

Automatická asistencia pre nevidiacich ľudí pri práci v oblasti elektrotechniky a informatiky

Automatic Assistance for Blind People in Electrical Engineering and Informatics

Milan Hudec ¹

Abstrakt

Zrakový hendikep úplnej slepoty v človeku podnecuje rozširovanie schopností v iných oblastiach. Ide najmä o výrazné zlepšenie zručností pri používaní hmatu, sluchu a pamäte. Tieto zručnosti môžu nevidiaci ľudia využiť s pomocou asistenčných technológií pri hľadaní uplatnenia na trhu práce. Cieľom článku je predstaviť, ako navrhnuté riešenie v podobe ambientného systému podporuje prácu nevidiaceho v oblasti elektrotechniky a informatiky. Tým prispieva tento článok do znalostnej bázy o návrhu riešení v oblasti aktívnej podpory pracovného uplatnenia nevidiacich ľudí. V tomto článku je opísaná asistenčná technológia, ktorá dokáže využiť rozšírené zručnosti nevidiacich ľudí pri práci v oblasti odbornej informatiky a elektrotechniky. Asistenčná technológia je súčasťou prototypu ambientného systému v inteligentnej budove. Automatická asistencia sa pritom týka aj praktickej elektrotechniky, kedy nevidiacemu umožňuje zapájanie zložitejších obvodov a konštrukciu hardvéru. Nevidiaci človek pritom využíva bežné elektrotechnické komponenty bez potreby výroby špeciálnych dielov na kompenzáciu zrakového hendikepu. Zložka asistencie pri odbornej práci v oblasti informatiky obsahuje špeciálne prostredie HANIBAL zamerané na vytváranie programových kódov. Využíva bezkontextové jazyky na prácu s informáciami grafického charakteru a tiež aj na modifikácie samotného používateľského rozhrania. Prototyp ambientného systému s asistenciou pri bývaní a pri výkone práce v zamestnaní umožňuje použitie bežnej elektrotechnickej výbavy ako napr. multimeter alebo osciloskop, ktorú v ambiente inteligentnej budovy nevidiacemu sprístupní špeciálnym spôsobom pomocou umelo produkovanej reči alebo pomocou hmatu. V článku takto poukazujeme aj na novú možnosť uplatnenia nevidiacich ľudí na akademickej pôde pri vývoji v oblasti informatiky a elektrotechniky.

Kľúčové slová: Ambientný systém, Ambient assisted living, Asistencia v zamestnaní, Inteligentná budova, Multimeter, Osciloskop, Používateľské rozhranie pre nevidiacich, RUDO.

Abstract

The visual impairment of a completely blind person encourages them to develop their abilities in other areas. This concerns mainly a significant improvement in the use of touch, hearing and memory. Blind people can use these skills with the help of assistance technologies when looking for employment. The aim of the article is to show how the presented solution – an ambient system – assists a blind person in their work in the area of electrical engineering and informatics. The article thus contributes to the knowledge base of solution design in the area of active support of visually impaired persons' employment. This article describes an

¹ Department of Computer Science, Faculty of Natural Sciences, University of Matej Bel,

Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovak Republic

✉ milan.hudec@umb.sk

assistance technology capable of using the increased skills of blind people for work in informatics and electrical engineering. The assistance technology is part of an ambient system prototype in an intelligent building. The automatic assistance extends to practical electrical engineering, helping a blind person to connect complex circuits and construct hardware with the use of standard electrotechnical components, with no need for specially manufactured components that would compensate for the visual impairment. The assistance for specialized work in informatics includes a special environment HANIBAL focused on creating source code. It uses context free languages to work with graphics related information and also for modifying the user interface. The ambient system prototype for assisted living and occupational assistance enables the use of standard electrotechnical equipment, e.g. multimeter or oscilloscope, made available to a blind person in the environment of an intelligent building by means of touch or synthesized speech. The article thus outlines a new possibility for visually impaired people to find employment in academic environment and participate in informatics and electrical engineering development.

Keywords: Ambient system, Ambient assisted living, Intelligent building, User interface for the blind, Multimeter, Occupational assistance, Oscilloscope, RUDO.

1 Úvod

Väčšina súčasných asistenčných technológií pre nevidiacich sú spravidla jednoúčelové pomôcky napomáhajúce nevidiacemu čítať, písať, orientovať sa v priestore a podobne (Sanches et al., 2018; Mekhalfi et al., 2016; Gallagher et al., 2014). V tomto článku budeme uvažovať o kompenzácii zrakového hendikepu pomocou jediného asistenčného systému, ktorý je nainštalovaný v inteligentnej budove v mieste bydliska nevidiaceho. Druhá časť systému je nainštalovaná v mieste výkonu jeho zamestnania.

Keďže ide o automatizovanú asistenciu pri vedeckej činnosti, navrhovaný produkt musí byť modifikovateľný, musí umožňovať rozšíriteľnosť o ďalšie funkcie, čo bežná elektronická kompenzačná pomôcka neumožňuje. Zároveň sa ale vyžaduje, aby sa špecializované používateľské prostredie zásadným spôsobom nemenilo a neznevýhodňovalo tak nevidiaceho používateľa v zmysle zručnosti, rýchlosti vykonávať požadovanú vedeckú činnosť, aby mohol na trhu práce efektívne konkurovať.

Náš vývoj spadá teda do oblasti asistencie pri bývaní (Darwish et al., 2014; Choras et al., 2015). V našom prípade však pôjde prioritne o asistenciu pri výkone práce v zamestnaní s možnosťou vykonávať túto prácu aj v domácom prostredí. Automatizovaná asistencia bude pritom špecializovaná na podporu nevidiacich ľudí.

Testovaný prototyp ambientného systému (ďalej AmI) má dve fixné zložky:

- ambient v domácnosti,
- ambient v zamestnaní.

Pracovné počítačové stanice v práci a v domácnosti majú rovnaké používateľské rozhranie, ktoré je dynamicky modifikovateľné priamo nevidiacim používateľom. Mobilná počítačová stanica sa pripája k ambientom domácnosti alebo zamestnania cez WiFi.

Kompenzácia zrakového hendikepu pri odbornej práci na pomedzí odborov elektroniky a informatiky, sa rieši v rámci asistovaného ambientu pomocou softvérových modulov, ktoré sú súčasťou jediného AmI systému s unifikovaným používateľským rozhraním. Softvérové

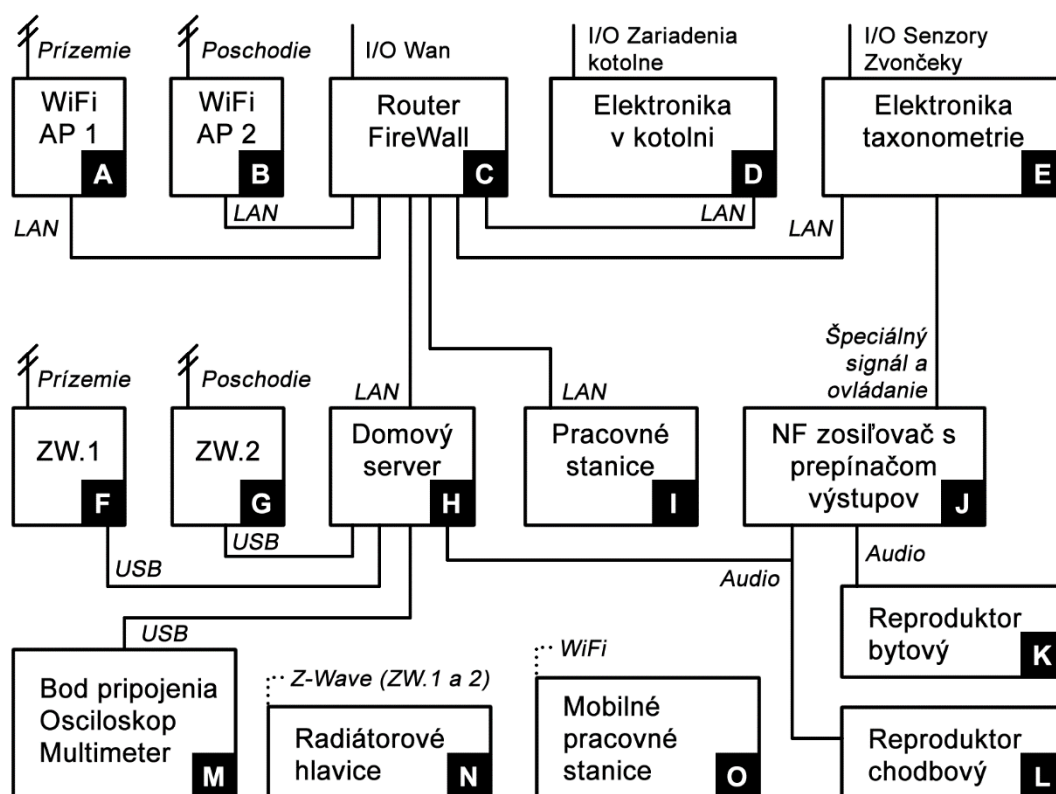
moduly je možné meniť a spravidla to vykonáva nevidiaci výskumník, pričom sa však nemení celkový používateľský dizajn systému.

Pri vývoji v spomínaných oblastiach sa od nevidiaceho vývojára môže požadovať aj návrh a konštrukcia elektronického hardvéru. V článku ukážeme, že takúto činnosť môže úplne samostatne vykonávať nevidiaci človek, ktorý má k dispozícii bežne dostupné elektronické komponenty a asistujúci AmI systém.

1.1 Výskum AmI systémov pre nevidiacich

Zásadným problémom v tejto oblasti je skutočnosť, že návrh, realizácia a testovanie rozsiahleho AmI systému pre nevidiacich je časovo, technicky i finančne veľmi náročné. To je tiež dôvod, pre ktorý sa zatiaľ v tejto oblasti pre úplne nevidiacich ľudí veľa neurobilo (Choras et al., 2015). Existuje len málo článkov, v ktorých sa spomínajú AmI systémy v spojitosti s nevidiacimi (Dasios et al., 2015; Aicha et al., 2015; Emiliani & Stephanidis, 2005). Žiaľ, tieto technické riešenia často nie sú založené na konkrétnych požiadavkách nevidiacich používateľov, preto nie sú týmito ľuďmi akceptované v praxi (Choras et al., 2015).

V tomto článku je predstavená zložka prototypu AmI systému RUDO pre nevidiacich (ďalej AmIR), ktorý bol navrhnutý a vyvinutý nevidiacim človekom a bol testovaný v praxi (Hudec & Smutny, 2017; Hudec, 2016; Hudec & Smutny, 2018). Opisovaná zložka AmIR obsahuje softvérové moduly, umožňujúce meranie elektrotechnických veličín a rozpoznávanie kriviek na osciloskope.



Obr. 1. Hardvér AmI systému RUDO, nainštalovaný v rámci inteligentnej budovy domácnosti. Zdroj: Autor.

Popis Obrázku 1:

- A,B) Vysielacie prístupové body siete WiFi na prízemí a na poschodí.
- C) Router a firewall lokálnej počítačovej siete, ktorá zabezpečuje v rámci AmI systému RUDO dominantnú časť dátových prenosov medzi jednotlivými komponentami systému.
- D) Elektronika, ktorá prepája tepelné senzory, elektromotorické ventily, čerpadlá a štvorcestný ekvitermický ventil v kotolni s lokálnou počítačovou sieťou.
- E) Elektronika, ktorá prepája pohybové senzory, dverový spínač, bytové zvončeky a prepínač reproduktorov s lokálnou počítačovou sieťou.
- F,G) Vysielacie prístupové body bezdrôtovej siete Z-Wave na prízemí a na poschodí, cez ktoré sú na domový server pripojené termostatické radiátorové Z-Wave hlavice.
- H) Domový server, na ktorom sú nainštalované softvérové služby AmI systému RUDO.
- I) Pracovné počítačové stanice, pripojené k AmI systému pomocou lokálnej počítačovej siete (jedna vývojárska, jedna vedená ako rodinný počítač).
- J) NF zosilovač hlásení s prepínačom, ktorý určuje, výstupný reproduktor (niektoré hlásenia sa hlásia na chodbe, iné v byte).
- K,L) Reprodukčné sústavy chodbových a bytových hlásení.
- M) Konzola na pripájanie meracej techniky – multimetra alebo osciloskopu (meranie prebieha v blízkosti bytového reproduktora, ktorý sprostredkúva pomocou umelo produkovanej reči merané hodnoty, veličiny a popis signálových kriviek osciloskopu).
- N) Znázornenie všetkých radiátorových termostatických Z-Wave hlavíc (sú súčasťou hardvéru AmI systému RUDO).
- O) Znázornenie pripojenia všetkých mobilných pracovných staníc ako napr. notebooky, tablety a mobilné telefóny.

Nevidiaci vývojár má jednu zložku AmIR systému nainštalovanú v domácnosti, druhú používa v zamestnaní na akademickej pôde Univerzity Mateja Bela ako vedecký pracovník v oblasti informatiky. Softvérové komponenty a špecializované hardvérové elektronické komponenty pritom vyhotovil samostatne v rámci tohoto vývoja. Ambient v práci a v domácnosti je prepojený pomocou webového servra "Klingon" ktorý je tiež súčasťou prototypu AmIR.

Riešenia predstavené v tomto článku je možné prakticky využiť aj v ďalších AmI systémoch, ktoré sú zamerané na asistenciu pri bývaní a pri výkone práce v zamestnaní pre nevidiacich ľudí. Vytvorený softvér nie je licenčne obmedzený a je dostupný na stránke www.systemrows.eu. Keďže bol v rámci tohoto vývoja vytvorený aj slovenský syntetizér a teda AmIR komunikuje s používateľom po slovensky, je ponúkaný prioritne pre nevidiacich ľudí na Slovensku, z čoho vyplýva aj voľba jazyka tejto stránky. Ak sa systém AmIR nainštaluje na počítač, ktorý nemá k dispozícii ambient inteligentnej budovy, pracuje ako bežný asistenčný softvér pre nevidiacich postavený na báze OS Linux Debian.

1.2 Krátko o interpretácii kriviek osciloskopu a o vývoji v oblasti elektroniky

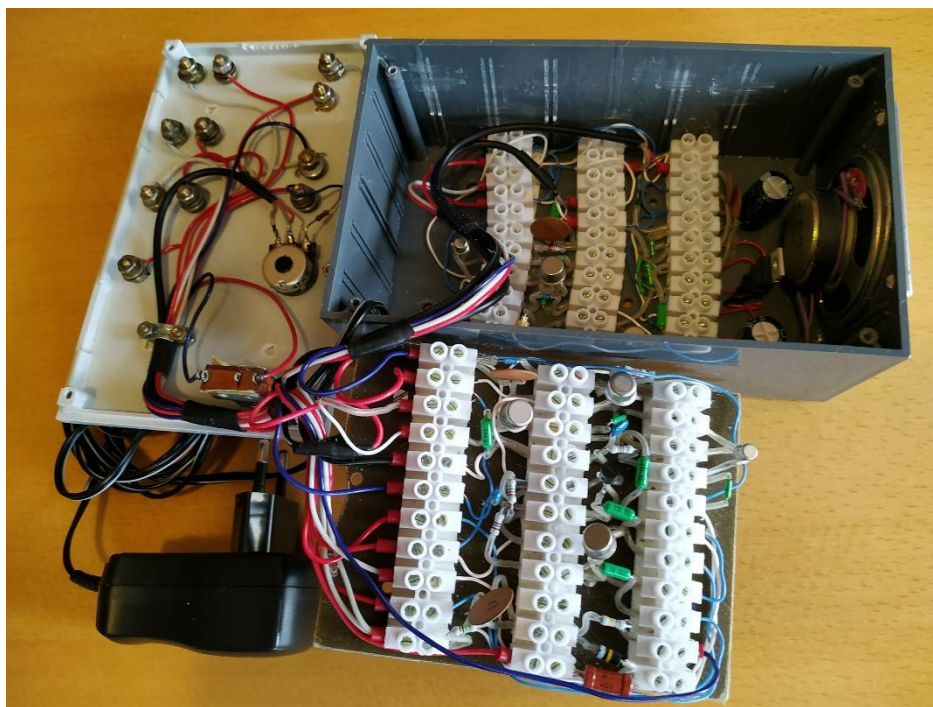
Podpora pri praktickej – konštrukčnej práci zrakovo hendikepovaného človeka v oblasti elektroniky môže vyvolať diskusiu o schopnosti nevidiacich takúto podporu efektívne využiť. Preto sa v tejto podkapitole zameriame aj na stručný opis konštrukčnej stránky navrhovania a zapájania obvodov nevidiacim človekom. Zámerom je, aby mohli byť zvládnuteľné riešenia v oblasti vývoja na akademickej pôde, pri ktorých softvérová zložka systémov súvisí a nadväzuje aj na špeciálne vyvíjaný hardvér.

Nevidiaci ľudia majú dobre vycvičený hmat, bežne dokážu napr. vovliecť niť do ucha ihly alebo rozuzliť manželke zahrčkanú zlatú retiazku. Nie je teda problémom nahmatať kontakty rezistorov, kondenzátorov, tranzistorov, diód a pod. a zatlačiť ich do kontaktu malej skrutkovacej svorkovnice. Do takýchto svorkovnic môže nevidiaci navrhnúť a zapojiť aj pomerne zložité obvody. Hardvérové elektronické zariadenia AmIR systému sú zapojené práve takýmto spôsobom.



Obr. 2. Zvukový merací prístroj na odhad odporu, testovanie diód, identifikáciu kladného napätia a sledovanie signálu. Zdroj: Autor.

Prístroj na Obrázku 2 bol zhotovený nevidiacim človekom bez cudzej pomoci. Súčiastky sú v ňom zapojené na miniatúrnych skrutkovacích svorkovniciach. Hardvérové úpravy vykonal nevidiaci pomocou kovových makiet/príložníkov, na základe ktorých mohol navrátať otvory pravidelne a symetricky. Pri zapájaní elektroniky bol použitý ambient systému RUDO, ku ktorému bol pripojený multimeter. Merané údaje boli sprostredkované pomocou umelo produkovanej reči.



Obr. 3. Rozobratý zvukový merací prístroj z Obrázku 2. Zdroj: Autor.

Na tomto obrázku je vidieť technológiu zapájania elektronických obvodov nevidiacim človekom bez cudzej pomoci. Súčiastky sú zapojené do miniatúrnych skrutkovacích svorkovnic, ktoré sú bežne dostupné v predajniach elektrotechniky. Touto technológiou boli vytvorené všetky špeciálne hardvérové komponenty ambientného systému RUDO (Obrázok 1, komponenty D, E, J).

Keďže rozprávame o návrhu prototypu a vývoji, nie je požadovaná maximálna miniaturizácia výrobku, ako pri komerčnej sériovej výrobe. Stabilita elektronických výrobkov na skrutkovacích svorkovniciach je pritom veľmi dobrá. Viacero testovaných výrobkov fungovalo bez poruchy viac ako desať rokov. Preto bol aj prototyp AmIR riešený týmto spôsobom, napriek tomu, že vykonáva funkcie, ktoré vyžadujú spoľahlivosť, ako napr. automatizácia vykurovania a zónovej regulácie (Hudec & Smutny, 2017).

Je potrebné uvedomiť si, že sa na súčasnom trhu ponúkajú vstupno/výstupné zariadenia, ktoré majú na malej plošnej doske prispájkovaný konektor sieťového počítačového pripojenia, integrované obvody a ďalšie elektronické prvky SMD, ale tiež aj malé skrutkovacie svorkovnice, na ktoré sa pripájajú ďalšie vyvíjané obvody. Tieto zariadenia sú pre nevidiacich opäť bez problémov použiteľné. V systéme AmIR sú použité na meranie teplôt, zber a odovzdávanie dát. Počítačovú sieť galvanicky oddeľujú od ďalších vyvíjaných obvodov pripojených na skrutkovacie svorkovnice pomocou optočlenov a otvorených emitorov alebo kolektorov. Zo softvérového hľadiska majú tieto zariadenia svoju IP adresu, v systéme AmIR sa s nimi komunikuje pomocou sieťového programového rozhrania MODBUS.

V stručnosti sme si vysvetlili spôsob práce nevidiaceho človeka pri praktickej konštrukcii elektronických obvodov. Popri tom môže nevidiaci píliť, vŕtať diery, merať a vykonávať ďalšie technické požiadavky spojené s takouto prácou bez ohrozenia svojho zdravia. Je zjavné, že opisujeme prácu so slaboprúdovými zariadeniami, pri ktorých nehrozí úraz elektrickým prúdom. Za špeciálnych podmienok, keď má nevidiaci k dispozícii izolačné vodička, môže pracovať aj s vyšším napätím, aké je napr. v rozvode elektrickej siete.

Pri práci s elektronikou je nutnou zložkou vývoja alebo opráv meranie hodnôt elektrotechnických veličín. Aby mohol byť nevidiaci samostatný aj v tejto oblasti boli do prototypu AmIR systému zakomponované softvérové moduly čítania displeja multimetra a automatizovaného popisu kriviek osciloskopu pomocou umelo produkovanej reči (Obrázok 1, komponent M). Ak sa multimeter alebo osciloskop pripojí cez sériovú linku USB do konektoru, ktorý je súčasťou pracovného pultu, AmIR v príslušnom bytovom reproduktore, ktorý je umiestnený v blízkosti pracovného stola, automaticky začne nevidiacemu čítať namerané hodnoty alebo opisovať priebeh elektrického signálu. V prípade, že nevidiaci musí vykonávať meranie mimo laboratória, môže meráciu techniku pripojiť k notebooku, ktorý mu tiež sprostredkuje merané údaje pomocou syntetickej reči.

Dáta prenášané z multimetra alebo osciloskopu cez sériovú linku USB sú galvanicky oddelené od počítačovej siete pomocou optočlenov. Galvanický oddelovač je súčasťou bežne vyrábaných multimetrov a osciloskopov, aby pri práci s elektronikou nedošlo k poškodeniu počítačovej siete alebo vyvíjaného elektronického zariadenia.

Ťažiskom nášho výskumu v tejto oblasti bol návrh hlasového rozhrania pre multimetre a návrh opisovacej techniky kriviek osciloskopu pomocou syntetickej reči. Popis priebehu elektrického signálu musí byť pomerne krátky, zároveň však výstižný s dostatočným popisom priebehu, deformít alebo porúch. Softvérový modul, ktorý realizuje tento popis musí navyše umožňovať rozširovanie rozpoznávacích algoritmov, aby mohol nevidiaci v prípade potreby doprogramovať rozpoznávanie ďalších špecifik, ktoré vyžaduje jeho výskum.

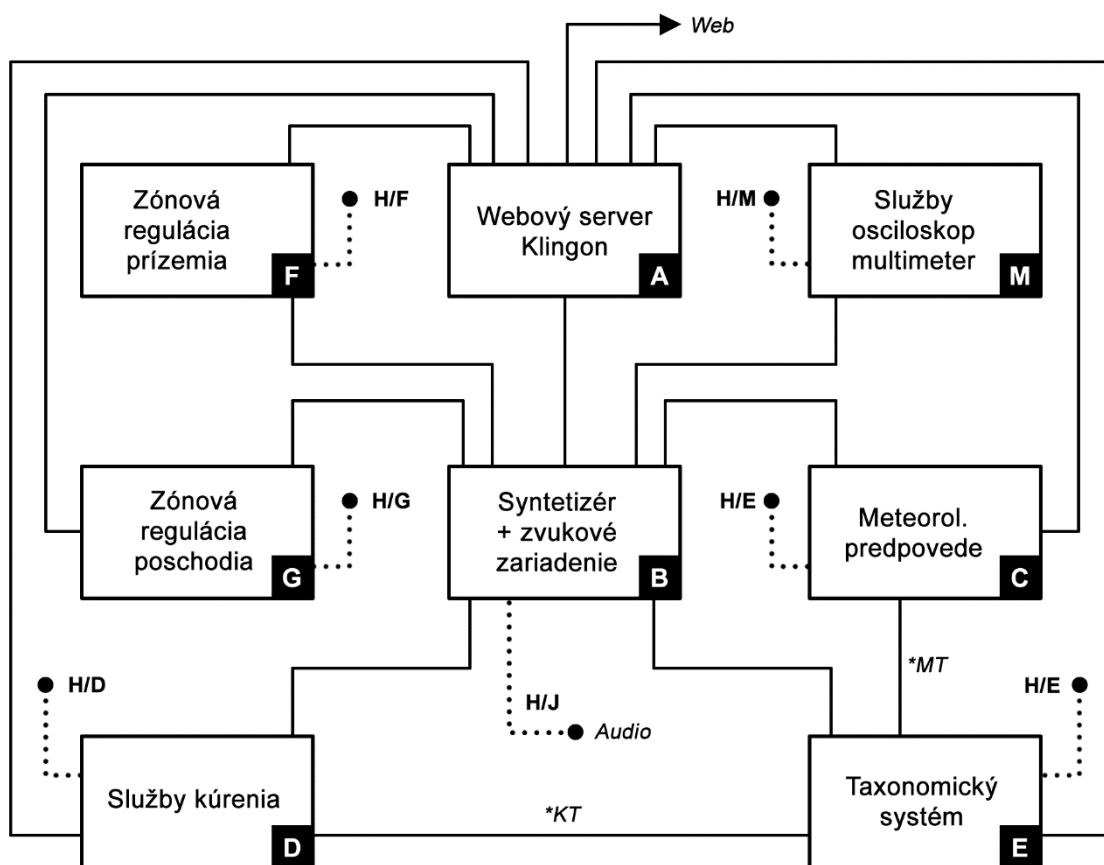
1.3 Aml systém RUDO

V roku 2016 bol ukončený vývoj štvrtej verzie AmIR systému pre nevidiacich, ktorá bola ako celok predstavená v (Hudec & Smutny, 2017; Hudec, 2016). Tento systém je iteratívne vyvíjaný už 19 rokov na Univerzite Mateja Bela na Slovensku.

Prototyp AmIR systému je implementovaný v dvojposchodovom rodinnom dome, v ktorom žije nevidiaci výskumník so svojou rodinou. Druhá časť systému AmIR je implementovaná na Univerzite Mateja Bela na Fakulte prírodných vied, kde nevidiaci pracuje. Ambity systému sú prepojené pomocou webového servera KLINGON, ktorý je spolu s ostatnými službami AmIR nainštalovaný na domovom serveri. Čiastkové publikácie o tomto systéme boli uverejnené v (Hudec, 2002, 2008, 2009, 2011, 2013).

Prototyp AmIR je v súčasnosti testovaný už vo svojej piatej verzii. Táto verzia obsahuje taxonometrické služby zamerané na starostlivosť o nemocných a starých ľudí a rozvinutejší systém rozpoznávania scén v interiéri a exteriéri (Hudec & Smutny, 2018). Taxonometrický modul (Aaliance, 2014; Hill et al., 2013) rozpoznávania využíva technológie neurónových sietí a genetických algoritmov (Šíma & Neruda, 1996; Koza et al., 2003; Nikolaev, & Iba, 2006; Miller, 2013; Ventriglia, 1994). Umelá produkcia reči využíva technológie konkatenačnej syntézy (Psutka et al., 2006; Ince, 1992; Mariani, 2009) a automatizované spracovanie jazyka (Melichar et al., 1999).

Dôležitou zložkou súčasnej testovanej verzie je používateľské rozhranie HANIBAL, ktoré zabezpečuje unifikovanosť používateľského rozhrania. Súčasná verzia využíva toto rozhranie aj na sprostredkovanie informácií z multimetra alebo osciloskopu. V prípade pripojenia osciloskopu AmIR realizuje rozpoznávanie kriviek meraného elektrického signálu a ich interpretáciu nevidiacemu pomocou umelo produkovanej reči.



Obr. 4. Schéma softvérových služieb nainštalovaných na domovom servri (Obrázok 1, komponent H).
Zdroj: Autor.

Popis Obrázku 4:

- A) Webový server Klingon, ktorý zabezpečuje komunikáciu medzi ambientami domova a zamestnania.
- B) Procesy realizujúce umelú produkciu reči, notificačné zvuky a informačné zvuky o scénach. Ich výstup je pripojený na NF zosilňovač s prepínačom (Obrázok 1, komponent J).
- C) Proces zabezpečujúci aktuálne meteorologické údaje, ktoré získava z internetu.
- D) Procesy vykurovania, ktoré riadia zariadenia kotolne a regulujú vykurovanie.
- E) Taxonometrické procesy realizujúce rozpoznávanie osôb, rozpoznávanie interiérových a exteriérových scén a hlásenia súvisiace s pohybom osôb.
- F,G) Procesy zónovej regulácie prízemia a poschodia.
- M) Procesy realizujúce sprostredkovanie meraných hodnôt, veličín a rozpoznávanie kriviek meraného signálu pomocou osciloskopu.

Dátové prepojenie medzi softvérovými procesmi a príslušným hardvérom zo schémy na Obrázku 1 je vyjadrené šípkou s označením H/X. X je pritom označenie príslušného hardvérového komponentu zo schémy na Obrázku 1.

Niektoré meteorologické hlásenia a hlásenia vykurovacieho systému sú naviazané na pohyb osôb. Túto naviazanosť sprostredkujú dátové prenosy *MT a *KT.

Každá skupina procesov danej oblasti služieb má k dispozícii syntetizér a je dostupná aj cez WEB. Zabezpečujú to dátové prepojenia server/klient s webovým servrom (A) a s procesmi realizujúcimi hlasovú syntézu (B).

Z hľadiska tohoto článku je podstatným vylepšením softvérový modul práce s multimetrom a osciloskopom, ktorý komunikuje s nevidiacim pomocou unifikovaného používateľského rozhrania HANIBAL. Softvérový modul realizuje rozpoznávanie kriviek elektrického signálu a ich interpretáciu nevidiacemu pomocou umelo produkovanej reči.

2 Dôvody vývoja

Podľa správy Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO, 2018) je odhadovaný celkový počet nevidiacich na svete 39 miliónov ľudí. Z tohto počtu je 82% ľudí starších ako 50 rokov, pričom 41% všetkých nevidiacich ľudí žije v Indii alebo Číne. Napriek tomu, že sa jedná iba o približne 0.6% ľudí z celkovej svetovej populácie, prebieha v tejto oblasti aktívny, najmä návrhový typ výskumu (Johannesson & Perjons, 2014; Winter, 2008; Dresch et al., 2015; Wieringa, 2014; Sein et al., 2011), ktorý je motivovaný morálnymi kritériami vyspelej spoločnosti.

2.1 Integrácia nevidiacich na akademickej pôde

Opodstatnenosť výskumu sa stala súčasťou vedeckej paradigmy, pri ktorej si kladieme aj otázku, na akú veľkú skupinu ľudí bude vedecký produkt zameraný. Poväčšine je možné v tejto oblasti vykonať štatistický prieskum a zvážiť kvantitatívne alebo morálne dôvody na začatie práce. Otázka integrácie nevidiacich ľudí v akademickej oblasti informatických a elektrotechnických vied podsúva odvážnejší prístup v ponímaní zdôvodnenia, pri ktorom sa kladie ťažisko hlavne na morálny rozmer výskumu. Výskum v tejto oblasti začína mať kvantitatívny význam len v celosvetovom merítku, pri ktorom zachytáva väčšiu skupinu nevidiacich ľudí, ktorí majú schopnosť v tejto oblasti pracovať.

Informatické a elektrotechnické vedy vyžadujú používanie špeciálnych prostredí, ktoré sú zväčša orientované graficky a často bývajú vyvíjané súčasne s riešeným problémom. Z tohoto dôvodu je pre nevidiacich ľudí poväčšine nemožné aktívne a samostatne sa zúčastňovať v tejto oblasti vedeckého vývoja.

Kompenzácia zrakového hendikepu na tejto úrovni vyžaduje špecifikáciu a vytvorenie takých technológií, ktoré sa nevidiacim budú dať uchopiť a ktoré budú dostatočne flexibilné pri vedeckej práci. Chceme teda odovzdať podnet na vytváranie príležitostí špeciálnej formy zamestnanosti pre nevidiacich, pričom si musíme klásť otázky:

1. budú môcť nevidiaci navrhované technológie uchopiť,
2. budú mať nevidiaci motiváciu skúsiť to,
3. prípadne koľkí to urobia v pomere k iným zamestnaniam?

Vyvinutá technológia práce s multimetrom – ďalej MOSB (Multimeter Operation System for Blind) bola testovaná 18 rokov. Technológia zameraná na prácu s osciloskopom – ďalej ADOC (Automated Description of the Oscilloscope Curves) bola testovaná 3 roky.

MOSB bola použitá pri vývoji, návrhu a konštrukcii všetkých vyvíjaných hardvérových komponentov AmIR. Pri práci s elektronikou je pre nevidiaceho takáto technológia nevyhnutná. Technológia ADOC je dôležitým doplnkom pri meraní a hodnotení priebehu signálov, jej využiteľnosť je prakticky rovnocenná ako aj pri vidiacich ľuďoch.

Na vývoji prvých komponentov systému AmIR úspešne pracuje nevidiaci človek od roku 1997, myšlienka zaradiť ich do jediného AmI systému vznikla až v roku 2000. Zdôvodnenia tohoto výskumu sú preto postavené na testovaní, ktoré pri niektorých komponentoch trvalo až 22 rokov, nevidiaci výskumník používa na kompenzáciu svojho zrakového hendikepu výlučne tento systém. Produktom je preto funkčný a účelný prototyp AmI systému RUDO zameraný na asistenciu pri bývaní a pri výkone práce v zamestnaní. Odhliadnúc od hardvérových súčastí a implementačných prác je rozsah 5. verzie tohoto systému nasledovný:

- a) 407 systémových headrov,
- b) 281 zdrojových programových súborov,
- c) 158615 programových riadkov,
- d) 2967 MB dát v programovom balíku,
- e) 4394 MB dát na DVD.

Pričom položky (b) a (c) sú čistým produktom práce nevidiaceho akademika, ktorému asistuje pri práci AmI systém RUDO. Programový balík a ISO obraz DVD (položky D a E) je v slovenskom jazyku bezplatne poskytovaný a použiteľný aj ako bežný asistenčný softvér na stránke: www.systemrows.eu/softverove-baliky/.

Návrh tohoto projektu a jeho vedenie bol v testovacom období 21 rokov ponechaný plne v rukách nevidiaceho vývojára.

Ak si kladieme otázku (2), či bude mať nevidiaci človek motiváciu pracovať na akademickej pôde ako vedecký pracovník, je potrebné uvedomiť si, že ide o existenčný problém. Takýto problém je pre nevidiacich omnoho komplikovanejšou životnou úlohou ako pre zdravých ľudí. Preto ak sa ponúkne schodná cesta a nevidiaci má nadanie táto cesta bude isto pre neho veľmi vítaná.

Pri hľadaní odpovede na otázku (3), musíme brať do úvahy, že slepota fyzicky neovplyvňuje schopnosti logického myslenia, abstrakcie a pamäte. Skôr naopak, je podnetom na ich rozvíjanie. Preto ak nevidiaci človek dosiahne požadované vzdelanie, ktoré sa vyžaduje pri akademickej činnosti, je pripravený na ďalší profesný postup. Pomer zdravých akademikov k zdravým neakademikom je teda potenciálne podobný aj v prípade nevidiacich ľudí.

2.2 Súčasné asistenčné technológie, porovnanie s možnosťami AmI systémov

Aplikovaný výskum a vývoj zameraný na asistenčné technológie možno rozdeliť do dvoch vzájomne sa dopĺňajúcich smerov:

1. návrh vzájomne nesúvisiacich pomôcok,
2. tvorba AmI alebo SmE (Smart Environments) systémov.

V prvej oblasti návrhu pomôcok je už vykonaná rešerš (Hudec & Smutny, 2017). V tomto článku sa jej viac venovať nebudeme. Vedecká činnosť vyžaduje, aby sa používané výskumné softvérové nástroje vyvíjali v súlade s predmetom výskumu. Fyzické elektronické kompenzačné pomôcky neponúkajú v oblasti informatiky potrebnú flexibilitu a navyše ešte len vyvíjané technológie nemôžu byť aplikované pri výrobe pomôcok.

Druhá oblasť vývoja – AmI systémy s asistenčnými technológiami pri bývaní a pri výkone práce v zamestnaní – ponúka omnoho väčšiu flexibilitu a možnosti vývoja popri ich používaní.

AmI systém komunikuje s nevidiacim pomocou unifikovaného používateľského rozhrania, ktoré je rozšíriteľné z bežného rozsahu asistencie pri bývaní až po špičkové potreby asistencie pri výkone práce v zamestnaní. Pri ďalšej vedeckej činnosti sa používateľské rozhranie dopĺňa

len v nevyhnutnom prípade, keď sa vyžaduje zásadná zmena vo vedeckom prístupe, avšak aj toto doplnenie nespôsobí zásadnú zmenu dizajnu tohoto rozhrania. Nevidiaci dominantne modifikuje a dopĺňa len softvérové a dátové zložky systému, ktoré mu vzhľadom na svoju softvérovú podstatu ponúkajú plnú flexibilitu vo vedeckej činnosti.

V prípade potreby nevidiaci môže samostatne modifikovať aj vrstvu používateľského rozhrania. V prototype AmI systému RUDO je vyvinuté používateľské rozhranie pre nevidiacich – HANIBAL. Štruktúra okien, ich počet a obsah sú v tomto prostredí plne modifikovateľné používateľom pomocou rovnomenného bezkontextového jazyka (Melichar et al., 1999) HANIBAL. Definičný jazyk je pre nevidiaceho veľmi vyhovujúcim a užitočným nástrojom, lebo sa pri práci s ním nedostáva do kontaktu s počítačovou grafikou. Grafické informácie sú pre nevidiaceho človeka buď nedostupné alebo len veľmi ťažko dostupné.

2.3 Kompenzačné softvérové moduly a legislatíva

Z technického a ekonomického hľadiska je neprijateľné, aby jeden alebo skupina vidiacich vedeckých pracovníkov pracovali na vývoji asistenčných technológií, ktoré využije nevidiaci výskumník v rámci toho istého projektu.

Preto bola zvolená v oblasti vedeckej činnosti úplne iná stratégia vývoja asistenčných technológií. Základom je, aby príslušný AmI systém v inteligentnej budove nevidiacemu umožňoval návrh a prácu s kompenzačnými softvérovými modulmi pomocou jednotného používateľského rozhrania, prispôbeného na obsluhu pre nevidiacich.

Legislatíva niektorých krajín umožňuje vytváranie pracovísk v rámci ktorých môžu byť zamestnaní zdravotne hendikepovaní ľudia. Štát prispieva na prevádzku týchto pracovísk, čím nevidiacim umožňuje časť výskumnej aktivity smerovať do vývoja požadovaných asistenčných softvérových modulov.

Zamestnávateľ takto môže vytvoriť nevidiacemu vedeckému pracovníkovi väčší časový priestor, aby si najskôr navrhol alebo modifikoval existujúce softvérové kompenzačné moduly pre svoju vlastnú vedeckú činnosť.

Legislatíva tak otvára pre nevidiacich nové možnosti aj v prípade vedeckej práce v oblasti informatiky a elektrotechniky. Asistenčnou technológiou naväzujúcou na takúto legislatívu sa môže stať AmI systém ako celok, ktorý umožňuje riešenie jednotlivých výskumných výziev.

3 Ciele

Na začiatku vývoja softvérových modulov asistujúcich pri výkone práce v zamestnaní a v domácnosti boli stanovené ciele, z ktorých niektoré tvoria vedecké východisko tohoto článku:

1. asistencia pri používaní digitálneho multimetra,
2. asistencia pri používaní osciloskopu,
3. asistencia pri získavaní hodnôt záverného napätia diód a Zenerovho napätia Zenerových diód,
4. vytvorenie unifikovaného používateľského rozhrania, založeného buď na práci na príkazovom riadku alebo na práci v semigrafickom používateľskom prostredí pre nevidiacich,
5. návrh postupu evalvácie s využitím metodiky kognitívneho priechodu a heuristického vyhodnocovania (viď kapitola 4).

Navrhované technológie MOSB (Multimeter Operation System for Blind), ADOC (Automated Description of the Oscilloscope Curves) a HANIBAL (Semigraphics user interface for blind) riešia prvé štyri vedecké ciele, ktoré boli v tomto článku stanovené.

3.1 Návrh evalvácie s využitím heuristiky a kognitívneho priechodu – piaty cieľ výskumu

Na tomto mieste je potrebné poukázať na isté špecifiká tohoto vývoja, ktoré zabránili pristúpiť k využitiu metodiky kvantitatívneho vyhodnocovania (Goodman et al., 2012). Podľa Goodman et al. (2012) je potrebné naverbovať skupinu nevidiacich ľudí, s ktorou sa vykoná testovanie navrhovaného systému, ktoré sa v závere vyhodnotí. Aby mohlo byť takéto testovanie korektné, v našom prípade by sa vyžadovalo, aby naverbovaní nevidiaci boli vzdelaní v oblasti informatiky na vysokoškolskej úrovni a aby mali navyše dostatočné vzdelanie v oblasti elektrotechniky. Pri korektnom testovaní by museli navrhnúť a zapojiť funkčné elektrotechnické obvody v rozsahu, ktorý ďaleko prevyšuje základné alebo stredoškolské vzdelanie v oblasti fyziky.

Podľa (Goodman et al., 2012) sme zvažovali, či by sa testovanie nemohlo vykonať na skupine nevidiacich, ktorí by len odmerali hodnoty jednotlivých elektrotechnických komponentov. Takýto prístup by bol z našej strany však veľmi nekorektný, lebo by síce splňal dizajn pokusu podľa (Goodman et al., 2012), ale pre svoju jednoduchosť by bol neprimerane úspešný. Dotknúť sa dvomi meracími zvodmi dvoch kontaktov komponentu dokáže aj nevidiace dieťa zo základnej školy. Pokus by teda otestoval, či sa náš produkt dá využiť pri vzdelávaní fyziky na základnej škole a nie pri vedeckej činnosti.

Na základe správy Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO, 2018) a výskumu, ktorý sa v tejto oblasti robí (Johannesson & Perjons, 2014; Winter, 2008; Dresch et al., 2015; Wieringa, 2014; Sein et al., 2011) môžeme predpokladať, že sa na svete nachádza dostatočne veľká skupina nevidiacich ľudí, ktorí majú motiváciu a aj schopnosti využiť výsledok nášho vývoja. Určite sa však nedá nájsť potrebná skupina nevidiacich s takýmito danosťami a motiváciou vykonať pokus v rámci jedného štátu, akým je napr. Slovensko. Kvantitatívne testovanie podľa (Goodman et al., 2012) sme preto nahradili testovaním s využitím metodiky kognitívneho priechodu a heuristického vyhodnocovania podľa (Nielsen, 1993; Gerharth, 1996; UseIt, 2019; Aitta et al., 2008). Tento prístup sa v súčasnosti využíva pri vývoji, ktorého medziproduktom je príslušný prototyp navrhovaného systému (Arshad et al., 2015). Heuristické vyhodnocovanie a metodiky kognitívneho priechodu sú v súčasnosti využívané hlavne v oblasti riešenia zdravotných hendikepov (Dafalla et al., 2015; Arshad et al., 2015; Salman et al., 2015), ktorá je vo svojej podstate podobná problematike riešenej v tomto článku.

3.2 Rozsah pokusu s jedným nevidiacim

Ciele 1–4 nášho projektu sú obsiahnuté vo vytvorení funkčného prototypu (Arshad et al., 2015) AmI systému, ktorý je zameraný na asistenciu nevidiacim ľuďom pri vedeckej práci v oblasti elektrotechniky a informatiky. Testovanie a následná evalvácia prebehla s jedným nevidiacim podľa (Nielsen, 1993; Gerharth, 1996; UseIt, 2019; Aitta et al., 2008), pričom boli kladené primerané nároky na vzdelanie nevidiaceho a vysoké nároky na jeho pracovnú záťaž pri testovaní. Po vyhotovení softvérových častí prototypu AmI systému, ktoré umožňujú prácu nevidiaceho s elektrotechnikou, sme zahájili pokus s nevidiacim vedeckým pracovníkom ktorý obsahoval:

1. požadovalo sa od neho, aby navrhol AmI systém aj s jeho elektrotechnickými komponentami,

2. softvérové časti musel samostatne naprogramovať a hardvérové časti samostatne technicky zostrojiť,
3. kvalita výrobku bola testovaná od roku 2014, ide o zložky AmI systému – vykurovanie, zónová regulácia a taxonometrické funkcie,
4. nevidiaci vedecký pracovník mal povinnosť o svojom výskume publikovať vo vedeckej tlači (Hudec & Smutny, 2017; Hudec, 2016; Hudec & Smutny, 2018), úspešnosť v oblasti publikovania bola kvalifikovaná ako oficiálne hodnotenie úspešnosti daného pokusu,
5. vhodnosť navrhovaných technológií aj pre ďalších nevidiacich na iných pracoviskách bola vyhodnocovaná metodikou kognitívneho priechodu a navrhovaných heuristik (Nielsen, 1993; Gerharth, 1996; UseIt, 2019; Aitta et al., 2008).

Na tomto mieste je potrebné poznamenať, že ide o rozsiahly výskumný projekt, ktorý sa začal v roku 1997. V tomto článku opisujeme len jeho jedinú zložku, ktorá sa týka vedeckej práce nevidiacich so zameraním na oblasť elektrotechniky v súvislosti s obsluhou príslušným softvérom.

Cieľom bolo teda vykonať kvalitatívne hodnotenie na základe pokusu s jedným nevidiacim s veľmi vysokými nárokmi na kvalitu hodnotenia. Evalvácia bola vykonaná metodikou kognitívneho priechodu a pomocou navrhnutých heuristik (Nielsen, 1993; Gerharth, 1996; UseIt, 2019; Aitta et al., 2008). Metodiky vyhodnocovania sme vybrali kvôli ich vhodnosti pre náš projekt a pre ich využívanie v podobných projektoch aj na ďalších svetových pracoviskách (Dafalla et al., 2015; Arshad et al., 2015; Salman et al., 2015).

4 Metodika

Výskum a vývoj AmI systémov spadá medzi inžinierske prístupy a vývoj umelých technických artefaktov. S týmto účelom sa využíva návrhový typ výskumu (Johannesson & Perjons, 2014; Winter, 2008) používaný obzvlášť v oblastiach informačných systémov alebo aplikovanej informatiky. Návrhový typ výskumu (Design science research, ďalej DSR) má typicky iteratívny charakter, pozostávajúci z inžinierskeho cyklu (Dresch et al., 2015; Wieringa, 2014), ktorý sa pri vývoji a kontinuálnom vylepšovaní opakuje. Tento cyklus má zväčša štyri základné fázy výskumu (Dresch et al., 2015):

- identifikácia a definícia problému,
- návrh riešenia,
- vývoj,
- overenie.

Cieľom DSR je predstavenie obecného návrhu riešenia vymedzeného problému, ktorý je využiteľný aj za ďalších obdobných podmienok. Sekundárnym výsledkom je inštancia riešenia napr. vo forme prototypu, ktorý je nainštalovaný v praxi a slúži na evalváciu účelnosti navrhnutého riešenia.

4.1 Metodiky kvalitatívneho vyhodnocovania

Výzkum a vývoj systému RUDO je postavený na DSR a na evalváciu navrhnutého riešenia využíva kvalitatívny prístup hodnotenia situovaného artefaktu (Sein et al., 2011), do ktorého sú zainteresovaní aj jeho tvorcovia.

Kvantitatívny prístup hodnotenia podľa (Goodman et al., 2012) sa v tomto projekte nedá využiť (viď podkapitola 3.1), preto bola zvolená na evalváciu metodika kognitívneho priechodu a navrhované heuristiky (Nielsen, 1993; Gerharth, 1996; UseIt, 2019; Aitta et al., 2008). Tieto

metodiky kvalitatívneho vyhodnocovania sú v súčasnosti využívané pri hodnotení systémov zameraných na riešenie problematik súvisiacich prevažne so zdravotnými hendikepmi (Dafalla et al., 2015; Arshad et al., 2015; Salman et al., 2015). Jedná sa teda o projekty príbuzné nášmu vývoju, pri ktorých sa buď v rámci DSR vyžaduje rýchla spätná väzba (Arshad et al., 2015), alebo je nemožné verbovanie dostatočne veľkej skupiny testujúcich ľudí, vyhovujúcich daným špecifikám testovania (Dafalla et al., 2015; Salman et al., 2015).

Voľbou správnej evalvačnej metodiky sme sa snažili vyhnúť tomu, aby sme vytvorili efektívny dizajn kvantitatívneho testovania so skupinou nevidiacich podľa (Goodman et al., 2012), pri ktorom by sa požadovali nízke nároky na jednotlivých nevidiacich. Takéto testovanie sa hodí skôr do podmienok základných škôl. Závery by sa získali síce rýchlejšie, ale náš cieľ by splnený nebol. Chceme totiž otestovať technológie, ktoré podporujú nevidiaceho človeka v oblasti vedeckej informatiky a elektrotechniky. Korektné testovanie musí teda nevidiaceho zaťažiť na tejto úrovni. Výsledok DSR musí byť vo forme prototypu prezentovateľný, funkčný, prakticky použiteľný a odskúšaný jednotlivcom pri vedeckej práci. Odskúšanost' vedeckej činnosti je možné v princípe vykonať len na základe publikačnej povinnosti v recenzovanej vedeckej tlači.

4.2 Navrhovaná evalvačná metodika

V tejto podkapitole ukážeme priebeh jednej iterácie DSR, ktorá bola použitá pri vývoji opisovanom v tomto článku. Poslednú časť – overenie – pritom rozdelíme na štyri časti, čím chceme poukázať na dôležité špecifiká, ktoré vyplývajú z overovania vedeckej činnosti:

1. identifikácia a definícia problému,
2. návrh riešenia,
3. vývoj,
4. overenie:
 - a) funkčnosť prototypu,
 - b) kvalita prototypu,
 - c) vedecké hodnotenie vývoja,
 - d) kvalitatívne metodiky evalvácie (Nielsen, 1993; Gerharth, 1996; UseIt, 2019; Aitta et al., 2008):
 - metodika kognitívneho priechodu,
 - časová analýza činnosti,
 - heuristické hodnotenie.

Z uvedenej iterácie DSR vyplýva, že náš pokus s jedným nevidiacim v zmysle kvalitatívneho hodnotenia v sebe obsahuje body 1,2,3,4/a, 4/b, 4/c. Predstavovaný prototyp asistenčného systému AmIR má podporovať vedeckú činnosť nevidiaceho, ktorá sa začína identifikáciou problému a končí úspešnou publicitou vo vedeckej recenzovanej tlači. Body 4/a a 4/b poukazujú na fázu vývoja, pri ktorej sa testuje funkčnosť prototypu a kvalita v zmysle poruchovosti v čase a praktickosti používateľského rozhrania.

Keď sa pokus s jedným nevidiacim skončí úspešne a články boli publikované, v našom prípade (Hudec & Smutny, 2017; Hudec, 2016; Hudec & Smutny, 2018), začíname pristupovať k poslednej fáze kvalitatívneho hodnotenia 4/d podľa (Nielsen, 1993; Gerharth, 1996; UseIt, 2019; Aitta et al., 2008) s využitím metodík kognitívneho priechodu a heuristiky. Po tomto zhodnotení sa uzatvára jedna iterácia výskumu, ktorá poukazuje na vhodnosť alebo nevhodnosť riešenia asistenčného systému aj pre ďalších nevidiacich na iných pracoviskách.

4.3 Kognitívny priechod a heuristiky

Kvalitatívnu evalváciu 4/d sme rozdelili do troch rovín, v ktorých budeme systém AmIR vyhodnocovať.

Prvým prístupom je kognitívny priechod, metodika orientovaná na úlohy, schopná identifikovať problémy prostredníctvom akčných sekvencií potrebných na vyriešenie zadania.

Druhým prístupom je analýza činnosti, ktorá predpovedá čas, ktorý by kvalifikovaný používateľ potreboval na vyriešenie zadania.

Tretí prístup je heuristické hodnotenie, ktoré má tendenciu identifikovať problémy založené na uznávaných normách a konvenciách.

Výsledky kvalitatívnej evalvácie sú založené na argumentácii z relevantných teórií kognitívnej psychológie a princípov dizajnu orientovaných na používateľa. Z nich vyplýva, že hodnotenie používateľského rozhrania a funkčnosti systémov bez skutočných používateľov je užitočným nástrojom pri poskytovaní rýchleho výstupu pre následné vylepšenia (Nielsen, 1993; Gerharth, 1996; UseIt, 2019; Aitta et al., 2008).

4.4 Ďalšia metodika, použité technológie a štandardy

V tomto článku sa zameriame na predstavenie riešení softvérových modulov patriacich do AmIR, ktoré sú všeobecne využiteľné pri vedeckej práci nevidiaceho človeka na pomedzí informatiky a elektrotechniky. Predstavené riešenia v podobe technológií MOSB, ADOC a HANIBAL neboli v predchádzajúcich článkoch (Hudec & Smutny, 2017; Hudec, 2016; Hudec & Smutny, 2018) uvedené.

Technológie MOSB a ADOC umožňujú nevidiacemu prácu s meracími zariadeniami v oblasti elektrotechniky, pričom využívajú všeobecné poznatky z oblasti spracovania a analýzy signálu (Psutka et al., 2006; Ince, 1992; Mariani, 2009). HANIBAL pokrýva všetky asistenčné oblasti systému AmIR jednotným používateľským rozhraním vyrobeným špeciálne pre nevidiacich ľudí. Pri vývoji modulov MOSB, ADOC a HANIBAL boli použité nižšie uvedené postupy a technológie, ktoré používal nevidiaci vývojár:

Programy boli vytvárané v jazyku Free Pascal, ktorý je v súčasnosti distribuovaný pre operačné platformy Linux, Windows, mac OS a ďalšie. Výber jazyka bol daný zručnosťou vývojára a kompatibilitou k už existujúcim modulom.

AmIR je sieťový produkt, na komunikáciu využíva sieťové protokoly HTTP, HTTPS, lokálnu komunikáciu server/klient, na obsluhu sieťových zariadení programové rozhranie MODBUS. Na bezdrôtovú komunikáciu používa technológiu Z-Wave a WiFi. Meracia technika – multimeter a osciloskop – je pripájaná cez štandardné sériové rozhranie USB. Definíciu okien v prostredí HANIBAL nevidiaci vykonáva pomocou rovnomenného bezkontextového jazyka, ktorý bol navrhnutý v rámci vývoja tohoto prostredia.

Všetky konfiguračné a definičné súbory majú textový charakter, aby boli pre nevidiaceho ľahko a rýchlo modifikovateľné v jednotnom editore, v ktorom používateľ zároveň vytvára programy alebo iné dokumenty s hypertextovými príkazmi.

5 Asistencia pri používaní elektrotechnickej meracej techniky

Pri používaní meracej techniky akou je multimeter alebo osciloskop nevidiacim človekom je potrebné uviesť si, že sa nejedná len o zber dát z displeja. Tieto zariadenia majú viacero

ovládacích prvkov, ako je prepínač meraných veličín a rozličné tlačítka. Automatizovaná asistencia pri používaní týchto zariadení nemá význam, ak je zároveň potrebná ešte aj asistencia vidiaceho človeka, ktorý by musel na zariadení naklikáť potrebné nastavenia pre dané meranie. Automatizovaná asistencia pri meraní elektrotechnických údajov musí preto obsahovať štyri dôležité komponenty:

1. automatizované rozpoznanie pripojeného (cez USB) meracieho zariadenia, identifikácia jeho vypnutia alebo zapnutia, možnosť pozastavenia merania priamo na meracom zariadení, oznamovanie o týchto udalostiach pomocou umelo produkovanej reči,
2. presný popis stavu prepínača a tlačítok formou umelo produkovanej reči pri akejkolvek zmene nastavenia meracieho zariadenia,
3. odovzdávanie nameraných údajov pomocou umelo produkovanej reči spolu s čítaním zvoleného rozmeru meranej veličiny (napr. V – Volt, mV, A – Ampér, mA),
4. rozpoznávanie grafických informácií (kriviek na osciloskope) a ich interpretácia pomocou umelo produkovanej reči.

Prvé tri body budú vysvetlené v ďalšej podkapitole na príklade práce s multimetrom. Práca s osciloskopom a algoritmus interpretácie kriviek je opísaný v podkapitole 5.2.

5.1 Práca nevidiaceho s multimetrom

Systém AmIR testuje porty USB v pravidelných časových intervaloch 0.5 sekundy. Ak sa na USB port pripojí káblík s galvanickým oddelovačom, ktorý je identifikovaný ako zariadenie na pripájanie meracej techniky, AmIR pomocou syntetickej reči nevidiacemu ohlásí svoju pripravenosť na asistenciu pri meraní elektrotechnických údajov.

Po pripojení multimetra resp. osciloskopu a jeho zapnutí sa oznámi: "Multimeter zapnutý." resp. "Osciloskop zapnutý." Podobne po odpojení alebo vypnutí meracích zariadení je o udalosti nevidiaci hlasovo informovaný.

Pri zmene nameranej hodnoty sa nevidiacemu odovzdáva nový hlasový údaj spolu so zvoleným rozmerom meranej veličiny. Pretože sa niektoré merané hodnoty neustále menia, systém AmIR reaguje na tlačítka pozastavenia merania, ktoré býva umiestnené na väčšine multimetrov. Oznámi pozastavenie merania a poslednú nameranú hodnotu. Takto sa nevidiaci používateľ vyhne rušivým hlasovým informáciám bez toho, aby sa musel vzdialiť od svojho pracovného miesta. Opätovným stlačením tlačítka pozastavenia merania sa v meraní pokračuje.

Dôležitým asistenčným prvkom pri meraní je systém informovania o stavoch ovládacích prvkov na meracom zariadení. Aby nedochádzalo k množstvu rušivých hlasom prenášaných údajov, správa o stave zariadenia sa odovzdá vždy len po zmene tohoto stavu. Predpokladá sa, že si ju nevidiaci zapamätá. Napomáha mu pritom aj čítaný rozmer meranej veličiny a jednotky, v ktorých je veličina meraná. Rozmerom veličín rozumieme predpony mikro, mili, kilo, mega a pod.

Ak sa teda prepne meraná veličina na prepínači, AmIR prečíta najskôr zvolenú veličinu a až potom spustí hlasové odovzdávanie zberu meraných údajov. Ak sa použije tlačítka, ktoré zapína relatívne meranie voči už existujúcej hodnote, AmIR po každom prečítaní údajov na záver upozorní slovom "relatívne". Podobne pri automatickom rozpoznávaní rozmeru veličiny dodáva slovo "automat". Umelo produkované hlásenia AmIR sú navrhované tak, aby výstižne a jednoznačne odovzdávali potrebnú informáciu, pritom aby ale neboli rušivé nadmerným alebo zdĺhavým rozprávaním.

5.2 Práca nevidiaceho s osciloskopom

Osciloskop sa pripája k AmIR rovnako ako multimeter opísaný v predchádzajúcej podkapitole. Aj pri osciloskope sa vyžaduje asistencia pri nastavovaní prepínačov alebo tlačítok, ktorá funguje opäť identicky, ale s tým, že pri osciloskope je ovládacích prvkov viac. Ak ide o kombináciu multimetra s osciloskopom v jednom zariadení, je potrebné toto zariadenie prepnúť do režimu osciloskopu alebo multimetra, o čom musí AmIR nevidiaceho opäť hlasovo informovať.

Dôležitou pripomienkou, pri obsluhu osciloskopu je, že sa musí jednať o meracie zariadenie, ktoré umožňuje automatické nastavenie zobrazovacích hodnôt krivky na displeji, pomocou ktorých sa nastavuje zväčšenie krivky, umiestnenie na displeji, hustota periód a pod. Vidiaci elektronik má totiž možnosť nastavovania týchto hodnôt aj manuálne tak, aby videl požadovaný úsek krivky zreteľne. Manuálne nastavovanie zobrazovacích hodnôt však vyžaduje zrakovú spätnú väzbu, ktorú nevidiaci nemá.

Pri automatickej kalibrácii zobrazovania krivky si meracie zariadenie nastaví požadované parametre tak, aby sa krivka na displeji zobrazovala správne. Systému AmIR potom cez sériové rozhranie USB odovzdá grafický raster krivky – teda obraz krivky z displeja. AmIR má za úlohu vygenerovať jej popis pomocou rozpoznávacích algoritmov, ktoré v grafickom rastru špecifikujú krivku a vygenerujú jej popis pomocou umelo produkovanej reči.

Pri stlačení tlačítka automatickej kalibrácie zobrazovania na osciloskope asistenčný systém informuje, že je pripravený opisovať sledovaný signál a aktivuje rozpoznávací algoritmus.

5.2.1 Algoritmus rozpoznávania kriviek

Meraná krivka signálu je graficky orientovaná informácia, môže mať mnoho tvarov, preto jej popis pomocou umelo produkovanej reči nie je riešiteľný jednoduchým spôsobom. Preto už pri prijatí grafického rastra krivky je potrebné snažiť sa k nemu pristupovať v princípe čo najjednoduchšie a najstť v ňom nejaké špecifiká, ktoré ho odlišia od bežnej počítačovej grafiky:

1. obraz krivky je monochromatický, napr. na bielom podklade sa zobrazuje čierna krivka,
2. na časovej osi sa v obraze nachádza vždy len jeden čierny bod.

Na základe týchto dvoch špecifik je možné vnímať grafický raster ako postupnosť vzoriek pulznej kódovej modulácie (ďalej PCM) (Psutka et al., 2006; Ince, 1992; Mariani, 2009), ktorá sa používa pri digitalizácii a spracovaní zvukového záznamu. Pri tejto technológii sa v pravidelných intervaloch zosníme výška zvukovej krivky a prevedie sa na celé číslo. PCM je teda postupnosť celých čísel. V prípade krivky na displeji osciloskopu je potrebné vnímať zvislú zrnitosť rastra, teda počet pixelov / x, ako počet možností výšky meraného signálu v danom časovom bode. Ak je výška zrnitosti napr. 256, hodnotu krivky v tomto časovom okamihu je možné uložiť do 8-bitovej premennej.

V prvom kroku algoritmu teda prevedieme bežný grafický raster s krivkou na postupnosť vzoriek PCM, pričom počet vzoriek bude rovný počtu pixelov / y, teda zrnitosti rastra vo vodorovnom zmysle. Ak máme krivku uloženú v tvare PCM, je možné využiť napr. Rýchlu Fourierovu transformáciu na spektrálnu alebo keprálnu analýzu (Psutka et al., 2006; Ince, 1992; Mariani, 2009) meraného signálu. Algoritmus rozpoznávania krivky osciloskopu je potom možné vyjadriť v šiestich krokoch:

- 1) prevod rastra na PCM,
- 2) základné triedenie:
 - a) nulový signál (vodorovná čiara),

- b) šum,
- c) neperiodický signál,
- d) periodický signál (tento sa ďalej rozpoznáva),
- 3) ak je signál periodický hľadá sa:
 - a) sínus,
 - b) obdĺžnik,
 - c) píla,
- 4) ak sa nenašli 3/a, 3/b, 3/c, hľadanie deformít:
 - a) deformita sínusu s popisom kvadrantov,
 - b) deformita obdĺžnika s popisom kvadrantov,
 - c) deformita píly s popisom kvadrantov,
- 5) ak sa nenašli deformity, hľadanie porúch a špeciálnych typov signálov:
 - a) kladná / záporná polvlna sínusu / obdĺžnika / píly,
 - b) kladný / záporný pulzujúci sínus,
- 6) prístupový bod rozšírenia v prípade nerozpoznania.

Na začiatku hlásenia je hlasovo špecifikované základné rozlišovanie krivky 2/a, 2/b, 2/c alebo 2/d. V prípade periodického signálu sa špecifikuje frekvencia a za predpokladu že sa amplitúdy jednej periódy v absolútnej hodnote rovnajú aj výška amplitúdy vo Voltoch.

V prípade periodického signálu sa uvedie typ krivky alebo podobnosť k typu kriviek – sínus, obdĺžnik a píla, za ktorým sa prečítajú dve čísla:

1. pomer fáz v perióde,
2. pomer amplitúd v perióde.

Na základe týchto údajov má nevidiaci vytvorenú základnú predstavu o prebiehajúcom signále. Ak sú v signále deformity voči trom uvedeným krivkám, sú ešte vyjadrené deformity pre dané kvadranty v perióde napr.:

1. kladná stredná deformita v prvom kvadrante,
2. záporná väčšia deformita v treťom kvadrante.

Výraz kladná / záporná vyjadruje smer deformity voči klasickému signálu sínusu, obdĺžniku a píly. Výraz menšia / stredná / väčšia vyjadruje tri odhadované veľkosti odchýliek. Čísla kvadrantov poukazujú na miesto v perióde, kde k danej odchýlke došlo.

V prípade, že ide o periodický signál, ktorý nie je možné pripodobniť k signálom sínus, obdĺžnik a píla, po vyjadrení frekvencie nasleduje popis konkrétneho špecifikovaného signálu. V súčasnosti má AmIR päť ďalších preddefinovaných signálov na rozpoznávanie, pričom umožňuje v tomto bode rozširovanie rozpoznávacieho algoritmu podľa toho s akými signálmi nevidiaci chce pracovať a ktoré chce mať automaticky opisované.

5.3 Asistencia pri identifikácii polovodičov

Nevidiaci, ktorý pracuje s elektrotechnickými komponentami, má tieto súčiastky uložené v malých šuplíkoch označených Braillovým – bodovým písmom. Výber jednotlivých rezistorov, kondenzátorov a pod. je potom rýchly a jednoduchý.



Obr. 5. Malé zásuvné priehradky so súčiastkami označené Braillovým písmom. Zdroj: Autor.

Napriek tomu v reálnej praxi nastávajú situácie, že pri vývoji elektronických obvodov vznikne na stole malá hromádka takýchto komponentov, pri ktorých nevidiaci nemôže ani zrakom ani hmatom určiť ich hodnoty. V takomto prípade opäť hrozí, že bude musieť potrebovať pomoc vidiaceho človeka, čo by ale znižovalo jeho výkon a tiež aj kvalitu asistenčnej technológie v príslušnej inteligentnej budove.

Priamo sa ponúka využitie multimetra pripojeného k ambientu AmIR, ktorý môže odmerať nevidiacemu odpor i kapacitu príslušných komponentov, čím mu umožní spätne ich roztriediť do šuplíkov označených bodovým písmom.

Na zatried'ovanie diód a Zenerových diód bol k systému AmIR vytvorený špeciálny hardvér, ktorý sa pripojí na elektrickú sieť 220 V~ a ktorý vytvára fantómové napätie 600 V= galvanicky oddelené od siete. Pri úplnom skrate potečie v obvode prúd maximálne 0.5 mA, ktorý nemôže poškodiť merané polovodiče. Fantómové napätie sa zapína alebo vypína jednoducho hmatateľným tlačítkom. V prípade prepojenia svoriek prstami človeka pri zapnutom napájaní dochádza vzhľadom na výrazné prúdové obmedzenie len k minimálnemu nepríjemnému pocitu podobnému svrbeniu, zariadenie ani v takomto prípade nemôže nevidiacemu zdravotne uškodiť.

Toto zariadenie sa pripojí na multimeter, ktorý meria napätie na svorkách. Po pripojení diódy na svorky v závernom smere systém AmIR takto nevidiacemu pomocou umelo produkovanej reči prečíta prierazné napätie alebo Zenerove napätie v prípade Zenerových diód.

Pri ostatných komponentoch, si musí nevidiaci pamätať, čo dal na stôl a pokiaľ by sa tvarovo alebo početne mohlo stať, že dôjde k zámene, vyžaduje sa disciplína ukladať takéto komponenty naspäť do označených šuplíkov. Je ale potrebné uvedomiť si, že z hľadiska tvaru a početnosti používania sú rezistory, kondenzátory a diódy pre nevidiaceho najkritickejším materiálom. Pri ostatných komponentoch nie je ťažké dodržať disciplínu odkladania alebo si pamätať malý počet komponentov na stole, ktoré sú často navyše aj tvarovo úplne rozlíšiteľné.



Obr. 6. Pomôcka používaná pri meraní diód. Táto pomôcka bola vytvorená nevidiacim vývojárom. Jej vnútorné zapojenie je realizované na miniatúrnej skrutkovacej svorkovnici. Zdroj: Autor.

Na záver je ešte potrebné uviesť si, že keď chce vývojár zapojiť príslušné obvody, má ich schématicky znázornené na displeji alebo na papierovej predlohe. Pre nevidiaceho ide o neprístupnú informáciu.

V oblasti vývoja si ale nevidiaci príslušnú schému zapojenia navrhuje sám, pričom si ju musí aj pamätať. Pre vidiaceho človeka je takýto prístup zväčša ťažko predstaviteľný. Pre nevidiaceho človeka je pamätanie si vecí základnou zložkou jeho mobility a schopnosti pracovať. Nevidiaci vývojár AmI systému RUDO navrhol takto všetky príslušné elektrotechnické zapojenia bez toho, aby bol stresovaný, že sa musí niečo učiť, pamätať si. Pri danom vývoji tie informácie jednoducho zostávali v jeho pamäti formou istej formy grafickej predstavivosti.

Podobne, daný systém má v súčasnosti približne 150000 programových riadkov. nevidiaci vývojár si vytvára akúsi predstavu o modularite navrhovaného systému a predstavu o jednotlivých detailoch, na základe ktorých sa potom dokáže orientovať v napísanom programovom kóde pomocou jednoduchej funkcie vyhľadávania textových reťazcov.

Je teda dôležité uviesť si, že sa pri nevidiacom človeku jeho hendikep nahrádza danosťami, ktoré sú pre vidiacich zväčša neprijateľné.

Ak chce nevidiaci sprostredkovať schémy navrhovaných obvodov vidiacim spolupracovníkom, môže to urobiť formou textového popisu schémy zapojení v jednotlivých uzloch.

Podobne, ak chce vidiaci sprostredkovať už existujúcu schému nevidiacemu spolupracovníkovi, môže ju prečítať formou zapojení v jednotlivých uzloch. Nevidiaci si ju takto v pamäti vyskladá a na základe tejto predstavy ju môže skonštruovať.

6 Evalvácia

V tejto časti by sme chceli zhodnotiť efektivitu pri používaní testovaných technológií MOSB, ADOC a HANIBAL, ktoré sú súčasťou AmIR systému. Tento systém prešiel niekoľkoročným vývojom, pri ktorom bol testovaný v praxi. Navrhované technológie sú zároveň aplikované v ďalších iteráciách DSR (Dresch et al., 2015; Wieringa, 2014) a testované pri samotnom ďalšom vývoji systému AmIR:

1. MOSB a ADOC – asistencia pri odbornej práci v oblasti elektrotechniky,
2. HANIBAL – pokrýva celý AmIR systém jednotným používateľským rozhraním, na tejto platforme asistuje nevidiacemu vo všetkých oblastiach spolu aj s asistenciou pri bývaní (Hudec & Smutny, 2017; Hudec, 2016; Hudec & Smutny, 2018).

AmIR systém, opísaný v tomto článku, je nainštalovaný v rodinnom dome, v ktorom býva nevidiaci vývojár s rodinou a na univerzitnom pracovisku kde je vývoj realizovaný. Ambienty sú prepojené webovým servrom KLINGON, ktorý je súčasťou opísaného vývoja.

Softvérový modul MOSB je testovaný 18 rokov a postupne vyvíjaný s AmIR systémom ako celkom. Stal sa základným asistenčným predpokladom pre vývoj hardvérových elektronických zariadení nevidiacim vývojárom, ktoré súvisia so softvérovými komponentami systému AmIR.

Softvérový modul ADOC je vývojovo najmladší – približne tri roky – dopĺňa modul MOSB, asistuje pri práci v oblasti elektrotechniky. Jednotné používateľské rozhranie HANIBAL je testované päť rokov, pokrýva všetky uvádzané asistenčné oblasti.

Pri evalvácii AmIR systému boli použité metodiky kognitívneho priechodu, časová analýza pri práci so systémom a heuristické vyhodnocovanie v súvislosti s použitím zaužívaných konvencií (viď kapitola 4) (Nielsen, 1993; Gerharth, 1996; UseIt, 2019; Aitta et al., 2008). V tejto súvislosti je potrebné zdôrazniť, že medzi dôležité závery tohoto výskumu patrí skutočnosť, že nevidiaci vývojár, ktorý je autorom navrhnutého systému, prakticky samostatne vyhotovil všetky jeho softvérové aj hardvérové komponenty. Ide o to, že pokus s jedným nevidiacim (Nielsen, 1993; Gerharth, 1996; UseIt, 2019; Aitta et al., 2008) (viď kapitola 3 a 4) napriek svojej náročnosti dopadol úspešne (Hudec & Smutny, 2017; Hudec, 2016; Hudec & Smutny, 2018), na základe čoho je možné ďalej hodnotiť používateľské rozhranie podobne ako sa to v súčasnosti robí so systémami týkajúcimi sa zdravotných hendikepov (Dafalla et al., 2015; Arshad et al., 2015; Salman et al., 2015). Miera nesamostatnosti nevidiaceho pri našom pokuse je kvantitatívne aj kvalitatívne zrovnateľná s inými vidiacimi akademikmi, ktorí požiadajú techniku o podporu pri technických prácach alebo ktorí konzultujú a spolupracujú s inými kolegami v oblasti svojej profesie.

Výzkum a vývoj systému AmIR je postavený na DSR (Dresch et al., 2015; Wieringa, 2014) a na evalváciu navrhnutého riešenia využíva kvalitatívny prístup hodnotenia situovaného artefaktu (Sein et al., 2011; Nielsen, 1993; Gerharth, 1996; UseIt, 2019; Aitta et al., 2008), do ktorého sú zainteresovaní aj jeho tvorcovia. Evalvácia je preto zameraná na kvalitatívne hodnotenie používané pri systémoch tohoto typu (Johannesson & Perjons, 2014; Winter, 2008) (Dafalla et al., 2015; Arshad et al., 2015; Salman et al., 2015).

6.1 Evalvácia Využitia prostredia HANIBAL na odbornú prácu nevidiacich na pomedzí informatiky a elektrotechniky

Klasickým prístupom pri sprostredkovaní informácií z displeja PC pre nevidiaceho človeka je využitie už existujúceho GUI, ktoré bolo vyvinuté pre vidiacich ľudí. Takéto používateľské prostredie je založené na využívaní zrakovej spätnej väzby. Klasické čítacie systémy pre nevidiacich sú preto niekedy ťažkopádne, spätné sprostredkovanie informácií môže byť pri práci časovo znevýhodňujúce.

Ak ide navyše o GUI zamerané na odbornú prácu v oblasti informatiky alebo elektrotechniky, možnosť spätého odovzdávania informácií nevidiacim spravidla nebýva riešená a vzhľadom na graficky orientované výstupné informácie ani principiálne riešiteľná.

Semigraficky orientované používateľské prostredie HANIBAL je vytvorené špeciálne pre nevidiacich, výstupné informácie majú preto ľahko sprostredkovateľnú textovú podstatu. V systéme AmIR sa používa namiesto štandardných GUI, preto sa nemusí vynakladať čas na vývoj spätého sprostredkovania informácií nevidiacim z GUI a programových aplikácií, ktoré sú zamerané na potreby vidiacich. Systémy spätého sprostredkovania informácií navyše vyžadujú pravidelné aktualizácie, aby reagovali na vývoj graficky orientovaného softvéru pre vidiacich.

Bola by ale veľká nevýhoda, keby bol softvér pre nevidiacich v plnom rozsahu vyvíjaný duplicitne popri softvéri pre vidiacich. Riešením je využitie štandardne dodávaného softvéru k systémom LINUX, ktorý je orientovaný na prácu na príkazovom riadku. Tento druh softvéru sa môže volať z prostredia HANIBAL, pričom štandardné systémové aktualizácie nenarušia prácu s týmto špeciálnym prostredím. Pomocou SGUI HANIBAL sú dostupné aj špeciálne programové aplikácie účelovo vytvorené pre nevidiacich na prácu v oblastiach, ktoré by boli inak pre nich nedostupné.

SGUI HANIBAL takto pomocou jednotného používateľského rozhrania pre nevidiacich umožňuje nielen bežnú prácu s PC, ale aj obsluhu zariadení v domácnosti v rámci AmIR systému a prácu v oblasti odbornej informatiky a elektrotechniky. Softvérové moduly MOSB a ADOC sú tiež dostupné v prostredí HANIBAL.

HANIBAL navyše ponúka nevidiacemu používateľovi možnosť zmeny stromovej štruktúry používateľských okien a možnosť zmeny ponuky v jednotlivých oknách pomocou jednoduchého rovnomenného bezkontextového (Melichar et al., 1999) jazyka HANIBAL. Tieto zmeny ale nemôžu spôsobiť zásadnú používateľskú odlišnosť, ktorá by viedla ku strate zručnosti, čím by používateľa časovo znevýhodňovala.

V bežných GUI pre vidiacich sa využívajú grafické ikony nielen ako prístupové body k funkciám prostredia a aplikáciám, ale aj ako informačné prvky o stave prebiehajúceho procesu. SGUI HANIBAL o stavoch prebiehajúcich procesov informuje nielen pomocou umelo produkovanej reči, ale aj formou notifikačných zvukov, ktoré takto nahrádzajú stavové grafické ikony. Notifikačné zvuky sú krátke a majú výstižne charakterizovať signalizovanú udalosť. Systém AmIR obsahuje rozsiahlu databázu notifikačných zvukov, ktoré sú používateľsky prístupné na vytváranie informácií o udalostiach v prostredí HANIBAL. Efektivitu práce pri využití SGUI HANIBAL hodnotíme v dvoch rovinách:

1. schopnosť nevidiaceho spolupracovať na tejto platforme s vidiacim kolegom,
2. potenciál prostredia HANIBAL pri realizácii úloh v oblasti odbornej informatiky a elektrotechniky.

Keďže ide o semigrafické prostredie, môže s ním plnohodnotne pracovať aj vidiaci človek a v tomto zmysle teda aj spolupracovať s nevidiacim. Nevýhodou je, že vidiaci človek pri tejto spolupráci nemá požadovanú zručnosť, lebo používa bežné GUI a graficky orientované aplikácie, nemôže byť teda dobrým poradcom pri obsluhu SGUI HANIBAL. Takéto poradenstvo má však význam hlavne vtedy, keď aj nevidiaci používa bežné GUI pomocou systému spätného sprostredkovania informácií.

Systém AmIR a SGUI HANIBAL ale umožňujú prácu so štandardnými typmi dát, preto časť práce môže vyhotoviť vidiaci na svojom PC pomocou štandardného softvéru a druhú časť nevidiaci pomocou špeciálneho softvéru v prostredí HANIBAL.

V zmysle druhého bodu je SGUI HANIBAL vytvorené účelovo na sprostredkovanie informácií nevidiacim, na obsluhu zariadení inteligentnej budovy a na bežnú i odbornú prácu na PC. Vzhľadom na jeho účelovosť umožňuje všetky požadované aktivity aj nevidiacemu človeku.

Keďže je v tomto článku prednostne riešené sprístupnenie vývoja nevidiacim v oblasti informatiky a elektrotechniky, môžu vzniknúť požiadavky v princípe úplne odlišné, neočakávané. Prostredie HANIBAL napriek svojej flexibilitě a dynamike nemusí umožniť riešenie nového špecifického problému. Preto HANIBAL ponúka ako jednu z možností aj prácu na štandardnom príkazovom riadku, ktorá je voči nevidiacemu priateľská, lebo má textový charakter. Na podporu takejto práce sa v AmIR systéme ponúka zostava pomocných skriptov (Hudec, & Karabas, 2018), navrhnutá účelovo na urýchlenie práce nevidiaceho na príkazovom riadku.

6.2 Evalvacia efektivity softvérového modulu MOSB pri kompenzácii zrakového hendikepu v oblasti elektrotechniky

Softvérový modul MOSB je potrebné hodnotiť v dvoch rovinách, ktoré sa vzájomne dopĺňajú:

1. systém informovania o stavoch ovládacích prvkov na meracom zariadení,
2. sprostredkovanie meraných hodnôt pomocou umelo produkovanej reči.

Štandardné meracie zariadenia posielajú cez sériovú linku postačujúce informácie o nastavení zariadenia pomocou tlačítok a prepínačov. Pri multimetroch je preto opis nastavenia pomocou umelo produkovanej reči zvládnutý v plnom rozsahu potreby asistencie.

Pri osciloskope je situácia podobná, až na ovládacie prvky, pomocou ktorých sa nastavuje vzhľad, zväčšenie a umiestnenie krivky na displeji. Správne zobrazovanie krivky je v module MOSB riešené pomocou automatickej kalibrácie, ktorú moderné osciloskopy majú integrovanú.

V princípe je náhrada zrakovej spätnej väzby pri kalibrácii zobrazovania krivky riešiteľná rozpoznávaním kvality zobrazovania a následným odporúčaním pomocou umelo produkovanej reči, ktorý ovládací prvok sa má použiť.

Pre nevidiaceho človeka je ale využitie automatickej kalibrácie omnoho komfortnejší a rýchlejší spôsob na dosiahnutie správneho zobrazovania krivky. Z tohoto dôvodu v súčasnej verzii nebolo potrebné tento problém riešiť.

Pri čítaní meraných hodnôt z displeja dochádza k opakovanému čítaniu podobných údajov. Čítanie môže byť preto niekedy rušivé. Potlačiť nadmerné čítanie je v tomto prípade veľkým problémom, lebo nevidiaci elektrotechnik potrebuje poznať aj malú zmenu meraných údajov. Systém preto obsahuje len jedno softvérové obmedzenie, ktoré spôsobí, že sa za sebou nebudú čítať rovnaké údaje. Čítanie nastane vždy len pri zmene údajov na displeji. V ostatných

prípadoch je možné použiť tlačítko "hold", ktoré je umiestnené na meracom zariadení a ktoré pozastaví čítanie.

6.3 Evalvacia efektivity softvérového modulu ADOC pri opise kriviek osciloskopu nevidiacim používateľom

Najdôležitejšou charakteristikou softvérového modulu ADOC je jeho rozšíriteľnosť o rozpoznávanie ďalších špecifických signálových kriviek. Môže sa jednať o špecifický periodický signál, ale môže ísť aj o vyhľadávanie špecifického tvaru v neperiodickom signále.

Pre účely elektroniky však ide zväčša o typy periodických signálov.

Algoritmus rozpoznávania kriviek je vytvorený takým spôsobom, že v prípade nezariadenia krivky, modul ADOC vyberie známu krivku a popíše podobnosť signálu k tejto známej krivke. Teda aj v prípade priameho nezariadenia dochádza k výberu podobnosti a opisu deformít.

Po testovacom období jedného roka bolo priamo zaradených alebo pripodobnených 80 % meraných periodických kriviek a len pri 20 % bol periodický signál neurčený.

Na základe reálnej práce v oblasti elektrotechniky sa ale predpokladá, že nevidiaci vývojár postupne pokryje algoritmicky aj zostávajúcich 20 % typov kriviek, na základe čoho bude ADOC krivku buď rozpoznávať alebo určí jej podobnosť.

Aj takéto doplnenie algoritmu rozpoznávania však ešte nie je úplne postačujúce. Práca v oblasti elektrotechniky vyžaduje niekedy vytvorenie alebo hľadanie periodických signálov s výraznými špecifikami, ktoré nie je možné opísať len na základe pripodobnenia a deformít. Najjednoduchšie je priradiť im názov a algoritmus doplniť aj o vyhľadávanie takýchto špecifických kriviek ako napr. "kladné/záporné polvlny sínusu".

Algoritmus rozpoznávania v súčasnej verzii dokáže odlíšiť niekoľko takýchto špecifických signálov. Pri používaní v praxi sa ale predpokladá, že pri takejto požiadavke si nevidiaci doprogramuje svoje požadované špecifiká sám. Softvérový modul ADOC mu to umožní bez zmeny používateľského dizajnu systému AmIR.

6.4 Konkrétny prínos vývoja

Najvšeobecnejším prínosom je prezentácia funkčného prototypu riešenia, ktorý ako model slúži ku konkrétnej interpretácii postupu uplatnenia sa nevidiaceho na akademickej pôde v oblasti informatiky a elektrotechniky. Nevidiaci si môže postupne vytvárať asistenčné softvérové moduly, ktoré mu ďalej uľahčia prácu pri ďalšej činnosti.

Druhým výrazným prínosom je vytvorený softvérový balík, ktorý je bezplatne dostupný na internete na stránke www.systemrows.eu a ktorý je inštalovateľný na bežnom PC na operačnej platforme Linux Debian. V rámci tohoto balíka je možné využiť viaceré komponenty AmIR systému aj mimo ambientu inteligentnej budovy. Medzi tieto distribuovateľné funkcie patria aj moduly merania na multimetri a osciloskope, vývojové prostredie na programovanie a prostredie HANIBAL s možnosťami bežného využívania PC s asistenčnými technológiami pre nevidiacich.

Posledným praktickým zmieneným prínosom sú programové moduly, ktoré nie sú licenčne obmedzené a ďalší nevidiaci ich môžu využiť pri svojej práci. Ak použijú AmIR na svojom PC, môžu ktorékoľvek moduly rozširovať bez toho, aby sa menil celkový dizajn používateľského rozhrania.

Ako prínos tohoto článku vnímame aj skutočnosť, že poukazujeme na skupiny zrakovo hendikepovaných ľudí vo svete, ktorým je možné pomôcť len na základe dlhodobého

iteratívneho výskumu DSR (Dresch et al., 2015) s kvalitatívnym vyhodnocovaním (Nielsen, 1993; Gerharth, 1996; UseIt, 2019; Aitta et al., 2008) podobne, ako sa to v súčasnosti deje pri vývoji iných systémov so zameraním na zdravotné hendikepy (Dafalla et al., 2015; Arshad et al., 2015; Salman et al., 2015). V zmysle kapitol 2 a 3 má takýto vývoj zmysel aj pri aplikácii pri pomoci nevidiacim ľuďom na všetkých úrovniach odbornosti a vzdelania.

V súčasnosti sa do budov implementujú AmI systémy, ktoré sú zamerané na potreby zdravých ľudí. Článkom chceme poukázať aj na to, že do týchto systémov je potrebné v budúcnosti implementovať aj softvérové zložky asistencie pre nevidiacich ľudí. Ľudstvo sa týmto v budúcnosti vyhne podobnej chybe, ktorá sa stala pri zavádzaní displejov na bežné výrobky a systémov obsluhy vyžadujúcich zrkovú spätnú väzbu. Na základe tejto zmeny v minulosti nevidiaci nemohli používať bežné výrobky ako MP3 prehrávače, hodiny, tranzistorové rádiá. Chyba z minulosti sa časom rieši pomocou hlasových výstupov, ale my chceme upozorniť, že prichádza nové kritické obdobie vývoja AmI systémov, kde sa môže na zrakovo hendikepovaných ľudí opäť pozabudnúť.

7 Záver

Nevidiaci vývojár, ktorý používa AmIR systém v domácnosti, v zamestnaní a tiež aj mimo ambientu spomínaných budov, dosiahol na základe využívania softvérových kompenzačných modulov veľmi vysokú mieru samostatnosti aj pri odbornej práci v oblasti informatiky a elektrotechniky.

Napriek tomu, že súčasná verzia systému má aj svoje nedostatky, skonštruovaný a testovaný prototyp systému RUDO poukazuje na zaujímavý smer vývoja informačných technológií, ktorý môže nevidiacemu človeku vytvoriť nielen prostredie s asistenciou pri bývaní, ale aj prostredie s asistenciou pri výkone práce v domácnosti a v zamestnaní.

Ide o nový pohľad na integráciu nevidiacich ľudí, pretože AmI systémy tohoto typu môžu byť nainštalované nielen v domácom prostredí, ale aj v prostredí škôl alebo iných verejných priestorov. Otvára sa tu množstvo smerov a prístupov, ktoré vyžadujú ďalší vývoj a integráciu takýchto systémov do prostredia inteligentných budov vo všeobecnosti. Napríklad pri zavedení takéhoto ambientu do prostredia škôl, sa nevidiacim študentom môže otvoriť svet praktickej fyziky pri meraní a zapájaní obvodov a môže sa vytvárať nová zručnosť v oblasti praktického spracovania materiálov v školských dielnach.

Rozvoj technológií internetu vecí – IoT a systémov lokalizácie predmetov v budovách – UWB (Teizer et al., 2008) spolu s rozpoznávaním interiérových scén (Hudec & Smutny, 2018) poukazuje na ďalšie možnosti rozvíjania asistenčných systémov v inteligentných budovách so zameraním na nevidiacich ľudí nielen v oblasti bývania ale aj vzdelávania a vykonávania zamestnania.

Použité skratky

AmI – Ambient Intelligence, systémy s asistenciou pri bývaní

AmIR – Navrhovaný prototyp AmI systému pre nevidiacich – RUDO

DSR – Design science research, návrhový typ vedeckého skúmania

GUI – Grafické používateľské rozhranie

SGUI – Semigrafické používateľské rozhranie pre nevidiacich

OS – Operačný systém

PC – Počítačová stanica, počítač

IP – Sieťová adresa

SMD – Technológia miniaturizovaného spájkovania na plošnú dosku, typ elektrotechnických komponentov

MODBUS – Programové sieťové rozhranie, pomocou ktorého AmIR pristupuje cez IP na špeciálny hardvér

KLINGON – Webový server prepájajúci ambient AmIR v domácnosti s ambientom v zamestnaní

WiFi – Bezdrôtová počítačová sieť

HANIBAL – Používateľské rozhranie pre nevidiacich vytvorené v rámci vývoja AmIR systému, ktoré zachováva používateľský dizajn napriek zásadným zmenám v kompenzačných softvérových a hardvérových moduloch pre nevidiacich

MOSB – Multimeter Operation System for Blind, vytvorená technológia v rámci vývoja AmIR zameraná na prácu s multimetrom

ADOC – Automated Description of the Oscilloscope Curves, vytvorená technológia v rámci vývoja AmIR, zameraná na prácu s osciloskopom

USB – Universal serial bus, univerzálne sériové počítačové rozhranie

PCM – Pulse code modulation, pulzná kódová modulácia používaná pri digitalizácii a spracovaní zvuku

IoT – Internet of things, technológia pripájania a sprístupňovania vecí cez internet

UWB – Ultra wide band, technológia lokalizácie predmetov v budovách

Zoznam použitej literatúry

Aaliance. (2014). AALIANCE² Summary of Standards. Retrieved June 22, 2019, from <http://nero.offis.de/projects/aaliance2/start>

Aicha, A.N., Englebienne, & G., Kröse, B. (2015). Continuous Gait Velocity Analysis Using Ambient Sensors in a Smart Home. In *Proceedings of the European Conference on Ambient Intelligence* (pp. 219-235). Berlin: Springer. doi: [10.1007/978-3-319-26005-1_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26005-1_15)

Aitta, M., Kaleva, S., & Kortelainen, T. (2008). Heuristic evaluation applied to library web services. *New Library World*, 109(1/2), 25-45. doi: [10.1108/03074800810845985](https://doi.org/10.1108/03074800810845985)

Arshad, F., Nnamoko, N., Wilson, J., Roy, B., & Taylor, M. (2015). Improving Healthcare System Usability Without Real Users: A Semi-Parallel Design Approach. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 10(1), 4. doi: [10.4018/IJHISI.2015010104](https://doi.org/10.4018/IJHISI.2015010104)

Choras, M., Kozik, R., D'Antonio, S., Iannello, G., Jedlitschka, A., Miesenberger, K., Vollero, L., & Wołoszczuk, A. (2015). Innovative Solutions for Inclusion of Totally Blind People. In *Ambient Assisted Living* (pp. 401-434). Boca Raton, FL: CRC Press. doi: [10.1201/b18520](https://doi.org/10.1201/b18520)

Dafalla, T. D. M., Kushniruk, A. W., & Borycki, E. M. (2015). Beyond Effectiveness: A Pragmatic Evaluation Framework for Learning and Continuous Quality Improvement of e-Learning Interventions in Healthcare. In *Studies in Health Technology and Informatics* (pp. 119-124). Amsterdam: IOS Press. doi: [10.3233/978-1-61499-488-6-119](https://doi.org/10.3233/978-1-61499-488-6-119)

Darwish, M., Senn, E., Lohr, C., & Kermarrec, Y. (2014). A Comparison between Ambient Assisted Living Systems. In *Proceedings of the International Conference on Smart Homes and Health Telematics* (pp. 231-237). Berlin: Springer. doi: [10.1007/978-3-319-14424-5_26](https://doi.org/10.1007/978-3-319-14424-5_26)

Dasios, A., Gavalas, D., Pantziou, G., & Konstantopoulos, C. (2015). Hands-On Experiences in Deploying Cost-Effective Ambient-Assisted Living Systems. *Sensors*, 15(6), 14487-14512. doi: [10.3390/s150614487](https://doi.org/10.3390/s150614487)

- Dresch, A., Lacerda, D.P., & Antunes J.A.V. Jr.** (2015). *Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement*. Berlin: Springer. doi: [10.1007/978-3-319-07374-3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07374-3)
- Emiliani, P.L., & Stephanidis, C.** (2005). Universal access to ambient intelligence environments: Opportunities and challenges for people with disabilities. *IBM Systems Journal*, 44(3), 605-618. doi: [10.1147/sj.443.0605](https://doi.org/10.1147/sj.443.0605)
- Gallagher, T., Wise, E., Yam, H.C., Li, B., Ramsey-Stewart, E., Dempster, A.G., & Rizos, C.** (2014). Indoor navigation for people who are blind or vision impaired: Where are we and where are we going?. *Journal of Location Based Services*, 8(1), 54-73. doi: [10.1080/17489725.2014.895062](https://doi.org/10.1080/17489725.2014.895062)
- Gerharth, P. J.** (1996). Cognitive engineering principles for enhancing human-computer performance. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 8(2), 189-211. doi: [10.1080/10447319609526147](https://doi.org/10.1080/10447319609526147)
- Goodman, E., Kuniavsky, M., & Moed, A.** (2012). *Observing the User Experience*. Waltham: Morgan Kaufmann.
- Hill, C., Raymond, G., & Yeung, I.** (2013). Ambient Assisted Living Technology (Final report of project E-project-051113-192757), Worcester Polytechnic Institute. Retrieved June 22, 2019, from <https://www.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-051113-192757/>
- Hudec, M.** (2002). Vektorový priestor pohybu osôb. In *Proceedings of the ITAT 2002: Information Technologies – Applications and Theory* (pp. 103-111). Košice: Pavol Jozef Safarik University.
- Hudec, M.** (2011). Kompenzačný softvér pre nevidiacich v oblasti vedeckej informatiky. In *Proceedings of the 17th annual national conference DidInfo 2011*. Banská Bystrica: FPV UMB.
- Hudec, M.** (2008). Vývojové prostredie na prácu s hlasom a neurónovou sieťou pre zrakovo hendikepovaných. *Informatika v škole*, (35), 37-43.
- Hudec, M.** (2009). *Konštrukcia neurónových sietí skladaním jednotiek stratovej kompresie*. Banská Bystrica: FPV UMB.
- Hudec, M.** (2013). *Naprogramujte si svoj rečový syntetizér s neurónovou sieťou*. Banská Bystrica: FPV UMB.
- Hudec, M.** (2016). Intelligentné budovy s asistentom pre nevidiacich. *Acta Informatica Pragensia*, 5(1), 4-17. doi: [10.18267/j.aip.81](https://doi.org/10.18267/j.aip.81)
- Hudec, M., & Karabas, J.** (2018). *Návrh softvérovej vrstvy pre používateľské rozhranie podporujúce nevidiacich ľudí pri práci s ambientným systémom RUDO*. Banská Bystrica: FPV UMB.
- Hudec, M., & Smutny, Z.** (2017). RUDO: A Home Ambient Intelligence System for Blind People. *Sensors*, 17(8), 1926. doi: [10.3390/s17081926](https://doi.org/10.3390/s17081926)
- Hudec, M., & Smutny, Z.** (2018). Advanced Scene Recognition System for Blind People in Household: The Use of Notification Sounds in Spatial and Social Context of Blind People. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Application Engineering* (no. 159). New York: ACM. doi: [10.1145/3207677.3278101](https://doi.org/10.1145/3207677.3278101)
- Ince, A. N.** (1992). *Digital Speech Processing: Speech Coding, Synthesis and Recognition*. New York: Springer. doi: [10.1007/978-1-4757-2148-5](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2148-5)
- Johannesson, P., & Perjons, E.** (2014). *An Introduction to Design Science*. Berlin: Springer.
- Koza, J.R., Keane, M.A., Streeter, M.J., Mydlowec, W., Yu, J., & Lanza, G.** (2003). *Genetic Programming IV*. Berlin: Springer. doi: [10.1007/b137549](https://doi.org/10.1007/b137549)
- Mariani, J.** (2009). *Language and Speech Processing*. London: ISTE.
- Mekhafi, M.L., Melgani, F., Zeggada, A., De Natale, F.G.B., Salem, M.A.-M., & Khamis, A.** (2016). Recovering the sight to blind people in indoor environments with smart technologies. *Expert Systems with Applications*, 46, 129-138. doi: [10.1016/j.eswa.2015.09.054](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.09.054)
- Melichar, B., Češka, M., Ježek, K., & Richta, K.** (1999). *Konstrukce překladačů (2 částí)*. Praha: Česká technika – Nakladatelství ČVUT.
- Miller, J.F.** (2013). Cartesian Genetic Programming. In *Cartesian Genetic Programming* (pp. 17-34). Berlin: Springer. doi: [10.1007/978-3-642-17310-3_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-17310-3_2)
- Nielsen, J.** (1993). *Usability Engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Nikolaev, N., & Iba, H.** (2006). *Adaptive Learning of Polynomial Networks: Genetic Programming, Backpropagation and Bayesian Methods*. New York: Springer. doi: [10.1007/0-387-31240-4](https://doi.org/10.1007/0-387-31240-4)
- Psutka, J., Muller, L., Matousek, J., & Radova, V.** (2006). *Mluvíme s počítačem Česky*. Praha: Academia.
- Salman, H. M., Kamaruddin, A., Affendey, L. S., Mansor, E. I., Rahmat, R. W. O. K., & Jantan, A. H.** (2015). Using heuristic evaluation to improve the usability of electronic medical record (EMR) mobile interface of the

cardiothoracic surgery and anesthesia system (CSAS). *Jurnal Teknologi*, 77(7), 91-96. doi: [10.11113/jt.v77.6254](https://doi.org/10.11113/jt.v77.6254)

Sanches, E.C.P., de Macedo, C.M.S., & Bueno, J. (2018). Three-Dimensional Tactile Images for Blind People: A Proposition for a Translating Model of Static Two-Dimensional Images. In: *Proceedings of the International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 465-476). Cham: Springer. doi: [10.1007/978-3-319-60597-5_44](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60597-5_44)

Sein, M.K., Henfridsson, O., Purao, P.S., Rossi, M., & Lindgren, R. (2011). Action design research. *MIS Quarterly*, 35(1), 37-56.

Šíma, J., & Neruda, R. (1996). *Teoretické otázky neuronových sítí*. Praha: Matfyz Press.

Teizer, J., Venugopal, M., & Walia, A. (2008). Ultrawideband for Automated Real-Time Three-Dimensional Location Sensing for Workforce, Equipment, and Material Positioning and Tracking. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2081(1), 56-64. doi: [10.3141/2081-06](https://doi.org/10.3141/2081-06)

Uselt. (2019). Jakob Nielsen on Usability and Web Design. Retrieved June 22, 2019, from <http://www.useit.com/>

Ventriglia, F. (1994). *Neural Modeling and Neural Networks*. Oxford: Pergamon.

Wieringa, R. J. (2014). *Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering*. Berlin: Springer. doi: [10.1007/978-3-662-43839-8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-43839-8)

Winter, R. (2008). Design science research in Europe. *European Journal of Information Systems*, 17(5), 470-475. doi: [10.1057/ejis.2008.44](https://doi.org/10.1057/ejis.2008.44)

WHO. (2018). Visual impairment and blindness, fact sheet. Retrieved June 22, 2019, from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/>



Copyright © 2019 by the author(s). Licensee University of Economics, Prague, Czech Republic. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (CC BY), which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original publication is properly cited, see <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

The article has been reviewed. | Received: 23 April 2019 | **Accepted:** 28 June 2019

Academic Editor: Michal Dolezel