


# Možnosti ergonómických analýz pracovních poloh s využitím reálného pohybu člověka v digitálním prostředí

 11.01.2013

## THE POSSIBILITY OF ERGONOMIC ANALYSIS OF THE WORK POSITIONS WITH THE USE OF REAL MOVEMENT IN THE DIGITAL ENVIRONMENT

Tomáš Görner<sup>1</sup>, Ondřej Kurkin<sup>1</sup>, Patrik Polásek<sup>1</sup>, Petr Hořejší<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Západočeská univerzita v Plzni, Katedra průmyslového inženýrství a managementu, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, [tgorner@kpv.zcu.cz](mailto:tgorner@kpv.zcu.cz), [okurkin@kpv.zcu.cz](mailto:okurkin@kpv.zcu.cz), [ppolasek@kpv.zcu.cz](mailto:ppolasek@kpv.zcu.cz), [tucnak@kpv.zcu.cz](mailto:tucnak@kpv.zcu.cz)

pracovní polohy

reálný pohyb

digitalizace

ergonomie

ergonómické analýzy

### Abstrakt

Příspěvek je tematicky zaměřen na problematiku hodnocení pracovních poloh člověka při práci za pomoci ergonómických analýz nástrojů digitálního podniku a časovou náročnost při užití těchto nástrojů. Při práci s těmito nástroji je nutné vytvořit digitální model pracoviště. Tento model pracoviště je pak možné za užití digitálního modelu člověka ověřovat pomocí implementovaných ergonómických analýz. Jak jednotlivé postoje, tak celé pohyby při práci. Právě tvorba reálného pohybu je v digitálním světě časově nejnáročnějším úkolem. Cílem tohoto článku je ukázat porovnání klasického modelování pohybu reálného člověka v digitálním modelu oproti zachycení reálného pohybu za užití moderních nástrojů pro snímání pohybu.

**Klíčová slova:** ergonomie, reálný pohyb, zachycení pohybu, digitální prostředí

### Abstract

The paper is thematically focused on the evaluation of human work postures at work using digital tools ergonomic analyzes and time-consuming undertaking by using these tools. By work with these tools it is necessary to create a digital model of the workplace. This model of the workplace is then possible use with human digital model to analyze with the implemented ergonomic analysis. It is the individual attitudes and movements throughout the work. The most time-consuming task is the creation of a real movement in the digital world. The aim of this paper is to show the comparison of classical motion modeling real man in a digital model compared to the real motion capture for the use of modern tools for tracking.

**Keywords:** ergonomics, real movement, motion capture, digital environment

## Úvod

Tvorba kvalitních, bezpečných a uživatelsky přívětivých pracovních míst získává v dnešních podnicích na významu. Tyto úpravy musí být podpořeny vedením podniku a musí vycházet ze stavu ekonomického prostředí, ve kterém se podniky nachází. Veškeré úpravy pracovního místa musí být v souladu s platnou národní legislativou, stejně jako dodržení principů racionalizace pracoviště, aby nedocházelo ke zbytečným činnostem, pohybům, ale i ergonomicky nevhodným polohám těla. V rámci různých přístupů k hodnocení rizika a následných úprav pracovišť je v EU možné se obecně vydat třemi cestami:

- Postup podporovaný v rámci EU.
  - Odhalování existence rizika na základě jednoduchých dotazníkových metod, které vychází z ověřených a uznaných metod (NIOSH, RULA, OCRA atp.). V případě odhalení a ohodnocení rizika vzniku nemoci z povolání jsou kontaktováni odborníci z řad ergonomů, pracovních lékařů a dalších odborníků, kteří se snaží situaci dostat minimálně do legislativních mezí.
- Postup uplatňovaný v ČR.
  - Dodržení kategorizace prací dle platné legislativy a v případě zjištění že je prováděná práce v jiné kategorii je provedena úprava dle legislativy, aby se práce prováděná na pracovišti dostala do příslušné kategorie rizika.
- Postup s využitím nástrojů digitálního podniku.
  - Tento postup je využíván hlavně v automobilovém průmyslu. Vychází z možnosti využívání digitálních nástrojů, které v sobě integrují moduly vybavené ergonomickými analýzami. Tyto analýzy vycházejí z uznaných ergonomických metod pro hodnocení rizika způsobujícího ohrožení zdraví.

V rámci tohoto příspěvku nechceme soudit, který z uvedených přístupů je přínosnější, přesnější nebo snad kvalitnější. To ukáže až doba a zkušenosti s jednotlivými postupy v rámci národních legislativ. V tomto příspěvku si klademe za cíl seznámit právě se třetím postupem, s využitím virtuální reality, nástrojů digitálního podniku a jeho modulu umožňujícího ergonomické analýzy. Vzhledem k tomu, že není tento postup v ČR (kromě automobilového průmyslu) obvyklý, je nutné se seznámit s každou oblastí, aby bylo možné plně chápat, jaké přínosy se jejich propojením získají.

## Virtuální realita a motion capture

Samotných definic pojmu virtuální realita je mnoho. Jedna z nich virtuální realitu označuje jako technologii, která umožňuje uživateli interagovat se simulovaným prostředím. Tato simulace a možnost interakce je velmi důležitou v rámci toho příspěvku. Samotná možnost tvorby obrazu skutečného světa se využívá například pro výcvik vojáků, lékařů, ale i dělníků. K samotnému zobrazování je využíváno speciálních monitorů, audiovizuálních helem, nebo náhlavních displejů. Aby byla poskytnuta další informace, zpětná vazba, nebo aby byl přenesen reálný pohyb přímo, užívají se obleky s technologií *Motion Capture*, nebo zařízení, která mechanicky přenáší zpětnou vazbu přímo, například na ruce operátora [1]. Tyto prostředky byly v době svého zrodu velice finančně náročné a nejprve byly k vidění pouze v laboratořích IT specialistů. S postupem času se tato technologie začala dostávat do velkých společností. Těmito společnostmi byly zejména automotive, které si tuto technologii mohly dovolit. Hlavními oblastmi, nasazení virtuální reality, bylo ověřování vozu z mnoha hledisek, ale stejně tak i na ověřování výrobních systémů, které jsou při montáži vozu využívány. S postupem času se tyto technologie začaly využívat i ve středně velkých podnicích, které se nejprve rekrutovaly z řad dodavatelů automobilek a dále pak i v jiných odvětvích, jako je medicína, marketing atd. Pokud se bavíme o technologiích virtuální reality, jedná se zejména o různé druhy projekce 3D obrazu, a dále pak o technologii snímání reálného pohybu člověka, tzv. *Motion Capture*. Tato technologie pro zachycení reálného lidského

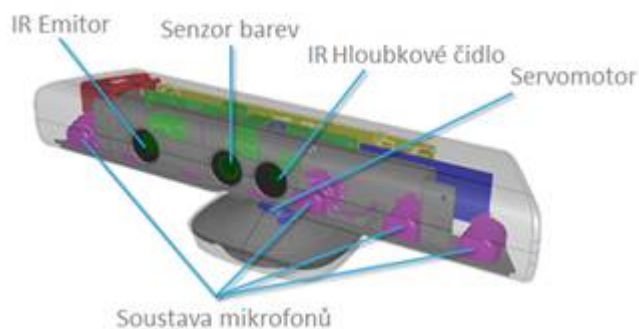
pohybu ve spojení s nástroji digitálního podniku *Tecnomatix*, resp. s jeho modulem *Process Simulate Human*, umožňuje ergonomické analýzy a je hlavním zájmem tohoto příspěvku. Samotná technologie *Motion Capture* umožňuje přiřazení pohybu reálného člověka, vykonávajícího pracovní úkol, virtuálnímu modelu člověka v *Process Simulate Human*. Samotná technologie *Motion Capture* byla ještě v nedávné době velice cenově náročná, kdy se její cena pohybovala v řádech od půl milionu korun výše. Jednotlivé typy této technologie se také vyznačovaly omezeními, která bránila jejímu použití přímo v reálném provozu, a byla tedy užívána jen v laboratorních podmínkách. Vyjmenovávat zde principy různých typů *Motion Capture* technologie nebudeme a zaměříme se přímo na technologii optického zachycení pohybu. Dříve se při tomto principu užívaly tzv. *Markery*, což byly například malé kulové body, umístěné na sledovaném objektu. Pozice těchto *Markerů* v prostoru je pak sledována a pomocí ní je určena pozice sledovaného objektu. Vývoje právě v této kategorii využil zábavní průmysl, kdy se principy optického *Motion Capture* začaly využívat u ovladačů k herním konzolám (*Wii*, *Razer hydra*, *Asus Xtion PRO LIVE* nebo *Kinect*). Právě *Kinect* se osvědčil jako vhodný pro *Motion Capture* a byla vytvořena jeho verze *Kinect for Windows*, kterou je možné propojit s PC. Právě tohoto faktu využili i vývojáři společnosti SIEMENS a propojili ho s nástrojem digitálního podniku *Tecnomatix Process Simulate Human*. Toto spojení umožňuje zachycení reálného pohybu člověka a vzhledem k využitému zařízení přímo v provozu. Samotné zařízení sice nemá tak vysokou přesnost jako "klasické" *Motion Capture* zařízení, založené na oblecích s *Markery*. Žádný pracovník se nemusí převlékat, což je pro něj příjemné. Dalším hlediskem je cena, která tuto variantu přibližuje právě malým a středním podnikům. Aby bylo možné představit celkový efekt a možnosti využití *Kinectu* s digitálním modelem člověka, je nutné popsat nástroj digitálního podniku *Tecnomatix*, resp. jednu z jeho částí, konkrétně *Tecnomatix Process Simulate*.

## **Tecnomatix Process Simulate**

Software *Tecnomatix* je balíkem produktů firmy SIEMENS. Jedná se o softwarové nástroje pro různé oblasti komplexních řešení úkolů, týkajících se produktu a výrobních systémů, respektive pro podporu části životního cyklu produktu (PLM). Tento software patří do skupiny nástrojů tzv. *Digitálního podniku - Digital Factory*. Oblastmi, kde se tento software používá je jak projektování a plánování výroby, tak optimalizace již existujících výrobních procesů v digitálním, resp. virtuálním prostředí. Díky možnosti digitálního modelování a prostorové vizualizace výrobních systémů je umožněno průmyslovým inženýrům, konstruktérům, logistikům, ale i ergonomům posuzovat jednotlivá pracoviště, ale i celé výrobní systémy, včas na základě širší shody. To má za následek omezení chyb, které by se mohly objevit později při náběhu výroby. Pomocí digitalizace lze rychleji a pečlivěji připravit procesy. Díky simulaci a optimalizaci ve fázi vývoje je možné zajistit, že bude vyroben kvalitní produkt s minimalizací rizika, že bychom pak museli v reálném světě aplikovat dodatečné, finančně a časově náročné změny výrobního systému. Do nástrojů sady *Tecnomatix* patří i simulační nástroj *Process Simulate*, který slouží jak pro realistickou simulaci robotů, tak i pro detailní simulaci lidských montážních procesů pomocí modulu *Process Simulate - Human*. Ten umožňuje v rámci výrobního plánování vytvářet realistické simulace lidské činnosti. Tu je možné hodnotit pomocí obsažených ergonomických analýz. Pomocí nich je možné vyhodnotit lidskou výkonnost, bezpečnost, nebo vytvořit komplexní ergonomické studie. Tento modul je možné použít například při optimalizování layoutu, nebo ověření proveditelnosti ruční montáže. Model člověka v *Process Simulate* lze libovolně parametrizovat, tzn. definovat pohlaví, národnost, výšku, váhu, obezitu a její typ, percentil populace atp. Po definici postavy pracovníka se přistupuje k ergonomickým analýzám. Ty je možné provádět statické nebo dynamické. Na základě jejich výsledků je pak možné přímo v modelu přizpůsobit pracoviště, a pokud po změně pracoviště vyhovuje na základě analýz, promítnout tyto výsledky do reality. Výsledky ergonomických analýz je možné sledovat přímo, nebo ve formě reportů, které obsahují velké množství informací (úhly těla, kloubové zatížení atp.). Problematickou je při využití ergonomických modulů nástrojů digitálního podniku právě tvorba pohybu při dynamických analýzách, kdy je nutné vymodelovat pohyb člověka co nejvěrněji. Právě tento problém řeší použití nástrojů *Motion Capture* ve všech jeho podobách. Novou a levnou variantou je využití zařízení *Microsoft Kinect for Windows*.

## **Zařízení Microsoft Kinect for Windows**

Zařízení, od společnosti *Microsoft*, bylo primárně určeno pro ovládání herní konzole *Xbox 360* pomocí snímání lidského pohybu, avšak díky jejím výsledkům byla v roce 2012 uvedena na trh její verze *Kinect for Windows*, která pracuje pod operačním systémem *Windows 7* a s PC je propojena pomocí *USB*. Spolu se zařízením byl na trh puštěn i nekomerční vývojářský software *SDK - Software Development Kit*, který umožňuje vytvářet aplikace pro *Kinect* v programovacích jazycích *C#*, *C++* nebo *Visual Basic* pomocí aplikace *Microsoft Visual Studio*. Samotné zařízení *Microsoft Kinect for Windows* (viz *Obr 1.*) obsahuje *RGB* kameru, která snímá tři základní barevné složky a umožňuje i rozpoznávání obličeje. Další částí je hloubkový senzor, v podobě infračerveného projektoru ve spojení s monochromatickým senzorem *CMOS*. To umožňuje trojrozměrné snímání prostoru za jakýchkoliv světelných podmínek. Další součástí *Kinectu* je všesměrový mikrofón. Pomocí tohoto mikrofónu je možné ovládat *Kinect* hlasem. Zařízení *Kinect* také obsahuje 3 osý servomotor, který ho dokáže naklápět podle potřeby tak, aby byla snímaná osoba co nejlépe zachycena.

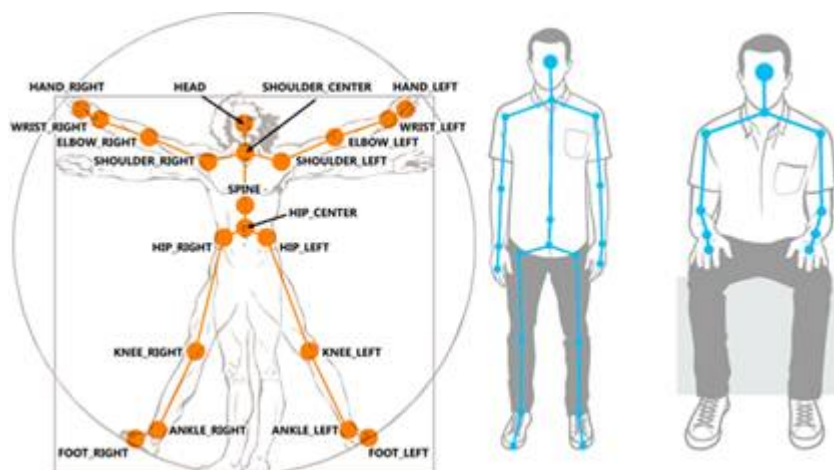


**Obr. 1. MS Kinect for Windows [2]**

Kromě užití, které v tomto příspěvku zmiňujeme, se plánuje využít *Kinect* ve zdravotnictví, nebo chemickém průmyslu. Důvodem je, že toto ovládací zařízení může být umístěno například za sklem mimo hlídanou zónu, kde zase může stát operátor. Dalším příkladem využití tohoto zařízení je jeho nasazení automobilkou *Toyota* jako ovladače pro roboty [3]. Samotné zařízení se testuje při skenování celého lidského těla a při rozpoznávání lidského obličeje [4]. Takové skeny lze využít pro tvorbu ještě přesnějších modelů lidské postavy [7].

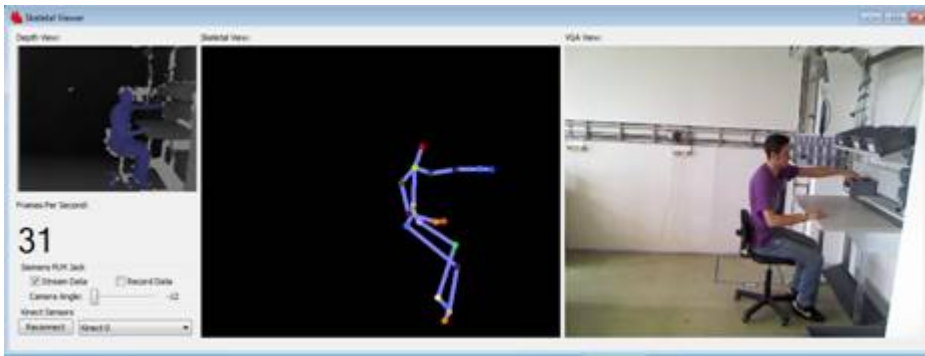
### Spojení MS Kinect s Tecnomatix Process Simulate Human

Téměř ihned po uvedení *Kinect* na trh představila společnost *SIEMENS* aplikaci *Skeletal Tracking*, součást balíčku *SDK*, upravenou aby komunikovala s nástrojem *Tecnomatix*. V rámci *Tecnomatixu* znamenaly úpravy instalaci pluginu *Skeletal Viewer*. Samotný *Skeletal Tracking* umožňuje rozpoznat postavu člověka a řídit se jeho pohybem. Pomocí *Kinect* je možné rozpoznat najednou až 6 osob, avšak detailně mohou být sledovány pouze dvě z nich. *Kinect* sleduje klíčové klouby osob a toho je schopen zatím pouze u 2 osob – viz *Obr. 2*



**Obr. 2. Klouby rozeznávané Skeletal Viewerem [5] a Skeletal Trackingem na stojící a sedící postavě [6]**

Tyto klouby jsou pak pomocí aplikace *Skeletal Viewer* sledovány na osobě v reálném čase, a tím je vytvářen celý pohyb osoby – viz *Obr. 3*.

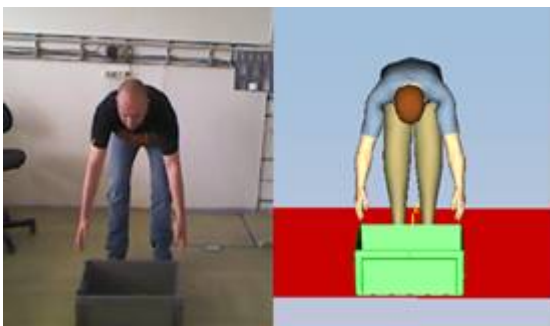


**Obr. 3. Aplikace Skeletal Viewer - sledování reálného člověka a jeho kloubů [8]**

Samotná aplikace *Skeletal Viewer* dokáže rozpoznat, zda se jedná o osobu sedící nebo stojící. Dle toho se snižuje nebo zvyšuje počet sledovaných kloubů. U sedící postavy 10 kloubů (horní polovina těla), u stojící osoby 20 kloubů – viz *Obr. 2*. Právě propojením *Kinect* se softwarem *Tecnomatix Process Simulate* byl získán dostupný nástroj pro zachycení a následné analyzování reálného lidského pohybu. Abychom demonstrovali přínos tohoto řešení, vytvořili jsme případovou studii. Tu jsme řešili jak pomocí klasického způsobu, kdy k vytvoření lidského pohybu bylo užito myši, klávesnice a příkazů v softwaru, tak pomocí *Kinect*. Výsledky obou jsme pak ještě porovnali s alternativním užitím klasického *Motion Capture* obleku.

### **Případová studie - porovnání práce s užitím Kinectu a klasického postupu**

Abychom demonstrovali možnosti obou metod, tedy užití klasických postupů oproti použití *Kinect*, stanovili jsme porovnání finančních nákladů a časové náročnosti práce. Vybrali jsme také jednoduchý pracovní úkon – ohnutí člověka a uchopení přepravky s výrobky. Aby bylo možné provést porovnání, oba tyto úkony byly provedeny nejprve klasicky v modulu *Process Simulate Human* pomocí myši, klávesnice a příkazů. Druhou alternativou bylo využití *MS Kinect*. U obou případů bylo nutné vytvořit digitální model pracoviště v *SW Process Simulate*. Tím pádem tento čas nemohl být zahrnut do porovnání obou metod. Výsledným sledovaným časem tedy byl čas modelování polohy člověka a hodnocení polohy těla člověka pomocí ergonomických analýz. Popsanou situaci zobrazuje následující obrázek – viz *Obr. 4*.



**Obr. 4. Skutečná a modelovaná poloha člověka [9]**

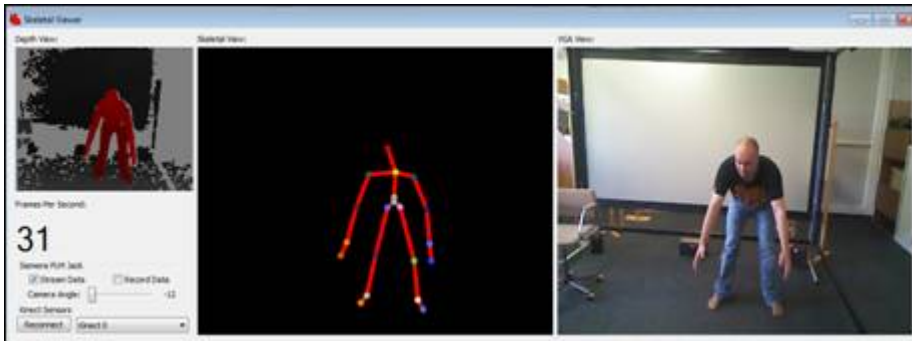
- ▣ Využití příkazů v rámci *Process Simulate Human*.

V rámci této části bylo klasicky užito myši, klávesnice, příkazů modulu *Process Simulate Human* a zkušeností pracovníka. Modelovaná poloha byla vytvořena pomocí funkce *Reach target* (uchopení objektu) a detailněji dokončena pomocí funkce *Man Jog* (umožňuje nastavení částí těla jeho ohýbáním v kloubech). Celkově trvalo modelování této pracovní polohy **1 minutu a 40 sekund**. Pracovní poloha pak byla ověřena pomocí ergonomické analýzy *OWAS*.

- ▣ Využití *MS Kinect for Windows*.

Nejprve bylo nutné vhodně umístit zařízení *MS Kinect*. Správné umístění ovlivňuje zkrácení pohybu (se zkracující se

vzdáleností roste). Optimální poloha souvisí i s výškou, která by měla odpovídat velikosti sledovaného člověka. Doba nastavení polohy zařízení je do výsledku zahrnut. Pro celý úkon je pak potřeba jeden technik, pro obsluhu softwaru, a jeden figurant, pro provedení pracovního úkonu. Sejmutím polohy je vytvořena virtuální referenční postava. Pomocí aplikace *Skeletal Viewer* je pak pohyb snímaného člověka přenesen do *Process Simulate Human* – viz Obr. 5.

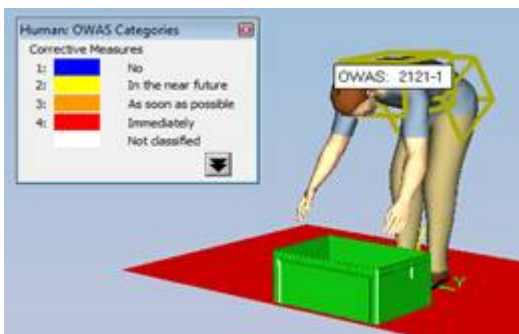


**Obr. 5. Snímání pohybu při úchopu bedny [8]**

Následně byla opět aktivována ergonomická analýza *OWAS*, která zobrazuje výsledky v reálném čase – viz Obr. 6. **Čas potřebný k vytvoření pracovní polohy**, byl roven času reálného pohybu, tedy **pouhé 2 sekundy** – viz Obr. 5.

### Vyhodnocení případové studie

Zdvíhaná přepravka byla příliš těžká a způsob zdvihání nebyl vhodný – viz výsledek ergonomické analýzy *OWAS* – viz Obr. 6 – červená barva – nutná okamžitá úprava pracovního pohybu. Hlavním cílem případové studie bylo porovnat možnosti, časovou náročnost a cenu při klasickém modelování a při využití technik *Motion Capture* (zachycení pohybu), které umožňuje zařízení *MS Kinect*.



**Obr. 6. Aplikace ergonomické analýzy OWAS na pracovní polohu [9]**

*MS Kinect* umožňuje nasazení online tedy možnost okamžitého nalezení optimální pracovní polohy – pracovník může být požádán o zaujetí takové pracovní polohy, která bude odpovídat minimalizaci rizika vzniku nemoci z povolání – kladný výsledek ergonomické analýzy. Také mohou být přímo ověřeny malé úpravy pracoviště. Úpravy v *Human Process Simulate* jsou časově náročnější a mohou být vázány na pracoviště projektantů – výsledky se do reálné výroby dostanou za určitý čas, i když může jít o malé úpravy. Nevýhodou užití *MS Kinect* mohou být problémy při umístění zařízení do optimální polohy. Dalšími omezeními může být například nedostatek místa pro umístění *Kinectu* (např. ověření montáže ve ventilátoru v šachtě), nebo mnoho objektů kolem snímané postavy.

### Závěr a shrnutí

Vzhledem k vyšší pořizovací ceně softwaru digitálního podniku, *Motion Capture* zařízení a nutnosti speciálně školeného personálu, je jejich větší nasazení výsadou hlavně automotive. Pořizovací cena těchto nástrojů však klesá a jsou používány i dodavateli nebo na univerzitách. Výhodou *MS Kinect* je vhodnost využití na jednom pracovišti a snímání

více pracovních poloh (jedna kalibrace). Jak vyplývá z tabulky (viz *Tabulka 1*) je možné pracovní polohu s využitím *MS Kinect* vyhodnotit řádově do několika sekund. Tím klesají náklady na pracovníka obsluhujícího SW. Další výhodou je přenositelnost zařízení a jeho nenáročnost (úpravy pracoviště u jiných *Motion Capture* technologií.). Pracovní polohy je možné zpracovávat přímo ve výrobě. Tím by bylo např. možné dlouhodobě sledovat činnost operátora a analyzovat, která pracovní sekvence během dne pro něj byla výhodná.

Způsob modelování	Čas modelování/snímání (sec)	Cena
Ruční modelování pohybu a polohy	100	Cena SW Process Simulate
Motion Capture pomocí MS Kinect	2	Cena SW Process Simulate + cena KINECT (215 USD - 10/12)
Motion Capture pomocí spec. obleku	2	Cena SW Process Simulate + Cena obleku (cca 50 000 USD)

**Tabulka 1. Porovnání sledovaných parametrů jednotlivých metod získání výsledku**

**Velmi významnou výhodou je pořizovací cena** zařízení *MS Kinect* až **cca 250x (!) nižší** než u klasických technologií *Motion Capture*. U klasických technologií, využívajících oblek, je nutné brát v úvahu nutnost obléci pracovníka. To sebou přináší další čas přípravy a oblékání. Daní při použití *MS Kinectu* je již zmiňovaná nižší přesnost v porovnání s klasickým *Motion Capture*. Nyní se pracuje na zvýšení přesnosti pomocí využití dvou zařízení *MS Kinect* (snímání zpředu a ze strany). Dále se chceme zabývat vhodnou kombinací s haptickými rukavicemi (pro přesné snímání úchopů). Využití *MS Kinectu* nemusí být nutně přínosem v každé situaci. Například v případě, kdy jsou některé části těla překrývány překážkami, může docházet k deformaci skeletu = deformace pohybů v *Process Simulate*. Dalším faktorem je osvětlení. Při vysokém osvětlení nebo ve světlém prostředí dochází k deformaci virtuálního skeletu. Kamera *Kinectu* není za těchto podmínek schopná rozpoznat všechny části figuranta. Zařízení bylo testováno i za plného venkovního osvětlení, kde byla práce s ním téměř nemožná. Vhodné se ukázalo kontrastní oblečení s pozadím scény. Prezentovaná a testovaná technologie *Motion Capture* pomocí *MS Kinect* spolu se softwarem *Process Simulate Human* se jeví jako vhodné a jednoduché řešení, pro zlepšování výrobních procesů a návrhů produktů. Podniky budou moci snadno, rychle a levně vytvářet simulace lidské činnosti a provádět úpravy produktů, pracovišť i pracovních postupů rychle, aby co nejvíce vyhovovaly člověku. Ve spojení s ergonomickými analýzami bude možné rychle identifikovat riziko vzniku ohrožení nebo přetížení člověka a v reálném čase a v reálném čase také vytvořit alternativu.

## Literatura

[1] Virtuální realita. *Wikipedie : otevřená encyklopedie* [online]. Stránka naposledy editována 5. 6. 2012 [cit. 2012-09-15]. Dostupný na WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Virtu%C3%A1ln%C3%AD\\_realita](http://cs.wikipedia.org/wiki/Virtu%C3%A1ln%C3%AD_realita)>.

[2] *Kinect for Windows Sensor Components and Specifications* [online]. Microsoft, c2012 [cit. 2012-10-17]. Dostupný na WWW: <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131033.aspx>>.

[3] DIGNAN, Harry. *Kinect for Windows : five ways to put it to use* [online]. CNET, January 10, 2012 [cit. 2012-10-19]. Dostupný na WWW: <[http://ces.cnet.com/8301-33372\\_1-57356034/kinect-for-windows-five-ways-to-put-it-to-use/](http://ces.cnet.com/8301-33372_1-57356034/kinect-for-windows-five-ways-to-put-it-to-use/)>.

[4] JING, Tong ...[et al]. (2012). Scanning 3D Full Human Bodies using Kinects. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, April 2012, vol. 18, issue 4, s. 643-650. ISSN: 1077-2626.



[5] *Renaud Dumont { .NET blog }* [online]. c2011-2012[cit. 2012-10-20]. Dostupný na WWW: <<http://www.renauddumont.be/wp-content/uploads/2012/04/Skeleton.png>>.

[6] *MSDN* [online]. Microsoft, c2012 [cit. 2012-10-21]. Dostupný z WWW: <<http://i.msdn.microsoft.com/dynimg/IC619728.png>>.

[7] WEISS, Alexander; HIRSHBERG, David; BLACK, Michael J. (2011). Home 3D Body Scans from Noisy Image and Range Data, Computer Vision (ICCV). In *2011 IEEE International Conference*. Barcelona, 2011. ISBN: 978-1-4577-1101-5.

[8] Aplikace Skeletal Viewer

[9] SoftwareProcess Simulate Human

### **Poděkování**

Příspěvek byl vytvořen za podpory projektu SGS-2012-063 s názvem: „*Integrovaný návrh výrobního systému jako metaprojektu s multidisciplinárním přístupem a využitím prvků virtuální reality*“, v rámci interní grantové agentury Západočeské univerzity v Plzni.

### **Vzorová citace**

GÖRNER, Tomáš ...[et al.]. Možnosti ergonomických analýz pracovních poloh s využitím reálného pohybu člověka v digitálním prostředí. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], 2012, roč. 5, č. 3-4. Dostupný z WWW: <<http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-03-04-2012/ergonomie-cloveka-v-digitalnim.html>>. ISSN 1803-3687.

---

Autor článku:

[Ing. Ondřej Kurkin](#)

[Ing. Patrik Polášek](#)

[Ing. Petr Hořejší](#)

[Ing. Tomáš Görner](#)