

Oponentní posudek disertační práce

Název práce: **Rozpoznávání skrytých informací k určení intencionální lži pomocí elektroencefalografie**

Autorka práce: Ing. Martina Žabčíková

Studijní program: P3902 Inženýrská informatika

Studijní obor: 3902V023 Inženýrská informatika

Školitel: prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D., DBA

Oponent: doc. MUDr. Michal Filip, Ph.D., MBA

1. Aktuálnost zvoleného tématu

Téma disertační práce zabývající se rozpoznáváním skrytých informací za účelem detekce intencionální lži pomocí elektroencefalografie (EEG), je zajímavým tématem. Vzhledem k rostoucí potřebě spolehlivých metod detekce lži, například v bezpečnostních a forenzních oblastech, představuje výzkum v této oblasti důležitý přínos. Současné metody, jako je polygraf, jsou náchylné k manipulaci a nové přístupy, jako je EEG, nabízejí přesnější a odolnější alternativy. Z uvedeného pohledu konstatuji, že téma je aktuální.

2. Cíle práce

Cíle práce jsou jasně formulované a zahrnují vývoj systému pro rychlou a efektivní detekci lži pomocí EEG signálů a strojového učení. Důraz je kladen na použití nízkonákladových zařízení, což zvyšuje praktickou využitelnost a dostupnost navrhovaného systému. Cíle práce vnímám z pohledu aplikovaného výzkumu jako **vhodné a reálně stanovené**.

3. Zvolené metody zpracování a postup řešení

Práce využívá pokročilé metody zpracování EEG dat, jako je analýza Event-Related Potential (ERP) složky P300, genetické algoritmy (GA) a klasifikace pomocí Support Vector Machine (SVM). Tyto **metody jsou dobře zavedené a umožňují vysokou přesnost v klasifikaci dat**, což je klíčové pro úspěšnou detekci lži.

Postup řešení je dobře strukturovaný, práce začíná teoretickým rámcem, který se zabývá anatomii mozku, funkcemi EEG a principy detekce lži. Experimentální část je jasně popsána, od sběru dat po jejich zpracování a vyhodnocení. Vývoj aplikace pro detekci lži je detailně zdokumentován.

4. Význam pro praxi nebo pro rozvoj oboru

Práce přináší významný přínos pro oblast neurovědy a aplikované informatiky. **Kombinace EEG signálů a strojového učení představuje inovativní přístup k detekci lži**, který může přinést nové poznatky v oblasti analýzy mozkových aktivit a behaviorálních věd. Navržený systém (model) může nalézt uplatnění v bezpečnostních a forenzních aplikacích, kde je spolehlivá detekce lži klíčová. Použití nízkonákladového zařízení zvyšuje dostupnost této technologie a umožňuje širší využití v praxi, například při výsleších či ověřování pravdivosti výpovědí. Celkově lze konstatovat, že **téma odráží potenciál současného poznání a má význam pro rozvoj oboru.**

5. Práce s odbornou literaturou

Autorka pracuje s rozsáhlým množstvím odborné literatury. Rešerše pokrývá jak základní principy EEG, tak i nejnovější studie zabývající se detekcí lži. Je patrné, že autorka dobře rozumí současným trendům v této oblasti a efektivně je aplikuje ve své práci. Celkově lze konstatovat, že **použité informační zdroje a odborná literatura poskytují dostatečně široký záběr** a mohou tak lépe podpořit klíčové argumenty práce.

6. Formální a jazyková úprava disertační práce

Formální a jazyková úprava práce je na dostatečné úrovni. Text je srozumitelný, přehledný a odpovídá standardům odborného stylu. Jazykové a stylistické chyby se vyskytují minimálně a celková struktura práce je dobře navržena.

7. Připomínky k disertační práci a otázky oponenta

V kapitole 3.1 by bylo vhodné doplnit, že periferní nervová soustava se neskládá pouze ze senzorických neuronů, ale také z mozkomíšních nervů, které zahrnují motorické i senzorické (senzitivní) neurony, stejně jako vegetativní nervy sympatické a parasympatické. To poskytne přesnější obraz o složení periferní nervové soustavy. Ve třetí kapitole by bylo vhodné zmínit, že neexistuje anatomicky centrální mozek, jak se někdy může zdát. Místo toho se jedná o „centrální krajinu“, která zahrnuje oblasti v zadní části frontálního laloku (odpovědného za hybnost) a přední části parietálního laloku (odpovědného za citlivost). Tento bod by mohl být lépe upřesněn.

Otázky:

1. Jaké konkrétní výzvy představuje použití nízkonákladových EEG zařízení pro detekci lži ve srovnání s dražšími alternativami?
2. Jakým způsobem lze zvýšit odolnost systému založeného na analýze ERP P300 vůči potenciálním protiopatřením subjektů při pokusu o manipulaci výsledků?

8. Závěrečné zhodnocení

Disertační práce splňuje požadavky kladené na disertační práci ve studijním programu Inženýrská informatika. Autorka se zabývá aktuálním a důležitým tématem, využívá pokročilé metody analýzy a přináší přínosy jak pro vědu, tak pro praktické využití. Práce má vysokou odbornou hodnotu a navržený systém detekce lži má potenciál stát se užitečným nástrojem v bezpečnostních a forenzních aplikacích. **Práci doporučuji k obhajobě** před příslušnou komisí a v případě úspěšné obhajoby doporučuji udělení titulu Ph.D.

V Ostravě dne 9.9. 2024

doc. MUDr. Michal Filip, Ph.D., MBA



Posudek disertační práce

Autor: Ing. Martina Žabčíková

Název: Rozpoznávání skrytých informací k určení intencionální lži pomocí elektroencefalografie

Školitel: Prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D., DBA

Aktuálnost tématu, obsah a struktura práce

Doktorandka si zvolila velmi zajímavé téma, které je důležité v praktické rovině a může pomoci bezpečnostním složkám při vyšetřování. Disertace se věnuje vytvoření metodiky a systému pro automatickou a efektivní detekci intencionální lži pomocí EEG signálů s nízkonákladovým zařízením.

Disertace se věnuje Úvodu, Současnému stavu řešené problematiky, Cílům práce, uvedení do teorie a terminologie problematiky, Metodice výzkumu a Vývoji aplikace, která přichystána k okamžitému použití. Závěrem se studentka věnuje Výsledkům a diskusi, Vyhodnocení cílů práce, Přínosu pro vědu a praxi a Závěru. Práce rovněž obsahuje přílohy týkající se provedených experimentů – pokyny pro účastníci se osoby, schválení experimentování Etickou komisí UTB, apod.

Doktorandčin záměr přivést původně složité nástroje do jednodušší a nízkonákladové formy pro běžné použití tam, kde je odhalení lži potřeba, se dle předložené práce povedl. Navrhla, vyvinula a validovala metodiku s využitím nástrojů umělé inteligence pro detekci lži pomocí nízkonákladové zařízení měřícího EEG signály.

Úroveň zpracování

Disertační práce je psaná standardní úrovní češtiny. Obrázky jsou v korektní tiskové kvalitě. Výběr a množství literatury je dostatečný a v souladu s požadavky kladenými na disertační práce v daném oboru.

Zvolené metody zpracování

Doktorandka zvolila nízkonákladové zařízení, náhlavní soupravu Emotiv Insight. Dovedla bych si představit i lépe provedené srovnání dostupných zařízení. Nicméně vybrané zařízení spadá do kategorie nízkonákladové ve srovnání s jinými mnohonásobně dražšími.

Doktorandka následně využila dostupné nástroje a metody strojového učení a vybrala nejúčinnější kombinaci (z evolučních technik vybrala genetický algoritmus (GA) pro vybrání vhodných charakteristik z extrahovaného signálu a následně použila z dostupných klasifikátorů Metodu podpůrných vektorů (Support Vector Machines, SVM) a využila je pro analýzu EEG signálů, primárně tedy P300 extrahovaného pomocí ERP a snímaného zmiňovanou náhlavní soupravou Emotiv Insight. P300 sleduje mozkovou aktivitu reagující na vizuální podněty. Doktorandka navrhla metodiku celého procesu detekce lži a provedla validující experimenty s 50 osobami. Dle mého názoru by bylo vhodné do budoucna otestovat širší populaci především s ohledem na různé věkové skupiny.

Doktorandka ke konci práce pěkně shrnuje jednotlivé provedené kroky včetně výsledků a diskuse.

Zaměření disertační práce a nové poznatky, které přináší

Práce přináší inovativní použití nízkonákladového zařízení pro detekci intencionální lži pomocí EEG signálů. V praxi může vyvinutá aplikace připravená k okamžitému použití pomoci při vyšetřování, tedy v oblasti bezpečnosti a soudnictví. Předpokládá se, že k dané aplikaci je třeba pořídit nízkonákladové zařízení. Práce obsahuje praktické kroky a metodiku, jak zařízení nastavit a použít k odhalení lži spojené s vizuálním podnětem. Díky popsanému postupu je také možné navázat zkoumáním a analyzováním dalších mozkových aktivit.

Připomínky a dotazy

Připomínky:

1. Na str. 32 bych v kapitole, která se týká hlavní části práce – metodika výzkumu, uvedla celá jména metod, nejen GA, z dat DWT, apod. v druhém odstavci. Níže pak už uvedeno je. Obdobně platí pro obrázek. BPF tady není zmíněno vůbec. V této důležité kapitole zpětné dohledávání zkratk je nepříjemné. Také je zde poprvé uvedeno Classification Learner a čtenář nemusí vědět, co to je. Dozví se to až o 50 stran dále, že vývoj aplikace byl chystán v prostředí Matlabu a k čemu v Matlabu a tedy i výsledné aplikaci je Classification Learner využitý.
2. Neshledávám šťastným kombinovat vlastní experimenty s “teoretickým” popisem včetně vzorců. Čtenáře to odvede od podstaty dat a výstupů z experimentu. Týká se např. kapitol 5.3.1, 5.3.2, 5.4.1, apod.

Dotazy:

1. V kapitole 5.1 uvádíte: “Soubor dat se skládal z 50 jedinců (35 mužů, průměrný věk 30,7 let, a 15 žen, průměrný věk 34,2 let).” Je to dostatečný vzorek?
2. V kapitole 5.1.2 uvádíte: “Účastníkům z vinné skupiny byla před experimentem předložena fotografie osoby, které měli údajně ukrást určitý předmět. Jejich úkolem bylo identifikovat tuto osobu jako neznámou a na ostatní podněty odpovídat pravdivě. Byli instruováni, aby se mentálně chovali jako nevinní, podobně jako při klasickém výslechu.” Nejsem si jistá, jestli správně rozumím části věty “osoby, které měli údajně ukrást určitý předmět.” Ti lidi z vinné skupiny měli dané osobě ukradnout nějaký předmět? Nebo, jak je to myšleno? Člověk může ukradnout věci i blízké osobě, kterou dobře zná. Nestačilo tedy jen určit, že vinní budou tvrdit, že danou osobu neznají?
3. V kapitole 5.4 v sekci o genetickém algoritmu (GA) uvádíte: “Výsledky mohou být závislé na zvolených parametrech algoritmu GA, což může vyžadovat experimentování a ladění [10, 11].” Níže v textu je pak uvedena implementace GA, u které uvádíte velikost populace, počet generací a další nastavení. Podle čeho jste je vybírala? Jak probíhalo ladění?
4. V práci uvádíte primárně přesnost detekce. Zvažovala jste i jiné metriky (F1 score, citlivost, apod.)?

Závěr posudku

Ve své práci prokázala Ing. Martina Žabčíková schopnost samostatné tvořivé vědecké práce. Práce splňuje požadavky standardně kladené na disertační práci v daném oboru.
Předloženou práci **doporučuji** k prezentaci a obhajobě před komisí s cílem získání titulu Ph.D.

Ve Zlíně 20. září 2024

Prof. Ing. Zuzana Komínková Oplatková, PhD.
Ústav umělé inteligence a informatiky
Fakulta aplikované informatiky
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Nad Stráněmi 4511
760 05 Zlín

POSUDEK K DISERTAČNÍ PRÁCI

Uchazeč: Ing. Martina Žabčíková
Studijní program: P3902 Inženýrská informatika
Studijní obor: 3902V023 Inženýrská informatika
Školitel: prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D., DBA
FAI-UTB Zlín

Téma práce: Rozpoznávání skrytých informací k určení intencionální lži pomocí elektroencefalografie

Oponent: doc. RNDr. Martin Kotyrba, Ph.D.
Přírodovědecká fakulta
Katedra informatiky a počítačů
Ostravská univerzita

Aktuálnost tématu: Téma disertační práce se zaměřuje na detekci lži pomocí analýzy EEG signálů, což je v současné době velmi aktuální a relevantní oblast výzkumu. Vzhledem k rostoucímu zájmu o neurovědu a jejich aplikace v oblasti bezpečnosti a forenziky je tato problematika nejen zajímavá, ale i potřebná. Využití nízkonákladových zařízení pro měření EEG signálů přináší nové možnosti pro široké spektrum aplikací, což zvyšuje význam tohoto výzkumu.

Splnění cílů: Hlavním cílem disertační práce bylo vyvinout efektivní systém pro automatickou detekci intencionální lži. Práce splnila tento cíl prostřednictvím vývoje a validace metodiky, která kombinuje EEG analýzu s pokročilými metodami strojového učení. Experimentální část prokázala schopnost detekovat skryté informace s vysokou mírou přesnosti ve srovnání s jinými v práci zmíněnými metodami, což potvrzuje úspěšnost dosažených cílů.

Postup řešení: Postup řešení byl systematický a dobře strukturovaný. Práce zahrnovala teoretický přehled stávajících metod detekce lži, návrh experimentu, sběr dat a jejich analýzu. Byly použity moderní techniky strojového učení a genetické algoritmy pro optimalizaci výsledků. Experimentální design byl pečlivě promyšlen a zahrnoval etické aspekty, což přispělo k validitě výsledků. Experimentální část prokázala schopnost detekovat skryté informace s vysokou mírou přesnosti, což potvrzuje úspěšnost dosažených cílů. Byly analyzovány rozdíly v průběhu vln P300 účastníků v reakcích na vizuální podněty, což přispělo k validaci hypotéz. Data byla získána pomocí nízkonákladové náhlavní soupravy Emotiv Insight a softwaru EmotivPro, což ukazuje na inovativní přístup k využití dostupných technologií. Byly použity pokročilé metody strojového učení, včetně genetických algoritmů a Support Vector Machine (SVM), pro optimalizaci a klasifikaci výsledků, což přispělo k vysoké přesnosti detekce.

Význam pro praxi: Význam této disertační práce pro praxi je jednoznačný. Navržený systém může být aplikován v různých oblastech, jako je bezpečnost, forenzní psychologie a vyšetřování trestných činů. Inovativní přístup k detekci lži pomocí cenově dostupného EEG zařízení může inspirovat další výzkum a rozvoj nových technologií v této oblasti.

Formální nedostatky: Formální nedostatky disertační práce jsou minimální. Text je dobře strukturovaný a srozumitelný. Nicméně, doporučuje se zkontrolovat citace a odkazy na literaturu, aby byla zajištěna jejich úplnost a správnost. Dále by bylo vhodné doplnit některé grafy a tabulky pro lepší vizualizaci výsledků.

Publikační činnost: Dizertační práce obsahuje relevantní odkazy na publikace, které podporují teoretické a experimentální části výzkumu. Studentka je spoluautorkou celkem 7 publikací typu D a 5 publikací typu J. Doporučuji, aby studentka pokračovala v publikaci výsledků svého výzkumu a podala výsledné části práce, které nebyly publikovány do nějakého prestižního žurnálu s vysokým IF, což by mohlo přispět k dalšímu rozvoji v dané oblasti.

Otázky k obhajobě:

1. Jaké jsou možné limity navrženého systému a jak by se daly překonat v budoucím výzkumu?
2. Jak byste viděla aplikaci vašeho systému v praxi, například v oblasti vyšetřování trestných činů nebo v psychologii?
3. Pokud chcete validovat lež bez použití EEG, existuje několik alternativních metod, které se běžně používají v psychologii, kriminalistice a technologii. Mikroexpresní analýza, analýza hlasu, detektor lži (polygraf), měření fyziologických reakcí, behaviorální analýza nebo magnetická rezonance: Tyto metody jsou ovšem mnohdy velmi nákladné na pořízení a využití, dalo by se konstatovat, která z nich nenejpoužívanější a nejpřesnější?

Závěrečné doporučení

Tato práce se zaměřuje na inovativní použití nízkonákladového EEG zařízení pro detekci lži. Práce dokládá, že i s cenově dostupným vybavením lze dosáhnout spolehlivých výsledků v této oblasti, což rozšiřuje možnosti EEG výzkumu. Zároveň přispívá k hlubšímu pochopení mozkových procesů spojených s lhaním, zejména v kontextu mozkových vln a ERP komponenty P300. V práci je integrováno využití genetických algoritmů (GA) a strojového učení (SVM), které zvyšují přesnost detekce lži. Tato technologie umožňuje efektivní analýzu mozkové aktivity a identifikaci skrytých informací, čímž otevírá nové možnosti pro neurovědu. Práce rovněž poskytuje podrobný návod a metodiku pro detekci lži pomocí EEG, což může sloužit jako referenční příručka pro další výzkum. Z praktického hlediska má práce několik přínosů. EEG technologie má potenciál být spolehlivým nástrojem pro detekci lži, což je využitelné v bezpečnosti a soudnictví. Vyvinutá aplikace je navíc snadno použitelná, i pro osoby bez hlubších znalostí EEG. EEG metoda je méně náchylná na manipulaci subjektem ve srovnání s tradičními metodami, jako je polygraf, a tím zvyšuje svou důvěryhodnost a přesnost.

Dizertační práce Ing. Martina Žabčkové přináší velmi zajímavé poznatky a splňuje kritéria na výslednou dizertační práci, a proto ji doporučuji k obhajobě a po úspěšném jednání před komisí doporučuji udělit akademický titul Ph.D.

V Ostravě, dne 9.9.2024

Martin Kotyrba

**Martin
Kotyrba
(1628)**

Digitálně podepsal Martin
Kotyrba (1628)
DN: dc=local, dc=osu, dc=ms,
ou=OSU, ou=Zamestnanci,
ou=FPR, cn=Martin Kotyrba
(1628),
email=Martin.Kotyrba@osu.cz
Datum: 2024.09.09 09:44:12
+02'00'