



# Lacné riešenia sú ešte lacnejšie, sofistikované sú dostupnejšie

Vizuálnu kontrolu a kontrolu kvality v mnohých podnikoch bežne vykonávajú ľudia. Aj keď ľudia dokážu v mnohých prípadoch vykonávať prácu lepšie ako stroje, sú pomalší a rýchlo sa unavia. Navyše odborníkov je často veľmi problematické vôbec nájsť a udržať si ich, vyžadujú si zaškolenie a chvíľu trvá, kým získajú požadované skúsenosti. Pre niektoré prostredia je dokonca vykonávanie kontroly ľudskou silou ťažké a nebezpečné. Práve preto sa čoraz viac začínajú v praxi presadzovať počítačom podporované systémy na snímanie a spracovanie obrazu (SSO). S Mgr. Martinom Balogom a Mgr. Vladimírom Držikom zo spoločnosti DATALAN, a. s., sme sa porozprávali aj o tom, ako sa dá vďaka týmto systémom znížiť množstvo odpadu vo výrobe pri dodržaní kvalitatívnych parametrov.

## Aký je stav využívania systémov SSO na Slovensku?

**Balog:** Z nášho pohľadu vidíme na Slovensku trend nasadzovať pomerne jednoduché, jednoúčelové systémy SSO, či už prostredníctvom inteligentných „smart“ kamier alebo obrazových snímačov. Používajú sa tiež hotové riešenia, ktoré prichádzajú na Slovensko ako súčasť dodávok technologických zariadení a strojov. Pomerne málo sa zatiaľ u nás realizujú aplikácie so zložitejšími konfiguráciami systémov SSO vyvíjaných na zákazku. To je asi ten základný rozdiel medzi trhom na Slovensku a tým, čo máme možnosť vidieť v západnej Európe, Amerike či Ázii.

## Ako by ste zhodnotili z vašich stretnutí so zákazníkmi na Slovensku ich povedomie o tejto oblasti?

**Balog:** Je to individuálne, ale za posledných päť rokov sa povedomie slovenských podnikov o možnostiach a prínosoch systémov SSO podstatne zlepšilo.



Mgr. Martin Balog

## Ktoré typy aplikácií sú na nasadenie systémov SSO vhodné?

**Balog:** Vo všeobecnosti platí, že najvýhodnejšie je nasadiť tieto systémy na automatickú kontrolu výrobkov pri veľkosériovej a vysokorychlostnej produkcii. Také aplikácie možno nájsť takmer v každej oblasti výrobného priemyslu, pričom v mnohých prípadoch ide o jediný možný spôsob, ako zabezpečiť kontrolu výrobkov.

**Držik:** Systémy SSO sú okrem toho zaujímavé aj pre výrobcov strojných zariadení, prípadne celých výrobných liniek, kde sú priamo súčasťou riadenia takéhoto zariadenia. Práve tu nachádzajú uplatnenie snímače obrazu (vision sensors), čo je z hľadiska funkcionality, používania a ceny najjednoduchšia verzia systémov SSO. No tie nie sú schopné riešiť zložitejšie úlohy snímania a spracovania obrazu.

## Je dnes vôbec výhodné využívať na kontrolu kvality výrobkov ľudí?

**Balog:** Existujú aplikácie, kde treba vykonávať veľmi zložitú kontrolu, príp. samotný kontrolovaný produkt je veľmi komplikovaný. Vytvoriť univerzálny systém schopný zvládnuť celú tú zložitú kontrolu je často veľmi náročné, niekedy nemožné. Vtedy je ešte stále výhodné využiť pri kontrole ľudí. To však nerieši problémy objektivity a spoľahlivosti kontroly.

## Kedy by si teda mali manažéri zodpovední za výrobu spomenúť na systémy SSO?

**Balog:** Vždy, keď majú problém s dodržaním nejakých kvalitatívnych parametrov výroby. Tieto systémy možno využiť aj ako súčasť riadenia technologických procesov, kde sa dajú navrhnuť špecifické modely snímania a vyhodnocovania parametrov výrobkov, na základe ktorých sa dá regulovať nejaká prevádzková veličina.

## Z akých hardvérových a softvérových prvkov sa skladajú systémy SSO?

**Balog:** V minimálnej verzii z jedného snímacieho prvku – kamery. Každá kamera potrebuje nejaký typ objektívu, ktorý privádza na snímací čip svetlo zo snímanej scény. Nasleduje spracovanie signálu či už priamo v kamere alebo externej riadiacej jednotke, príp. v nejakom počítači – priemyselnom alebo štandardnom PC.

## Úspešnosť aplikácie asi dosť závisí aj od správneho výberu zdroja osvetlenia...

**Balog:** Súhlasím. Keďže sa sníma svetlo, podstatnou súčasťou tejto konfigurácie je aj zdroj svetla. Jeho správny výber a nastavenie tvorí päťdesiat percent úspechu celej aplikácie systému SSO. Svetelný zdroj zabezpečuje, že chyby, ktoré majú byť detegované, budú v zosnímanom obraze naozaj viditeľné.

## Aké požiadavky sa kladú na softvérovú časť systémov SSO?

**Balog:** To závisí od toho, ako je navrhnutá celá aplikácia – riadenie, spracovanie obrazu a pod. Sú systémy, kde je logika riadenia zabudo-



vaná priamo v kamerách – to sú už spomínané inteligentné kamery. K nim sa dodávajú softvérové nástroje umožňujúce nakonfigurovať parametre kontroly, obsiahnuté v programe bežiacom vnútri kamery. Ak riadenie nebeží priamo v kamere, možno tie isté alebo podobné softvérové nástroje nainštalovať aj do inej riadiacej jednotky, prípadne priemyselného PC. Pre špecifické aplikácie sa softvér vyvíja na zákazku buď od základov, alebo s využitím dostupných knižníc a frameworkov.

**Z hľadiska komunikačných rozhraní sa pre systémy SSO vo veľkej miere využívalo FireWire, ale ethernetové technológie aj tu zaznamenali svoj rozmach...**

**Balog:** Pokiaľ spracovanie obrazu neprebíha priamo v kamere, existuje viacero alternatív na komunikáciu medzi kamerou a vzdialenou jednotkou riadenia, ktoré prechádzajú prudkým vývojom. Kedysi kráľovali rozhrania, ako FireWire, CameraLink a pod. Dnes je trendom prechod na rozhranie gigabitového ethernetu s označením GigE, kde dochádza aj k jeho štandardizácii. Ethernetové rozhranie akceptuje množstvo výrobcov a jeho dátová priepustnosť stačí pre veľké množstvo aplikácií.

**Držík:** Špeciálne rozhrania si zachovávajú uplatnenie napríklad pre vysokovýkonné aplikácie, príp. aplikácie s kamerami s vysokým rozlíšením, kde predsa len dominuje rozhranie CameraLink vďaka svojej vysokej priepustnosti.

**Ak sa už zákazník rozhodne nasadiť systém SSO, čím by mal v rámci tohto projektu začať?**

**Balog:** Zákazník by sa mal v prvom rade zamýšľať nad tým, čo od systému očakáva, a nie nad tým, z čoho má byť vyskladaný. Mal by sa zamyslieť, či je jeho cieľom získať len informáciu typu „dobrý“ alebo „zlý“ výrobok, alebo či chce s informáciami zo systému SSO aj ďalej pracovať. Mal by potom vedieť, aké parametre chce kontrolovať, aká je asi požadovaná kapacita systému SSO, rozmanitosť kontrolovaných výrobkov vo forme výkresovej dokumentácie a pod. Ak ide o kontrolu defektov výrobkov, určite by mal byť k dispozícii chybovník s ich fotografiami a úplne ideálne aj reálne chybné výrobky – vzorky defektov. Tie sa predložia dodávateľovi systému SSO na posúdenie, z ktorého potom vyplynie funkcionálna funkcia systému SSO.

**Sú tieto informácie pre dodávateľa postačujúce, alebo treba pre návrh systému SSO ešte doplniť detailnejšie vstupné informácie?**

**Balog:** Určite je dobré vedieť, či systém SSO bude súčasťou dodávky s nejakým strojným zariadením, alebo sa bude inštalovať do existujúcej technológie. Tieto informácie stačia na prvotné posúdenie realizovateľnosti, odhad cenovej a časovej náročnosti systému. Potom budú určite nasledovať ďalšie iterácie doladovania celého riešenia.

**Možno po technickej stránke zákazníkovi kompletne vyhovieť vo všetkých požiadavkách?**

**Balog:** Niekedy je dobré rozmyslieť si, aká je prioritou požiadaviek. Či možno z niektorých ustúpiť a výrazne tak zjednodušiť a zlacniť systém, alebo či sú všetky naozaj nevyhnutné. Pri návrhu riešenia sa môže prísť k bodu, keď niektoré riešenia nemožno zrealizovať, alebo ak áno, tak s veľkými nákladmi.

**Zvyknete pripraviť zákazníkovi aj nejaké alternatívne riešenia, z ktorých si môže vybrať?**

**Balog:** Ak ide o jednoduchý systém, tak tam veľa alternatív ani reálne neexistuje. Ak ide o zložitejší systém, pri ktorom si zákazník nie je istý návratnosťou investície a úspechom celého projektu, zvykneme realizovať aj prototyp. Vytvoríme laboratórny systém, na ktorom sa prostredníctvom vzoriek získaných od zákazníka otestuje jeho funkčnosť a úspešnosť. Zákazník má tak možnosť vidieť, či jeho investícia bude úspešná a že nenarazí na nejaké zásadné problémy. A je to vhodné aj pre nás, ako dodávateľa, že v rámci takéhoto zadania nenarazíme na nejaké riziká alebo obmedzenia, ktoré nebudeme vedieť prekonať v rámci stanoveného rozpočtu a zadania.

**Na čo by si mali dávať koncoví zákazníci pozor pri výbere hardvérových a softvérových komponentov systému SSO?**

**Držík:** Čo sa týka kamery, tak jedným z dôležitých parametrov, ktorý treba odsledovať, je jej rozlíšenie, s ktorým potrebujeme snímať výrobky. Z charakteru snímaného výrobku vyplýva voľba typu kamery – riadková alebo plošná. Ďalej sa treba rozhodnúť, či spracovanie obrazu bude prebiehať vnútri alebo mimo kamery, čo závisí od zložitosti samotnej kontroly a použitých algoritmov.

**Kedy je výhodnejšie prikloniť sa k spracovaniu v kamere?**

**Balog:** Výhodou spracovania obrazu zabudovaného v kamere je, že toto riešenie je kompaktné, oveľa jednoduchšie na nasadenie, nevyžaduje si dodatočnú kabeláž či rozvážače na umiestnenie riadiacich jednotiek. Na druhej strane je takéto riešenie obmedzené z hľadiska výpočtového výkonu a realizácie zložitejšej kontroly, prípadne možnosti byť súčasťou riadenia samotného technologického procesu.

**Držík:** Navyše ak má zákazník záujem aj o štatistické vyhodnocovanie kontroly, príp. iné pokročilejšie funkcie vo väzbe na nadradené systémy typu MES, tak pri riešení s inteligentnou kamerou to nebude možné, alebo to bude veľmi zjednodušené, pomalšie a pod. Okrem toho má takéto riešenie aj obmedzenie z hľadiska vývoja špecifických algoritmov spracovania obrazu, ktoré by zákazník pre svoju aplikáciu potreboval. Máme skúsenosti s niekoľkými typmi inteligentných kamier, kde sa zákaznícka prispôbitelnosť dá realizovať len v obmedzenej miere. Iné kamery neumožňujú ani to a zákazník si musí vybrať z vopred preddefinovaných tzv. operátorov spracovania obrazu. Riešenie s inteligentnými kamerami je vhodné tam, kde sa do budúcnosti nepredpokladá veľká zmena procesov a rozšírenie funkcionality systému SSO.

**S kamerou potom priamo súvisí aj optika...**

**Držík:** Tá sa montuje priamo na kamery. Dôležité sú tu dva faktory. Objektív sa dá teoreticky navrhnuť pre ľubovoľnú pracovnú vzdialenosť, avšak pri malých pracovných vzdialenostiach môže dochádzať



Mgr. Vladimír Držík



k deformáciám snímaného obrazu. Vhodnú pracovnú vzdialenosť kamery treba navrhnuť podľa danej aplikácie a k tomu prispôbiť ohniskovú vzdialenosť objektívu tak, aby sme využili maximálnu veľkosť snímanej plochy, ktorú kamera dokáže obsiahnuť. Druhým parametrom, na ktorý sa často pri špecifikácii optiky zabúda, je jej optické rozlíšenie. Dnes už nie je problém zakúpiť aj 5 Mpix priemyselné kamery, avšak objektívy, ktoré by boli schopné ostro kresliť na 5 Mpix CCD čip, nie sú až tak cenovo dostupné. Často na tento nesúlada neupozorní ani samotný dodávateľ SSO a zákazník potom platí za drahšiu kameru s vysokým rozlíšením, no s objektívom, ktorý nie je schopný v takejto kvalite obrázkov zosnímať.

**Aby sa podarilo získavať obrázky v požadovanej kvalite, je nevyhnutné nasvietiť scénu tým správnym osvetlením. Aké pravidlá platia v tejto súvislosti?**

**Balog:** Čo sa týka osvetlenia, kľúčovým prvkom je návrh vlnovej dĺžky, resp. farby osvetlenia. V súčasnosti sa využívajú v maximálnej miere zdroje svetla na báze LED diód, ktoré majú vysokú krátkodobú a dlhodobú stabilitu intenzity osvetlenia aj farieb. Druhá vec je dostatočný výkon svetelného zdroja, aby bolo možné dosiahnuť krátke expozičné časy a aby sa zabránilo rozmazaniu obrazu počas snímania pohybujúcich sa produktov. Nie všetci zákazníci vedia, že pri aplikáciách s čierno-bielym snímaním obrazu, ktoré tvoria asi 95 % aplikácií v priemysle, je skutočne výhodné používať monochromatické svetlo s jednou vlnovou dĺžkou. Najčastejšie sa používa svetlo červenej farby. Monochromatický zdroj svetla pomáha snímať obraz s vyššou ostrosťou, pretože pri svetle viacerých vlnových dĺžok je lom svetla pre každú z týchto vln iný a nie všetky objektívy sú schopné tieto vlastnosti korigovať a môže dochádzať k rozostrovaniu hrán snímaného produktu. Treba si dať pozor na to, že nie pre každú aplikáciu je vhodné používať svetlo červenej farby.

**Vplyvajú na výber osvetlenia aj okolité svetelné podmienky?**

**Balog:** Pre systémy SSO platí, že je vhodné mať okolité svetelné prostredie čo najuniformnejšie. Cudzie zdroje svetla – či už umelé alebo prírodné – slnečné – menia podmienky, pri akých bola daná aplikácia systému SSO navrhovaná, čo môže viesť aj k jej úplnej nefunkčnosti.

**Držík:** Ak je možnosť stanoviť snímajúce miesto systémom SSO zatieniť, tak to treba vždy spraviť. Ak by predsa len bolo treba kompenzovať rozptýlené, nie priame slnečné svetlo, môže sa to robiť napr. automatickou úpravou expozičnej doby kamery, čo však komplikuje celú aplikáciu.

**Pri výbere rozhraní treba zvažovať ich vhodnosť použitia do priemyselného prostredia aj vzdialenosti medzi kamerou a riadiacou jednotkou...**

**Držík:** Nie všetky rozhrania používané v aplikáciách systémov SSO sú určené do priemyselného prostredia a potom dochádza napr. k mimovolnému vypadnutiu konektorov pre vibrácie. Pri dlhých signálnych trasách je veľmi dôležité ich elektromagnetické tienenie. Kamery pracujú s vysokorýchlostnými signálmi náchylnými na rušenie, ktoré ich môže znehodnotiť, príp. až krátkodobou znefunkčniť celý systém. Komunikačné rozhranie FireWire je z hľadiska dĺžky kábla obmedzené podľa normy len na 4,5 m, existujú aplikácie aj s 10 m káblami, ale v niektorých typoch prostredia už klesá spoľahlivosť prenosu. Potom treba nasadiť napr. aktívne opakovače, príp. konvertory na optickú kabeláž, ktoré dokážu zabezpečiť vzdialenosť prenosu aj do stoviek metrov. V súčasnosti jednoznačne nastupuje trend využívania rozhrania GigE.

**Posledným článkom v reťazci je spracovanie a vyhodnotenie zosnímaných obrazov...**

**Balog:** Tu môžeme hovoriť o riadiacej jednotke a softvéri, ktorý v nej beží. Ak očakávame len jednoduchú kontrolu s výstupom „dobrý/zlý“ výrobok bez ďalšieho spracovania, môže sa takýto systém riešiť inteligentnou kamerou so softvérom bežiacim vnútri.

**Držík:** V takomto riešení ide o 2, príp. 4 digitálne izolované vstupy/výstupy, takže tam sa už vopred neráta, že by sa komunikovalo nejaké väčšie množstvo údajov.

**Balog:** Dôležité je aj rozhodnutie, či si zákazník želá do budúcnosti definovať v systéme SSO nové typy kontrol pre nové typy výrobkov. Tu sa dostávame k otázke zložitosti a komfortu takýchto úprav zo strany zákazníka, či má k tomu nejaké prehľadné vizuálne nástroje, alebo či to musí riešiť formou úprav programu alebo konfiguračných súborov, čo je menej intuitívne a zložitejšie.

**A čo systémy SSO na báze PC?**

**Balog:** V tomto prípade už ide o zložitejšie aplikácie, kde sú k dispozícii oveľa väčšie výpočtové aj vizualizačné možnosti. Tu dokážeme zákazníkovi poskytnúť obrázky s popisom rozmerov výrobku, s vyznačením nájdených defektov, čím sa celá aplikácia aj pre bežného operátora s minimálnym zaškolením maximálne sprehľadní. Pre ďalšie stupne riadenia v podniku je dôležité nielen odpad vytriediť, ale hlavne znížiť jeho množstvo. Tam je dôležité, aby systém SSO vedel poskytnúť viac ako len informáciu „dobrý/zlý“, čiže „prečo“ bol výrobok zlý a „ako veľmi“ bol výrobok zlý. Údaje tohto typu potom možno využiť v systémoch štatistického riadenia procesov alebo iných metód, ktoré sú v nami realizovaných aplikáciách často súčasťou softvérovej aplikácie. Riešime to dvojstupňovo – najprv sa vo fyzikálnych jednotkách vypočítajú parametre, akú sú rozmery, uhly výrobkov, príp. plocha defektu a pod., a následne sa vykoná ich porovnanie s toleranciami. Pomocou vizualizácie trendov potom možno zistiť, či korektívne opatrenia vykonané operátormi mali vplyv na zlepšenie stability procesov, resp. zmenu negatívneho trendu späť do očakávaných hodnôt. Takto zbierané údaje je potom vhodné posúvať aj na vyššie výrobné informačné systémy typu MES, MIS.

**Držík:** Pokiaľ ide o sofistikovanejší systém SSO na báze PC, tak tam prichádza do úvahy aj jeho využitie na spätnú reguláciu samotného snímaného procesu. Pokiaľ sa systémom SSO meria nejaká veličina a tá sa zmení mimo tolerančného pásma, vyšle systém informáciu do riadiaceho PLC, ktoré musí v rámci svojich algoritmov zabezpečiť korekciu v procese.

**Toto je však možné len vtedy, ak je systém SSO priamo súčasťou výrobného procesu.**

**Balog:** Presne tak, toto je prípad nasadenia systému SSO v spojitom výrobnom procese, napr. na výrobnéj linke nejakého produktu. Pokiaľ sa robí kontrola offline, na nejakom samostatnom pracovisku, možno údaje o chybných výrobkoch zbierať, vyhodnocovať a získavať tak know-how potrebné na vyladovanie procesov.

**Do akej miery využívajú systémy SSO algoritmy umelej inteligencie, ako sú neuronové siete, genetické algoritmy či fuzzy systémy?**

**Držík:** Tieto algoritmy sa využívajú v aplikáciách klasifikácie, kde treba o výrobkoch povedať nielen to, či sú dobré alebo zlé, ale kde ich treba na základe zistenia viacerých parametrov roztriediť do niekoľkých skupín. Inými slovami, ak treba ten istý výrobok posúdiť podľa viacerých kritérií, tak vtedy prichádza na rad umelá inteligencia. Faktom však je, že pokiaľ systém nie je jednoúčelový, podnik potrebuje mať k dispozícii aspoň jedného človeka, ktorý danému systému SSO bude rozumieť na porovnateľnej úrovni ako samotný dodávateľ. Pokiaľ sa do systému zakomponujú spomínané pokročilé metódy, prichádza riziko, že daný operátor v podniku neporozumie systému celkom presne a nebude schopný takýto systém nastavovať.

**Aké sú teda prínosy nasadenia systémov SSO pre koncového zákazníka?**

**Balog:** Časť mojej odpovede bude klasické klíše – systémy SSO môžu ušetriť náklady na kontrolu v podobe ľudskej pracovnej sily, nakoľko ide o jednorazovú investíciu s relatívne nízkymi nákladmi v porovnaní s ľudskou kontrolou, zvýši to spoľahlivosť a kvalitu kontroly a v neposlednom rade to môže redukovať náklady na vzniknuté reklamácie,



ktoré napr. v prípade automobilového priemyslu môžu byť až fatálne. Na druhú stranu si treba uvedomiť, že pokiaľ dôsledne a detailne sledujeme kvalitu a nemáme pod kontrolou procesy, množstvo odpadu, ktoré môže na začiatku vznikáť, môže zákazníka nemilo prekvapiť a odradiť. S rastúcim množstvom odpadu sa zvyšuje strata, ktorú systém SSO spôsobuje, a zákazník nie je podľa našich skúseností na to pripravený. Ak systém začne produkovať päť percent odpadu oproti pôvodnému jednému percentu, tak sa treba pozrieť, či nám tie štyri percentá predtým unikali, príp. či možno zvoliť tolerancie. Alebo naopak, čo je omnoho lepšie, ale aj náročnejšie, zlepšiť výrobný proces tak, aby sa dosahovala požadovaná kvalita. Takéto riziká si musí uvedomiť každý manažér projektu nasadenia systému SSO už na začiatku.

**V minulom roku zaznamenali najväčší prírastok z hľadiska počtu nových aplikácií systémy SSO na báze 3D kamier. Možno to považovať za trend?**

**Balog:** Jedným z trendov poslednej doby sú naozaj aplikácie s 3D kamerami, ale tie zase nie sú použiteľné v hocijakej aplikácii. Výhodou je len to, že sa znižuje ich cena, zvyšuje sa rýchlosť a presnosť, takže na tie aplikácie, pre ktoré boli vždy určené, sa nasadzujú masovejšie. Druhou témou je zvyšovanie rýchlosti snímania a rozlíšenia kamerových systémov.

**Kde sa v súčasnosti pohybuje strop bežných aplikácií z hľadiska rýchlosti spracovania a rozlíšiteľnosti?**

**Držík:** V počte obrázkov za sekundu sa pohybujeme v bežných aplikáciách na úrovni 200 fps a z hľadiska rozlišovacej schopnosti na úrovni 5 Mpix. Do tejto hodnoty sa aj ceny kamier pohybujú lineárne, pri vyššom rozlíšení ceny kamier stúpajú iným gradientom.

**Balog:** S nárastom rýchlosti spracovania obrazu a zvyšovania výkonu výrobných liniek vzrastá aj potreba rýchlejšej komunikácie medzi kamerou a riadiacim systémom. Špecificky sa to prejavuje napr. pri vytriedovaní chybných výrobkov z rýchlobežiacej linky, ktorá sa pohybuje rýchlosťou niekoľko kusov alebo desiatok kusov výrobkov za sekundu. Niektorí naši zákazníci musia vyhodiť niekoľko výrobkov pred a niekoľko za, aby s určitou trafili ten chybný. Toto, samozrejme, vplýva aj na návratnosť systému SSO. Máme už nasadený aj overený systém, kde sme zákazníkovi znížili odpad na tretinu práve preto, že nemusel vyhadzovať ani jeden dobrý výrobok pred ani za tým, ktorý bol chybný, ale vyhodil len ten chybný. To sa podarilo vďaka rýchlym riadiacim kartám s FPGA technológiou (hradlové polia). Práve FPGA zabezpečuje synchronizáciu s výrobnou linkou v reálnom čase, spúšťajú sa tam vysokovýkonné riadiace a komunikačné slučky. Navyše FPGA technológia dokáže zabezpečiť synchronizáciu viacerých kamier, čo napr. odbúrava problém dupľovania toho istého defektu.

**Objavujú sa vďaka zlepšeniam v hardvéri a softvéri aj nové možnosti nasadenia systémov SSO?**

**Držík:** Určite áno. Objavujú sa sofistikované aplikácie, ktoré doteraz nebolo možné riešiť. A to najmä vďaka 3D kamerám, zvyšujúcej sa rýchlosti komunikačných rozhraní, vyššiemu výpočtovému výkonu na strane PC, paralelnému programovaniu a paralelným metódam výpočtov, umelej inteligencii a pod. A na druhej strane je trendom v tých najjednoduchších aplikáciách zostrenie konkurencie medzi výrobcami obrazových snímačov, ktorí sa predhávajú v čo najnižšej cene, v komforte rozhrania na nastavovanie, vo väčšom počte ešte výkonnejších možností. Vďaka tomu sú koncoví zákazníci často schopní vystať si aplikáciu aj sami. Lacné aplikácie sa stávajú ešte lacnejšími a sofistikované aplikácie sa stávajú možnými.

*Ďakujeme za rozhovor.*