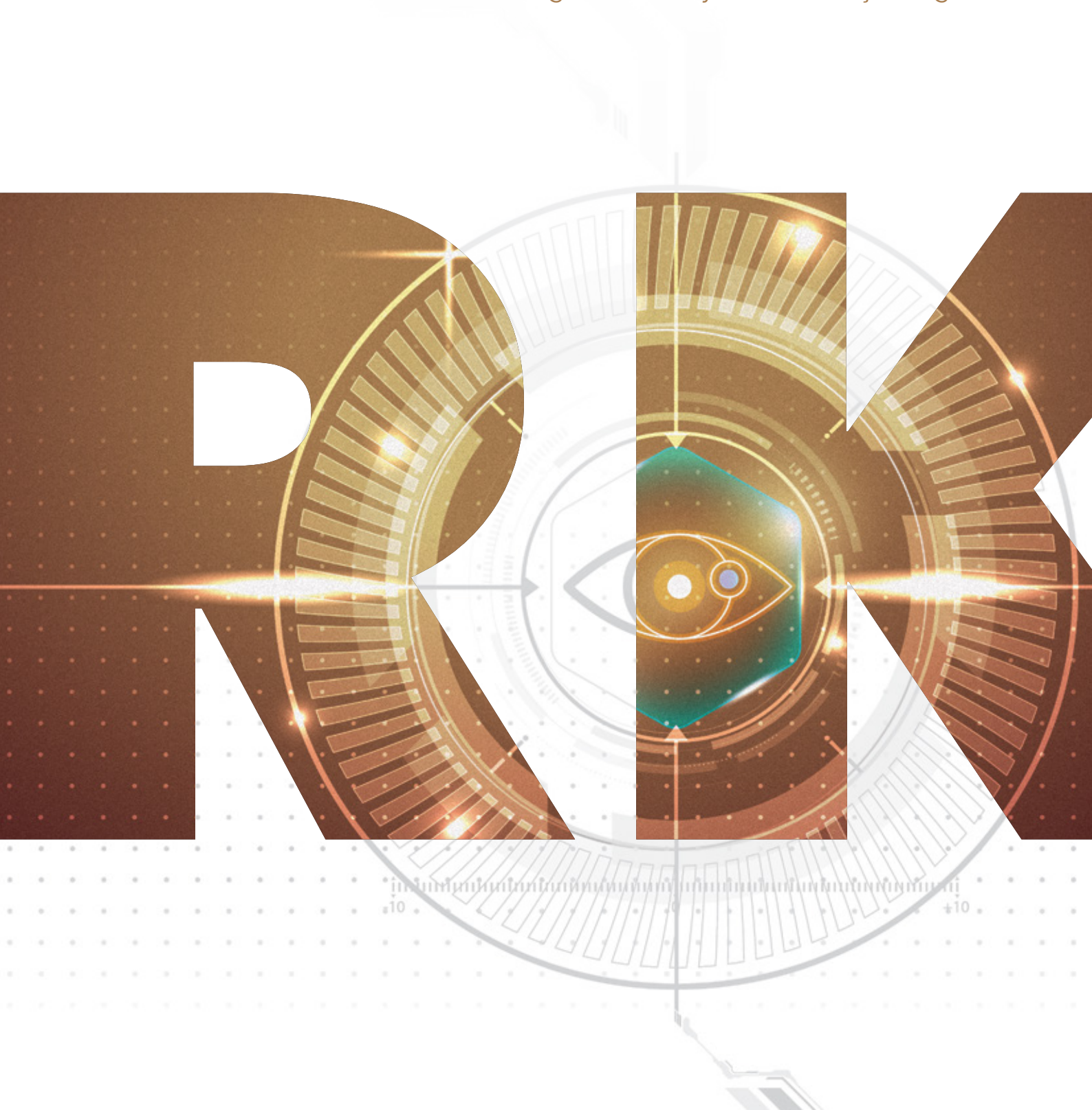


# RIADENIE KVALITY, VÝSTUPNÁ A LABORATÓRNA KONTROLA A ANALÝZA

Scenár digitalizácie s využitím umelej inteligencie



## POPIS

Umelá inteligencia založená na neurónových sieťach je kľúčovým softvérovým komponentom tzv. machine vision systémov, ktoré majú veľké možnosti uplatnenia vo výrobných podnikoch, ale aj laboratóriách a nemocniciach. Vision systém je v kontexte kontroly kvality a laboratórnej analýzy prístroj, ktorý automatizuje proces kontroly kvality alebo iného vyhodnocovania výrobkov a vzoriek. Expertných pracovníkov, ktorí obvykle kontrolu kvality či laboratórnu analýzu vykonávajú buď dopĺňa (AI asistent), alebo ich nahrádza čiastočne, či dokonca úplne.

### Vision systém je zostavený z nasledovných komponentov:

- Mechanika - hardvérové komponenty a riadiaci systém zabezpečujúci manipuláciu s výrobkom, pohyby a akcie snímačej sústavy a orchestrácia jednotlivých komponentov prístroja;
- Snímacia sústava - kamery, resp. iné senzory zachytávajúce vzorku do digitálnej podoby, osvetlenie, odtienenie od vonkajších elementov;
- Softvér - sústava softvérových komponentov, ktoré zabezpečujú funkčnosť používateľského rozhrania, komunikáciu s niektorými nadradenými systémami, no predovšetkým vyhodnotenie výrobku/vzorky.

Správna mechanika, ako aj snímacia sústava sú mimoriadne dôležité. Jadrom systému je však bezpochyby softvér, konkrétne jeho komponent, ktorý zabezpečuje vyhodnotenie výrobku/vzorky.

Existuje široké spektrum komerčne využívaných vision systémov - s variabilitou snímania (multispektrálne, UV, 3D, rôzne typy mikroskopov a NDT prístrojov), mechaniky aj aplikácie (analýza biologických materiálov, tkanív, živých organizmov, archeologických nálezov, hornín, forenzných vzoriek, atď.). Pre prehľadnosť sa v ďalšom texte obmedzíme na vision systémy pre povrchovú vizuálnu kontrolu výrobkov v priemysle, ktoré sú jednoznačne najčastejšie aplikovanou technológiou.

Obmedzíme sa na systémy postavené na neurónových sieťach, ktoré hlavne po roku 2012 a nasledovnom rozmachu technológie umelej inteligencie systematicky nahrádzajú staršie algoritmické expertné systémy. Dôvodom je ich spoľahlivosť, presnosť, robustnosť na variácie v okolitých podmienkach a na variabilitu vzhľadu výrobkov, ale aj schopnosť zlepšovať sa. Technologická revolúcia spojená s využívaním umelej inteligencie navyše otvorila úplne nové možnosti aplikácie, ktoré boli s využitím klasických algoritmických expertných systémov považované za úplne nevhodné pre automatizáciu.

### Z pohľadu typu riešenia má nákupca niekoľko možností:

- Riešenie (stroj) na kľúč - nákup sériového/konfekčného riešenia alebo zákazkový vývoj. Dodávateľ spravidla za súčinnosti priemyselného podniku dodá všetky tri komponenty spojené do fungujúceho celku a pomôže s integráciou do výrobného procesu;
- Softvér - ak už má podnik nasadenú mechaniku a vhodne zvolenú snímaciu sústavu, je možné vykonať iba vývoj a integráciu machine vision softvéru.

### Čo sa týka softvéru, v prípade riešenia na kľúč aj čisto softvérového vývoja má podnik na výber z nasledujúcich možností:

- Vlastný vývoj pomocou open source knižníc - pre dosiahnutie uspokojivej kvality je potrebná výrazná expertíza a časová investícia vlastného tímu zameraného na umelú inteligenciu. Preto je táto možnosť spravidla relevantná iba pre vývojové centrá najväčších svetových priemyselných korporácií;
- Využitie štandardizovaných komerčných nástrojov a knižníc - vhodné riešenie najmä pre jednoduché a jednoznačné zadania. Podnik obdrží licenciu a užívateľské rozhranie, prostredníctvom ktorého zaškolený pracovník zabezpečuje tzv. tréning umelej inteligencie. Nevýhodou je nízka miera podpory, nutnosť vysokej alokácie interných zamestnancov a rigidnosť týchto konfekčných systémov;
- Zákazkový vývoj - hybridný spôsob, dodávateľ zabezpečí iniciálny vývoj až do okamihu nasadenia a prostredníctvom dedikovaného rozhrania v prípade potreby umožní zákazníkovi ďalšie tréningové riešenie. Táto populárna možnosť je odporúčaná pri väčšine netriviálnych zadaní a takisto v prípade, ak podnik nemá ešte nasadený vision systém na báze umelej inteligencie. Výhodou je vysoká pravdepodobnosť úspechu, vysoko presné špecializované riešenie a nízke vyťaženie interných zdrojov. Nevýhodou je o niečo vyššia cena.

Prevažnej časti zákazníkov, používajúcej AI v procesoch výroby, ide zväčša o vývoj na mieru s počiatočným výskumom a tvorbou prototypu pre demonštráciu funkčnosti u konkrétneho zákazníka a na základe dosiahnutých výsledkov a požiadaviek sa následne pristúpi k návrhu finálneho riešenia.

## PREDPOKLADY

### Proces

Automatizovaným procesom je vizuálna kontrola výrobkov či vzoriek. Plná automatizácia pomocou vision systému na báze umelej inteligencie je možná tam, kde je pre odhalenie defektu alebo analýzu vzorky postačujúca čisto vizuálna kontrola bez nutnosti dodatočnej napr. hmatovej analýzy. Z hľadiska nákladov je

vhodné nasadenie na kontrolu tvarovo nie príliš zložitých výrobkov (teda takých, ktorých relevantné plochy je možné nasnímať s malým počtom kamerových pozícií). Z hľadiska ROI je vhodné nasadenie v sériovej výrobe obzvlášť tam, kde kontrola zamestnáva viacero pracovníkov. Vhodným dôvodom pre nasadenie býva aj nedostatočná spoľahlivosť a konzistentnosť ľudskej vizuálnej kontroly kvality. Nasadenie umelej inteligencie v týchto prípadoch prispieva k zníženiu objemu reklamácií.

### Dáta

Podnik musí zabezpečiť dostatok vzoriek podľa typu riešenia – buď fyzických exemplárov výrobku alebo digitálnych snímok. Vzorky musia obsahovať jednak bezchybné, ale aj defektné kusy, ktoré by mali zahŕňať všetky očakávané typy defektov a všetky variácie výrobku pre korektné a aj chybné kusy. Potrebné počty sa pohybujú od niekoľko desiatok, stoviek až tisícok exemplárov, v prípade zákazkového vývoja softvéru spravidla menej, ako pri iných formách vývoja. Najmä v prípade výroby s nízkou chybovosťou je ale nutné nastaviť proces na zber defektných kusov, nakoľko obzvlášť zber vzoriek s raritnými defektami často trvá mesiace.

### Aplikácie

Nadradeným systémom je spravidla riadiaci systém výrobnéj linky. Vo vnútri vision systému prebieha komunikácia PC, PLC (priemyselný počítač) a snímačej sústavy. Pre pohyb vzorky, ako aj jej vyradenie, komunikuje PLC s mechanickým komponentom.

Výstupy sú spravidla prezentované v používateľských rozhraniach a ukladané do rôznych podnikových informačných systémov.

### Infraštruktúra

V prípade nasadenia AI na úzko a jasne definovanú úlohu s nízkou komplexnosťou a nízkymi nárokmi na rýchlosť vykonávania je veľakrát možné použiť aj existujúcu výpočtovú infraštruktúru. V prípade viacnásobnej aplikácie je potrebné uvažovať o kvalitnej sieťovej infraštruktúre – prenos dát po 10 Gbps a viac. V prípade rozoznávania obrazu je nutné zabezpečiť kvalitné snímačie zariadenia s certifikáciou pre prácu vo výrobných prostrediach.

Okrem použitia kamier, ktoré musia byť vybrané podľa konkrétnej situácie, by v prípade komplexných úloh mal byť súčasťou infraštruktúry aj výkonný počítač, ktorý bude dáta z kamier vyhodnocovať, pri externom dodávateľovi dodaný a integrovaný do funkčného celku s ostatnými komponentami.

## Ľudia

### Počas vývoja je nutná súčinnosť pracovníkov:

- Vyššie spomínané zachytávanie vzoriek potrebných pre vývoj systému;
- Anotácia vzoriek prostredníctvom dedikovaného rozhrania (do istej miery môže byť zabezpečená dodávateľom).

Po nasadení je vhodné alokovať niekoľko hodín mesačne zodpovedného pracovníka na analýzu výsledkov systému. V závislosti od kvality iníciaľného nasadenia je tento objem práce zo začiatku vyšší, po niekoľkých mesiacoch je už analýza či kontrola spravidla potrebná iba pri očakávanej zmene podmienok.

### Profily na strane zadávateľa:

- Vedúci výroby a pracovníci zodpovední za nastavenie kvalitatívnych parametrov, spolupracujúci s dátovými vedcami na určení problémov a cieľov;
- Pracovníci výstupnej kontroly, ktorí participujú pri tréningu AI systémov;
- Technici zodpovedajú za nastavovanie a prevádzku senzorov/kamier;
- Informatici zodpovedajú za prevádzku výpočtovej techniky a sieťovej infraštruktúry.

Niektoré z požadovaných pozícií môžu poskytnuté zástupcami tretích strán, externými konzultantmi alebo dodávateľom.

### Profily na strane dodávateľa:

- Dátoví vedci a špecialisti na vision systémy ktorí pripravujú, študujú, vizualizujú a modelujú dáta na platforme dátovej vedy;
- Vývojári aplikácií nasadzujú modely do aplikácií s cieľom vytvárania produktov založených na dátach;
- Technici a konštruktéri zodpovedajú za nastavovanie a prevádzku senzorov/kamier, mechanických komponentov a ich integráciu;
- Programátori a ďalší IKT špecialisti zodpovedajú za implementáciu riešenia tak po stránke softvéru aj hardvéru.

## Organizácia

V prípade interného vývoja je potrebná úplná alokácia špecialistov na umelú inteligenciu a machine vision (spracovanie obrazu a videa) po dobu niekoľkých mesiacov.

Počas vývoja je potrebné rátať s čiastočnou alokáciou jedného alebo dvoch (z dôvodu krížovej kontroly anotácií) zodpovedných a motivovaných pracovníkov na vyššie spomínaný zber vzoriek a hlavne anotovanie dát. Výška alokácie závisí od formy vývoja a riešenia.

## PRÍNOSY A RIZIKÁ

### Kvalitatívne prínosy

Po zavedení vision systému na báze umelej inteligencie možno očakávať:

- Zvýšenie konzistentnosti vizuálnej kontroly vďaka eliminácii ľudského faktora – žiadne výkyvy v závislosti od času, pracovnej zmeny, atmosféry na pracovisku, či iných faktorov, stabilný výkon 24/7;
- Vysoká a stabilná úspešnosť, zvýšenie presnosti, precíznosti, rozlišovacej schopnosti;
- Exaktnější proces kontroly, dáta pre ďalší výskum či ďalšie zlepšovanie výroby či samotnej kontroly kvality;
- Odolnosť voči chybám, vyhľadateľnosť chýb a transparentné reklamácie. Všetko ako výsledok digitalizácie procesu, ktorý spočíva v existencii spoľahlivého záznamu pre každý výrobok.

Ďalšími prínosmi býva úspora miesta či eliminácia nepopulárnej práce (platí obzvlášť pre prípady spolupráce pracovníkov s vision systémami).

### Kvantitatívne prínosy

Systém nahrádza a šetrí ľudské zdroje a predovšetkým redukuje náklady na nízkokvalifikovanú pracovnú silu. Kalkulácia by mala brať do úvahy ušetrené náklady vo všetkých zmenách.

Ďalší zdroj úspor je zníženie počtu nekvalitných exemplárov, nákladov na reklamácie a zníženie ich volatility. Tu je na mieste výpočet podľa vlastnej metodiky využivanej v podniku.

Z dôvodu vysokej variability vision systémov a širokého rozpätia cien nie je možné stanoviť jednoduché odporúčania pre rozhodnutie o rentabilite. Už pri jednoduchom výpočte prostredníctvom nákladov na platy je však jasné, že úspora môže byť výrazná, pri ROI na úrovni 1 – 4 rokov. Cena vision systémov na kľúč sa pohybuje v desiatkach tisíc, pre zložité systémy niekedy aj v stovkách tisíc eur.

*Tento text je súčasťou dokumentu ANALÝZA A NÁVRH MOŽNOSTÍ VÝSKUMU, VÝVOJA A APLIKÁCIE UMELEJ INTELIGENCIE NA SLOVENSKU – DIELO Č. 2 – MANUÁL PRE FIRMY NA ZAVEDENIE UMELEJ INTELIGENCIE. Dielo bolo vypracované pre Úrad podpredsedu vlády SR pre investície a informatizáciu autorským kolektívom zo Slovenskej technickej univerzity v Bratislave na základe Zmluvy o dielo č. 1024/2019 zo dňa 29. 10. 2019. Počas tvorby tejto štúdie boli jednotlivé výstupy posudzované expertným tímom združeným pod Slovenským centrom pre výskum umelej inteligencie - Slovak.AI, ktorého členom je aj Slovenská technická univerzita v Bratislave. Všetky závery a komentáre v správe odzrkadľujú názory a postoje autorského kolektívu, ktoré sa opierajú o výsledky analýz opísaných v správe a o diskusie s odborníkmi na problematiku umelej inteligencie spolupracujúcimi na tejto správe. Všetky údaje v tomto texte, ak nie je uvedené inak, sú aktuálne k dátumu odovzdania správy.*

© 2019, 2020 Slovenská technická univerzita v Bratislave, Úrad podpredsedu vlády SR pre investície a informatizáciu. Všetky práva vyhradené.

**Príklad:** ak si predstavíme, že systém zníži počet pracovníkov v oblasti kontroly z 10 na 1 (napríklad elimináciou troch pracovníkov v trojzmennej prevádzke) a teda pri predpokladanej priemernej mzde 1 300 Eur \* 1,3 = 1 690 Eur (superhrubá mzda), ročne to predstavuje 182 520 Eur.

### Riziká

**Medzi rizikové scenáre patria:**

- Je potrebný intenzívnejší dohľad dedikovaného pracovníka v prvých týždňoch po nasadení systému kým umelá inteligencia ešte nemusí byť dostatočne natrénovaná;
- Neočakávaná zmena výrobných podmienok (optických podmienok, typu defektov, vzhľadu výrobkov, atď.) vyvolá zníženú spoľahlivosť riešenia, ktorá je však riešiteľná pomerne nenáročným čiastočným dotrénovaním;
- V prípade neodborných manuálnych zásahov do systému tiež hrozí (spravidla neúmyselné) degradovanie softvérového systému manipuláciou s tréningovými vzorkami a anotáciami či neodborným rozhodovaním. Táto možnosť je obzvlášť markantná pri vlastnom vývoji alebo použití štandardných knižníc. Skúsený dodávateľ alebo interný expert preto výrazne obmedzuje možnosti manipulácie iných ľudí s jadrom systému.

Vo všeobecnosti však platí, že na rozdiel od starších algoritmickej expertných systémov je softvér na báze umelej inteligencie mimoriadne adaptabilný a ľahko upravovateľný (stačí doplniť databázu vzoriek a anotácií používaných na tréningovanie umelej inteligencie). Pri správnom iníciaálnom zostrojení a nejakom čase v prevádzke je vision systém so softvérom na báze umelej inteligencie mimoriadne stabilným a spoľahlivým systémom.