z obrázku *Obrázek 5.2*.

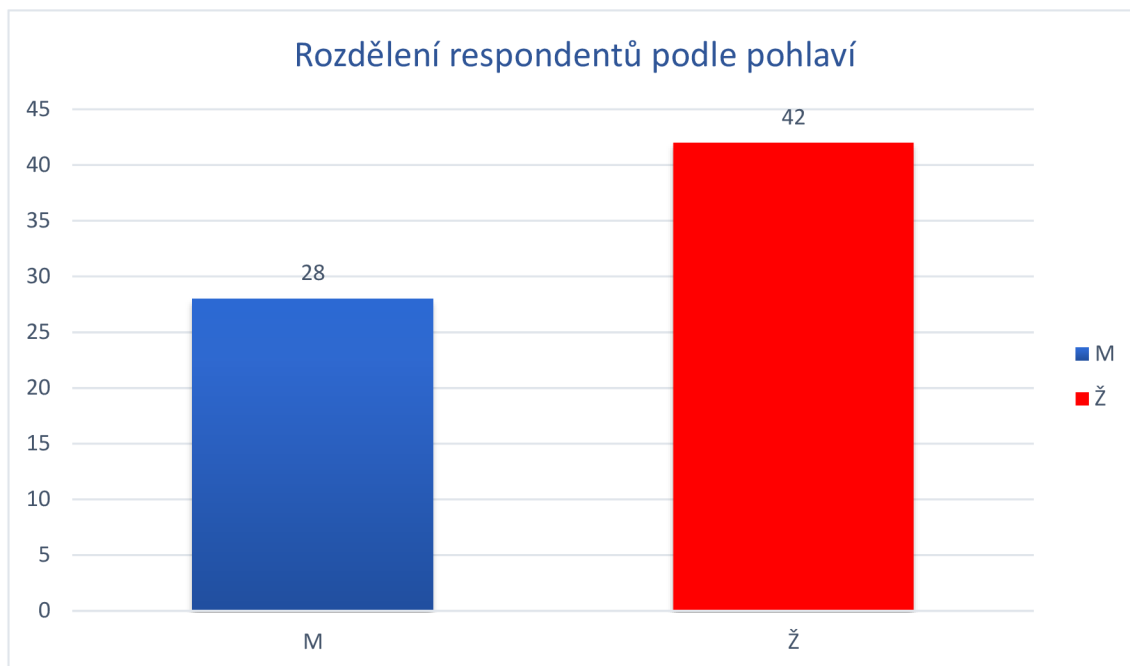


Obrázek 5.1 Grafické znázornění počtu respondentů v jednotlivých skupinách

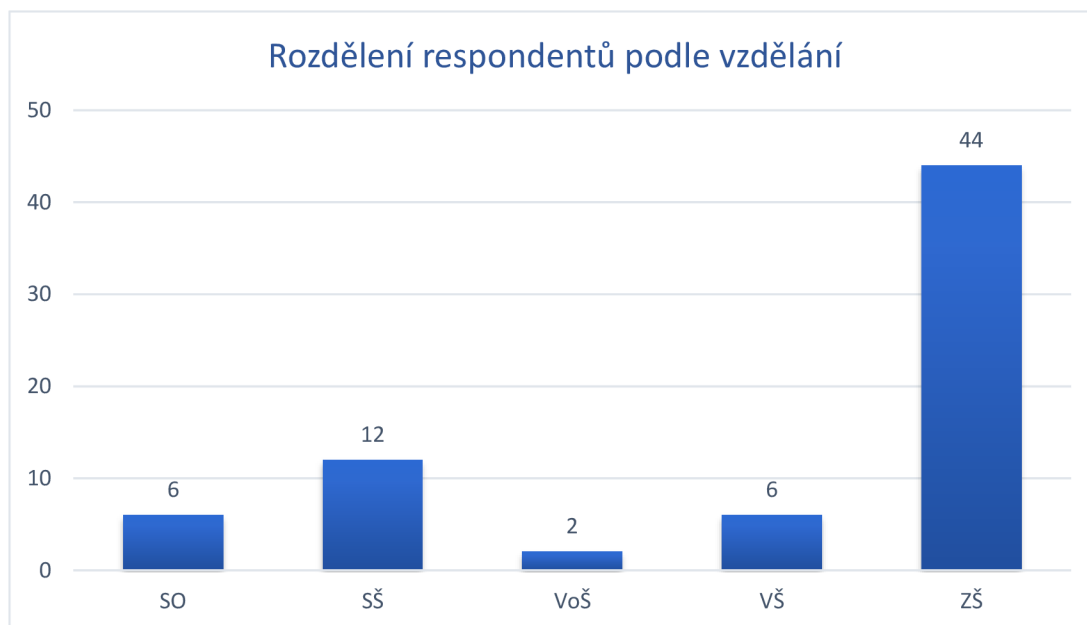
Tabulka 5.1

Tabulka průměrného věku respondentů

pohlaví	Průměrný věk (roky)
Muž	24,8
Žena	23,5
Celkový věkový průměr	24
Směrodatná odchylka	19,6



Obrázek 5.2 Rozložení počtu jednotlivých pohlaví



Obrázek 5.3 Grafické vyjádření rozdělení respondentů podle vzdělání

6. SHRNU TÍ SROVNÁVACÍHO TESTU

Pro srovnávací test byli vybráni žáci ZŠ ze 2. až 9. třídy pro jejich postupně získávané dovednosti psaní, a to z toho důvodu, aby pozdější analýza, která bude předmětem vlastní diplomové práce, měla co nejvíce objektivní vstupní data pro následnou kvantitativní analýzu písma. Toto bude spočívat v provedení kinematické, dynamické, speciální a temporální analýzy. Následně bude provedena statistická komparativní analýza (párový T-test, korelační analýza). Na základě těchto analýz bude vyhodnocen objektivní rozdíl v psaní na porovnávaných zařízeních.

U žáků druhých tříd, je teprve se rozvíjející schopnost psaní a u vyšších ročníků lze pozorovat vývoj jejich rukopisu. Dále byly zastoupeny ostatní věkové kategorie, přičemž nejstarším osobám bylo 80 a 81 let. Z pohledu vzdělání respondentů, bylo vybráno široké spektrum stupňů vzdělání. Nejvíce jsou však zastoupeni žáci základní školy, u kterých je uvedeno vzdělání ZŠ, i když ještě základní školu navštěvují.

Pokud by se měly zhodnotit základní dojmy z provedeného srovnávacího testu, bylo subjektivně pozorované, že žáci druhé třídy považovali psaní na digitalizační tablet za příjemnější. Stejný názor byl i u dvou nejstarších účastnic. Argumentovaly tím, že na psaní lépe viděly a vedení pera pro ně bylo jednodušší. U žáků vyšších ročníků se názory lišily. Tito respondenti většinou pociťovali, že se jim smyčky lépe píší na digitalizační tablet. Střední generace byla ve většině toho názoru, že psaní na papír bylo pro tuto skupinu přirozenější. Nejčastější argument byl ten, že písmo vidí pod dotykovou plochou a psaní je zpožděné. Nakolik jsou tyto argumenty ovlivněny tím, že pisatelé běžně nepoužívají ke psaní digitalizační tablet a je-li v tom jistý konzervativní přístup, nelze bez další analýzy napsaného textu posoudit a lze na ně pohlížet pouze jako na subjektivní dojmy, které nemají žádnou vypovídající hodnotu o samotných rozdílech v psaní na jednotlivá média.

Obecně byla patrná shoda s teorií, že písmo je schopnost, která se u pisatelů rozvíjí. U žáků nižších tříd bylo pozorováno, že psaní na tablet bylo takové přirozenější. Zřejmě je to dáno tím, že tyto děti se s písmem teprve seznamují a digitalizační tablet je pro ně jednou z možností na co se dá psát. Střední generace se při svém vývoji psaní obešla pouze s psaním na papír, proto pro tuto skupinu není tablet natolik přirozeným a tyto respondenti většinou pozitivněji hodnotili právě psaní na papír. Opět se jedná však pouze o pocit, nepodložený konkrétní analýzou.

Jak bylo zmíněno. Všechna sesbíraná data a poznatky budou dále zpracovány s posouzením jednotlivých výstupů z obou zařízení a podrobně analyzovány parametry písma.

Výsledkem je konečné zhodnocení, zda lze psaní na papír nahradit digitalizačním displejem, případně jaké jsou konkrétní rozdíly mezi těmito zařízeními.

7. ANALÝZA ZÍSKANÝCH DAT

Získané vzorky dat jednotlivých úkolů byly připraveny k další analýze prostřednictvím funkcí knihovny „handwriting features“ pro programovací jazyk python. Balíček byl vyvinut členy laboratoře pro výzkum mozkových onemocnění na VUT Brno.

Nejprve byly z jednotlivých uložených souborů vyfiltrována data posledního, tedy třetího pokusu, kdy lze již předpokládat, že respondentovo psaní bylo již adaptováno na dané zařízení.

Protože každé z použitých zařízení rukopis vzorkuje jiným způsobem, nejsou uložená data totožná. Nejprve bylo nutné z uložených a vyfiltrovaných vzorků získat rovnocenný vstupní materiál pro výpočet parametrů. Aby byly vyloučeny možné chyby nevhodným způsobem transformace dat, byla tato transformace provedena za odborné pomoci vedoucího práce s pomocí knihovny „handwriting sample“, kdy převedeme hodnoty os na milimetry, čas na sekundy a úhly na stupně K transformaci byl použit níže uvedený kód:

```
def transform_database(database_input_path, database_output_path,
task_number, cintiq=False):
    # Příprava výstupního adresáře
    ensure_directory(database_output_path)
    # přejděte do hlavní složky adrsáře
    for subfolder in os.listdir(database_input_path):
        #Získání podsložky pro každého účastníka a její iterace
        subfolder_path = f'{database_input_path}/{subfolder}'
        for filename in os.listdir(subfolder_path):

            #Výběr úkolu podle čísla
            if task_number in filename:
                #Vytvoření cesty pro úkol
                file_path = f"{subfolder_path}/{filename}"
                # Načíst úlohu třídy handwriting sample:
                sample = HandwritingSample.from_svc(file_path)
                # Transformovat všechny jednotky
                if cintiq:
                    sample.transform_all_units(conversion_type=sample.transformer.MM)
                else:
                    sample.transform_all_units()
                # Uložení transformovaného souboru do nového adresáře
                sample.to_svc(path=database_output_path,file_name=filename.split(".svc")[0])
```

Z transformovaných dat byly vypočítány hodnoty pro kinematické, dynamické, prostorové a časové parametry. Typy jednotlivých parametrů jsou seřazeny v tabulce. *Tabulka 7.1*

Pro většinu parametrů byly následně vypočítány pomocí statistické funkce hodnoty :

mean – průměr vstupních hodnot, tedy střední hodnotu.

std – směrodatnou odchylku

median - dělí vzestupně seřazenou řadu na dvě stejně početné poloviny.

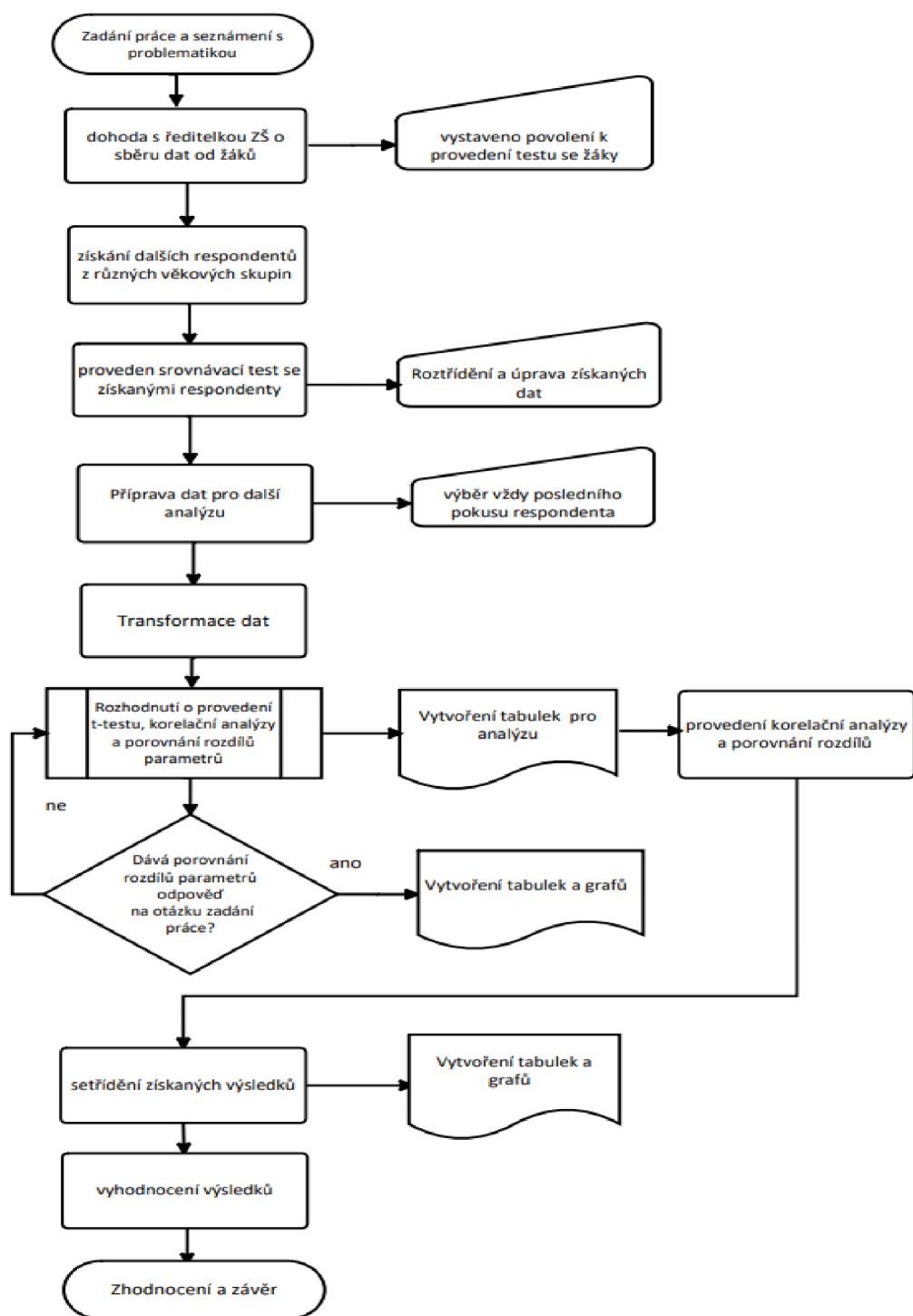
Vypočtené hodnoty byly seřazeny do tabulek pro další analýzu. Respondenti byli roztrženi podle pohlaví, a také na věkové skupiny.

Kompletní tabulky jsou uloženy na úložišti zřízeném vedoucím práce, a pro jejich rozsáhlost nejsou tedy součástí této práce.

Tabulka 7.1 Tabulka jednotlivých parametrů psaní

Charakter parametru	Název parametru
Kinematické parametry	rychlost (<i>velocity</i>), zrychlení (<i>acceleration</i>), trhnutí (<i>jerk</i>)
Dynamické parametry	azimut (<i>azimuth</i>), náklon pera (<i>tilt</i>), tlak na pero (<i>pressure</i>)
Prostorové parametry	délka tahu (<i>stroke length</i>), výška zdvihu (<i>stroke height</i>), šířka tahu (<i>stroke width</i>).
Časové parametry	trvání tahu (<i>stroke duration</i>), poměr trvání tahu (<i>ratio of stroke durations</i>), doba trvání psaní (<i>writing duration</i>), poměr doby trvání psaní (<i>ratio of writing durations</i>)

Na další straně je celý proces analýzy rozdílů v psaní na papír a digitalizační displej znázorněn pomocí vývojového diagramu, který zachycuje jednotlivé kroky od přípravy a sběru dat, přes analýzu parametrů až po finální zhodnocení výsledků. *Obrázek 7.1*



Obrázek 7.1 Diagram postupu při porovnání zařízení a analýzy dat

7.1 Porovnání rozdílů parametrů

V prvním kroku analýzy byl vyčíslen rozdíl mezi jednotlivými parametry u každého respondenta na jednotlivých zařízeních. V dalším kroku byly respondenti rozděleni do 4 věkových skupin. V 1. věkové skupině jsou zařazeni žáci prvního stupně ZŠ, věkového rozpětí 7 – 10 let. Ve 2. věkové skupině jsou žáci druhého stupně ZŠ věkového rozpětí 11 – 14 let. Třetí skupina zahrnuje respondenty od 15 do 42 let a v poslední věkové skupině jsou respondenti 44 – 81 let.

Z výše uvedených rozdílů byla sestavena tabulka pro každý úkol zvlášť, a také rozdíly mezi parametry pro jednotlivé věkové skupiny. Z těchto údajů byly sestaveny grafy, aby bylo možno znázornit případné rozdíly. Protože zaznamenané parametry jsou velmi rozmanité, ať již jde o různé jednotky, tak i hodnoty parametrů, které jsou natolik rozdílné, že by nebylo vhodné z těchto údajů sestavit jednotný graf.

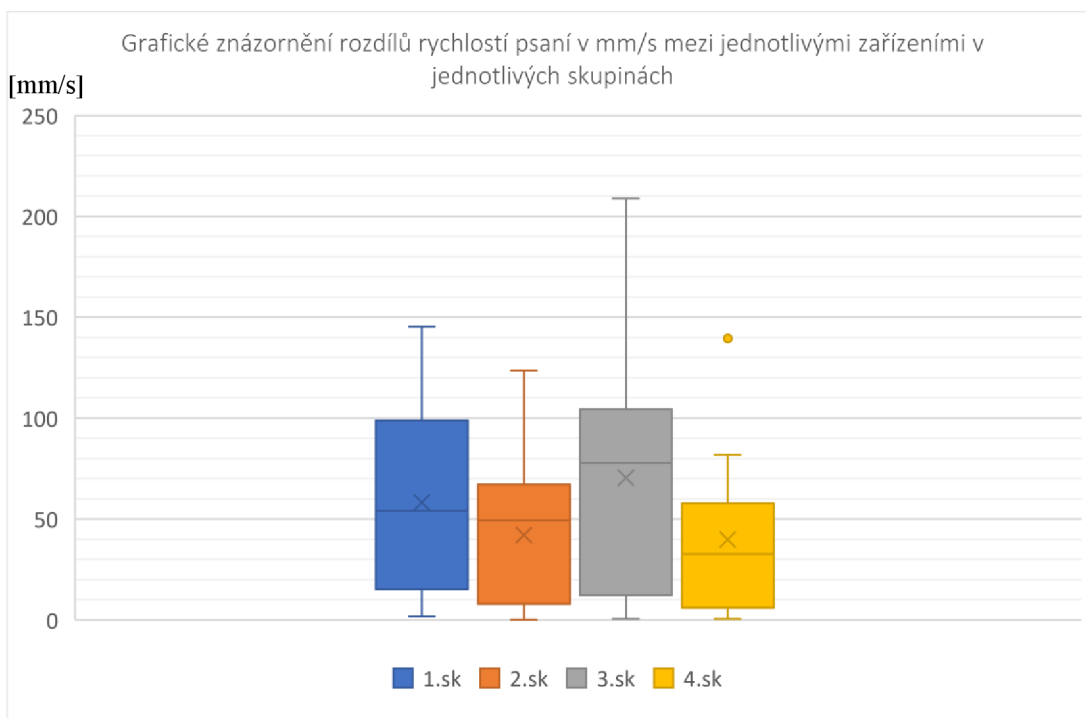
Uvedené grafy se tedy zaměřují z důvodu přehlednosti na jeden konkrétní parametr vždy pro všechny věkové skupiny.

Pokud se zaměříme na porovnání rychlosti psaní, kdy byl vypočítán rozdíl v rychlosti u jednotlivých respondentů na porovnávaných zařízeních. Zjistíme po vynesení do grafu, že nejmenší rozdíl v parametru **rychlost** (velocity) vykazuje nejstarší, čtvrtá věková skupina. *Obrázek 7.2* Naopak třetí věková skupina ve věku 15 – 42 let vykazuje největší rozdíly jak v rychlosti psaní, tak i v parametru zrychlení v závislosti na použitém zařízení.

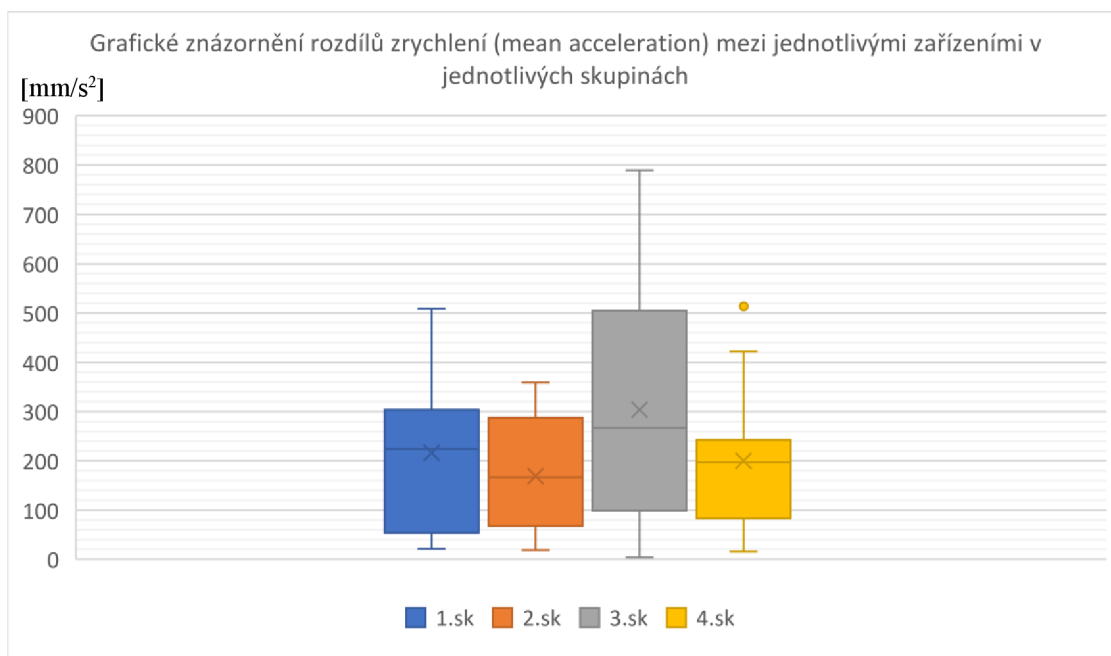
Pokud se zaměříme na parametr **zrychlení** (acceleration), vidíme opět nejmenší rozdíly u čtvrté věkové skupiny *Obrázek 7.3*

Jiná situace nastává v rozdílech u parametru **náklon pera** (tilt), kdy si lze povšimnout, že nejmladší věková skupina vykazuje největší rozdíly v náklonu pera při psaní na rozdílných zařízeních *Obrázek 7.4*. U zbývajících tří skupin je rozdíl vyrovnanější.

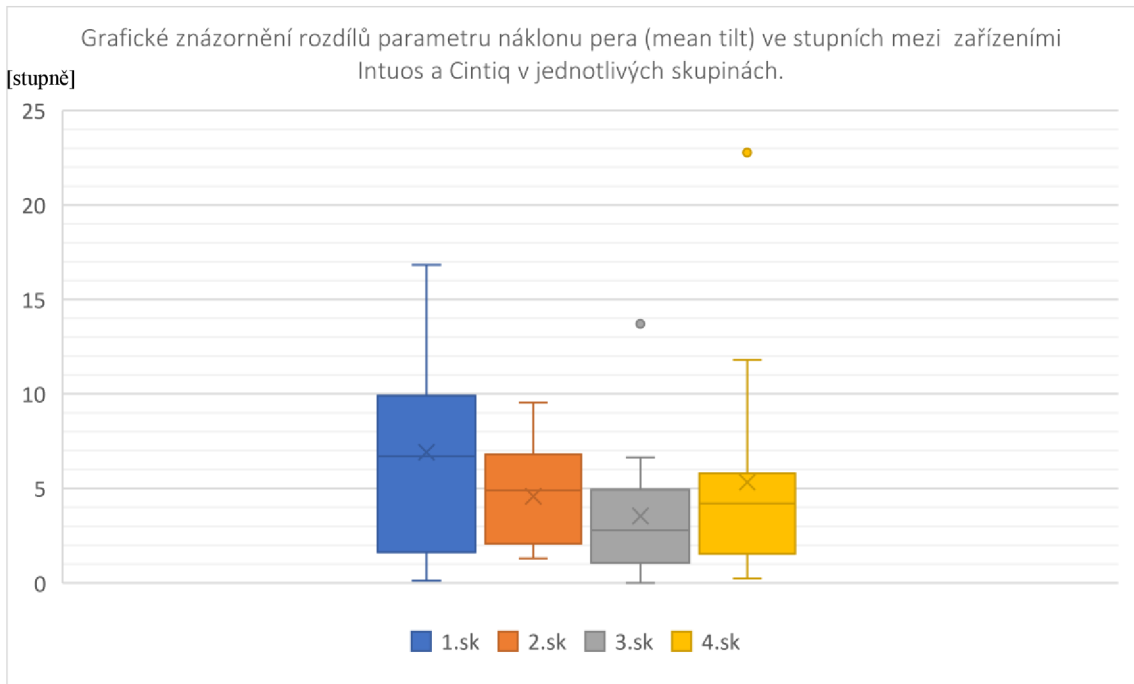
Podíváme-li se na parametr **tlak na pero** (pressure) zjistíme, že u čtvrté, nejstarší věkové skupiny 44 – 81 let pozorujeme nejmenší rozdíly v tlaku na pero v závislosti na používaném zařízení. První tři věkové kategorie reagují podobně a sledujeme mezi jednotlivými respondenty podobný rozptyl v rozdílech při psaní na posuzovaných zařízeních. *Obrázek 7.5*



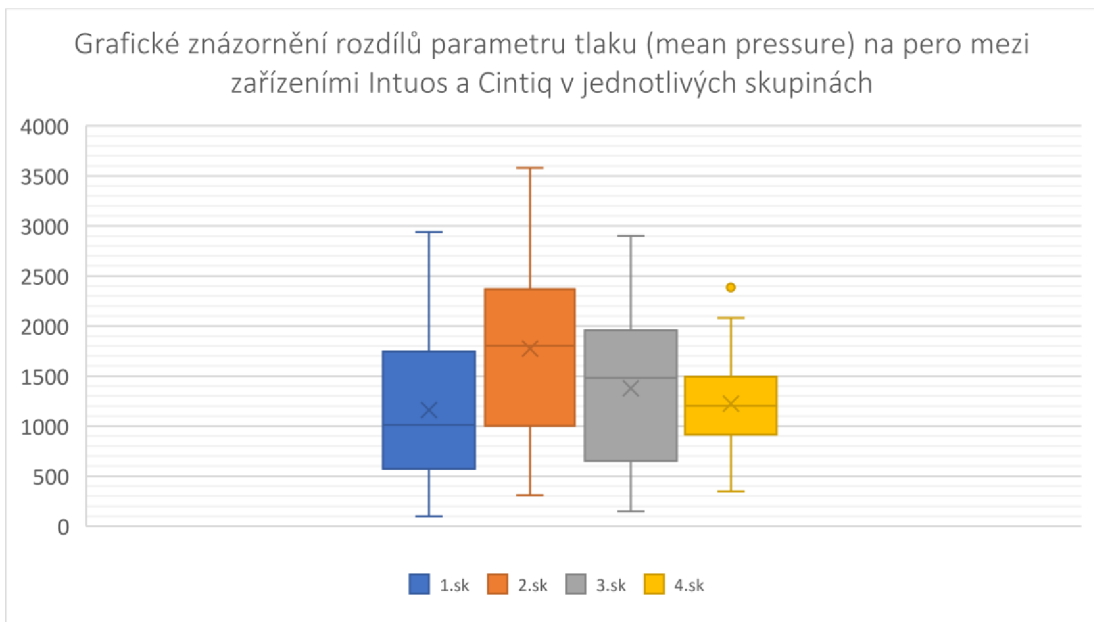
Obrázek 7.2 Znázornění průměrných rozdílů mezi věkovými skupinami



Obrázek 7.3 Znázornění průměrných rozdílů mezi věkovými skupinami



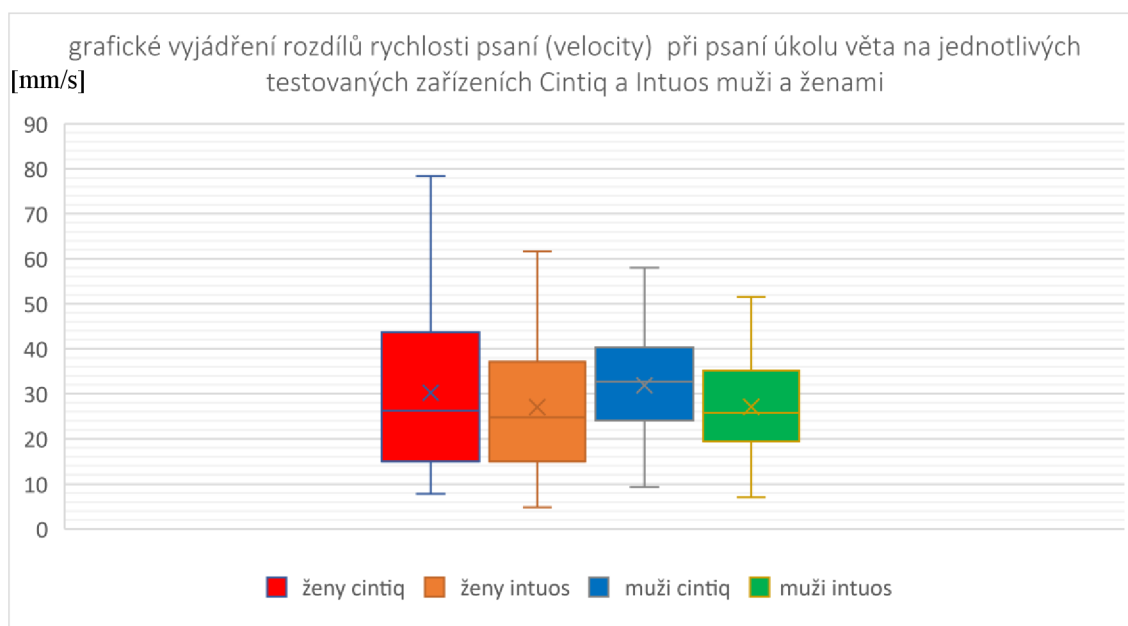
Obrázek 7.4 Znázornění průměrných rozdílů mezi věkovými skupinami



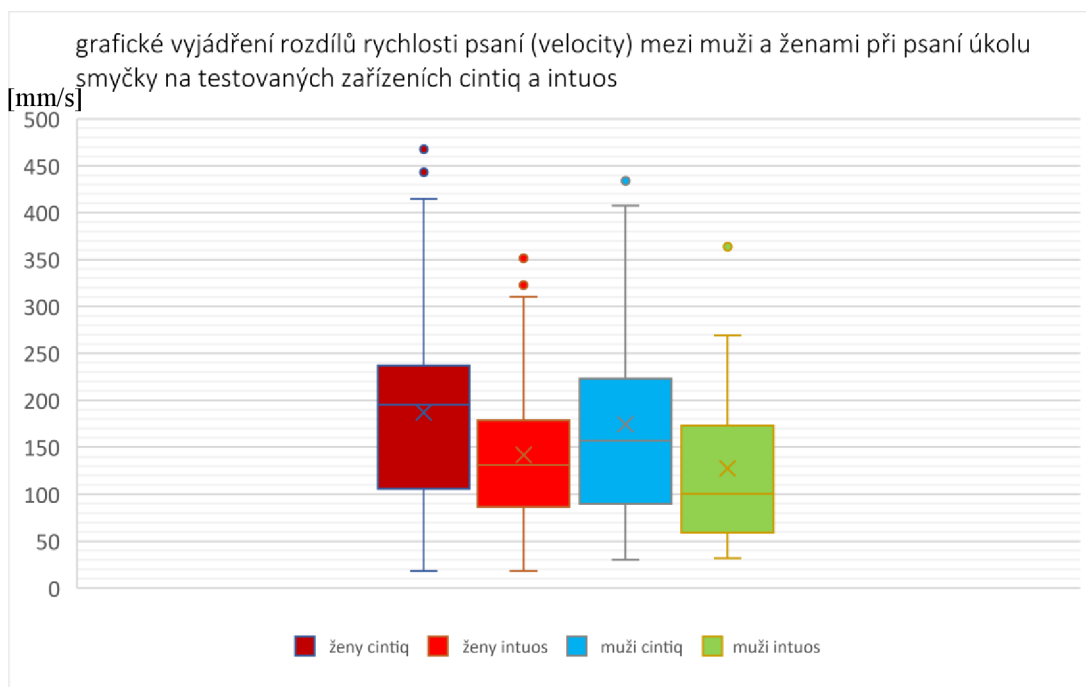
Obrázek 7.5 Znázornění průměrných rozdílů mezi věkovými skupinami

Následující grafy *Obrázek 7.6 – 7.9* jsou zaměřeny na porovnání rozdílů mezi parametry z obou porovnávaných zařízení, které pozorujeme při psaní ženskými a mužskými respondenty.

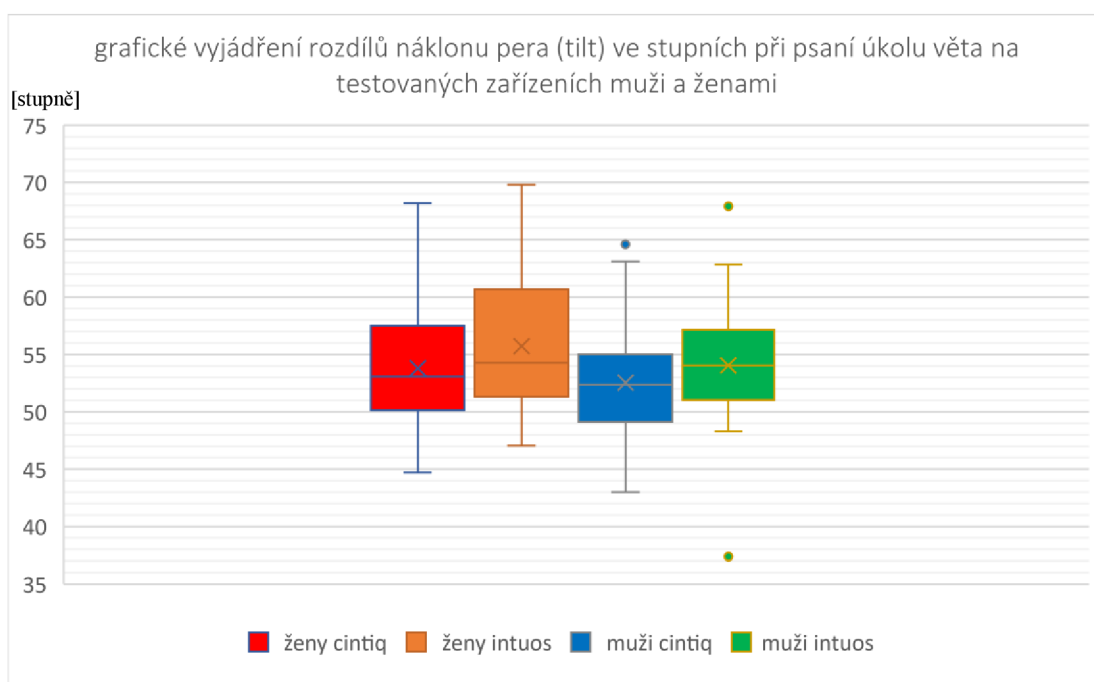
Vyčíslené rozdíly mezi parametry **rychlost** (velocity) zařízení Cintiq a Intuos byly rozděleny podle pohlaví respondentů a na výsledných grafech si lze povšimnout, že muži vykazují menší rozdíly v rychlosti psaní, kdy pozorujeme vyšší rychlost na zařízení Cintiq 25 – 40 mm/s, kdežto na papír 19 – 36 mm/s. Ženy psaly přibližně stejně rychle, ovšem jejich rychlost písma byla u jednotlivých respondentek více rozmanitá, a to 15 – 43 mm/s na digitalizačním tabletu a 15 – 38 mm/s při psaní na papír. Pro porovnání je pro parametr rychlost vložen graf i pro úkol smyčky. Na tomto grafu *Obrázek 7.7* vidíme podobné rozložení rozdílů, ale rychlost psaní je při tomto úkolu přirozeně vyšší. Při porovnání rozdílů parametru **odklon pera** (tilt) pozorujeme taktéž menší rozdíl u mužů než u žen. Obecně lze konstatovat, že při psaní na digitalizační displej respondenti používají menší sklon pera než při psaní na papír. Naopak při porovnání rozdílů parametru **tlak na pero** (pressure), vidíme výraznější rozdíly u mužů. Pro parametr tlak na pero - lze taktéž porovnat s grafem pro úkol smyčky, kde vidíme prakticky totožné výsledky. *Obrázek 7.10* Při psaní na digitalizační displej byl oběma skupinami vyvíjen na pero větší tlak, než při psaní na papír.



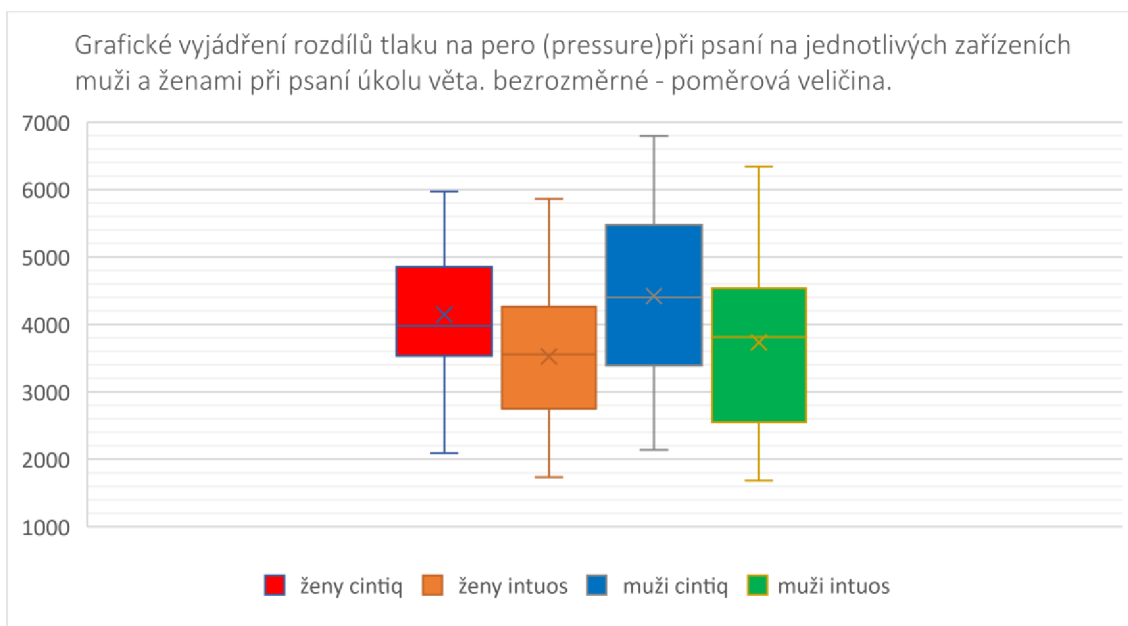
Obrázek 7.6 Grafické znázornění rozdílů v rychlosti psaní – úkol věta



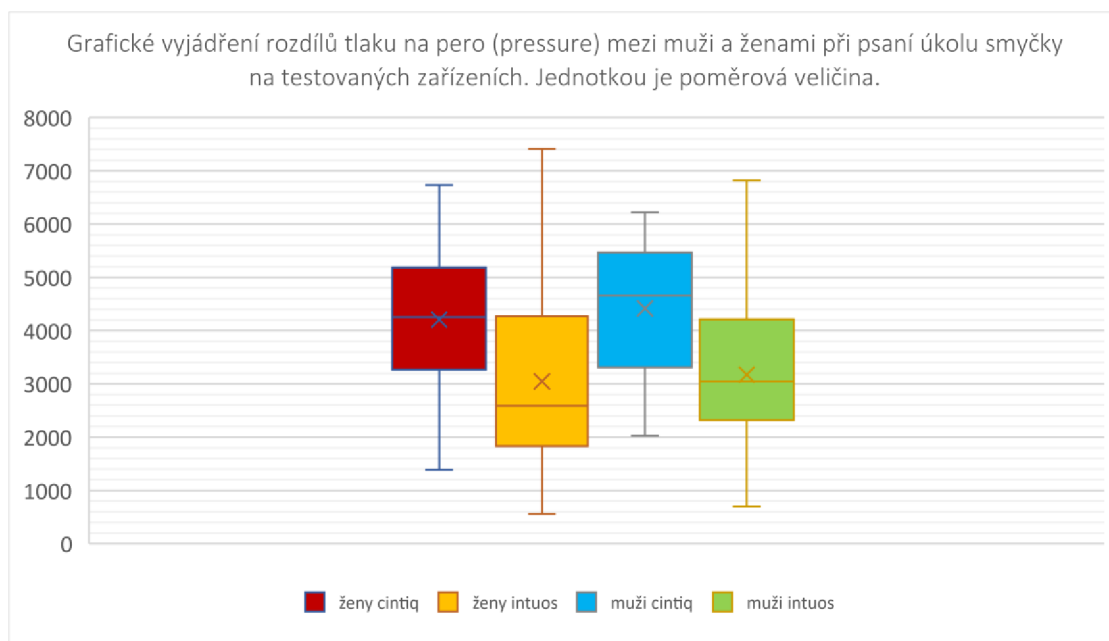
Obrázek 7.7 Grafické znázornění rozdílů v rychlosti psaní – úkol smyčky



Obrázek 7.8 Grafické znázornění rozdílů náklonu pera



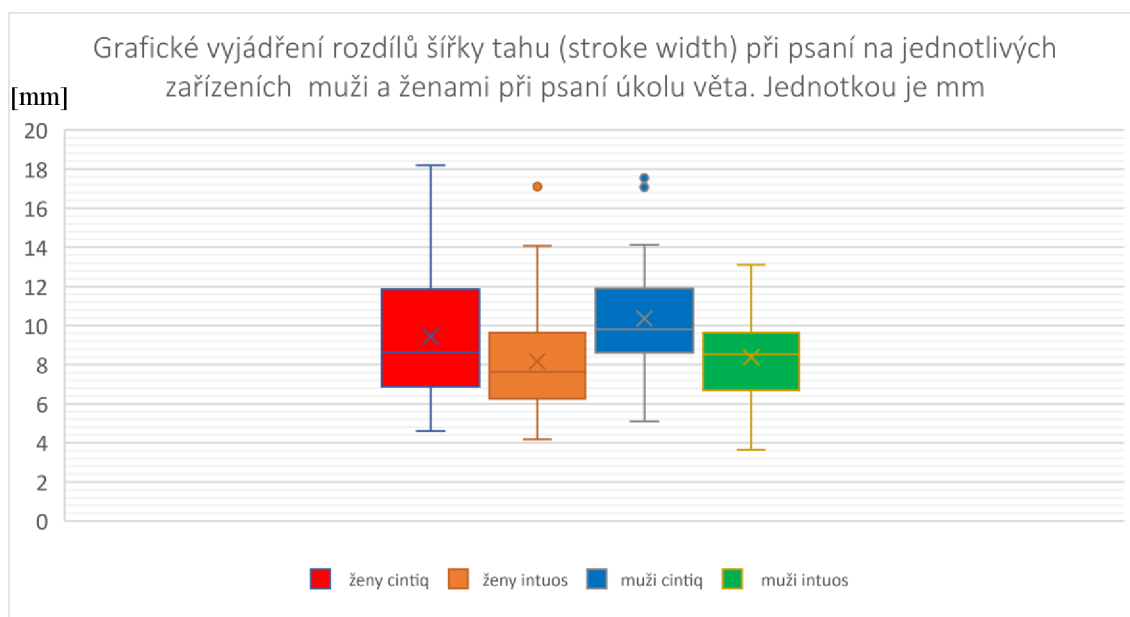
Obrázek 7.9 Grafické znázornění rozdílů v tlaku na pero – úkol věta



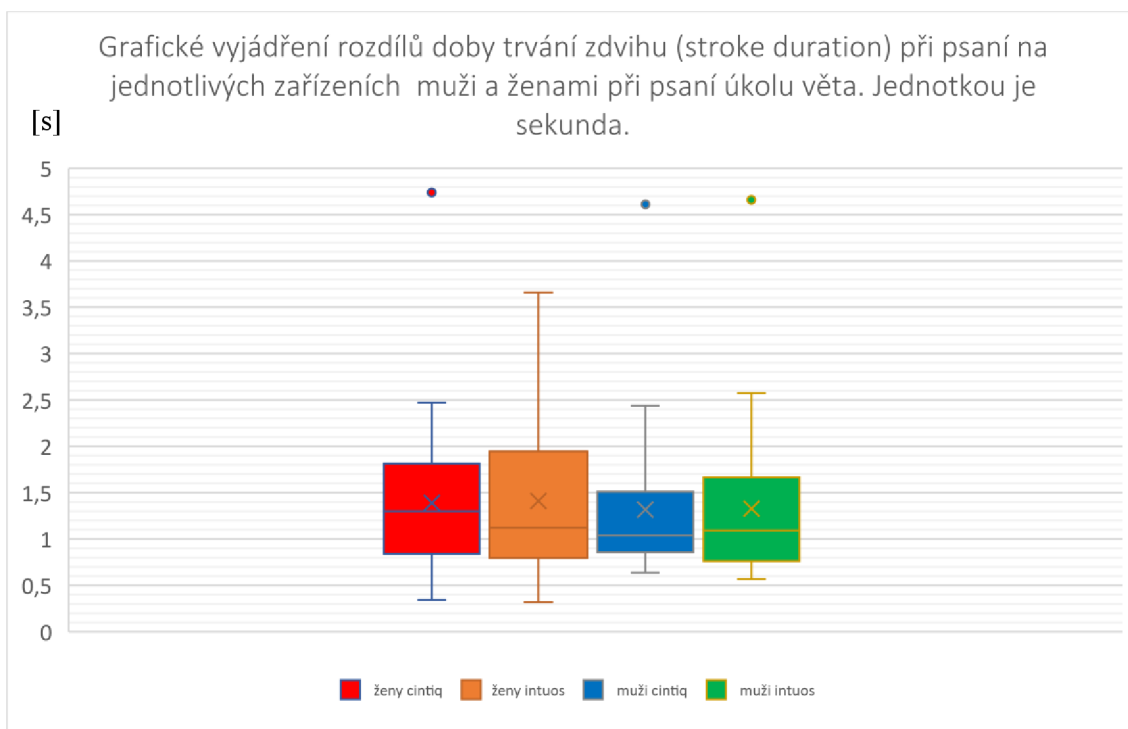
Obrázek 7.10 Grafické znázornění rozdílů v tlaku na pero – úkol smyčky

Abychom neporovnávali pouze kinematické parametry, zaměřme se nyní na parametry ostaní. Když bylo v prvním případě provedeno porovnávání na úkolu věta, nebylo by vhodné, abychom další parametry porovnávali na jiném úkolu. Navíc úkol věta nabízí pestřejší rozsah parametrů.

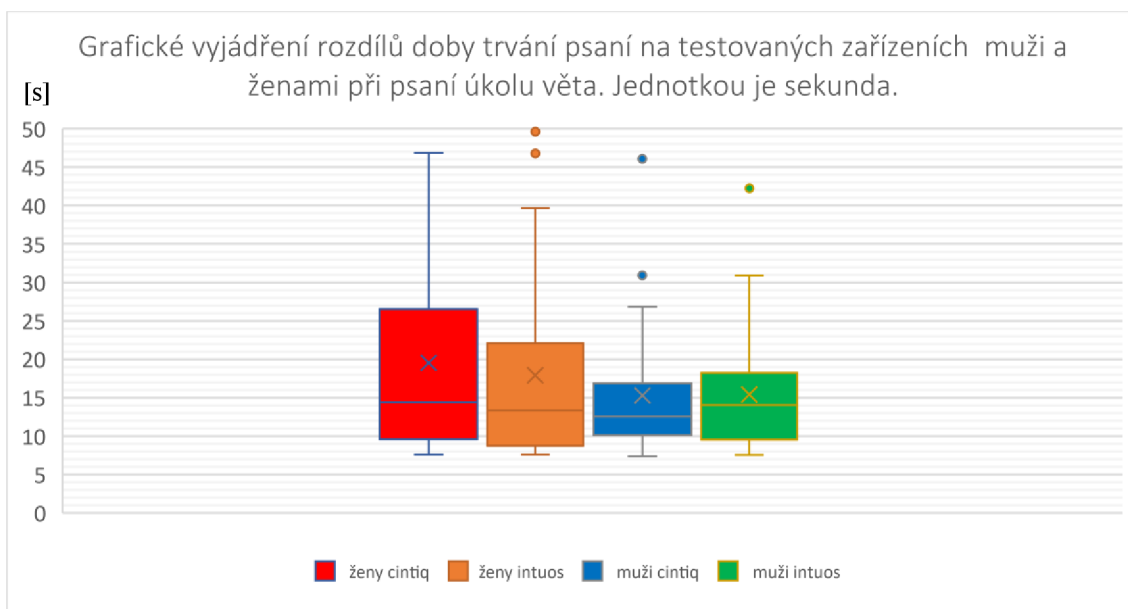
Nyní se zaměřme na parametry prostorové a časové *Obrázek 7.11 až Obrázek 7.13*. Z prostorových parametrů byla pro grafické znázornění vybrána **šířka tahu** (stroke width). Zde můžeme pozorovat širší písmo na digitalizačním tabletu, přičemž ženy vykazují větší rozdíly v šířce než muži. Naopak písmo mužských respondentů je sice také širší na digitalizačním tabletu, ale vidíme, že muži mají větší shodu v rozdílech parametrů. U časových parametrů je rozdíl **doby trvání psaní** (writing duration) na jednotlivých zařízeních u všech mužských respondentů velmi podobný. Také lze říci, že doba psaní je u mužů pro obě zařízení obdobná. U žen je situace opět pestřejší. Jednotlivé respondentky vykazují větší rozdíly v rychlosti psaní mezi sebou navzájem, ale můžeme také konstatovat, že doba trvání psaní se nijak výrazně neliší v závislosti na druhu zařízení. *Obrázek 7.13*



Obrázek 7.11 Znázornění parametru šířka tahu – úkol věta



Obrázek 7.12 Znázornění parametru doba trvání zdvihu – úkol věta



Obrázek 7.13 Znázornění parametru doba trvání psaní – úkol věta

Shrneme – li výše uvedenou analýzu, můžeme pozorovat největší shodu mezi parametry zaznamenanými porovnávanými zařízeními mezi muži z třetí a čtvrté věkové kategorie. Mezi ženami jsou rozdíly výraznější. Z výsledků je vidět, že písmo žen je bohatší a rozmanitější. U všech skupin je však patrný jistý rozdíl mezi psaním na tablet Intuos a Cintiq. Uvedené grafy jsou pro úkol věta, neboť poskytuje více změn ve vedení pera, a proto je zde větší prostor k posuzování rozdílů mezi parametry. Můžeme tedy konstatovat, že všechny věkové skupiny reagovaly na rozdíly v charakteru psaní na jednotlivých zařízení podobně. Také lze pozorovat, že třetí věková skupina, tedy mezi 15 a 42 lety vykazovala největší rozdíly v parametru zrychlení, kde ale také přirozeně tato skupina zaznamenala největší rozdíly daného parametru mezi jednotlivými zařízeními. Pozorujeme, že parametr zrychlení se jeví společně s tlakem působícím na pero nejvíce rozdílným parametrem z kinematických a dynamických parametrů mezi testovanými zařízeními.

Poměrně výrazného rozdílu si lze povšimnout i mezi již zmíněnou skupinou ženy a muži. Dále stojí za povšimnutí fakt, že při psaní na digitalizační tablet vyvíjejí respondenti na pero větší tlak než při psaní na papír. Z prostorových parametrů můžeme vyčíst, že na digitalizačním tabletu píší účastníci širším písmem.

Kromě parametrů tlak na pero a zrychlení vidíme, že 3 věková skupina (15 - 42 let) má nejmenší rozdíly mezi účastníky z pohledu rozsahu jednotlivých parametrů. Můžeme říci, že jejich písmo se nejméně liší ve sledovaných parametrech v závislosti na použitém zařízení z uvedených věkových skupin.

7.2 T – test mezi parametry

T-test byl proveden mezi parametry jednotlivých věkových skupin, mezi parametry všech respondentů jak pro úkol smyčky, tak i pro úkol věta, a také bylo provedeno testování rozdílů parametrů jednotlivých zařízení při rozdělení na skupiny muži - ženy.

V tabulkách vidíme shrnutí přijetí nebo nepřijetí nulové hypotézy. Pro připomenutí nulová hypotéza nám říká, že respondenti při psaní vykazovali shodných parametrů při psaní na obou zařízeních. Nulovou hypotézu zamítáme, když $p < 0,05$.

V tabulce je tedy vždy uvedena testovací statistická hodnota t , jejíž velká hodnota nám říká, že testované skupiny jsou odlišné a malá hodnota nám sděluje podobnost testovaných parametrů. Ve druhém sloupci je již zmiňovaná, příslušná hodnota p . V případě zamítnutí nulové hypotézy, je pole pro přehlednost označeno žlutě.

Tabulka 7.2 T-test mezi parametry jednotlivých věkových skupin (úkol smyčky)

	7 – 10 let		11 – 14 let		15 – 42 let		44 – 81 let	
Parametr (úkol smyčky)	t hodnota	p-hodnota	t hodnota	p hodnota	t-hodnota	p hodnota	t hodnota	p hodnota
Velocity (rychlost psaní)	-5,2284	0,0001	-1,9115	0,0729	-3,7952	0,0020	-3,4275	0,0041
Acceleration (zrychlení)	-6,7915	0,0001	-4,7615	0,0002	-4,7935	0,0003	-5,6954	0,0001
Jerk (trhnutí)	-6,1877	0,0001	-4,0410	0,0009	-3,8072	0,0019	-4,5156	0,0005
Azimuth (azimut)	-2,2052	0,0387	-3,2601	0,0049	-0,8682	0,3999	-1,8101	0,0918
Tilt (náklon)	1,5906	0,1266	0,0105	0,9918	1,7698	0,0985	1,3985	0,1837
Pressure (tlak na pero)	-1,5105	0,1458	-7,7062	0,0001	-6,0011	0,0001	-4,3601	0,0007
Stroke lenght (délka tahu)	3,4306	0,0025	-3,1417	0,0063	-4,5998	0,0004	-4,4994	0,3343
Stroke height (výška zdvíhu)	-3,8569	0,0009	1,0000	0,3322	-3,4562	0,0039	-0,6978	0,3343
Stroke width (šířka tahu)	-4,8795	0,0001	-4,1089	0,0008	-7,4550	0,0000	-5,7393	0,0001
Data stroke duration	2,0684	0,0511	-1,0212	0,3223	-0,0561	0,9561	-0,2478	0,8079
Ratio of stroke durations	-0,3135	0,7570	1,0000	0,3322	0,0000	0,0000	1,0000	0,3343
Writing duration	2,7301	0,0125	-0,6838	0,5039	-0,0561	0,9561	1,4708	0,1635
Ratio of writing duration	1,3195	0,2012	1,0000	0,3322	0,0000	0,0000	1,0000	0,3343
Data writing stop	-0,5048	0,6189	-0,9022	0,3803	-3,2119	0,0063	0,7457	0,4682

Shrnutí výsledků t-testu mezi jednotlivými parametry pro čtyři různé věkové skupiny. *Tabulka 7.2* V 1. věkové skupině jsou respondenti 7 -10 let, ve druhé skupině respondenti ve věku 11-14 let, třetí skupina zahrnuje věkové rozpětí 15 – 42 let a poslední skupina zahrnuje respondenty od 44 – 81 let.

Vidíme, že nejstarší věková skupina vykazuje největší shodu a společně se druhou věkovou skupinou se shodují v nejvíce parametrech.

Můžeme tedy pozorovat, že pro skupinu respondentů, která nabrala již nějaké zkušenosti se psaním, ale i pro skupinu nejstarších účastníků je při psaní jednoduššího úkolu - psaní smyček, kdy nemuseli písmo přerušovat, větší shoda mezi parametry z posuzovaných zařízení. Rozdíl pozorujeme v parametrech **rychlost psaní, zrychlení, trhnutí a tlak na pero**. Můžeme si povšimnout, že druhá věková skupina vykazuje shodu i v rychlosti. *Tabulka 7.2*

Tabulka 7.3 T-test mezi parametry jednotlivých věkových skupin (úkol věta)

Parametr (úkol věta)	7 – 10 let		11 – 14 let		15 – 42 let		44 – 81 let	
	t hodnota	p hodnota	t hodnota	p hodnota	t-hodnota	p hodnota	t hodnota	p hodnota
Velocity (rychlost psaní)	3,8187	0,0015	3,3019	0,0042	2,9185	0,0112	2,8154	0,0138
Acceleration (zrychlení)	4,9782	0,0001	6,7430	0,0001	4,0635	0,0012	3,6718	0,0025
Jerk (trhnutí)	2,8177	0,0103	4,0301	0,0009	2,9521	0,0105	3,0266	0,0091
Azimuth (azimut)	-0,2821	0,7806	1,6618	0,1149	0,4090	0,6887	4,0181	0,0013
Tilt (náklon)	-2,5463	0,0188	1,0465	0,3099	-2,1975	0,0453	-4,5018	0,0005
Pressure (tlak na pero)	-1,5105	0,0007	3,2002	0,0052	3,6049	0,0029	3,5831	0,0030
Stroke length (délka tahu)	0,7331	0,4716	4,0987	0,0806	5,4125	0,0001	3,1622	0,0069
Stroke height (výška zdvihu)	-3,8149	0,0010	-1,7085	0,1057	-0,0803	0,9371	0,9974	0,3355
Stroke width (šířka tahu)	1,8490	0,0786	5,4063	0,0032	5,3643	0,0001	3,9983	0,0013
Data stroke duration	-1,0850	0,2902	0,4594	0,6518	2,6019	0,0209	-0,9995	0,3345
Ratio of stroke durations	-1,9792	0,0610	-1,3179	0,2050	-0,0913	0,9285	-0,2222	0,8274
Writing duration	3,4185	0,0026	0,6877	0,5009	2,4261	0,0294	0,1871	0,8543
Ratio of writing duration	-1,0569	0,3026	-0,4581	0,6527	-0,7883	0,4436	-0,2149	0,8330
Data writing stop	3,4407	0,0025	1,5025	0,1513	0,8676	0,4002	3,3032	0,0052

Z uvedených údajů *Tabulka 7.3* vidíme, že psaní složitějšího zadání, jakým poměrně složitá použitá věta „Tramvaj dnes už nepojede“ je, nedochází ke shodě u žádného z kinematických parametrů. Výjimku tvoří druhá věková skupina, která vykazuje nejvíce shody mezi stejnými parametry obou zařízení. Opět vidíme, že druhá věková skupina má podobné výsledky jako při úkolu smyčky, ale nyní se již neshoduje v parametru **rychlost psaní** (velocity). Naopak nejvíce rozdílů pozorujeme u nejstarší věkové skupiny. Lze tedy usuzovat že rozdíl mezi zařízeními by se mohl nadále prohlubovat při psaní složitějších vět, kreslení rozmanitých obrazců atd.

Tabulka 7.4 T-test mezi parametry úkolu smyčky a věta

porovnání cintiq/intuos	smyčky		věta	
	t - hodnota	p- hodnota	t - hodnota	p - hodnota
Velocity (rychlost psaní)	-6,8446	0,0001	-5,1583	0,0001
Acceleration (zrychlení)	0,5038	0,6160	-8,5743	0,0001
Jerk (trhnutí)	-8,7723	0,0001	-5,4929	0,0001
Azimuth (azimut)	-3,7772	0,0003	-2,1939	0,0316
Tilt (náklon)	1,1021	0,2742	3,7698	0,0003
Pressure (tlak na pero)	-7,1983	0,0001	-7,1175	0,0001
Stroke lenght (délka tahu)	-7,0987	0,0001	-5,1952	0,0001
Stroke height (výška zdvíhu)	-4,4278	0,0001	2,3611	0,0211
Stroke width (šířka tahu)	-10,3579	0,0001	-7,0157	0,0001
Data stroke duration	0,5145	0,6085	1,0560	0,2946
Ratio of stroke durations	0,6408	0,5238	2,1800	0,0327
Writing duration	1,7492	0,0672	-3,3319	0,0014
Ratio of writing duration	1,8594	0,0631	1,3051	0,1962
Data writing stop	1,0478	0,0000	-4,2486	0,0001

Shrnutí výsledků t-testu, kdy byly porovnávány parametry obou zařízení při psaní jednotlivých úkolů bez dalšího rozdělení respondentů na skupiny či pohlaví vidíme v *Tabulka 7.4*. Zde si můžeme povšimnout, že při rozmanitém vzorku respondentů je výraznější rozdíl mezi parametry obou srovnávaných zařízení. Opět vidíme větší shodu u jednoduššího úkolu (smyčky). V parametru **doba trvání zdvihu** (stroke duration) a **poměr doby trvání psaní** (ratio of writing duration) nezamítáme nulovou hypotézu pro oba úkoly.

Tabulka 7.5 T-test mezi parametry (skupina ženy – muži)

porovnání cintiq/intuos	ženy		muži	
	t - hodnota	p- hodnota	t - hodnota	p - hodnota
Velocity (rychlost psaní)	-3,0199	0,0044	-4,7649	0,0001
Acceleration (zrychlení)	-5,9612	0,0001	-6,2376	0,0001
Jerk (trhnutí)	-3,8037	0,0005	-4,9739	0,0001
Azimuth (azimut)	-1,0599	0,2955	-2,1396	0,0412
Tilt (náklon)	3,3771	0,0016	1,9108	0,0663
Pressure (tlak na pero)	-5,5245	0,0001	-4,4638	0,0001
Stroke length (délka tahu)	-2,7707	0,0084	-5,8765	0,0001
Stroke height (výška zdvihu)	1,8391	0,0733	1,4628	0,1546
Stroke width (šířka tahu)	-3,8807	0,0004	-7,6259	0,0001
Data stroke duration (délka zdvihu)	1,0242	0,3119	0,2645	0,7933
Ratio of stroke durations (poměr délky zdvihu)	1,6332	0,1105	1,5948	0,1220
Writing duration (délka psaní)	-4,2715	0,0001	0,3208	0,7507
Ratio of writing duration (poměr délky psaní)	2,3936	0,0215	-0,7213	0,4767
Data writing stop (zastavení psaní)	-3,3952	0,0016	-2,5296	0,0173

V dalším shrnutí výsledků t-testu, který porovnával parametry získané z obou zařízení, kde byli respondenti rozděleni na muže a ženy *Tabulka 7.5* vidíme, že nulovou hypotézu přijímáme u mužské skupiny v případě náklonu pera, a u obou skupin také v délce zdvihu a poměru délky zdvihu. U mužů navíc ještě v parametrech výška zdvihu, délka psaní a poměr délky psaní.

T – test potvrdil poznatky z předchozí analýzy rozdílů parametrů a porovnávání parametrů obou zařízení v závislosti na věku respondenta.

Při parametrickém testu mezi skupinami ženy – muži *Tabulka 7.5* je možné z tabulky vyčíst, větší rozdílnost u žen, kdy vidíme i rozdíl v časových parametrech. Lze si povšimnout, že u žen byla změna zařízení příčinou jiného náklonu pera a doby trvání psaní. Muži vykazují rozdíl v rychlosti, zrychlení, trhnutí, tlaku a azimutu. V časových parametrech výrazné změny nejsou. Naproti tomu při porovnávání úkolu smyčka a věta je rozdíl zřejmý. *Tabulka 7.4* Dá se tedy usuzovat, že s náročností úkolu je více patrný rozdíl v psaní na jednotlivých zařízeních.

7.3 Korelační analýza

V dalším kroku byla provedena korelační analýza mezi parametry. V tomto kroku byly testovány parametry se statistickou významností, tedy ty, kde byla zamítnuta nulová hypotéza. Korelační koeficienty jsou seřazeny v tabulkách, které jsou pro přehlednost sestaveny vždy pro jednu věkovou skupinu. U první skupiny lze pozorovat silnou korelaci u parametrů **zrychlení** (acceleration), **trhnutí** (jerk), **náklon pera** (tilt), **tlak** (pressure) a **doba trvání psaní** (writing duration). *Tabulka 7.6*

Střední korelaci pozorujeme u parametru **rychlost** (velocity) a **výšky zdvihu** (stroke height).

Druhá věková skupina vykazuje silnou korelaci v parametrech **rychlost**, **zrychlení**, **trhnutí** a **šířce tahu**. Střední míru korelace pozorujeme u parametru tlak na pero. *Tabulka 7.7*

U třetí a čtvrté věkové skupiny vidíme velmi slabou korelaci u parametru **trhnutí** (jerk).

Tabulka 7.6 Hodnota korelačních koeficientů pro 1. věkovou skupinu úkol věta

	7 – 10 let		
Parametr (úkol věta)	p - hodnota p<0,05	Pearsonův korelační koeficient	Spearmanův korelační koeficient
Velocity (rychlost psaní)	0,0015	0,4872	0,6667
Acceleration (zrychlení)	0,0001	0,8584	0,8622
Jerk (trhnutí)	0,0103	0,7935	0,8035
Tilt (náklon)	0,0188	0,6896	0,7414
Pressure (tlak na pero)	0,0007	0,8507	0,7143
Stroke height (výška zdvihu)	0,0010	0,5173	0,3981
Writing duration	0,0026	0,9593	0,9356

Tabulka 7.7 Hodnota korelačních koeficientů pro 2. věkovou skupinu úkol věta

	11 – 14 let		
Parametr (úkol věta)	p - hodnota p<0,05	Pearsonův korelační koeficient	Spearmanův korelační koeficient
Velocity (rychlost psaní)	0,0042	0,7808	0,6862
Acceleration (zrychlení)	0,0001	0,7360	0,8266
Jerk (trhnutí)	0,0009	0,7273	0,6635
Pressure (tlak na pero)	0,0052	0,4844	0,5046
Stroke width (šířka tahu)	0,0032	0,7925	0,7626

Tabulka 7.8 Hodnota korelačních koeficientů pro 3.věkovou skupinu úkol věta

	15 – 42 let		
Parametr (úkol věta)	p - hodnota p<0,05	Pearsonův korelační koeficient	Spearmanův korelační koeficient
Velocity (rychlost psaní)	0,0112	0,8781	0,8857
Acceleration (zrychlení)	0,0012	0,8017	0,8642
Jerk (trhnutí)	0,0105	0,0738	0,0607
Tilt (náklon)	0,0453	0,8575	0,6357
Pressure (tlak na pero)	0,0029	0,7291	0,7535
Stroke lenght (délka tahu)	0,0001	0,8452	0,83214
Stroke width (šířka tahu)	0,0001	0,8712	0,8214
Data stroke duration	0,0209	0,8819	0,7321
Writing duration	0,0294	0,9217	0,8571

Tabulka 7.9 Hodnota korelačních koeficientů pro 4.věkovou skupinu úkol věta

	44 – 81 let		
Parametr (úkol věta)	p - hodnota p<0,05	Pearsonův korelační koeficient	Spearmanův korelační koeficient
Velocity (rychlost psaní)	0,0138	0,8841	0,8285
Acceleration (zrychlení)	0,0025	0,7591	0,7357
Jerk (trhnutí)	0,0091	0,2926	0,4536
Azimuth (azimut)	0,0013	0,9947	0,9285
Tilt (náklon)	0,0005	0,8318	0,7107
Pressure (tlak na pero)	0,0030	0,7563	0,8464
Stroke lenght (délka tahu)	0,0069	0,8988	0,8964
Stroke width (šířka tahu)	0,0013	0,8996	0,9071
Writing duration	0,0052	0,9797	0,8679

Tabulka 7.10 Hodnota korelačních koeficientů pro 1.věkovou skupinu - úkol smyčky

	7 – 10 let		
Parametr (úkol smyčky)	p - hodnota p<0,05	Pearsonův korelační koeficient	Spearmanův korelační koeficient
Velocity (rychlost psaní)	0,0001	0,8942	0,8554
Acceleration (zrychlení)	0,0001	0,8481	0,8340
Jerk (trhnutí)	0,0001	0,8930	0,8859
Azimuth (azimut)	0,0387	0,9743	0,7945
Stroke lenght (délka tahu)	0,0025	0,8229	0,8080
Stroke height (výška zdvíhu)	0,0009	0,8490	0,8585
Stroke width (šířka tahu)	0,0001	0,7532	0,7357
Writing duration	0,0125	0,5754	0,2175

Tabulka 7.11 Hodnota korelačních koeficientů pro 2.věkovou skupinu - úkol smyčky

	11 – 14 let		
Parametr (úkol smyčky)	p - hodnota p<0,05	Pearsonův korelační koeficient	Spearmanův korelační koeficient
Acceleration (zrychlení)	0,0002	0,6032	0,7108
Jerk (trhnutí)	0,0009	0,7584	0,8627
Azimuth (azimut)	0,0049	0,8113	0,9240
Pressure (tlak na pero)	0,0001	0,6080	0,6215
Stroke lenght (délka tahu)	0,0063	0,6611	0,7304
Stroke width (šířka tahu)	0,0008	0,6370	0,6275

Tabulka 7.12 Hodnota korelačních koeficientů pro 3.věkovou skupinu úkol smyčky

Parametr (úkol smyčky)	15 – 42 let		
	p - hodnota p<0,05	Pearsonův korelační koeficient	Spearmanův korelační koeficient
Velocity (rychlost psaní)	0,0020	0,8869	0,8964
Acceleration (zrychlení)	0,0003	0,8766	0,8178
Jerk (trhnutí)	0,0019	0,8394	0,8607
Pressure (tlak na pero)	0,0000	0,5761	0,6607
Stroke lenght (délka tahu)	0,0004	0,8999	0,8679
Stroke height (výška zdvíhu)	0,0039	0,8765	0,8214
Stroke width (šířka tahu)	0,0000	0,9645	0,9214
Data stroke duration	0,9561	0,9000	0,8571
Writing duration	0,0063	0,9000	0,6342

Tabulka 7.13 Hodnota korelačních koeficientů pro 4.věkovou skupinu - úkol smyčky

Parametr (úkol smyčky)	44 – 81 let		
	p - hodnota p<0,05	Pearsonův korelační koeficient	Spearmanův korelační koeficient
Velocity (rychlost psaní)	0,0041	0,9175	0,9357
Acceleration (zrychlení)	0,0001	0,8972	0,9363
Jerk (trhnutí)	0,0005	0,9115	0,9535
Pressure (tlak na pero)	0,0007	0,7562	0,5571
Stroke width (šířka tahu)	0,0001	0,8844	0,8750

Pokud budou porovnány výsledky korelace mezi parametry při úkolu psaní věty, vidíme při porovnání výsledků v tabulkách, mnohem větší rozdíly oproti úkolu smyčky. Při složitějším úkolu pozorujeme, že první věková skupina, tedy respondenti 7 -10 let vykazují největší rozdíly v parametru **rychlost** (velocity), ovšem jen pro úkol

věta. Zřejmě je to dáno tím, že tito respondenti ještě nemají písmo plně osvojené a z tohoto důvodu reagují s většími rozdíly na změny spojené s podkladem na který píše. Pro tento předpoklad nahrává i výsledek druhé věkové skupiny, kde je střední míra korelace v parametru **tlak na pero**. Vidíme, že u posledních dvou věkových skupin je korelační koeficient v oblasti velmi silné korelace. Naopak tyto dvě skupiny respondentů, u kterých je předpoklad, že jejich písmo je již plně osvojenou záležitostí, pozorujeme slabou míru korelace v parametru **trhnutí** (jerk) a **trvání tahu** (stroke duration).

8. CELKOVÉ ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zjistit, zda a případně jaký je rozdíl v psaní na papír a na digitalizační tablet. Ze sesbíraných dat byly pro další testování vytvořeny skupiny. Skupiny byly rozděleny podle pohlaví, věku, a také byly testovány rozdíly mezi jednotlivými úkoly, kterými bylo psaní smyček a věty.

Z porovnání rozdílů parametrů bylo zjištěno, že je poměrně velký rozdíl v rychlosti psaní. Toto ovšem závisí na charakteru psaného tvaru. Na digitalizačním tabletu je rychlost psaní vyšší, ovšem tento výrazný rozdíl je pouze u psaní smyček. Při psaní věty byl rozdíl malý, až zanedbatelný. U žen pozorujeme větší rozdíly v rychlosti, a to na zařízení Cintiq od hodnot 15 mm/s až po 43 mm/s na zařízení Intuos 15 – 38 mm/s. Jiná situace byla u parametru zrychlení a trhnutí, kde byly rozdíly významné. Naopak muži vykazují zase větší rozdíly v tlaku na pero než ženy, přičemž respondenti více tlačí na pero při psaní na digitalizačním tabletu.

K nejmenším rozdílům dochází u parametrů azimut a náklon pera. Respondenti naklánějí pero v menším rozsahu na digitalizačním tabletu, a to od 50 – 55° na papíře do rozsahu 62°. Zde lze konstatovat, že obecně je u obou testovaných zařízení podobné. U parametru tilt bylo zajímavé, že v případě psaní smyček, byla poměrně velká shoda. V případě psaní věty byla shoda pouze u druhé věkové skupiny (11 – 14let). Ovšem tato věková skupina zároveň vykazuje nejmenší pozorované rozdíly mezi jednotlivými parametry zmiňovaných zařízení.

Rozdíl byl, jak již bylo zmíněno pouze u rychlosti, zrychlení, tlaku na pero a trhnutí. V ostatních parametrech, ať již při posuzování z rozdílů parametrů, korelací i t-testu, byla pozorována shoda. Největší rozdíl při psaní úkolu věta byl potom pozorován u 3. a 4. věkové skupiny. 4. věková skupina vykazovala rozdílné hodnoty ve všech kinematických i dynamických parametrech. Toto je zřejmě dáno tím, že lidé z této věkové skupiny (44 – 81 let) jsou za svůj dosavadní život plně adaptováni psaní na papír a pro většinu bylo psaní na digitalizační tablet první zkušeností. Naopak uvedená druhá věková skupina (starší žáci ZŠ) je obecně více přizpůsobena digitálním technologiím, navíc jejich písmo je stále ve stádiu vývoje, ale základy techniky psaní mají již osvojeny. Při psaní úkolu smyčky, takové markantní rozdíly pozorovány nejsou.

U druhé věkové skupiny (žáci 1. stupně ZŠ 11 – 14 let) bylo zjištěno, že nastala shoda i v parametru rychlosti, ale nikoli již u zrychlení a trhnutí. I tato skupina reagovala rozdílně v parametru tlak na pero. Zde je písmo stále ve stádiu rozvoje, a lze předpokládat, že při aktivním používání obou zařízení by i nadále zůstal rozdíl v tlaku a zrychlení.

Mezi skupinou ženy a muži byl patrný rozdíl v časových parametrech. Ženské psaní je, dalo by se říct, rozmanitější. Zatím co se u mužů doba trvání psaní vcelku shoduje, u jednotlivých žen je poměrně rozdílná.

Pokud by měl být vynesena verdikt, zda lze psaní na papír nahradit psaním na digitalizační tablet, lze říci, že generace, která bude při rozvoji svého písma užívat obě možnosti, dojde poměrně velké shody. Zůstane však rozdíl v rychlosti psaní, tlaku na pero, trhnutí a zrychlení, ale i šířce písma. Můžeme říci, že na digitalizačním tabletu respondenti psali rychleji, více tlačili na pero a psali širší písmo. Zřejmě by bylo možné úpravou adheze plochy digitalizačního tabletu, případně úpravou hrotu dosáhnout větší shody i v těchto parametrech. Tyto návrhy by ale potřebovaly poměrně rozsáhlé testování. Ovšem z obdržených výsledků, lze usuzovat, že možnost dosažení shody je reálná.

Psaní na digitalizační tablet je tedy jiné než psaní na papír, ale rozdíly lze poměrně dobře definovat a shodují se napříč skupinami respondentů, ať již z pohledu rozdělení na pohlaví, tak i podle věku. Tyto rozdíly však nejsou obecně natolik výrazné, že by vylučovaly používání digitalizačního tabletu pro posuzování poruchy psaní. Písmo na papíře je mírně odlišné.

Pokud tedy tyto zjištěné poznatky zohledníme, lze konstatovat, že můžeme nahradit psaní na papír digitalizačním tabletem. Tyto rozdíly nebudou výrazně ovlivňovat odhalení poruchy psaní, která se projevuje roztřesením písma, nesouvislým psaním, přerušováním psaní a nestejnou velikostí psaní jednotlivých znaků. **Lze tedy konstatovat, že kvalitní digitalizační tablet s vhodnou plochou a kvalitním perem, může nahradit psaní na papír při posuzování poruch písma.**

LITERATURA

- [1] BLAŽEK, Petr a Jiří VALEŠKA. *Expertiza ručního písma*. Praha: Kriminologický ústav VB, 1984.
- [2] MLČÁKOVÁ, Renata. *Grafomotorika a počáteční psaní*. Praha: Grada, 2009. Pedagogika (Grada). ISBN isbn978-80-247-2630-4.
- [3] Gerth S, Klassert A, Dolk T, Fliesser M, Fischer MH, Nottbusch G, Festman J. Is Handwriting Performance Affected by the Writing Surface? Comparing Preschoolers', Second Graders', and Adults' Writing Performance on a Tablet vs. Paper. *Front Psychol*. 2016 Sep 12;7:1308. doi: 10.3389/fpsyg.2016.01308. PMID: 27672372; PMCID: PMC5018499.
- [4] ELIŠKA, Jiří. *Vizuální komunikace – pismo*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-7204-418-4.
- [5] MUCHA, Ján *et al.*, "Analysis of Various Fractional Order Derivatives Approaches in Assessment of Graphomotor Difficulties," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 218234-218244, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3042591.
- [6] Galaz Z, Drotar P, Mekyska J, Gazda M, Mucha J, Zvončák V, Smekal Z, Faundez-Zanuy M, Castrillon R, Orozco-Arroyave JR, Rapcsak S, Kincses T, Brabenec L a Rektorová I (2022) Srovnání CNN-Learned vs. Handcrafted Features for Detection of Parkinson's Disease Dysgraphia in a Multilingual Dataset. *Fronta. Neuroinform*. 16:877139. DOI: 10.3389/FNINF.2022.877139
- [7] MUCHA, Ján. Advanced parameterisation of online handwriting in writers with graphomotor disabilities. Brno, 2020 Disertační práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
- [8] INTUOS, CINTIQ AND BUSINESS TABLET. BASICS: <https://developer-docs.wacom.com/intuos-cintiq-business-tablets/docs/wintab-basics>
- [9] Manfei XU¹ *, Drew FRALICK¹ , Julia Z. ZHENG² , Bokai Wang³ , Xin M. TU⁵ , Changyong FENG, The differences and similarities between two-sample t-test and paired t-test
- [10] ANDĚL, J, *Matematická statistika*, SNTL 1985: [https:// czwiki.cz/Lexikon/T-test#Párový_t-test](https://czwiki.cz/Lexikon/T-test#Párový_t-test)

- [11] ROSENBERK, M.: The Logic of Survey Analysis. New York 1968. Sociologická encyklopedie, Sociologický ústav AV ČR, Řehák Jan:
<https://encyklopedie.soc.cas.cz/w/Korelace>
- [12] HYNKOVÁ, Kateřina, Datová analýza podobnosti vývoje cen populárních kryptoměn. Praha, 2021 Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní.

SEZNAM PŘÍLOH

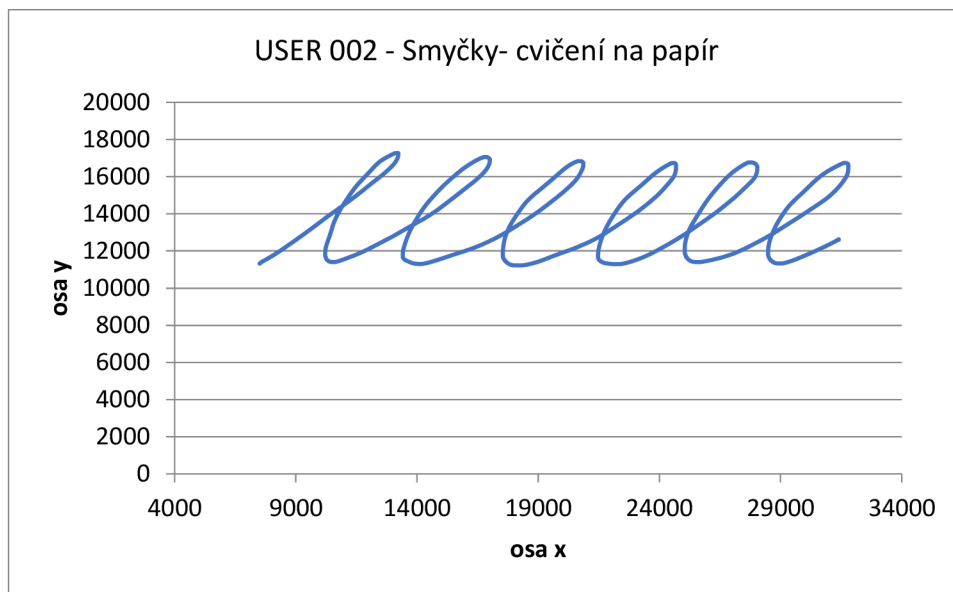
PŘÍLOHA A - ZÍSKANÁ DATA	64
PŘÍLOHA B - SOUHLAS S PROVEDENÍM TESTU	67

Příloha A - Získaná data

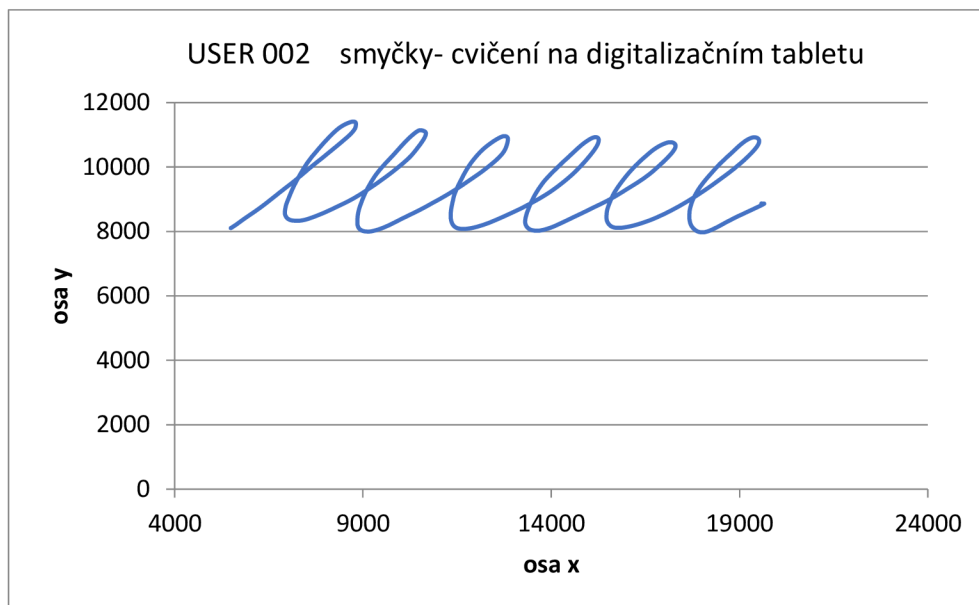
A.1 Databáze účastníků

ID	Věk	Pohlaví	ruka	vzdělání	ID	Věk	Pohlaví	Ruka	vzdělání
USER001	30	M	P	VŠ	USER036	11	Ž	P	ZŠ
USER002	48	Ž	P	VoŠ	USER037	12	Ž	P	ZŠ
USER003	8	Ž	P	ZŠ	USER038	11	Ž	P	ZŠ
USER004	9	Ž	P	ZŠ	USER039	12	Ž	P	ZŠ
USER005	48	M	P	VŠ	USER040	11	Ž	P	ZŠ
USER006	39	Ž	P	VŠ	USER041	12	Ž	P	ZŠ
USER007	11	M	P	ZŠ	USER042	13	Ž	P	ZŠ
USER008	10	M	P	ZŠ	USER043	13	M	P	ZŠ
USER009	39	M	P	VoŠ	USER044	13	M	P	ZŠ
USER010	81	Ž	P	ZŠ	USER045	22	Ž	P	SŠ
USER011	28	M	P	SO	USER046	14	M	P	ZŠ
USER012	26	Ž	P	SŠ	USER047	14	Ž	P	ZŠ
USER013	59	Ž	P	SO	USER048	15	M	L	ZŠ
USER014	66	M	P	SŠ	USER049	14	Ž	P	ZŠ
USER015	7	M	P	ZŠ	USER050	15	Ž	P	ZŠ
USER016	7	Ž	P	ZŠ	USER051	14	Ž	P	ZŠ
USER017	7	M	L	ZŠ	USER052	56	M	P	SO
USER018	7	Ž	P	ZŠ	USER053	42	Ž	P	VŠ
USER019	8	Ž	P	ZŠ	USER054	44	Ž	P	SŠ
USER020	7	Ž	P	ZŠ	USER055	58	Ž	P	VŠ
USER021	7	Ž	P	ZŠ	USER056	44	Ž	P	VŠ
USER022	7	Ž	P	ZŠ	USER057	45	Ž	L	SO
USER023	9	Ž	P	ZŠ	USER058	30	Ž	P	SO
USER024	10	M	P	ZŠ	USER059	44	Ž	P	SŠ
USER025	9	Ž	p	ZŠ	USER060	24	Ž	P	SŠ
USER026	9	M	P	ZŠ	USER061	63	M	P	SŠ
USER027	9	Ž	P	ZŠ	USER062	52	M	P	SŠ
USER028	9	M	L	ZŠ	USER063	27	M	P	SŠ
USER029	9	Ž	P	ZŠ	USER064	80	Ž	P	ZŠ
USER030	9	Ž	P	ZŠ	USER065	54	M	P	SŠ
USER031	9	M	L	ZŠ	USER066	23	M	P	SŠ
USER032	9	M	P	ZŠ	USER067	12	M	P	ZŠ
USER033	9	Ž	P	ZŠ	USER068	12	M	P	ZŠ
USER034	11	Ž	P	ZŠ	USER069	39	Ž	P	SŠ
USER035	11	M	P	ZŠ	USER070	37	M	P	SO

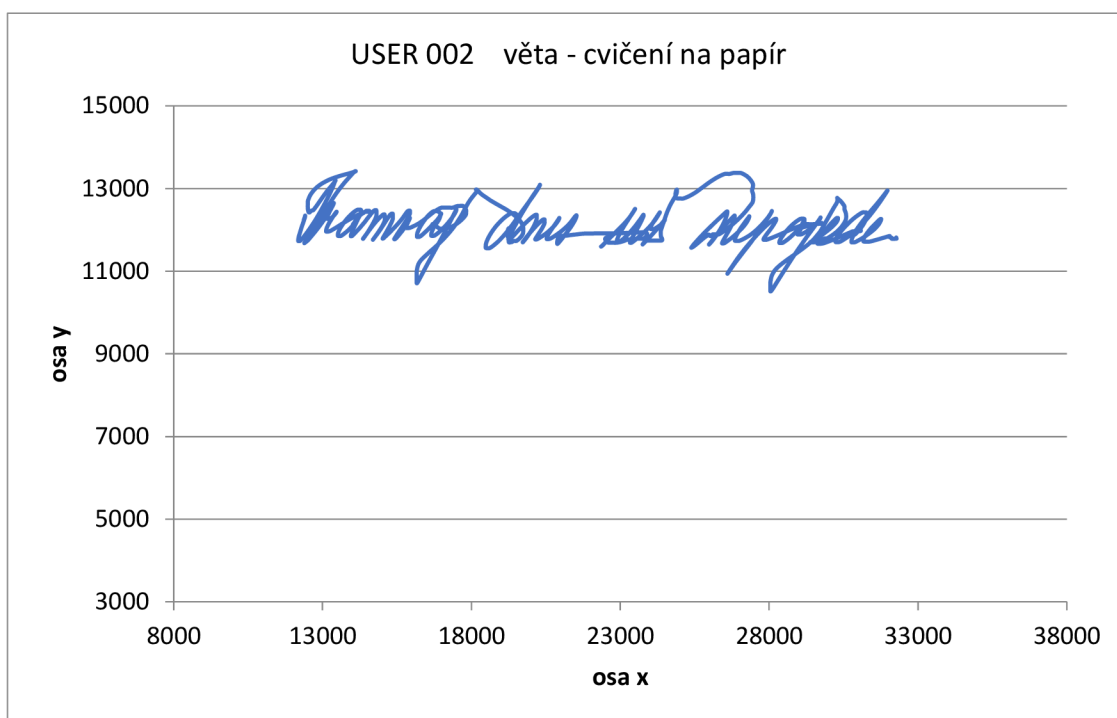
A.2 Příklad sesbíraných dat pro jeden subjekt



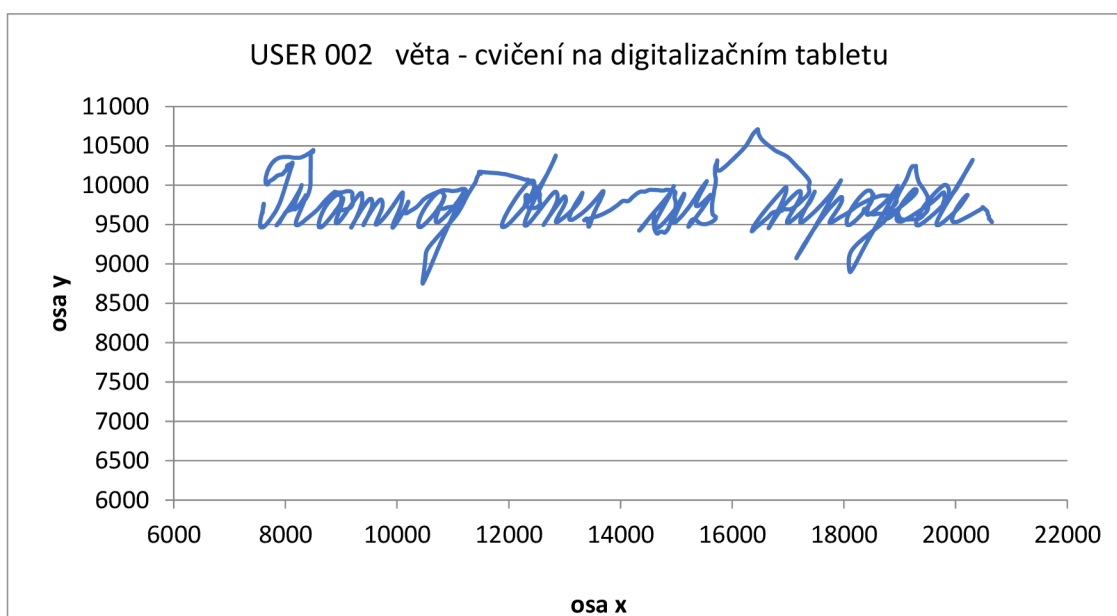
Grafické znázornění pohybu pera po ploše vyjádřené pomocí souřadnic x a y při psaní na papír.



Grafické znázornění pohybu pera po ploše vyjádřené pomocí souřadnic x a y při psaní na digitalizační tablet stejným respondentem



Grafické znázornění pohybu pera po ploše vyjádřené pomocí souřadnic x a y při psaní věty na papír opět stejným respondentem



Grafické znázornění pohybu pera po ploše vyjádřené pomocí souřadnic x a y při psaní věty na digitalizační tablet, opět stejným respondentem

Příloha B - Souhlas s provedením testu

Informovaný souhlas s účastí ve výzkumu

Informace o účastníkovi výzkumu:

Mgr. Zdeňka Pavlíčková, ředitelka ZŠ a MŠ Velký Beranov, okres Jihlava, příspěvková organizace, statutární orgán

telefon: 567218 146

e-mail: skola@zsvberanov.cz

Prohlášení

Já níže podepsaná potvrzuji, že

- a) jsem byla seznámena s informacemi o cílech a průběhu výzkumu (dále též jen „výzkum“);
- b) dobrovolně souhlasím s účastí své osoby a části žáků základní školy v tomto výzkumu;

Zároveň prohlašuji, že

- a) souhlasím se zveřejněním anonymizovaných dat a výstupů vzešlých z výzkumu a s jejich dalším využitím;

Dne: 24. října 2022

Podpis:

Zdeňka Pavlíčková

ZÁKLADNÍ ŠKOLA a MATEŘSKÁ ŠKOLA
Velký Beranov, okres Jihlava
příspěvková organizace
588 21 Velký Beranov 331
IČ: 73022133 Tel.: 567 218 884
-1-