

HODNOTENIE HABILITAČNEJ PRÁCE

POSUDOK OPONENTA PRÁCE

Názov práce: **Rozšírená realita ako nástroj digitálneho dvojčat'a v koncepte Priemysel 4.0**

Autor: **Ing. Jozef Husár, PhD.**

Odbor habilitačného konania *priemyselné inžinierstvo*

Akad. rok: *2022/2023*

a inauguračného konania:

Oponent: **prof. Ing. Peter Trebuňa, PhD.**

Pracovisko oponenta: *Katedra priemyselného a digitálneho inžinierstva*

Strojnícka fakulta

KOMENTÁR OPONENTA HABILITAČNEJ PRÁCE

AKTUÁLNOŠŤ ZVOLENEJ TÉMY HABILITAČNEJ PRÁCE:

Posudzovaná habilitačná práca obsahuje 127 strán, 63 obrázkov, 1 tabuľku, 97 literárnych odkazov, jednu prílohu a je z formálneho hľadiska vypracovaná v súlade s podmienkami kladenými na tento druh prác.

Habilitant dôsledne rešpektoval a dodržiaval odporúčaný postup a štruktúru spracovania habilitačnej práce. Z obsahového hľadiska je práca členená do úvodu, 6 kapitol a záveru. V práci sú prezentované univerzálne metodiky poskytujúce postupy pre implementáciu habilitantom vytvorených aplikácií. V úvode autor popisuje teoretické aspekty zvolenej problematiky, v ktorých je prezentovaný ich súčasný stav ako i pohľad na rozšírenú realitu ako nástroja digitálneho dvojčat'a a zhodnotenia jej potenciálu.

Prvá kapitola sa obsahovo orientuje na tézu habilitačnej práce a popisuje metodiku postupného riešenia. Následne autor pri spracovaní habilitačnej práce realizoval literárny výskum zameraný na Priemysel 4.0, ktorý využíva digitálne technológie.

Hlavný cieľ práce bol vytvorenie univerzálnej metodiky pre vývoj softvérových riešení rozšírenej reality. Z uvedeného hlavného a čiastkových cieľov boli následne koncipované tézy, ktoré sú v ďalších častiach habilitačnej práce rozpracované.

METÓDY SPRACOVANIA HABILITAČNEJ PRÁCE:

Metódy spracovania habilitačnej práce sú štandardné, koncipované logicky a využívané sú parciálne v jednotlivých kapitolách a podkapitolách habilitačnej práce.

Bez použitia týchto metód by nebolo možné koncipovať habilitantom prezentované metodiky.

DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY HABILITAČNEJ PRÁCE A NOVÉ POZNATKY:

V habilitačnej práci sú predstavené novovytvorené aplikácie rozšírenej reality, ktoré v sebe zahŕňajú prezentáciu digitálnych prvkov, asistovanú montáž a sledovanie vybraných parametrov strojov.

Pri každej z aplikácií uvádzaných habilitantom je vypracovaný ucelený popis postupu, čo umožňuje štandardizovať a verifikovať jednotlivé etapy vývoja aplikácií.

Práca má podávanými informáciami prispieť k zvýšeniu povedomia odbornej verejnosti o problematike rozšírenej reality ako progresívneho nástroja budúcnosti stále viac využívaného v podmienkach priemyselnej praxe.

Tézy habilitačnej práce sú koncipované prehľadne a logicky, čo v konečnom dôsledku vytvára komplexný pohľad na znalosť problematiky uchádzačom. Taktiež oceňujem grafickú interpretáciu koncipovanej metodiky pomocou obr.1 na strane 18.

Druhá časť práce sa orientuje na formuláciu teoretických východísk riešenia habilitačnej práce, zameraných na súčasný stav konceptu Priemysel 4.0 so zameraním na digitálne dvojčata a rozšírenú realitu. Táto kapitola sa primárne venuje kritickej analýze zahraničných a domácich zdrojov venujúcich sa skúmanej problematike na báze definovania hlavných charakteristík konceptu Priemysel 4.0 a jeho pilierov, do ktorých v súvislosti s riešenou problematikou autor šikovne zakomponoval aj rozšírenú realitu. Autor sa taktiež dotýka horizontálnej a vertikálnej integrácie výrobných systémov, čo pri výskume hodnototvorného reťazca považujem za mimoriadne vhodné.

Tretia kapitola predmetnej práce popisuje vybrané realizované aplikácie rozšírenej reality. Táto kapitola pozostáva z praktického riešenia: vytvorenia troch univerzálnych aplikácií za pomoci moderných softvérových nástrojov (Unity, Vuforia Studio a ThingWorkx Composer).

Prvá podkapitola s názvom Aplikácia rozšírenej reality pre vyobrazenie digitálnych prvkov sa venuje možnosti vidieť digitálne prvky v reálnom svete. Súčasťou je aj naprogramovaný skript.

Zvolení boli typoví reprezentanti podľa druhu 3D modelu tak, aby aplikácia vyobrazila základné digitálne prvky. Úlohou prvej aplikácie bolo priblížiť možnosti rozšírenej reality a poskytnúť unifikovaný návod pre implementáciu AR vo výrobných podnikoch.

Druhá podkapitola s názvom Aplikácia rozšírenej reality pre asistovanú montáž umožňuje technikom a montážnym pracovníkom zefektívniť ich prácu a minimalizovať chyby pri montáži pomocou tzv. virtuálnej montážnej návodky (krokového montážneho postupu).

Tretia podkapitola: Aplikácia rozšírenej reality pre sledovanie vybraných parametrov predstavuje úzko špecializovaný softvérový balík, ktorý je zameraný na zber, uchovávanie a sprostredkovanie dát zariadení. Je to koncept praktických ukážok, ktorý približuje komplexné riešenie a možnosti využitia montážnych a demontážnych postupov s podporou AR.

Celkovo je možné výsledný koncept považovať za integráciu viacerých prvkov IoT a taktiež tento koncept vytvára obraz možného využitia týchto nástrojov aj v priemyselnej a laboratórnej praxi.

Vo štvrtjej kapitole boli vytvorené a popísané univerzálne metodiky pre aplikácie, na základe ktorých je možné modifikovať vybrané parametre.

Ako sám habilitant tvrdí: „Celkový proces vývoja užívateľského rozhrania môže byť veľmi zložitý a vyžaduje si spoluprácu rôznych odborníkov.“ Vychádzajúc zo skúsenosti pri tvorbe aplikácie v prostredí Unity, habilitant vytvoril unifikovanú metodiku pre tvorbu aplikácie montážnych operácií v rozšírenej realite charakterizovanú obr.62 na strane 102. Následne rozpracoval v podkapitole 4.3 Metodiku pre tvorbu aplikácie na monitorovanie

parametrov (obr. 63).

Logickým vyústením práce je kapitola 5, s názvom Možnosti použitia softvérových riešení rozšírenej reality v digitálnom podniku sa zameriava na sumarizáciu poznatkov uplatniteľnosti digitálnych dvojčiat a rozšírenej reality v kontexte digitalizácie v priemysle 4.0 implementáciou v digitálnom podniku.

Poukazuje na prípady použitia AR, ktoré majú potenciál zlepšiť efektivitu a výkonnosť podnikových procesov, zvýšiť zákaznicke skúsenosti a zlepšiť konkurencieschopnosť podniku.

Táto kapitola sumarizuje i spoluprácu riešiteľského pracoviska s grantovými agentúrami v predmetnej problematike na ukážke financovaných a riešených projektov k danej téme.

V šiestej kapitole habilitant na jednej strane sumarizuje prínosy habilitačnej práce štandardne rozdelené do troch oblastí: prínosy pre vedný odbor, pedagogiku a prax.

V závere habilitant podopiera svoje tvrdenia aj o hodnotenie výsledkov výskumu, resp. výskumu školiaceho pracoviska, čo je pre daný typ prác žiaduce.

PRÍNOS PRE ĎALŠÍ ROZVOJ VEDY A TECHNIKY (UMENIA):

V závere posudku je potrebné taktiež spomenúť publikačnú činnosť habilitanta, orientovanú do oblasti riešenia skúmanej problematiky, ktorú dokladujú aj záznamy v databázach WOS v počte 26, na ktoré sa v uvedenej databáze nachádzajú citácie v celkovom počte 77 – ku dňu 11.4. 2023 (h-index WOS 6), a Scopus v počte 48, na ktoré sa v uvedenej nachádzajú citácie v celkovom počte 154 – ku dňu 11.4. 2023 (h-index Scopus 7).

PRIPOMIENKY A POZNÁMKY K HABILITAČNEJ PRÁCI:

V súvislosti s riešením habilitačnej práce doporučujem habilitantovi podrobnejšie sa vyjadriť k nasledovným otázkam, resp. pripomienkam:

- Gramaticky nesprávna anglická terminológia: (str.12) IoT Internet of Thinks, SLS Selektiv Laser Sintering, STEP Standart for Exchange of Product Model Data, USD United State Dolar, WoT Web of Thinks.
- (str. 15) Cieľom predloženej habilitačnej práce je poskytnúť pohľad na rozšírenú realitu ako nástroja digitálneho dvojčaťa a zhodnotiť jej potenciál (v práci uvádzané ako samostatný pilier)
- Prvá kapitola definuje tézu habilitačnej práce a popisuje metodiku postupného riešenia. Následne sa pri spracovaní habilitačnej práce realizoval literárny výskum zameraný na Priemysel 4.0, ktorý využíva digitálne technológie. – žiadam vysvetlenie.

OTÁZKY K RIEŠENEJ PROBLEMATIKE:

Na habilitanta mám nasledovné otázky:

1. Pri aplikácii pre asistovanú montáž existuje možnosť prepojiť ju s databázou a vytvoriť viacero montážnych postupov v jednej aplikácii?
2. V práci prezentujete návrhy dvoch aplikácií rozšírenej reality pre asistovanú montáž a to v podkapitole 3.2 aplikácia v Unity a v podkapitole 3.3.2 aplikácia v Creo Illustrate a Vuforia Studio. Zohľadnili ste tieto návrhy pri tvorbe metodiky a ako?
3. Pri návrhu metodiky pre tvorbu aplikácie na podporu montážnych operácií ste uvažovali, ako by ste implementovali spätnú väzbu od osôb ktoré budú testovať aplikáciu?
4. V podkapitole 3.3 prezentujete postup vytvárania aplikácie rozšírenej reality pre sledovanie vybraných parametrov pomocou Thingworx Compose a Vuforia Studio. Na zber údajov ste použil zariadenie Arduino Uno a termistor, aké iné zariadenia a senzory je možné pripojiť a importovať do Thingworx Composera?
5. Aké očakávate prínosy z využitia vytvorených metodík v praxi?
6. Akým spôsobom je možné implementovať riešenú problematiku (dosiahnuté výsledky a nadobudnuté praktické poznatky) do vzdelávacieho procesu pre poslucháčov denného štúdia?

SPLNENIE SLEDOVANÝCH CIEĽOV HABILITAČNEJ PRÁCE:

Vytýčené ciele práce z pohľadu oponenta považujem za splnené a plne akceptovateľné a odporúčam udelenie titulu „docent“.

CELKOVÉ ZHODNOTENIE HABILITAČNEJ PRÁCE A ZÁVER:

V závere posudku môžem konštatovať nasledovné:

- Zvolená téma habilitačnej práce je aktuálna a je v súlade s vývojovými tendenciami v uvedenej oblasti vo svete, riešenie celkovo spĺňa podmienky aké sa kladú na prácu tohto druhu.
- Námet odboru habilitácie je aktuálny z hľadiska súčasného stavu odboru.
- Ako som v predchádzajúcej časti posudku uviedol, podstatné časti práce habilitanta boli publikované na potrebnej vedeckej úrovni.
- Z uvádzaných prác vyplýva významná vedecko-pedagogická erudícia uchádzača.
- Po formálnej stránke je práca spracovaná vysoko kvalifikovane a je teda možné konštatovať nepochybné uznanie vedecko-odbornou verejnosťou.

Habilitačnú prácu navrhujem akceptovať a doporučujem k obhajobe.

Predloženú habilitačnú prácu na základe predchádzajúceho hodnotenia

ODPORÚČAM prijať k obhajobe

a po jej obhájení navrhujem udeliť vedecko-pedagogický titul "docent (doc.)"

Podpisom na tomto posudku zároveň súhlasím s licenčnými podmienkami obsiahnutými v licenčnej zmluve na použitie posudku záverečnej práce, ktorá je súčasťou tohto posudku.

Dátum: 10.05.2023
podpis autora posudku