*The State of the Art in On-line Handwritten Signature Verification*

*G. K. Gupta*

Kézzel írott aláírások természete

Aláírások sok különböző formában léteznek és nagyon változatosak még azon emberek aláírása, akik azonos nyelvet használnak. Vannak emberek, akik egyszerűen a nevüket írják, míg mások olyan szignatúrát használnak, ami csak halványan kapcsolódik a nevükhöz és néhány aláírás lehet kifejezetten bonyolult míg van, akié egyszerű.

Ismert, hogy nincs két olyan eredeti aláírása egy személynek, ami pontosan egyforma lenne, sőt néhány írásszakértő figyelembe veszi, ha két aláírása ugyanannak az embernek azonos, akkor lehetséges, hogy hamisítvány. Egymást követő aláírások ugyanattól az embertől eltérőek lesznek, mind globális, mind lokális tulajdonságaiban és különbözhet méretében és orientációjában.

[Osborn 1929] megállapítja, hogy a kézírás nagy mértékű változatosságot mutat sebességben. Állítása szerint a hamisítványok változatosak tökéletességükben. Az ügyetlen próbálkozástól, amiről bárki láthatja, hogy hamis, egészen a szakértő befejezett munkájáig, amit senki nem tud felismerni. A tapasztalat azt mutatja, hogy a hamisító munkája általában nem jól végzett, sok esetben inkább nagyon ügyetlen. Az aláírás hamisítás folyamata vagy egy másik ember írásának szimulálása, hogy sikeres legyen, egy kettős folyamatot foglal magába. A hamisítónak nem csak az írás tulajdonságait kell imitálnia, hanem még el is kell rejtenie a saját személyes írásbeli jellegzetességeit. Ha az írás kötetlen és gyors, az szinte biztos megmutatkozik sok természetes egyedi jellemző az írásban, ha gondosan elemzik, nem számít milyen álcázást alkalmazott.

Továbbá megjegyzi, hogy a szokatlan körülmények között írás befolyásolhatja az aláírást. Például sietősen írt, figyelmetlen aláírások, mint amilyet a futárnak írunk, nem mindig használhatók, kivéve, ha van minta aláírás, ami hasonló körülmények közt készült.

[Hilton 1992] javasolja, hogy az aláírásnak legalább három tulajdonsága van, forma, mozgás és variáció, és mivel az aláírások mozgó tollal egy papíron készülnek, a mozgás talán a legfontosabb része az aláírásnak. A mozgást az ujjak, kéz, csukló és kar izmai végzik el, és az izmokat ideg impulzusok irányítják. Amikor egy személy megszokta a saját aláírását, ezek az ideg impulzusokat az agyunk különösebb odafigyelés nélkül irányítja.

Az aláírás dinamikája

Az aláírás dinamikája egy grafikus tablet által van rögzítve. Tartalmazhat sok különféle adatot: x, y koordináták, nyomásérték, azimut stb.

Tipikus aláírás a személy neve leírva, következésképpen az x értékek jellemzően lineárisan nőnek az idővel kis hullámzásokkal a lineáris görbén. Míg az y értékek egy jóval oszcilláló váltakozást mutat az idővel.

Az aláírás adat megfelelő simítás után használható lehet, hogy kiszámoljuk x és y és akár p(pressure) deriváltját. Az első deriváltjai x-nek és y-nak a sebességek a két irányba, ami kombinálható a teljes szebesség kiszámolásához). A második deriváltak pedig a két gyorsulás. Ki lehet még számolni a harmadik deriváltakat, habár ezeknek nem elterjedt a használatuk az aláírás azonosításban.

Aláírás sebességek és gyorsulások

Egy aláírásra úgy is tekinthetünk, mint tollvonások sorozata. [Dimauro, Impedovo and Pirlo 1994] úgy definiálnak egy tollvonást, mint alapvető alkotóelemek elválasztva hirtelen megszakításokkal.

Nézzük meg egy ilyen vonást az y irányban (feltételezzük, hogy a vonás növekvő y-ra nézve) az x-szel egyelőre nem foglalkozunk. Ha a y-sebességet a vonás közben megvizsgáljuk, megállapítható, hogy a vonást jellemzi bizonyos számú pozitív sebesség érték, amik növekednek, elérnek egy csúcsot, majd valahol, körülbelül félúton a vonásnak, bizonyos számú pozitív érték, amik csökkennek. Ezért a sebességprofilja egy vonásnak egy hullámforma, talán úgy is néz ki, mint egy haranggörbe. Ezenkívül, ha megvizsgáljuk az y-gyorsulásnak az egy csúcsú sebesség-profiljának megfelelő változását, megállapíthatjuk, hogy az egycsúcs-sebességprofil periódusa alatt a gyorsulások nulláról nőnek, és elérik a csúcsértéket félúton, a sebesség felér a csúcsra, majd a csúcssebességről folyamatosan nullára csökken. Lefelé haladva a gyorsulások negatív irányban növekedni fognak (ahogy csökken a sebesség), és eléri a negatív csúcsot a görbe felénél félúton, majd folyamatosan csökken a magnitúdóban (bár még mindig negatív), hogy a görbe végén nulla legyen.

Ezért a vonás sebességprofilja úgy fog kinézni, mintha egyetlen pozitív csúcsú görbe lenne, és amikor a gyorsulási profilt vizsgáljuk, két csúcsú görbének fog kinézni, az egyik csúcsa pozitív irányban, a másik negatív irányban.

Tehát a sebességprofiloknak ezért kétszeresnek kell lenniük a csúcsoknak és a völgyeknek (szélsőértéknek nevezzük), mint az x és y profiloknak, és a gyorsulási profiloknak négyszer annyinak kell lennie. Ezenkívül a sebességprofilok szélsőértékeinek magasságai is kisebbek lesznek, mint a megfelelő vonalak hossza, és a gyorsulások szélsőértékeinek magasságai még kisebbek lesznek.

A vonalsebességprofiljának alakját tanulmányozta [Plamondon 1993], aki kijelenti, hogy egy gyors célzott vonal(mint például az aláírásban) megírásakor kapott sebességprofil körülbelül harang alakú, de az alakja aszimmetrikus, és állításuk szerint ez az alak szinte megmarad az olyan mozgásoknál, amelyek időtartamukban, hosszukban vagy csúcssebességükben különböznek. Lehet, hogy ez az állandó alak kapcsolatban áll azzal, ahogyan a központi idegrendszer tervezi és irányítja a mozgást.

*Handwriting, Biomechanics and Significance: Concepts in Handwriting Identification,*

*Emily J. Will, CDE*

*NADE Journal, Summer 2001*

Az online kézírás kezdetleges módját vélhetjük felfedezni, abban a kísérletben, amelyben videofelvételt készítve és azon keresztül elemezték a toll, kéz, csukló és kar mozdulatait az írásfolyamat közben[] (Frank Freeman's The Handwriting Movement - A Study of The Motor Factors of Excellence in Penmanship, 1920.). A vizsgálat alatt megfigyelték, hogy hogyan változik a toll mozgásának sebessége írás közben. A toll mozdulatok sebessége sosem egységes, folyamatosan lassú és gyors tollvonások váltakoznak, amiket szünetek szakítanak meg, amiket a mozgás egységeinek nevezhetünk. A tollvonások egységekre bonthatók ott, ahol szünetek vagy lassulások fordulnak elő a sebességben. Az eredeti és hamisított kézírások különböznek ebből a szempontól. Jó és gyenge írók különböző módon osztják egységekre a mozdulataikat. A témaköre a ritmusnak vagy kiegyensúlyozott minősége a mozgásnak egy természetes, nem erőltetett vagy mesterkélt eredménynek nagyon közeli kapcsolatban van a kézírás eredetiségének megállapításában []. (*Questioned Documents – Second Edition, 1929,*  pg. 98, Albert Osborn)   
A hamisítványokra általában jellemző a szaggatottság és jóval több megszakított mozdulat. Hogy ugyanolyan formát hamisítsunk, sokkal több megszakított mozdulat szükséges, mint az eredeti íráshoz []. (Albert Osborn, 1929, pg. 106)

A videofelvételből már megállapítható a tollmozgás sebessége aszerint, mennyit mozdult a toll hegye a képkockák között és egy sebességgörbe konstruálható, ha ábrázoljuk a távolságokat egy diagramon. Ez alapján felbontható egy szó tollvonásokra a mérhető szünetek mentén.

Az izokrónia elve szerint, az időtartama egy tollvonásnak közel független a méretétől (Thomassen & Teulings, 1985). Más szóval, egy hosszabb vonalat nem feltétlenül tart több időbe megrajzolni, mint egy rövidet.

Az érintőirányú sebessége a tollnak egy görbe mentén egyenesen arányos a görbe lokális sugarával, ez az un. 2/3 erőtörvény (Lacquaniti, Terzuolo & Viviani, 1983). Következtetésképpen a toll sebessége sokkal nagyobb enyhe íveken, mint szűk íveken. Ezek a tanulmányok hozzájárultak, hogy a kézírás vizsgálatához tudományos háttér társuljon és az online kézírás azonosítás folyamatának előfutárjai voltak.

*Task-Related Population Characteristics in Handwriting Analysis,.*

*Chapran, J. & Ujam, C. & Fairhurst, M.C. & Guest, Richard. (2007).*

Az írástempó hatásait aláírás szimuláción vizsgálták (Halder-Sinn and Funsch, 1998; Phillips et al., 2000). Mindkét tanulmányban 12 alanyt kértek meg, hogy kövessenek le és másoljanak egy történelmi aláírást. Grafikus táblákon rögzített az eredményeken kinematikus vizsgálatokat végeztek az írás sebességén és nyomásán. A változékonysága a mintáknak szintén mérve lett. Megállapították, hogy a toll nyomása jobban változik a sebességgel a szabad nem nyomon követett szimulációk során. Az írástempó megállapítást nyert, hogy fontos tényező a vonal minőség befolyásolásában és a térbeli kapcsolatban aláírás szimuláció közben.

*Analysis of Handwriting Velocity to Identify Handwriting Process from Electromyographic Signals*

*Ines Chihi, Afef Abdelkrimand Mohamed Benrejeb*

Az írástempó több vizsgáló figyelmét felkeltette, akik a megkülönböztetés eszközének tekintik, mellyel elkülöníthető az egyik ember írása egy másikétól. Bebizonyították, hogy a kézírás sebessége egy alapvető jellemvonás a kézíró rendszer modellezéséhez. Plamondon igazolta, hogy a sebesség profiljai ennek a folyamatnak megközelítőleg haranggörbe alakú. (Plamondon, 1993; Boubaker et al., 2006). Egy másik módszer a beta-elliptikus modellt alapul véve jellemezte az online sebesség profilt.

Az írás tempója leírható, mint egymást követő haranggörbék terület szerint elosztva, különböző időtartamokkal és amplitúdókkal. Minden zóna megfelel egy primitívnek az írott betűben.

*Handwriting and Hand Drawing Velocity Modeling by Superposing Beta Impulses and Continuous Training Component*

*Houcine Boubaker , Aymen Chaabouni , Najiba Tagougui , Monji Kherallah , Adel M. Alimi*

A sebességmodellezés egy hasznos szakasza különböző on-line kézzel írott pályagörbe analíziseknek és azonosítási folyamatoknak mint például : kézírás és kézzel rajzolt szimbólumok felismerése, író azonosítás, aláírás hitelesség ellenőrzése, biomechanikai rendszer diagnosztika, stb.

Különböző megközelítések léteznek a kézírás sebesség modellezésére. Oszcillációs modell [Hollerbach 1982], béta elliptikus modell [Bezine 2003] és [Kherallah 2008], ezt megelőzően a delta-lognormális modell [Plamondon 1993, 1998] és a Béta modell [Alimi 1994, 2002].

A kézírás tempóját mindig egy haranggörbe alakú függvény leírásával közelítették.

*Towards an Inferred Data Accuracy Assessment of Forensic Document Examination Methodologies for Signatures*

*Richard.M.GUEST, Michael.C.FAIRHURST, Tristan.A.LINNELL*

Írásszakértők közül sokan összehasonlítják a gördülékenységét az aláírásnak és felhasználják, mint összehasonlító tulajdonság a hitelesség meghatározásához. Az írásszakértőkkel való beszélgetésekből kiderül, hogy az aláírás hamisítók a két szempont egyikére koncentrálnak: először vagy az aláírás szerkezeti összetételére (például a betűkre, összekapcsolásokra, betűközökre és ékezetekre) vagy másodszor, a végrehajtás folyékonyságára és folyamatosságára. Egy nagyon jól olvasható aláírást egy hamisító jellemzően megpróbálja olyan olvashatóvá tenni, mint amilyen maga a modell aláírás, és ennek érdekében veszíteni fog valamennyit a fluiditásából. Ha nincs nyilvánvaló modellszerkezet, (például, ha az aláírás szövege nem olvasható) akkor a hamisító a folyékony tollmozgásra fog koncentrálni.

Ezáltal az írás folyamatossága egy hasznos tulajdonság a hamisítványok detektálásában az eredeti aláírás bonyolultságával való közvetlen összehasonlításával. Az írási sebességgel kapcsolatos összes megfigyelés pontos volt a mérési alap szempontjából, habár az írásszakértők szubjektív és nem mérhető megközelítést alkalmaztak a tollsebesség-elemzésük során.

*Forensic Handwriting Analysis: A Research By Means Of Digital Biometrical Signature*

*Milena Pugnalonia, Roberto Federiconib*

Az írásszakértőknek gyakran meg kell határozniuk, hogy az aláírás valódi-e vagy sem. A szimulált, dinamikus információk, például a sebesség és a nyomás alapvető fontosságúak, és minőségileg megbecsülhetők. Az utóbbi években a technológiai forradalom befolyásolta az írás világát. A legtöbb vállalatnak ma csökkentenie kel a költségeit a dokumentumok archiválásában és továbbításában, ugyanakkor ez felveti a biztonság kérdését. A válasz a következő volt: digitális biometrikus aláírás. A biometria tudománya az ember digitális azonosítására szolgáló technológiák használata az egyén egyedi mérhető biológiai jellemzői alapján. A kézíráshoz alkalmazott biometria lehetővé teszi az összehasonlítást a digitális aláírások között a hamisítás elkerülése érdekében.

A papíron végzett elemzés és a biometria teljesen különböző rendszerek: az első a tudományos közösség által megosztott értelmezési módszereken alapul a, néha nem

kellően megbízható, amely nagyfokú professzionalizmust igényel, a szubjektivitás kockázatával a következtetésekben; a másik olyan matematikai adatokon alapul, amelyeket nem lehet mindig konvertálni és nem írja le a valódi kézírás dinamikáját, mert a matematikai modell fő hátránya, hogy olyan specifikus mérésekre kell alapozni, amelyek veszíthetnek információk összetettségéből.

A tollnyomás diszkriminatív tulajdonságának fontosságát a következőkben írták le

Document Examination (Osborn, 1920, Huber & Headrick, 1999, Lindblom &Seaman-Kelly, 2006). Tytell (1998), megállapítva, hogy „dinamikus nyomás minták az egyén aláírásának szerves részét képezik ” és „ a nyomásmintáit egy normál hosszúságú jól kidolgozott aláírásnak rendkívül nehéz, hacsak nem lehetetlen lemásolni.” Schomaker & Plamondon (1990) megjegyezte, hogy „az aláírás ellenőrzése során a toll által a papírra kifejtett erő a kézírás során megkülönböztető paraméter az egyes írók között.”

Estabrooks arra a következtetésre jutott, hogy „általában véve egy író aláírásának általános nyomás mintája rögzültnek és egyedinek bizonyult. ” Ez a tanulmány dinamikus szempontból vizsgálta az eredeti aláírásokat, annak meghatározása érdekében, hogy van-e szignifikáns különbség a toll nyomásában az eredeti aláírt különböző sebességgel írt aláírás között.

A kutatás célja az volt, hogy ellenőrizzék, van-e állandó összefüggés a sebesség és a nyomás között, hogy a nyomás mindig enyhül gyorsulással, és hogy mindig nő lassulás esetén.

Huszonegy jobbkezes alany írta az aláírását online és papíron is. Háromféleképpen írtak: öt aláírást írtak alá szokásos sebességgel, ötöt lassabban és ötöt gyorsabban. A teszteket háromszor megismételték különböző napokban.

A független változó a sebesség volt, 5ms-ban mérve. A relatív sebességet minden betű, minden szünet és az összes felemelt tollmozgás mérésével kiszámítottuk. A függő változó a nyomás százaléka.Ily módon megkapták a sebesség relatív sebességét és a nyomás százalékos értékeit, végül összevonták a relatív értékeket, hogy megkapják a globális méréseket. A szemléltetés céljából minden egyes személyre kiválasztották az aláírásokat középértékű adatokkal, és összehasonlították a normál sebesség, gyorsított és lassított aláírások relatív és teljes méréseit.

Megállapították, hogy minden embernek nehezebb volt a mozgását lelassítani, mint gyorsítani. Az összes lassított aláírásban több szünet van, több a töredezettség formában és több a felemelt toll mozgás.

Amikor a sebesség csökken, az esetek 38% -ánál (nyolc a huszonegyből), a nyomás csökken, az összes többi aláírásban, növekszik a nyomás.

Amikor a sebesség nő, az esetek 77% -ában (tizenhat a huszonegyből) a nyomás nő. Az esetek 23% -ában a nyomás alacsony értékkel csökken.

Jellemzően az egyes aláírásokban a nyomás növekedése volt megfigyelhető, mind a lassulás, mind a gyorsulás szempontjából.

A kézírási szakértelem olyan grafikai törvényeken alapult, amelyek megfogalmazzák a grafikai dinamika elemzésének szabályait. Az egyik legfontosabb összefüggés a sebesség és a nyomás, valamint a kölcsönös kompenzációjuk között van. Bár a tollnyomás eredményei tanulmányonként változnak, az egyik következetes megállapítás, hogy az írás hamisítása (akár szöveg, akár aláírások) növeli a feldolgozó rendszer igényeit, és ez tükröződik a toll mozgásának sebességében.

Ebben a tanulmányban arra kérték az embereket, hogy szándékosan módosításák a sebességet, disszimulációhoz hasonló körülményeket kialakítva.

A korábbi tanulmányokkal összhangban megfigyelték, hogy a grafikai nehézségek a sebesség lassulásával járnak, és hogy a valódi aláírások gyorsabban készülnek, mint a hamis aláírások.

A tollnyomás különbségei a hamisítók eredeti aláírása és az általuk előállított hamisítások között azt jelzi, hogy a tollnyomás hasznos paraméter lehet az eredeti aláírások és a hamisítások megkülönböztetésében.

A nyomáskülönbségeknek a kriminalisztikai környezetben történő használatának előmozdításához szükség van nyomásmérési technikák kidolgozása.

*Comparison of handwriting kinematics in movement disorders and forgery*

*Harralson, Heidi & Teulings, Hans-Leo & Farley, Becky. (2010).*

*Journal of Forensic Document Examination. 10. 39-48.*

A kriminalisztikai dokumentumvizsgálat (FDE) során a kézírás azonosításának és összehasonlításának folyamatát bonyolíthatják olyan belső tényezők, mint például az előrehaladott életkor és rossz egészségi állapot, vagy külső tényezők, például a kényelmetlen írási helyzet.

Számos olyan gyakori egészségügyi állapot, amely a kézírás diszfluenciáját okozhatja, hasonló kézírási tulajdonságokkal rendelkezik, mint a hamisítás (Bradford and Bradford, 1992; Huber and Headrick, 1997; Miller, 1987; Walton, 1997).

Azonban korlátozottak az empirikus kutatások a mozgási rendellenességek általános típusai és hamisításuk közötti kézírás különbségek számszerűsítésére és validálására(Miller, 1987; Walton, 1997).

Az orvosi és motoros kontroll kutatások azonosították a mozgási rendellenességek, például a Parkinson-kór (PD) és az esszenciális tremor(ET), által okozott grafikus zavarok alapját képező dinamikus jellemzőket.

Ezek a dinamikus tulajdonságok tartalmazzák a remegést, a csökkentett sebességet és a csökkent simaságot vagy folyékonyságot. Megmutatták, hogy ezek a tulajdonságok (1) korrelálnak a kézírásból vagy rajzból kinyert statikus jellemzőkkel, és (2) megkülönböztetik az gyakori mozgási rendellenességben szenvedő emberek és az egészséges kontrollszemélyek kézírását (Bain et al., 1993; Elble et al. Biary és Koller, 1987; Koller és munkatársai, 1986; Wang és munkatársai, 2005).

Ezen statikus és dinamikus tulajdonságok közül sok hasonlít a hamisítás ismert jeleire (Van Galen és Van Gemmert, 1996; Van Gemmert és Van Galen, 1996; Phillips és mtsai, 2000; Sita és Rogers, 1999; Thomassen és Van Galen, 1997).

Ezek a tanulmányok arra utalnak, hogy a hamisítás során részt vevő tudatos kognitív folyamatok olyan kézírás-vonalminőséget hoznak létre, amelyben hiányzik a természetes írás simasága és gyorsasága, ami egy egészséges ember által elsajátított kézírás folyamatában megvannak.

Kevés empirikus kutatás létezik a kézírás torzulások megkülönböztetésére, amelyet mozgási rendellenességek és azok hamisítása okoz. Ebben a tanulmányban 12 résztvevő hamisított egy egészséges, egy esszenciális tremorral (ET) és egy Parkinson-kórral (PD) klinikailag diagnosztizált író által készített aláírás modelleket. A kézírást digitalizáló tableten rögzítették Neuroscript MovAlyzeR szoftver segítségével. Az időtartamot, az abszolút méretet, az átlagos abszolút sebességet és az átlagos tollnyomást becsülték meg vonalanként. A tesztek szignifikáns különbségeket mutattak a kísérleti alanyok normál írásai és a három hamisítási modell (egészséges, ET és PD) szimulációja között a mozgás területén (időtartam és sebesség).

Tesztenként a teljes írásmintára becsült értékek:

o teljes időtartam (azaz a kezdete és a vége közötti időkülönbség)

o abszolút méret (azaz egyenes távolság az elejétől a végéig)

o átlagos abszolút sebesség az írásminta összes vonása között

o Átlagos tollnyomás az írási mintázat minden vonása esetén

o Becsülték meg a sebességmintázat frekvencia spektrumát (a teljes felvétel során)

Eredmények

Időtartam

A csoporton belüli elemzés:

A hamisítók saját normál írásai lényegesen gyorsabbak (rövidebb időtartamúak), mint az egyes hamisítási körülmények mellett.

Noha az egészséges hamisítás és a PD hamisítás között nem volt szignifikáns különbség, az ET hamisítást lassabban hajtották végre, mint akár az egészséges hamisítást vagy a PD hamisítást.

A csoportközi elemzés (hamisítók és modellek):

Szignifikáns különbségeket mutatott.

A hamisítók normál írásmódja szignifikánsan gyorsabb, mint bármelyik motoros rendellenességű modellnél.

Amikor a hamisító csoport ezeket a modelleket utánozta, a hamisítás mindig lassabb volt, mint a modell.

Abszolút méret

A csoporton belüli elemzés:

Szignifikáns különbségek a hamisítók normál írás és a három hamisítás között.

Méretbeli különbségek a hamisítók normál írásai és a PD írás és a PD hamisítás között voltak. Így a hamisítók némileg (4,7 cm-ről 3,2 cm-re) csökkenték írásaik méretét, hogy utánozzák az apró betűket a PD írásban (2,2 cm).

A csoportok közötti elemzés(hamisítási méret és modellméret):

Szignifikánsak voltak, a hamisítók megkíséreltek a modellírás méretét utánozni. Szignifikáns különbségek mutatkoztak a hamisítók normál írásmódja, valamint az egészséges és a PD modellek között.

Érdekes módon nem volt szignifikáns különbség a hamis normál írás és az ET modell között. Amikor a hamisítók utánozták az egészséges modellt, növelték írási méretüket (4,7 cm-ről 5,4 cm-re), hogy megfeleljenek az eredeti egészséges modell nagyobb méretének (6,0 cm).

Átlagos abszolút sebesség

A csoporton belüli elemzés:

A hamisítás során a sebesség csökkent. A hamisítók normál írásához képest mindhárom hamisításnál csökkent a sebesség.

Érdekes módon az ET hamisítási sebesség és a PD hamisítás alacsonyabb volt, mint az egészséges hamisításnál. Ez azt jelzi, hogy több erőfeszítésre lehet szükség az ET vagy a PD kézírás hamisításában.

A csoportközi elemzés (hamisítók és modellek):

A hamisítók nem voltak képesek utánozni az eredeti írások sebességét.

Mindhárom hamisítás drámai módon csökkentette a sebességet a modellekhez képest.

A hamisítók sebessége közelebb állt az ET és a PD modellekhez, mint az egészséges modellekhez, mivel a valódi ET és PD modellek lassabban készültek.

Átlagos tollnyomás

A csoporton belüli elemzés:

Szignifikáns különbséget mutatott a hamisítások közötti átlagos tollnyomásban. Jelentősen megnőtt a tollnyomás a hamisítók normál írásai és a három hamisítási modell között.

Az ET-hamisítás nagyobb tollnyomást mutatott, mint az egészséges hamisítás és a PD hamisítás.

A csoportok közötti elemzés (hamisítók és modellek):

Szignifikáns különbség van a toll nyomásában.

A hamisítók a hamisítás során növelték a tollnyomást, és szorosan emulálták a valódi ET és PD nyomásértékeket.

Szignifikáns különbségeket fedeztek fel a hamisítók normál írásmódja és az egészséges modell és az ET modell között, de a hamisító normál írásai és a PD modell között nem.

Az egészséges hamisítás a toll nyomásának növekedését mutatta a valódi egészséges íráshoz képest,

Az ET hamisítás és az ET modell között nem volt szignifikáns különbség.

A PD hamisítás és a PD modell között sem volt szignifikáns nyomáskülönbség.

Az eredmények azt mutatták, hogy szignifikáns különbségek vannak egyfelől az esszenciális tremor (ET) és a Parkinson-kórt (PD) mutató betegek kézírása és a betegek kézírásának hamisítása között.

Ez a megállapítás különösen igaz volt a mozgási tartományra (időtartam és sebesség), kevésbé a méret- és nyomásváltozókra. Feltételeztük, hogy noha a motoros rendellenességek írása és a hamisítás között különbségek lennének, ezek a különbségek nem lesznek olyan megkülönböztethetők, mint az egészséges írás és a motoros rendellenességek írása közötti különbségek, azaz a hamisítók könnyebben tudnák sikeresen utánozni a motoros rendellenességek írását, mint az egészséges írást.

Feltételezzük, hogy a grafikus zavarok fokozatosan súlyosabbá és rendezetlenebbé válásával a hamisítás és a motoros rendellenességek közötti különbségek megkülönböztethetetlenné válhatnak (különösen offline vagy statikus aláírások vizsgálatakor).

Bár a tanulmány néhány megállapítása a hamisítás megkülönböztetését a motoros rendellenességektől támaszthatja alá, elsősorban a kinematikus mozgásbeli különbségekben voltak megkülönböztethető eredmények. További munkára van szükség annak előrejelzéséhez, hogy ezeket a kinematikai különbségeket hogyan lehet megkülönböztetni a statikus kézírás-nyomokban, amelyet a legtöbb FDE vizsgál az esetekben.