
Virtuálna realita v priemysle

Juraj Uriček, doc. Ing., PhD.*

Katedra automatizácie a výrobných systémov, Strojnícka fakulta,
Žilinská univerzita v Žiline,
Univerzitná 1, 010 26 Žilina.

E-mail: juraj.uricek@fstroj.uniza.sk ,Tel.: + 421 41 513 2813, Fax.: + 421 41 525 2541

Vladimír Bulej, doc. Ing., PhD.

Katedra automatizácie a výrobných systémov, Strojnícka fakulta,
Žilinská univerzita v Žiline,
Univerzitná 1, 010 26 Žilina.

E-mail: vladimir.bulej@fstroj.uniza.sk ,Tel.: + 421 41 513 2811, Fax.: + 421 41 525 2541

Ivana Klačková., Ing., PhD.

Katedra automatizácie a výrobných systémov, Strojnícka fakulta,
Žilinská univerzita v Žiline,
Univerzitná 1, 010 26 Žilina.

E-mail: ivana.klackova@fstroj.uniza.sk ,Tel.: + 421 41 513 2812, Fax.: + 421 41 525 2541

Virtual Reality in Industry

Abstract: The article deals with the issue and overview of the current trends in the field of virtual reality usage in various sectors. The main aim of contribution is an overview of virtual reality and its key components and tools nowadays, especially in areas such as engineering, automotive industry, civil administration, health care and entertainment industry. There are described the basic tools, applications and functions of virtual reality and its interaction with human operator. The main attention is paid to the use of virtual reality in the engineering industry and its division.

ÚVOD

Vývoj nových technológií je v dnešnej dobe súčasťou nášho každodenného života. Súčasťou výpočtovej techniky je efektívna interakcia medzi človekom a počítačom, a práve v tejto oblasti môžeme vidieť obrovský pokrok v technológiách. Jednou z nich je aj virtuálna realita (VR).

Očakávania virtuálnej reality boli vždy obrovské, nasadenie si okuliarov a ísť niekam alebo byť prepravený kdekoľvek. Zabudnúť na bežné veci cez metafyzickú prepravu do neznámeho stavu vedomia. Tento stav nastane, keď sa človek spojí so strojom. Všetko, čo sa odohráva, je iba v našej mysli. Virtuálny svet je digitálna neskutočná reprezentácia reálneho sveta. V dnešnej dobe už nie je virtuálna realita iba sci-fi alebo fantázia, ale dostáva sa do povedomia, do rúk aj obyčajným ľuďom (obr. 1).

Naša myseľ vníma tri rozmery (dimenzie) pomocou tvarov a objektov pohybujúcich sa v nich, ktoré sú vo vzájomnom vzťahu a navzájom sa ovplyvňujú. Virtuálna realita to umožňuje zobrazit' všetko digitálne.

Táto technológia umožňuje modelovanie digitálneho sveta alebo prostredia v počítači, ktoré simuluje skutočnosť. Ide o vytváranie vizuálneho zážitku premietaného na počítači, prípadne cez iné

zariadenia a prístroje. V zložitejších prípadoch sa do interakcie s virtuálnou realitou zapájajú aj iné zmysly človeka ako sluch, čuch a hmat.



Obr. 1. Virtuálna realita – HTC Vive s digitálnymi rukavicami Manus VR [8]

Využívanie virtuálnej reality je aj v ďalších oblastiach, ako napríklad vo vojenskej a v civilnej sfére, v zábavnom priemysle ale aj v zdravotníctve. Virtuálna realita má v dnešnej dobe veľa zástancov, ale aj neprajníkov, a to hlavne z dôvodu, že jej nerozumejú.

V mnohom nám môže virtuálna realita uľahčiť hodiny a hodiny namáhavej práce a peňazí.

Predstavte si, že by ste potrebovali vymeniť alebo opraviť nejakú súčiastku, ktorá sa nachádza niekde v stroji, či už v bežných veciach, ako je auto alebo televízor, až k zložitým, ako rôzne roboty, manipulatory alebo CNC stroje. Vedeli by sme sa jednoducho, rýchlo a ľahko orientovať, kde sa chyba nachádza, ako to opraviť a všetko bez zbytočného rozoberania a márneho hľadania, ktoré by nám zabralo veľa času. Do bežného povedomia sa virtuálna realita dostala hlavne ako mediálna hračka pre ľudí, vo forme „helma a rukavica“, ktorá bola určená verejnosti. Následne bol vývoj a predaj systémov zameraný na podporu ekonomického modelovania, kde sa systémy virtuálnej reality môžu najčastejšie využiť. Sú to aplikácie založené na priestorovej analýze a vizualizácii fyzikálnych rozmerov.

1 VIRTUÁLNA REALITA

Virtuálna realita je simulácia skutočného, alebo vymysleného, neskutočného prostredia, pomocou počítača a jeho vstupných a výstupných zariadení. Je to termín na opis trojrozmerného počítačom generovaného prostredia, ktoré môže byť preskúmané človekom. Človek sa stáva súčasťou virtuálneho prostredia a je schopný manipulovať s objektami, alebo vykonávať rad akcií. Prostredie virtuálnej reality môžeme vnímať všetkými smermi v priestore. Vnímame výšku, šírku, hĺbku a tak dosiahneme lepšiu interaktívnu skúsenosť vizuálne v reálnom čase so zvukom, dotykom a inými formami spätnej väzby.

Podľa Sobotu [7], „virtuálno-reálny systém reprezentuje interaktívny počítačový systém, vytvárajúci ilúziu fyzickej prítomnosti v danom čase neexistujúceho len syntetizovaného priestoru, alebo ešte presnejšie môžeme hovoriť o takzvanej dokonalej simulácii, v prostredí tesne viazanej interakcie človek - výpočtový systém“.

Každý mal už možnosť stretnúť sa so slovným spojením virtuálna realita. Môžeme si definovať toto slovné spojenie. Virtuálna, iným slovom blízka a slovo „realita“ je to, čo prežívame ako ľudia ako bytosti. Takže slovné spojenie virtuálna realita v podstate znamená aj blízko reality.

1.1 Rozdelenie virtuálnej reality

Je viac ako iba jeden prístup k budovaniu virtuálnych svetov. Existuje veľa druhov vytvárania digitálnych neskutočných prostredí. Niektoré z týchto systémov sú menej zložené na výpočtovú techniku, a nepotrebujú také množstvo nástrojov na ponorenie sa do virtuálneho sveta. Iné zasa bez doplnkov a nástrojov či pokročilého zloženého riadenia nedokážu používateľovi poskytnúť plné pohltenie vo virtuálnom prostredí.

Medzi tie najznámejšie od najjednoduchšej po najzložitejšiu patria:

- Nepohlcujúca realita (jednoduchá).
- Plne pohlcujúca realita.
- Kolaboratívna realita.
- Rozšírená realita.

1.2 Nepohlcujúca virtuálna realita

Medzi nepohlcujúcu jednoduchú realitu môžeme zaradiť napríklad letecký simulátor ale aj simulátor v autoškole (obr. 2). Tieto simulátory zahŕňajú výkonnú počítačovú grafiku a slúchadlá alebo priestorový zvuk nám dotvára pocit skutočnosti. Stávame sa časťou virtuálnej reality, avšak nie sme ňou úplne plne pohltení. Väčšina ľudí by toto nazvalo ako pohlcujúcu virtuálnu realitu, aj keď to nie je pravda. Nepotrebujeme a nepoužívame žiadne hlavové súpravy, okuliare alebo rukavice a ovládače. Rovnakým spôsobom napríklad archeológovia často vytvárajú pútavé 3D rekonštrukcie dávno vyhynutých dinosaurov, ktoré môžeme skúmať a dávajú nám tak lepšiu predstavu o tom ako kedysi vyzerali.



Obr.2. Simulátor v autoškole [9]

1.3 Plne pohlcujúca realita

Pre úplné ponorenie sa do virtuálnej reality sú potrebné 3 veci. Po prvé, potrebujeme kvalitný a vysoko detailný svet, ktorý môžeme skúmať. Inými slovami potrebujeme dokonalý počítačový model alebo simuláciu. Ako druhé je nevyhnutné mať vysokovýkonný počítač, ktorý dokáže dekódovať čo budeme robiť a podľa toho upravovať obraz v reálnom čase. Takže to, čo vidíme alebo čo počujeme, zmeniť tak rýchlo ako je to možné v reálnom čase. Tretia vec je hardvér pripojený k počítaču, ktorý nás úplne vtiahne do virtuálneho sveta. Zvyčajne používame hlavovú súpravu alebo okuliare, ktoré majú dva LCD displeje. Súčasťou hlavovej súpravy sú aj slúchadlá, ktoré dotvárajú stereo zvuk. K plnému a dokonalému ponoreniu sa do plne pohlcujúcej reality, je vhodné okuliare doplniť aj o ovládače, digitálne rukavice alebo obleky.

1.4 Kolaboratívna realita

Kolaboratívne virtuálne prostredie je priestor, v ktorom niekoľko ľudí na seba vzájomne pôsobí často z odlišných miest. Kolaboratívna realita môže byť použitá v odvetviach :

- Marketing - vzájomná komunikácia so spotrebiteľom.
- Výcvik v nebezpečnej, škodlivej oblasti.
- Sociálna zábava - napríklad interaktivita v spoločenských hrách.
- Vzdelanie - diaľkové vzdelávanie.
- Medicina - chirurgická simulácia.

Je to nová forma spolupráce a komunikácie. Umožňuje účastníkom zužitkovať nové spôsoby využívania informácií, ktoré sú potom využívané v reálnom svete. Jedná sa o dynamicky a inovatívny spôsob práce, ktorý ľuďom umožňuje komunikovať, zmeniť alebo doplniť údaje v týchto prostrediach. Hlavnou úlohou je umožniť skupine ľudí, ktorí sa nachádzajú na rozličných miestach, zdieľať informáciu na jednom mieste.

1.5 Rozšírená realita

Veľmi blízky príbuzný virtuálnej realite je rozšírená realita. Rozšírená realita funguje v reálnom svete, do ktorého sú vkladané a premietané digitálne obrazy, projekcie a zvuky. Jednoducho povedané rozširujeme si reálny svet o digitálne objekty. Z toho môžeme odvodiť, že veľa vecí môžeme považovať ako rozšírenú realitu. Medzi tieto veci patria napríklad displeje v lietadle alebo v autách, ktoré nám môžu poskytnúť informácie, ako vzdialenosti k cieľu, polohu GPS či aktuálnu rýchlosť. Zariadenie, teda okuliare sa väčšinou zamerajú na nejaký cieľ. Môže to byť čokoľvek, no väčšinou je to 2D obraz vytlačený na niečom, ako napríklad filmový plagát. Ak rozšírená realita rozpozná cieľ pomocou kamery, nasleduje spracovanie obrazu, a rozšírená realita nám poskytne konkrétne informácie o danej veci (obr. 3).



Obr. 3. Rozšírená realita [2]

Veľkou výhodou rozšírenej reality oproti plne pohlcujúcej virtuálnej realite je, že pri rozšírenej realite nemáme pocit nevoľnosti ako pri VR. Pomocou inteligentných algoritmov a ďalších snímačov ako sú akcelerometre a gyroskopy, nám

zariadenie poskytuje a udržuje vyrovnaný obraz so skutočným svetom.

Ďalší spôsob prezentovania rozšírenej reality je známe ako projekčné mapovanie. Digitálne obrazy môžu byť premietané priamo do objektov. Táto technológia má rozsiahle využitie. Používajú sa projektory, ktoré poskytujú 3D digitálny obraz premietaný do skutočného sveta. Užívateľ nepotrebuje nosiť žiadne zariadenie. Komunikácia s týmto systémom je veľmi prirodzená (obr. 4).



Obr. 4. Projekčné mapovanie [10]

2 APLIKÁCIE VIRTUÁLNEJ REALITY

Mnoho ľudí sa už stretlo s termínom virtuálna realita, ale nevedia presne o jeho praktickom využití. Hranie počítačových hier je jedno z najrozšírenejších odvetví virtuálnej reality. Existujú však aj iné oblasti jej využitia a to s rôznym stupňom náročnosti. Dokonca niektoré oblasti v dnešnej dobe nedokážu fungovať bez využitia virtuálnej reality. Aplikovanie tejto technológie do bežného života, je čoraz jednoduchšie a pohodlnejšie. Veď si predstavte, že by ste sa nemohli zúčastniť koncertu svojej obľúbenej kapely kvôli zdravotným alebo iným problémom. Pomocou živého prenosu dnes môžete byť tam a počúvať koncert z pohodlia domova. Oblasť aplikácie virtuálnej reality je mnoho, medzi tie najznámejšie a najviac využívané patria aplikácie v:

- Strojárstve.
- Armáde.
- Zdravotníctve.
- Zábavnom priemysle.
- Vzdelávaní.
- Podnikaní.
- Športe.

2.1 Virtuálna realita v strojárstve

Technológia VR umožňuje inžinierom pozrieť si svoje projekty v 3D, a tak získať lepšie pochopenie a znalosti o danom projekte. Pred zavedením zariadenia môžu zistiť a predísť chybám či potencionálnym rizikám. Virtuálna realita umožňuje tímu inžinierov sledovať svoje projekty v bezpečnom mieste bez akéhokoľvek rizika, a vykonávať tak potrebné zmeny (Obr. 5). To šetri

čas a hlavne peniaze. Dôležitá je možnosť virtuálnej reality znázorniť jemné detaily strojárkeho výrobku či nástroja.



Obr. 5. Prúdový motor vo virtuálnom prostredí [6]

Interakcia s CAD modelom by mohla byť úplne iná ako dnes. Sedeli by sme celý deň pri stole a navrhovali objekt, ktorý by sa presne podobal na skutočný a reálny výrobok. Potom by sme model mohli vyskúšať nainštalovať vo virtuálnom prostredí, a tak predísť zbytočným problémom a chybám, ktoré by mohli nastať. Pri chybách, ktoré by nastali pri inštalácii alebo montáži, by sme jednoducho zmenili parametre, rozmery alebo akékoľvek nezrovnalosti, a následne ho opäť namontovali. Všetko bez straty peňazí, času, materiálu a mnoho ďalšieho, čo by sme do toho museli vložiť.

2.2 Virtuálna realita v armáde

Od začiatku v histórii vývoja virtuálnej reality, boli ozbrojené sily USA hlavných faktorom a hnacím motorom v používaní nových technológií, vrátane virtuálnej reality. Vojenský a zábavný priemysel spolu s medicínou, je zodpovedný za najväčší evolučný skok vo virtuálnej realite. Ozbrojené sily využívajú virtuálnu realitu skoro na všetko, od učenia na leteckom simulátore až k haseniu požiaru na palube lode. Špecializovaný vojenský výcvik môže byť častokrát veľmi nákladný, najmä ak hovoríme o pilotoch stíhačiek, a veľmi nebezpečný, pokiaľ ide o nejakú reálnu situáciu. Virtuálna realita vo vojenskom priemysle má veľké využitie. Medzi najčastejšie využitie virtuálnej reality v armáde patrí:

- Letecky simulátor.
- Bojová pozemná simulácia.
- Vzdelanie lekárov na bojisku.
- Simulácia vo vozidlách.

Je zrejme, že virtuálne prostredie je ideálne pre vojenský výcvik v tom, že umožní vojakom dostať ich do vojenskej situácie v kontrolovanom prostredí bez ohrozenia života (obr. 6). Taktiež sa môžu vojaci učiť zdokonaľovať svoje orientačné znalosti v bojovom prostredí vytvorenom virtuálnou realitou. Pre vojenský priemysel je virtuálna realita obrovským prínosom, hlavne kvôli zväčšeniu bezpečnosti vojakov a ušetreniu veľkého množstva peňazí.



Obr. 6. Vojenský letecký simulátor [11]

2.3 Virtuálna realita v zdravotníctve

Použitie virtuálnej reality v zdravotníctve aplikujeme napríklad aj na určenie diagnózy pacienta. Bežnou metódou potrebujeme zistiť množstvo dát o pacientovi a jeho zdravotnom stave. Virtuálna realita určí jeho diagnózu omnoho rýchlejšie a presnejšie. Nakoniec nám vytvorí vizuálny výstup s informáciami dát, ktoré sa jednoduchšie čítajú. Taktiež je možné vytvoriť rôzne virtuálne prostredia a situácie. Napríklad dopravnú nehodu alebo inú nepríjemnú situáciu, v ktorej môžu doktori ale aj záchranári zdokonaľovať svoje zručnosti, a naučiť sa tak rôzne situácie ktoré môžu nastať. Je nereálne vytvoriť takéto situácie v reálnom svete, preto je virtuálna realita pre zdravotníctvo veľmi dôležitá.

2.4 Virtuálna realita v zábavnom priemysle

Najviac nadšencov a zástancov virtuálnej reality je práve z oblasti zábavného priemyslu, najvýraznejšie v počítačových hrách. Ďalšími prostrediami v zábavnom priemysle s využitím virtuálnej reality sú múzea, galérie, divadla, virtuálne zábavné parky a rôzne iné strediská. Prikladom môže byť nejaká historická budova, ktorou je možné prechádzať a dozvedieť sa tak informácie z bezprostrednej blízkosti (obr. 8).



Obr. 8. Prezentácia historickej budovy v prostredí VR [12]

Sú schopní to spraviť pomocou okuliarov, ktoré si nasadíte na hlavu a ktoré sú prepojené s počítačom. Ten privádza do okuliarov tok informácií a obrazov o danom mieste. Mnoho aplikácií je vytváraných práve pre zábavný priemysel, pre hranie počítačových hier, kde popularita rastie závratným tempom. Hráči sa môžu priblížiť svojim virtuálnym hrdinom a pohybovať sa vo virtuálnom prostredí

ako chcú a robiť skoro neobmedzené množstvo činností. K tomu je potrebné mať okuliare s LCD displejmi a ďalšie zariadenie, napríklad digitálne rukavice alebo ovládače, ktoré sú prepojené s počítačom a tak nás vtiahnu do virtuálneho sveta. Tieto zariadenia nám umožňujú uchopovať objekty alebo manipulovať s niečím vo virtuálnom prostredí (obr. 9).



Obr. 9. Hranie hier pomocou VR [13]

3 VIRTUÁLNA REALITA V STROJÁRSTVE

Virtuálna realita nám umožňuje spolupracovať s počítačom spôsobom, ako nikdy pred tým. Počítače a počítačová grafika nám v strojárskom priemysle priniesli revolúciu v podobe virtuálneho navrhovania a vyrábania produktov. Inžinieri môžu svoj potenciál a návrhy preniesť do digitálneho virtuálneho prostredia, akými sú rôzne výrobné haly, linky, stroje a roboty. Až do nedávnej doby bola virtuálna realita dostupná len na vybraných univerzitách a výskumných strediskách. Dnes, keď je už softvér pre virtuálnu realitu dostupnejší, môžu firmy začať vytvárať svoje vlastné aplikácie a riešiť problémy z oblasti inžinierstva, strojárstva, automobilového priemyslu alebo robotiky (obr. 10).



Obr. 10. Prepojenie VR a automobilového priemyslu [3]

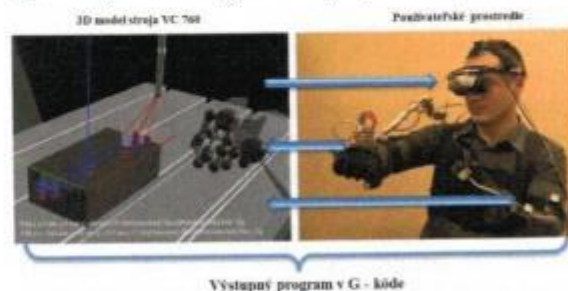
Existuje viacero oblastí v strojárstve, kde sa virtuálna realita môže uplatniť. Nejedná sa len o už spomenutý automobilový priemysel, v ktorom je virtuálna realita najrozšírenejšia.

3.1 Programovanie CNC strojov

Budúcnosť CNC (Computer Numerical Control) programovania môže byť úplne iná ako dnes a môže mať manuálny vyučovací režim. Vedci, ktorí sa

zaoberajú mechatronikou nám ukazujú, ako by mohli byť CNC stroje navrhnuté s prvkami virtuálnej reality tak, aby mohol programátor alebo operátor, pohybovať prvkami ručne a sekvencie pohybu môžu byť uložené v programe stroja. Pre jednoduchšie programovanie si predstavte CNC, ktorý by mohol kooperovať s operátorom pomocou virtuálnej reality, aby sa programovanie zjednodušilo a zrýchlilo. CNC stroje sú vybavené rôznymi rozhraniami, ktoré umožňujú ich ovládanie a programovanie pomocou rôznych funkcií. Prevádzka hlavne 5-osových CNC strojov si vyžaduje vysoko vyškolených a kvalifikovaných operátorov, najmä v rámci znalosti základného programovania. Rozširuje sa spôsob, akým sa ľahšie a intuitívnejšie môže používať riadiaci systém na riadenie CNC strojov.

Programovanie by malo byť jednoduché a dostatočne intuitívne, aby aj nie moc zručný operátor nemal ťažkosti s programovaním. Výskumný tím z centra mechatroniky, navrhol riešenie tohto problému zavedením techniky ručného ovládania a programovania pre CNC stroj, ako je znázornené na obr. 11. Operátor môže ovládať CNC obrábací stroj manuálne s použitím rôznych na to určených prvkov. Tieto merajú veľkosť sily v závislosti od svojej hodnoty, a tak zabezpečujú správnu rýchlosť a plynulosť pohybov stroja.



Obr. 11. Kooperácia človeka s CNC strojom [1]

3.2 CAD systémy

Virtuálna realita v interakcii s CAD systémom, umožňuje dizajnérom rýchlo a jednoducho prezerat', skúmať a komentovať svoje navrhnuté CAD modely. Možnosť zistiť chyby pred tým, ako je daný produkt navrhnutý a vyrobený, je v dnešnej dobe veľkou výhodou. Virtuálna realita je v dizajnerskom prostredí dobrá a užitočná. Dôvod, prečo nie je tak rozšírená, je v zložitosti výpočtovej techniky, ktorá ju musí podporovať.

Veľkou výhodou spolupráce plne pohlcujúcej virtuálnej reality a CAD systému je, že umožňuje spoluprácu vo virtuálnom priestore s viacerými klientami. Títo klienti sa nemusia nachádzať na tom istom mieste alebo v tej istej krajine, a predsa im môžete ukázať svoj navrhnutý CAD model, ktorý si môžu v pohodlí skontrolovať.



Obr. 12. Interaktivita medzi VR a CAD systémom [14]

3.3 Programovanie robotov

Priemyselné roboty v minulosti neboli až tak bezpečné ako dnes. Až na niekoľko výnimiek a prichod dnešných kognitívnych a kolaboratívnych robotov, boli priemyselné roboty väčšinou umiestnené v bezpečnostných klietkach, alebo boli použité rôzne typy hardvérových a softvérových prvkov, predovšetkým 3D snímače a skenery. [7] Ak sa operátor chcel priblížiť k robotovi, bolo potrebné robota naviesť do bezpečnej polohy a prípadne zastaviť. Všetko sa to môže zmeniť pomocou virtuálnej reality. Interaktívne robotické laboratórium vytvorilo IVRE (Immersive Virtual Robotics Environment) virtuálne prostredie robota. [5] To umožňuje, aby programátor alebo pracovník spolupracoval, alebo inak interaktívne komunikoval s robotickým systémom, buď v simulácii, alebo v reálnom čase prostredníctvom proxy servera. Používateľ má prístup k veľkému množstvu pracovných nástrojov na manipuláciu s robotom, zobrazovanie informácií a interakciu s prostredím. Systém zahŕňa pokyny pre virtuálneho robota, monitorovanie a používateľom riadené vnímanie.



Obr. 13. Ovládanie robota v systéme IVRE [5]

ZÁVER

Obsah článku je zameraný na nahliadnutie do histórie a vzniku virtuálnej reality. Vysvetľuje a oboznamuje na akom princípe pracuje virtuálna realita. Ako môže sledovať pohyb tela, hlavy, či očí, ale tiež využívanie bezdrôtových inteligentných ovládačov a digitálnych rukavíc. Jednotlivé oblasti sú v článku bližšie definované aj s príkladmi využitia. Dôležitou časťou je rozdelenie virtuálnej reality podľa jej aplikačného určenia. Postupne sú opísané a bližšie špecifikované aplikácie využitia tejto technológie v tých

najpoužívanejších oblastiach, ako je strojársky priemysel, armáda, zdravotníctvo a aj zábavný priemysel. Hlavná pozornosť je venovaná využitiu VR v strojárskom priemysle, jej aplikovaniu a interaktívnej spolupráci v automobilovom priemysle, ale tiež jej využitiu pri programovaní CNC strojov a robotov.

Pod'akovanie

Tento článok bol vypracovaný pod záštitou projektu APVV-16-283. Názov projektu: „Výskum a vývoj multikriteriálnej diagnostiky výrobných strojov a zariadení na báze implementácie metód umelej inteligencie.“

LITERATÚRA

- [1] PAJOR, M. et al. (2013): *Virtual reality applied for programming CNC machine tools* [online]. Dostupné na: <<https://www.controleng.com>>
- [2] WATERMAN, P. (2014). *Virtual Reality: A Powerful Engineering Tool* [online]. Dostupné na: <http://www.digitaleng.news/de/>
- [3] BROWN, L. (2017): *Virtual Reality Technology: Current State and Future Challenges* [online]. 2017. Dostupné z: <<https://filmora.wondershare.com>>
- [4] SOBOTA, B. - HROZEK, F. (2015): *Systémy virtuálnej reality*. TU v Košiciach, 260 s. ISBN 978-80-553-1970-4.
- [5] ACKERMAN, E. (2014). *Immersive VR Enables Safe and Effective Control of Big Scary Robots* [online]. Dostupné z: <http://spectrum.ieee.org>
- [6] ZAJAC, T. (2017): *Využitie virtuálnej reality pri simulácii CNC strojov a robotov*, Bakalárska práca (28230420171012), Žilinská univerzita v Žiline.
- [7] HOLUBEK, R. et al. (2017). *Using Virtual Reality tools to support simulations of manufacturing instances in Process Simulate: The case of an iCIM 3000 system*. In: MATEC Web of Conferences, 137, art. no. 04004, ISSN 2261-236X
- [8] Engadget (2019). <http://engadget.com>
- [9] Autoskola Akva (2019). www.autoskola-akva.sk
- [10] Projection Mapping (2019). projection-mapping.org
- [11] BBVA Open Mind (2019). www.bbvaopenmind.com
- [12] Isivista (2019). www.isivista.org
- [13] Fluid castvr (2019). www.fluidcastvr.com
- [14] Path CAD Services (2019). <http://www.perthcadservices.com.au/>