



Ergonómia v systéme údržby v koncepte Industry 4.0

*Ing. Blanka Horváthová¹, Ing. Miroslav Fusko, PhD.²,
doc. Ing. Euboslav Dulina, PhD³, doc. Ing. Martin Krajčovič, PhD.⁴,
doc. Ing. Miroslav Rakyta, PhD.⁵*

¹⁻⁵ Katedra priemyselného inžinierstva, Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita v Žiline

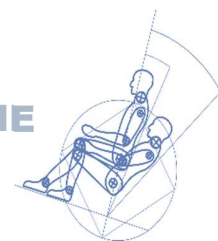
Abstrakt

Článok sa zaoberá inovatívnymi riešeniami, ktoré sú navrhnuté pre operátora budúcnosti, tzv. Operator 4.0. Industry 4.0 predstavuje transformáciu súčasných procesov prostredníctvom digitálnych informačných systémov, ktoré vytvárajú produktívnu a sociálno-ekonomickú zmenu a úroveň potrebnú na riešenie konkurenčných výziev podnikov budúcnosti (Factories of the Future). Industry 4.0 vedie k novej paradigme vo výrobných systémoch, ktorej výsledkom bude nová úroveň interakcie človek – stroj.

1. Úvod

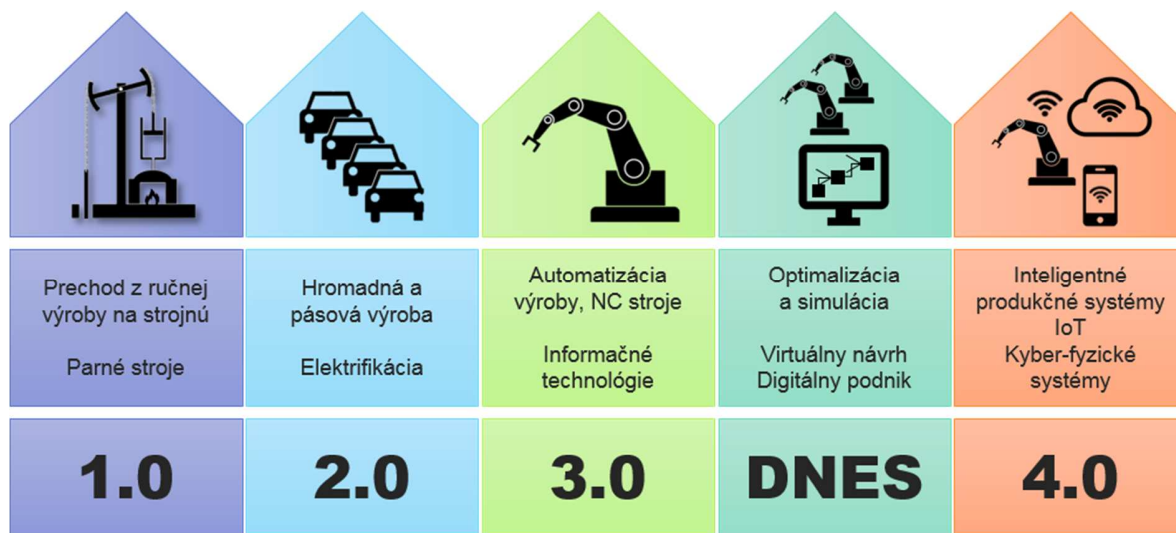
Ústrednou témou dneška, je rast technológií podporujúcich takzvaný digitálny humanizmus. Je veľmi dôležité a nevyhnutné si uvedomiť, že v období rastúcej manifestácie digitálnych podnikov a digitálnych pracovísk, stoja v stredobode záujmu pokroku ľudia a ich potenciál. Celkový vývoj priemyslu smeruje k ďalšiemu zjednodušeniu a zefektívneniu ľudských aktivít, odbremeneniu ľudí od manuálnej práce, ich kolaborácií so strojmí, robotmi a pod. Mnohé podniky už v súčasnosti nastúpili na cestu digitalizácie, mnohé ešte váhajú a iné to ešte len čaká. Na tejto ceste je nevyhnutné zavádzanie správnych technológií v správnom čase a mať potrebné digitálne talenty, ktoré rozumejú novej vízií podnikov a majú iné správanie.

Zavádzaním konceptu Industry 4.0 sa niektoré druhy pracovných činností transformujú alebo úplne zaniknú. So zmenou pracovných činností sa menia aj požiadavky na zručnosti a znalosti pracovníkov. Pracovné prostredie a všetky procesy podniku budú fungovať na báze digitálneho podniku, kolaboratívnej robotiky, riadiacich a rozhodovacích systémov a na báze monitorovania a zberu údajov v reálnom čase naprieč celým podnikovým systémom. Na základe týchto zmien sa transformuje aj dnešné zameranie priemyselnej ergonómie. Jadro pracovných činností sledovaných ergonómiou sa s najväčšou pravdepodobnosťou presunie z manuálnych činností na činnosti podporné, ktorými sú administratíva, IT sektor, údržba či sledovanie a vyhodnocovanie psychickej záťaže pracovníkov. Zavedenie digitalizácie a vývoj nových technológií zároveň poskytuje silný podporný prostriedok pre zber a analýzu údajov potrebných pre hodnotenie už existujúcich pracovísk a pracovných činností a návrh nových zdravých pracovísk. [2]



2. Industry 4.0

Štvrtá priemyselná revolúcia (nazývaná aj Industry 4.0) je charakterizovaná zlúčením technológií, ktoré stierajú hranice medzi fyzickými, digitálnymi a biologickými sférami. Predstavuje rozsiahle zmeny, ktoré prudko vstupujú do súčasného priemyslu a menia ho. Industry 4.0, Factories of the Future, Smart Industry – to sú názvy iniciatív krajín a sú v podstate rovnocenné.

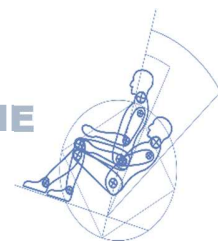


Obr. 1. Vývoj priemyslu smerom k Industry 4.0

Koncept Industry 4.0 je principiálne postavený na dôkladnom využití všetkých dostupných informácií, vrátane obrovského množstva doteraz nezaznamenaných dát (technologicky to nebolo možné), a automatizácii ich spracovania. Procesy v podniku sú výrazne produktívnejšie a efektívnejšie, a vznikajú nové podnikateľské modely poskytujúce zákazníkom nové služby. Podnik pracujúci na báze Industry 4.0 je charakterizovaný:

- vertikálnym zosieťovaním, a dátovým prepojením všetkých podnikových procesov,
- horizontálnou integráciou všetkých účastníkov hodnotového reťazca (výrobca, dodávateľia i zákazník),
- permanentným engineeringom (konštrukčné, technologické i priemyselné inžinierstvo),
- neustále sa aktualizujúcimi údajmi o výrobku i o výrobnom procese počas celého životného cyklu výrobku.

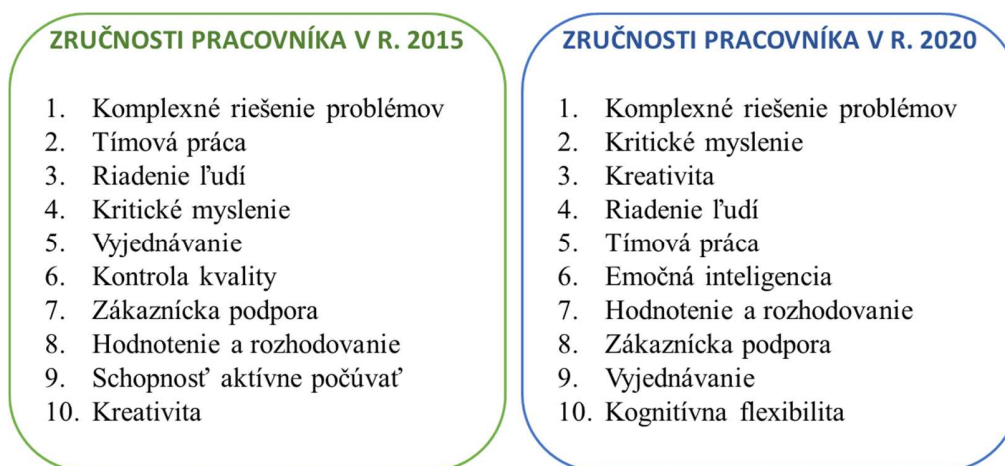
Človek však naďalej zostáva základným prvkom v každom výrobnom, či nevýrobnom procese. Ľudia sú nenahraditeľní svojou flexibilitou a schopnosťou zvládnuť širokú škálu rôznorodých úloh v krátkom čase. S narastajúcimi požiadavkami na kvalitu výroby a s neustále sa zvyšujúcou produkciou, narastajú aj nároky na fyzickú a hlavne psychickú záťaž pracovníkov. S nástupom štvrtej priemyselnej revolúcie sa postupne menia požiadavky na znalosti pracovníkov a ich pracovné predpoklady. Niektoré druhy pracovných činností sa v blízkej budúcnosti transformujú alebo úplne zaniknú. Touto zmenou smerom k digitalizácii a k vysokému podielu automatizovaných činností sa mení aj charakter priemyselnej ergonomie. [7] [2]



3. Vízia operátora 4.0 v údržbe

Vízia operátora 4.0 je všeobecne zameraná na vytváranie vzťahov založených na dôvere a interakciách medzi ľuďmi a strojmi, čo umožní, aby podniky založené na inteligentných systémoch využili nielen sily a schopnosti inteligentných strojov, ale posilnili aj svojich operátorov novými zručnosťami a technologickou podporou pre plné využitie produkčných možností vyplývajúcich z konceptu Industry 4.0. Medzi tieto technológie, ktoré už aj dnes využíva niekoľko podnikov, patrí rozšírená realita, virtuálna realita, kolaboratívna robotika a tzv. wearable sensors, teda nositeľné snímače, ktoré snímajú telesné funkcie človeka. [1]

Okrem posilnenia fyzických zručností vyžaduje digitalizácia podnikov aj zmenu znalostí a správania sa pracovníkov. Svetové ekonomické fórum definovalo na základe svojho prieskumu Future of Jobs Report 10 zručností, ktoré budú charakterizovať operátora 4.0 v roku 2020 (obr. 2).



Obr. 2. Zručnosti charakterizujúce operátora 4.0

Ideálne kvalifikovaný technik údržby by mal zvládnuť v blízkej budúcnosti tzv. viacboj zložený z nasledujúcich disciplín:

- technická odbornosť – mechatronika,
- metódy – rutinné využívanie princípov TPM,
- IT technológie – zber údajov a ich analýza a transformácia do informácie a znalostí,
- spektrum technických problémov, ktoré musí technik údržby riešiť, vyžaduje multidisciplinárne odborné znalosti v oblastiach elektrotechniky, mechaniky a riadiacich systémov s mierou ich detailnosti danej konkrétnymi výrobnými technológiami, za ktorých bezporuchový chod je daný technik zodpovedný.

3.1. Meranie a vyhodnocovanie zát'aže

Údajovou základňou pre posúdenie ergonomie pracoviska a pracovnej činnosti sú údaje získané z merania a vyhodnotenia zát'aže pôsobiacej na pracovníka v pracovnom procese. So zavedením

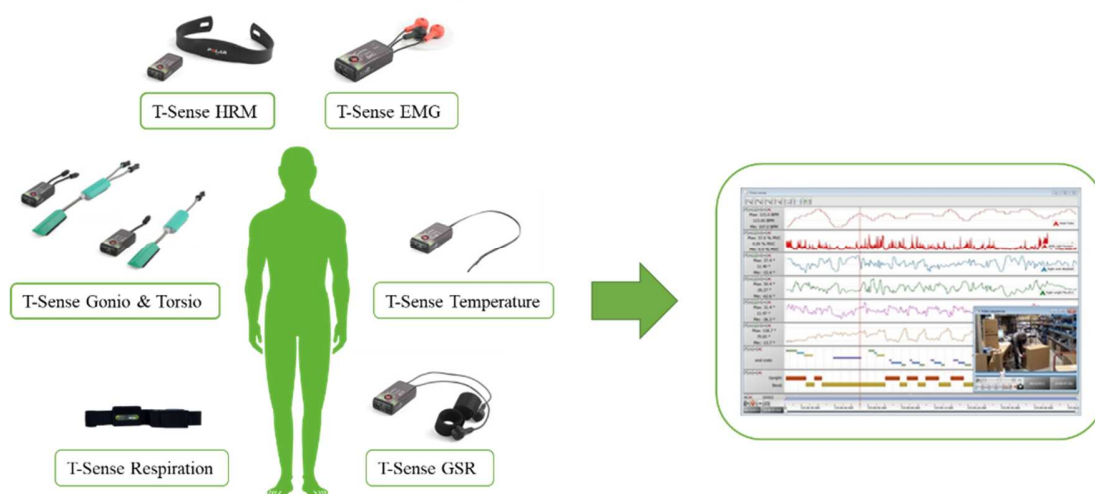


konceptu Industry 4.0 sa podstata týchto údajov nezmení, zmení sa však spôsob ich získavania. Zber údajov bude prebiehať pomocou nositeľných senzorov, snímačov a videozáznamov v reálnom čase. Údaje získané týmito postupmi budú presnejšie, rýchlejšie, nebudú zasahovať do výrobného procesu a zjednodušia častokrát zdĺhavé procesy hodnotenia konvenčnými metódami. Typickým príkladom technológie, ktorá už v súčasnosti poskytuje takýto zber údajov pre ergonómiu je senzorický systém CAPTIVE.

Systém CAPTIVE pozostáva zo snímačov, ktoré slúžia na meranie a analýzu psychickej a fyzickej záťaže pôsobiacej človeka počas jeho pracovného výkonu. Snímače systému CAPTIVE zaznamenávajú údaje o psychofyziologických funkciách operátora a namerané hodnoty sú prezentované prostredníctvom užívateľského softvérového rozhrania poskytujúceho grafické spracovanie týchto údajov. [3] [9]

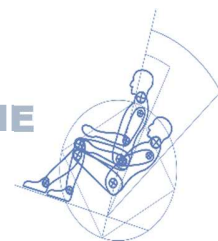
Komponenty systému CAPTIVE:

- T-Sens HRM – snímač na meranie srdcovej frekvencie,
- T-Sens Temperature – snímač na meranie teploty kože pracovníka a okolia,
- T-Sens GSR – snímač na meranie galvanickej vodivosti kože,
- T-Sens EMG – snímač na meranie lokálnej svalovej záťaže,
- T-Sens Respiration – snímač na meranie rytmu dýchania,
- T-Sens Gonio & Torsio – snímač na meranie postavenia kĺbov.



Obr. 3. Sensorický systém CAPTIVE

Modulárny systém CAPTIV je vhodný nástroj na zber vstupných údajov pre hodnotenie práce z pohľadu ergonómie a má široké využitie pri hodnotení záťaže pracovníkov vo výrobných aj nevýrobných oblastiach, pričom nie je zásadne narušený pracovný proces.



3.2. Tréning, zvyšovanie kvalifikácie a podporné procesy

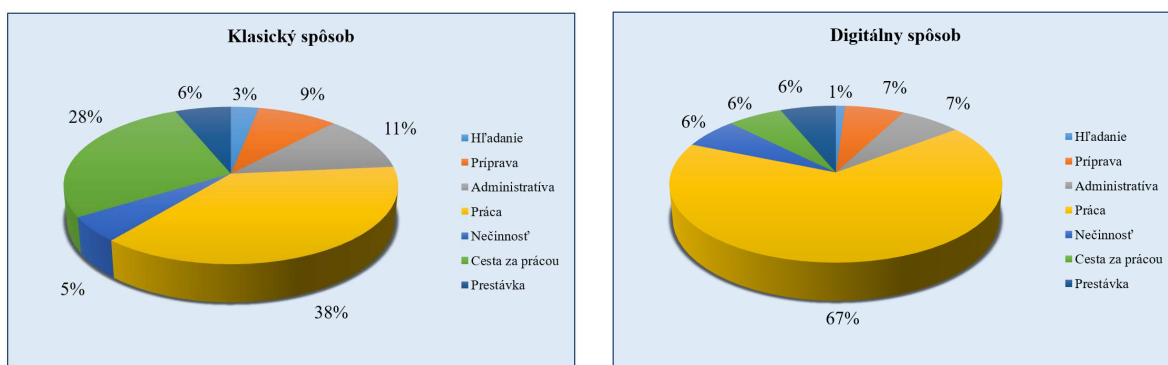
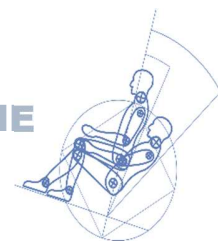
Efektívne školenia a tréningy zamestnancov s podporou nových technológií ponúkaných konceptom Industry 4.0. budú slúžiť nie len na zvyšovanie kvalifikácie pracovníkov, čo je nevyhnutnou podmienkou pre udržanie kroku s vývojom svetovej produkcie, ale aj na efektívnu prevenciu vzniku chorôb z povolania a pracovných úrazov. Tréningy zamestnancov s využitím nových technológií sa stanú účinným nástrojom proaktívnej ergonomie. Príkladom technológie, ktorá sa už úspešne využíva v oblasti tréningu pracovníkov je virtuálna realita. Spoločnosť CEIT v spolupráci so Žilinskou univerzitou v Žiline vyvinula na báze virtuálnej reality tzv. Virtuálny trénažér.

Virtuálny trénažér je originálnym, inovatívnym nástrojom pre moderný a efektívny tréning. Služí najmä na školenia zamestnancov v priemyselných podnikoch. Aktuálne je využívaný v podnikoch Volkswagen Slovakia a Škoda Auto na tréning operátorov údržby. Virtuálny trénažér prenáša prostredie reálnej robotickej bunky do virtuálneho prostredia. Tréning tak možno realizovať na malom priestore a teda nie je nutné stavať samostatnú robotickú bunku určenú na tréning. Jednotlivé tréningové moduly sú zamerané na bezpečnosť, diagnostiku porúch, kvalitu a procesy rozhodovania. Virtuálny trénažér poskytuje možnosť jednoduchého vykonávania zmien a testovania procesov bez fyzických následkov na reálnom procese a zároveň poskytuje okamžitú spätnú väzbu o priebehu tréningu pre školiteľa. [10]



Obr. 4. Školenie pracovníkov - virtuálny trénažér

Ďalšou oblasťou pre využitie nových technológií v systéme údržby sú podporné procesy a teda aj samotné vykonávanie pracovnej činnosti. Technológie pre podporné procesy ako sú rôzne mobilné zariadenia pre kontrolu a audit technického servisu, ktoré poskytujú pracovníkovi aktuálne údaje prostredníctvom IoT (Internet vecí), majú už dnes v moderných podnikoch veľké zastúpenie a nahrádzajú klasické metódy kontroly. Použitím digitálnych prostriedkov možno výrazne zvýšiť produktivitu zamestnancov, ako je zobrazené a porovnané v nasledujúcich grafoch.



Obr. 5. Zvýšenie produktivity práce aplikáciou digitálnych prostriedkov

Koncept operátora 4.0 je zároveň definovaný aj rozšírením jeho zručností v oblasti produkcie, v systéme údržby to znamená využitie technologickej podpory priamo pri vykonávaní technického servisu. Technologickou podporou je v tomto prípade aktívne využívanie rozšírenej reality, pomocou ktorej je operátor sprevádzaný jednotlivými operáciami výkonu údržby. Posilnením zručností pracovníka o rozšírenú realitu sa zabezpečí efektívnosť, presnosť a bezpečnosť práce.



Obr. 6. mobilné zariadenia a technológie pre operátora 4.0

V súčasnosti je na trhu množstvo mobilných zariadení, určených pre pracovníkov technického servisu (Operator 4.0), napr. tablety smart helmy, CAVE, Oculus, rôzne trenažér na báze virtuálnej reality, okuliare pre rozšírenú realitu a pod. Navrhujeme, aby si majitelia podnikov a manažéri najskôr objasnili víziu, akú digitalizáciu chcú v podniku zaviesť, t. j. ako zberať údaje, ako posilať notifikácie o poruchách a pod. Následne odporúčame zvoliť mobilné zariadenia pre pracovníkov technického servisu. Netreba zabúdať, že mobilné zariadenia budú pracovať v náročných klimatických či vnútropracie prostrediach. K tomu treba zvoliť aj správne mobilné zariadenie. Tieto zariadenia sa môžu dať aj do rôznych obalov, ktoré ich budú chrániť proti znečisteniu a pod. Obaly však nesmú obmedzovať funkčnosť mobilných zariadení. [4] [5] [6]



4. Záver

Článok priniesol pohľad na to, ako asi budú môcť pracovníci využívať nové technológie pre posilnenie svojich zručností, zvýšenie bezpečnosti a zefektívnenie pracovných činností naprieč všetkými podnikovými procesmi.

Ďalším vývojom priemyslu smerom k digitalizácii, automatizácii a robotike sa mnohé činnosti, ktoré sú dnes viazané na ručnú prácu, zmenia alebo úplne zaniknú. Ťažiskovými činnosťami pre oblasť zavádzania ergonomických princípov sa stanú pozície pracovníkov na úrovni riadenia, programovania, administratívy, a pod. Štatistické údaje o chorobách z povolania však stále poukazujú na potrebu riešenia ergonomie pracovísk aj po zavedení automatizácie a robotizácie. S nástupom digitalizácie a konceptu digitálneho podniku sa ergonomia postupne stáva súčasťou komplexných podnikových systémov, čím sa vo veľkej miere uľahčila orientácia v problematike ergonomie pri projektovaní a optimalizácii výrobných, montážnych a podporných procesov, ako sú údržba a technický servis.

Dnes je možné využiť metódy hodnotenia, ktoré nezasahujú do výrobných procesov (nevytvárajú prestoje) a vedú nám dať prakticky okamžite prvotnú odozvu z hľadiska návrhu opatrení k zlepšeniu danej situácie. Vyhodnotenie nazbieraných údajov je možné následne uplatniť pri hodnotení ergonomie pracovísk, projektovaní pracovísk, hodnotení produktivity práce a v mnohých ďalších oblastiach.

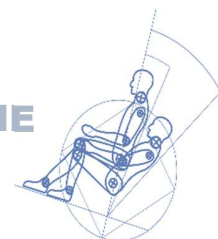
Pod'akovanie

Tento článok vznikol na základe spolupráce Katedry priemyselného inžinierstva Strojníckej fakulty UNIZA a Vedeckého parku UNIZA.

Tento článok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA 1/0936/16

Literatúra

- [1] ROMERO D., STAHR J., WUEST T., NORAN O., BERNUS P., FAST-BERGLUND A., GORECKY D., 2016. Towards an Operator 4.0 Typology: A Human-centric Perspective on the Fourth Industrial Revolution Technologies. ISSN 2164-8689 online
- [2] BCG Group. 2015. Report on Man and Machine in Industry 4.0: How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025
- [3] KRAMÁROVÁ M., GAŠO M.: Tool of modern ergonomics for measure a psychophysiological human functions. in: Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti [online], 2016, vol. 9. ISSN 1803-3687
- [4] HERČKO J., SLAMKOVÁ E., MAGVAŠI V.: Technology trends for development of factories of the future. In: InvEnt 2016 : industrial engineering - toward the smart Industry : proceedings of the international conference : 15.6.-17.6.2016, Rožnov pod Radhoštěm, CZ. - Žilina: University of Žilina, 2016. - ISBN 978-80-554-1223-8. - S. 64-67.



- [5] BIŇASOVÁ, V., MEDVECKÁ I., BUČKOVÁ M.: Trends in the production system of new generation factory of the future. In: Trendy a inovatívne prístupy v podnikových procesoch [elektronický zdroj] : 19. medzinárodná vedecká konferencia : 15.12.2016 Košice : zborník príspevkov. - Košice: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2016. - ISBN 978-80-553-3018-1. - Online, [5] s.
- [6] BANACH M., PLINTA D., DULINA, Ľ.: The capability of machines. In: InvEnt 2016 : industrial engineering - toward the smart Industry : proceedings of the international conference : 15.6.-17.6.2016, Rožnov pod Radhoštěm, CZ. - Žilina: University of Žilina, 2016. - ISBN 978-80-554-1223-8. - S. 72-75.
- [7] WROBEL R., BUBENÍK P.: Application of ergonomic expert system for assessment and reduction risk of work-related musculo-skeletal disorders in real conditions. In: InvEnt 2017 : industrial engineering - invention for enterprise : proceedings of the international conference : 19.6. - 21.6. 2017, Szczyrk, PL. - [S.l.]: Wydawnictwo Fundacji Centrum Nowych Technologii, 2017. - ISBN 978-83-947909-0-5. - S. 144-147.
- [8] SOVIAR J., VODÁK J., KUNDRÍKOVÁ J., HOLUBČÍK M.: Elements of cooperation management appropriate for cooperation of universities and companies. In: International conference on Informatization of economic and management processes : proceedings : 15th September 2016, Brno, Czech Republic. - Brno: B.I.B.S., 2016. - ISBN 978-80-87255-73-5. - S. 203-209.
- [9] <http://teaergo.com/site/en/products/manufacturers/tea/t-sens>
- [10] <http://www.ceitgroup.eu>