

# Analiza stanja in trendov raziskav ter razvoja v stregi in montaži

Niko HERAKOVIČ

**Izvleček:** V prispevku je podan kratek pregled stanja raziskav in razvoja v stregi in montaži v svetu in nekateri trendi prihodnjega razvoja, ki so lahko v pomoč pri planiranju strežnih in montažnih sistemov. V prvem delu prispevka so analizirani glavni razlogi za avtomatizacijo in integracijo robotike v proces montaže. V drugem delu pa so podane nekatere razvojne strategije na tem področju, obravnavani pa so tudi trendi nujnega uvajanja metodologije DMFA v proizvodni proces ter principi mešanega modela montaže in modularne dobaviteljske verige. Na koncu so poleg mikromontaže obravnavani še trendi na področju fleksibilnih montažnih sistemov in industrijskih robotov, uporaba strojnega vida v montaži ter področje strege in transporta materiala.

**Ključne besede:** planiranje strege in montaže, fleksibilna avtomatizacija montaže, robotski vid, trendi razvoja v stregi in montaži, prilagodljivost, modularnost, DFMA, mešani model montaže, modularna dobaviteljska veriga, aplikacije industrijskih robotov, interakcija robot-človek,

## ■ 1 Uvod

Današnja »množična proizvodnja po meri« ponuja individualizirane izdelke po skoraj enakih cenah, kot jih omogoča klasična množična proizvodnja. Rezultat omenjene spremembe paradigme je drastično povečanje števila variant različnih izdelkov, ki jih ponujajo proizvajalci [1], kar ima za posledico nenehno potrebo po hitri spremembi in prilagoditvi planov ter urnikov proizvodnih procesov skladno z veliko raznolikostjo izdelkov in hitro spreminjajočim se tržnim povpraševanjem. Takšno povečanje dinamike trga v zadnjih letih je postavilo proizvodna podjetja pred nove izzive, ki se še posebej odražajo na področjih planiranja, optimizacije ter krmiljenja strege in montaže.

Konvencionalne montažne strukture in metode v glavnem niso več dovolj zmogljive in zadovoljive v spopadanju s spremembami, nepre-

dvidljivimi dogodki in motnjami. Učinkovito reševanje teh izzivov je dandanes in v prihodnje vse bolj možno le z uvajanjem fleksibilnih,

rekonfigurabilnih in avtonomnih montažnih in strežnih sistemov ter razvojem njihovih naprednih modelov (*preglednica 1*) [1, 2].

**Preglednica 1.** Evolucija proizvodnih paradigam [2]

Proizvodna paradigma	Fleksibilni proizvodni sistemi	Rekonfigurabilni proizvodni sistemi	Avtonomni proizvodni sistemi
Časovno obdobje	80. leta 20. stol.	90. leta 20. stol.	1. desetletje 21. stol.
Zahteve trga	različnost izdelkov, majhne serije	izdelki po meri, spreminjajoče se zahteve	personalizirani izdelki, turbulentni trgi
Zahteve za proizvodne sisteme	fleksibilnost	prilagodljivost, spremenljivost	samoprilagodljivost, samooptimizacija, samoorganizacija
Proizvodni koncepti	CIM, fleksibilna avtomatizacija	HMS, rekonfigurabilni sistemi	avtonomni sistemi, ubikvitaro računanje
Krmilni koncepti	centralizirani krmilni sistemi, hierarhična struktura	centralizirani in decentralizirani krmilni sistemi, dinamična struktura	avtonomno krmilje, heterarhična struktura
Realizacija	monolitični PPC-sistemi	multiagentni sistemi	vsepovsodne računske tehnologije
	CNC-izdelovalni centri, roboti	modularnost, standardizirani vmesniki	integracija krmilja v podsisteme, stroje, komponente, dele

Doc. dr. Niko Herakovič, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo – LASIM

Eden izmed načinov za uspešno planiranje strežnih in montažnih sistemov ter procesov prihodnosti je vsekakor nenehno sledenje in poznavanje specifičnih trendov v avtomatizaciji strege in montaže kakor tudi splošnih tehnoloških trendov prihodnosti. V prispevku je podan kratek pregled stanja kakor tudi nekateri trendi na področju avtomatizacije strege in montaže.

## ■ 2 Stanje v stregi in montaži

Trije elementi, potrebni za delovanje stroja ali naprave, so avtomatizacija, elektromehanske komponente in človek [3]. Pregled relativnega napredka oz. izboljšav pri posameznem elementu nam vsekakor poda nek vpogled v trende, ki bodo zaznamovali avtomatizacijo strežnih in montažnih naprav v prihodnosti.

Splošno stanje oz. trend, ki že desetletja in nenehno pridobiva na pomembnosti, je hiter napredek avtomatizacije, instrumentacije in električnih komponent ter sistemov. Te komponente in sistemi nenehno in hitro napredujejo na področjih, kot so predvsem razmerje cena/zmogljivost, velikost (gabariti) in zanesljivost delovanja. Ti napredki so očitni predvsem v primerjavi z napredki elektromehanskih komponent in človeške delovne sile.

Avtomatizacija proizvodnih procesov, vključujoč strego in montažo, je eden ključnih parametrov moči industrije zahodnih držav in obenem eden glavnih dejavnikov njihove kompetitivnosti in zmanjšanja odvisnosti od trgov s ceneno delovno silo, obenem pa nam kljub staranju prebivalstva pomaga (oz. bo bolj izrazito v prihodnosti) tudi pri vzdrževanju življenjskega standarda.

Glavni razlogi za avtomatizacijo in integracijo robotike v proces strege in montaže so zagotavljanje oz. občutno izboljšanje kakovosti strežnih in montažnih procesov ter izdelkov z uvedbo kontrole v zaprti krmilni zanki, izboljšanje učinkovitosti, uporaba standardne strojne in programske opreme, predrage elektromehanske komponente, po-

večanje operativnega nadzora nad montažnim in strežnim procesom (v primerjavi s trgi s ceneno delovno silo), nižji proizvodni stroški, pa tudi zmanjšanje odvisnosti od človeškega faktorja in nenazadnje posledično zmanjšanje potrebnega proizvodnega prostora.

Z uvedbo avtomatizirane strege in montaže je potrebnih manj ljudi z nižjo strokovno usposobljenostjo v samem procesu strege in montaže, več pa je potrebnih ljudi z višjo strokovno usposobljenostjo in specialnimi znanji, ki bodo znali upravljati avtomatiziran sistem, ga nadzorovati in tudi vzdrževati.

Planiranje avtomatizirane strege in montaže zahteva upoštevanje mnogih dejavnikov. Različna življenjska doba izdelkov in negotovost oz. spremenljivost količine izdelkov otežujejo izbiro ustrezne stopnje avtomatizacije v proizvodnem procesu. Avtomatiziran proces sicer izboljša kakovost procesa in izdelkov ter zagotovi predvidljiv rezultat, vendar se ob nepravilnem planiranju pogosto pokaže tudi kot zavirajoč oz. motilni dejavnik. Zaradi te negotovosti mnoga proizvodna podjetja, še posebej manjša, pogosto močno omahujejo pri uvajanju avtomatizacije ali imajo do nje celo odklonilen odnos, kar je predvsem posledica prisilnih frekventnih sprememb, ki otežujejo izračun profitabilnosti. To je tudi eden glavnih razlogov, da se mnoga podjetja še naprej zanesejo na višjo stopnjo ročne strege in montaže, ki ima v primerjavi z avtomatiziranim strojem oz. napravo tudi nekatere pomembne prednosti [4], vendar pa avtomatizirana naprava na drugi strani marsikje uspešno nadomešča človeka in elektromehanske komponente.

## ■ 3 Trendi

Po oceni mnogih strokovnjakov je prihodnost avtomatizacije strežnih in montažnih procesov v standardizirani, pa vendar variabilni modularni gradnji in inštalacijskih rešitvah. S pametnim oz. preišljenim planiranjem je možno kombinirati avtomatizirane in ročne procese v kombinirane fleksibilne proizvodne rešitve.

Zaradi variabilnosti naročil in nenehnih potreb po spremembi strežnih in montažnih sistemov je vsekakor smiselno vkomponirati potrebno fleksibilnost že v zasnovo sistemov in tako omogočiti njihovo sposobnost za postopne spremembe in dograjevanje. Na ta način je mogoče večji del investicije porazdeliti preko daljšega časovnega obdobja, strežne in montažne sisteme pa lahko tako vedno znova posodobimo in dogradimo z najnaprednejšimi in najustreznejšimi rešitvami [5]. Tako zagotovimo tudi trajnost strežnih in montažnih sistemov ter njihovo variabilnost, kar je nenazadnje dodatno zagotovilo, da naprave zadržijo svojo vrednost in s tem zagotovijo povrnitev investicijskih stroškov ter ustvarjanje dobička.

## 3.1 Razvojne strategije

Nekatere države EU so v skladu s svojimi razvojnimi »high-tech« strategijami sprejele različne iniciative za raziskave na področju razvoja strežnih in montažnih sistemov v prihodnosti. V okviru nemške »Raziskave za jutrišnjo proizvodnjo« [6], ki se je zaključila v letu 2007 in v kateri so sodelovale tako razvojne ustanove kakor tudi industrija, so bili navedeni naslednji kriteriji za uspešno cenovno učinkovito proizvodnjo množičnih izdelkov po meri kupcev v prihodnosti:

- prilagodljivost strežne in montažne opreme spremenljivim strežnim in montažnim nalogam – časovno najkrajša možna preumeritev;
- modularnost in rekonfigurabilnost sistemov tudi za majhne serije in hitre menjave lastnosti izdelkov (fleksibilnost procesa in količine);
- visoka stopnja funkcionalne integracije različnih tehnologij z različnimi strojnimi konstrukcijami za skrajšanje proizvodnih verig;
- fleksibilna implementacija razpoložljivih sistemskih komponent, vključujoč periferne značilnosti (procesna povezava, delovanje, inštalacija);
- nove oblike sodelovanja s kupci – integracije kupca kot partnerja, ki omogoča dodano vrednost, in

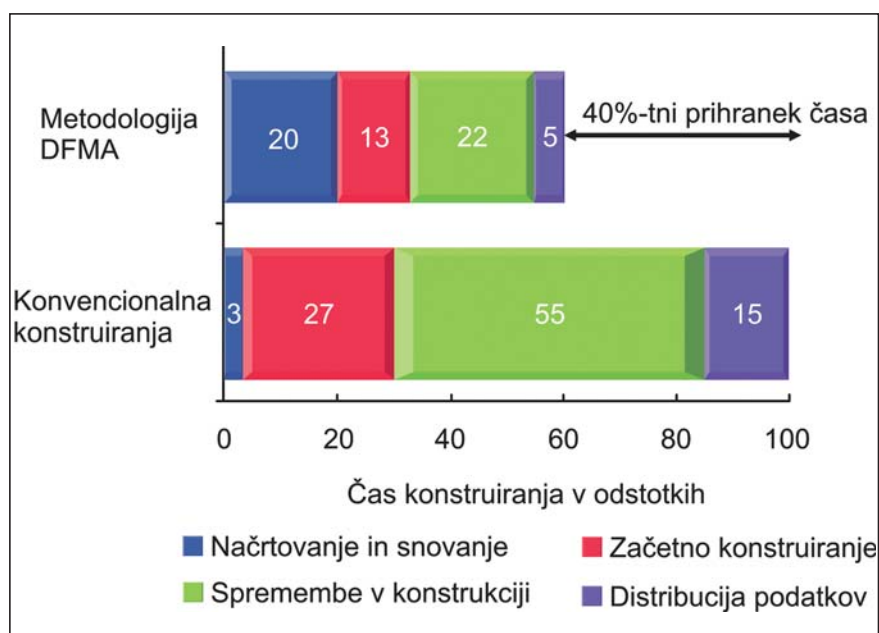
- skupno razvijanje izdelka;
- transparentnost celotne blagovne verige in življenjske dobe izdelka tako za kupca kot za proizvajalca.

Strežne in montažne sisteme prihodnosti bodo, odvisno od zahtev, sestavljale ročne delovne postaje, kombinacije ročnih in avtomatiziranih delovnih postaj (hibridni strežni in montažni sistemi) ali pa bodo sestavljeni iz popolnoma avtomatiziranih, avtonomnih naprav. Inteligentna kombinacija individualnih korakov bo omogočila stroškovno učinkovite in fleksibilne strežne ter montažne sisteme, ki bodo lahko hitro reagirali na spremembe.

### 3.2 Metodologija DFMA

V današnjem globalnem nastopanju proizvodnih podjetij je zniževanje proizvodnih stroškov v samem središču pozornosti. V zadnjih letih veliko govorimo o t. i. »vitki proizvodnji« oz. o vitkih proizvodnih sistemih. S pomočjo filozofije vitke proizvodnje lahko proizvodna podjetja optimirajo delovanje in tako občutno znižajo proizvodne stroške. Najboljša montaža z vidika "lahko, hitro, poceni" je dejansko "nič montaže" – npr. končni izdelki že takoj po procesu izdelave. V praksi pa je najboljša montaža podobna filozofiji "vitke proizvodnje" – nikoli dokončna pot iskanja nenehnih izboljšav tako izdelka kot procesa.

Konstruiranje za proizvodnjo in montažo – Design For Manufacturing and Assembly (DFMA) – je ena od metodologij in orodje, ki bo v prihodnosti zagotovo omogočalo "vitke" izdelke in procese od samega začetka z zniževanjem kratkoročnih stroškov in izboljšavo dolgoročne profitabilnosti. Cilj uporabe DFMA je optimalna montaža, kar je doseženo z uporabo sofisticirane programske opreme že v zgodnji fazi načrtovanja in konstruiranja izdelka s ciljem zmanjšati število sestavnih delov in poenostaviti montažni proces ter vzdrževanje in obenem izboljšati kakovost izdelkov. Na *sliki 1* je prikazan primer, ki ponazarja časovni potek oz. trajanje posameznih faz v odstotkih, in sicer v pri-

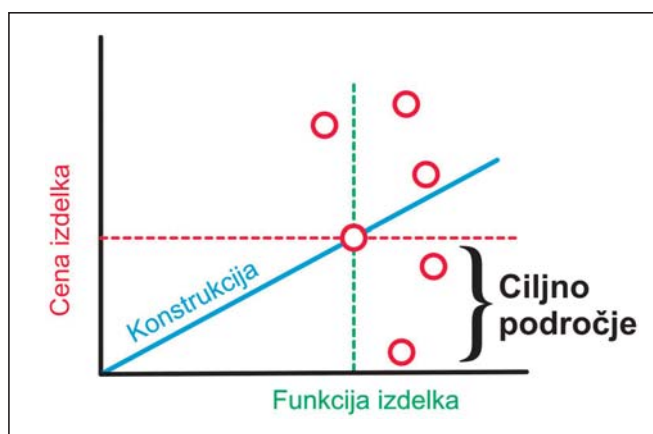


**Slika 1.** Skrajšanje časov in znižanje stroškov proizvodnega procesa z uporabo metodologije DFMA [7]

meru konvencionalnega procesa, ter pri uporabi metodologije DFMA, po kateri prihranimo do 40 % proizvodnega časa, vendar pa je zato več časa posvečenega načrtovanju in snovanju izdelka kot v primeru konvencionalnega proizvodnega procesa.

dnih časov izdelka ob izboljšani kakovosti in nižjih stroških.

Eden najpomembnejših parametrov metodologije DFMA je cena končnega izdelka ali sestavnega dela, kar velja tudi v primeru individualiziranih izdelkov. Pri tem je pomembno



**Slika 2.** Optimalna cena in funkcija izdelka [7]

Bistvo uspeha pri uporabi metodologije DFMA je tesno sodelovanje in dogovarjanje med vsemi dejavniki življenjske dobe izdelka (oblikovalci, konstruktorji, prodajalci, uporabniki, tehnologi izdelave, montaže itd.), in sicer že v zelo zgodnji fazi zasnove izdelka. Le na ta način je možno znižati proizvodne stroške, izboljšati učinkovitost procesa, upoštevati vse alternative in doseči konsenz vseh partnerjev s ciljem skrajšanja proizvo-

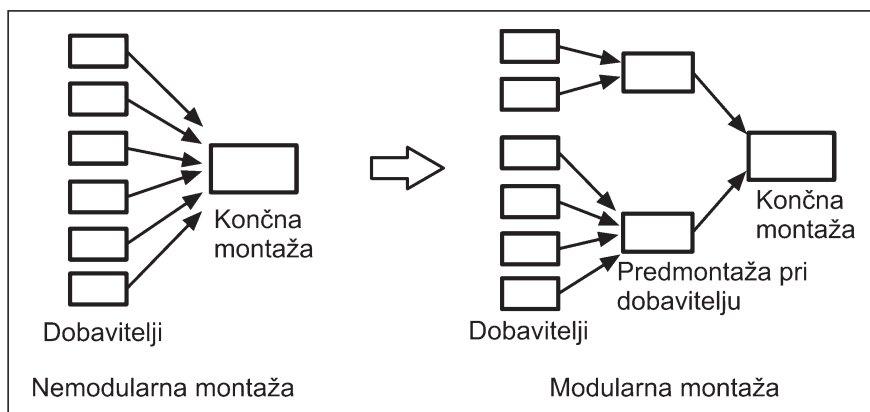
razmerje med stroški in funkcijo izdelka oz. sestavnega dela. Načrtovalci in konstruktorji izdelka morajo doseči optimalno točko, ko se srečata ciljni črti funkcije izdelka in stroški njegove izdelave (*slika 2*). Vsaka konstrukcija izdelka, ki seže preko teh dveh meja, je sla-

ba. Optimalna konstrukcija sestavnih delov ali izdelkov zahteva doseganje meje funkcionalnosti brez dodatnih stroškov v proizvodnem procesu.

### 3.3 Princip mešanega modela montaže in modularne dobaviteljske verige

Zaradi visoke stopnje variantnosti izdelkov bodo morali biti strežni in





Slika 3. Nemodularna in modularna dobaviteljska veriga v montaži [1]

montažni sistemi prihodnosti načrtovani tako, da bodo lahko zagotovili visoko stopnjo zahtevane variantnosti ob kakovosti in produktivnosti množične proizvodnje. Proizvodna podjetja se lahko spopadejo s tem izzivom z uvajanjem strežnih in montažnih sistemov, ki delujejo po principu »mešanega modela« [1]. Ta metodologija omogoči znižanje investicijskih stroškov montažne linije z izvajanjem montaže različnih variant izdelkov na isti montažni liniji kakor tudi izravnavanje fluktuacij naročil posameznih variant izdelkov. Pri visoki stopnji variantnosti izdelka so zelo pomembni tudi koncepti dobaviteljske verige sestavnih delov ali podsklopov. Na *sliki 3* sta prikazana koncepta modularne in tradicionalne, nemodularne dobaviteljske verige.

V modularni konfiguraciji montaže se določeni podsklopi izdelka montirajo že v predmontaži pri dobavitelju. Na ta način pride do podjetja, ki izvaja končno montažo, manjše število sestavnih delov. Dobavljeni so že predmontirani podsklopi za končno montažo, kar zmanjša kompleksnost procesa končne montaže, obenem pa se del odgovornosti in rizika prenese na dobavitelja. Kombinacija montažne linije po principu mešanega modela in montaže z modularno dobaviteljsko verigo in petimi možnimi kombinacijami mrežne konfiguracije dobaviteljske verige s štirimi dobavitelji je prikazana na *sliki 4*.

Izdelek na *sliki 4* ima dve komponenti, A in B, vsaka od njih ima več variant (npr.  $A_1$  do  $A_3$  in  $B_1$  do  $B_2$ ). Rezultat končne montaže so va-

riantni izdelki po meri, ki so nastali s kombinacijo variant vsake komponente. Pri tem pa so možne različne kombinacije in mreže dobaviteljske verige s štirimi dobavitelji osnovnih sestavnih delov.

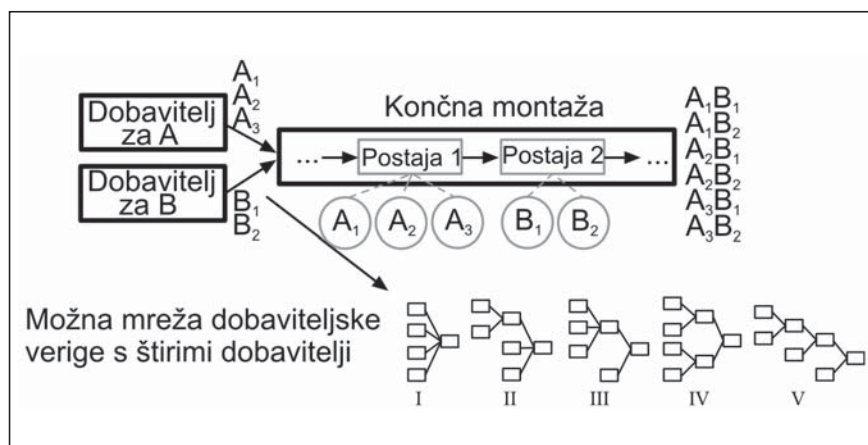
### 3.4 Mikromontaža

Pri mnogih izdelkih, kot so elektronski in medicinski izdelki, senzori, aktuatorji, mikrostikala in podobno, ki so prisotni na globalnih trgih danes in bodo še bolj v prihodnje, je trend razvoja v smeri miniaturizacije z zmanjševanjem mase, gabaritov,

vencionalnih tehnologij zaradi size efekta, ampak so za njihov razvoj potrebni posebni pristopi in razvojne strategije [8]. Pri mikroizdelkih je še posebej pomemben celostni pristop, ki mora vključevati celoten proizvodni proces od materiala, razvoja izdelkov, izdelave sestavnih delov do strege, montaže in tudi pakiranja. Če želimo dobro načrtovanje izdelave in mikromontaže izdelka, je potrebno predvsem vnaprej preveriti izvedljivost načrtovanih tehnologij v digitalnem okolju s simulacijo kakor tudi s testi in meritvami. S povratnimi informacijami so možni optimalno načrtovanje in izdelava ter montaža mikroizdelkov. Pri tem seveda ne smemo pozabiti pakiranja, ki je pri mikroizdelkih ravno tako velik izziv.

### 3.5 Fleksibilni sistemi in industrijski roboti

Inteligentni, rekonfigurabilni montažni sistemi z visoko stopnjo fleksibilnosti in avtonomnosti bodo v prihodnosti vse bolj zaznamovani z robotiko in roboti tudi v avtomatizaciji strege in montaže. Industrijski



Slika 4. Kombinacija principa mešanega modela montaže in modularne dobaviteljske verige [1]

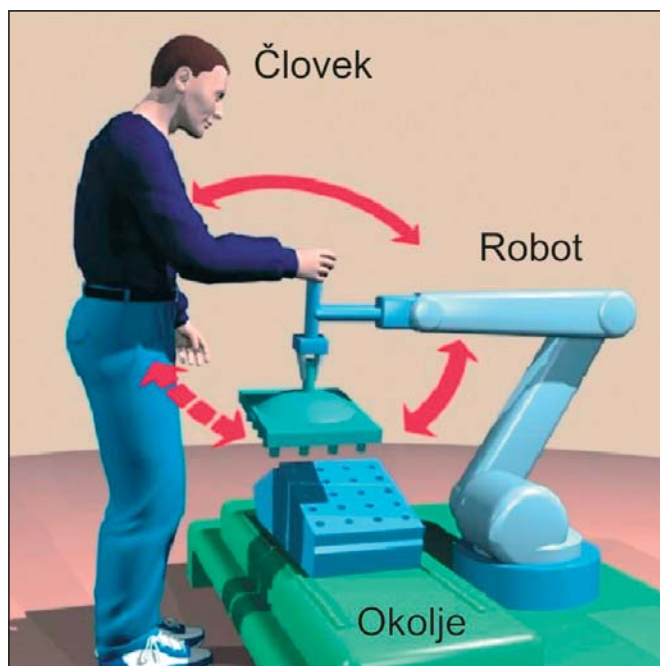
enostavne oblike, nižjih cen, ob hkratnem povečanju integracije funkcij. Osnovni izzivi montaže omenjenih izdelkov so montirati majhne izdelke, katerih sestavni deli dosegajo gabarite od nekaj mikrometrov pa do nekaj sto mikrometrov, in sicer natančno in hitro. Za to so potrebni specialni montažni sistemi in tehnologije, ki jih ne moremo enostavno in direktno razviti oz. prenesti iz znanih kon-

roboti že dandanes zagotavljajo visokokakovostno in stroškovno učinkovito proizvodnjo, montažo, strego in logistično podporo v vseh glavnih vejah industrije, kar bo v prihodnosti le še bolj izrazito [9]. Bodoči robotski sistemi ne bodo samo ekstrapolacija današnjih, pogosto kompleksnih in dragih robotskih tehnologij, ampak bodo sledili novim oblikovalskim in konstrukcijskim principom širokega

spektra možnih aplikacij. Njihovo delovanje bo vse bolj odvisno od informacij, pridobljenih s senzorji, od ustnih navodil delavca in/ali od CAD-podatkov izdelka. Postopoma bodo tako bodoči roboti postali delavčevi asistenti, ki mu bodo pomagali na njegovem delovnem mestu. Izvajali bodo ponavljajoča se, težka in naporna dela in ščitili delavce pred poškodbami ter nesrečami in drugimi problemi, nevarnimi za zdravje, in s tem zniževali zdravstvene stroške za delavce in celotno družbo. Naslednje generacije industrijskih robotskih sistemov bodo imele pomemben socioekonomski vpliv v vsaj štirih kategorijah dejavnikov: v industriji končnih uporabnikov, pri obstoječih proizvajalcih robotizirane avtomatizacije in sistemskih integritorjih, v novih oblikovalcih robotov in v podporni industriji, povezani z izdelki.

Roboti so bili tradicionalno koncipirani za delo v robotskih celicah, ograjeni od okolice in s strogo prepovedanim kontaktom s človekom. Roboti prihodnosti bodo zasnovani tako, da bosta robot in človek aktivno sodelovala drug z drugim (slika 5). Delavec pri takšnem principu sodelovanja z robotom vodi montažni proces in robota, ta pa mu zagotavlja fizično pomoč. Za takšno sodelovanje ni dovolj samo stopnja natančnosti pozicioniranja robota, ampak je potrebna predvsem njegova sposobnost interakcije s človekom. Robot, s katerim bo v prihodnosti sodeloval človek, bo moral biti prilagodljiv in sposoben zaznavati geometrijo, lokacijo, barvo, poteze in zunanje oblike kakor tudi gibe drugih naprav in ljudi. Moral se bodo znati prilagoditi različnim variantam oz. različnosti izdelkov in sestavnih delov, okolju in drugim pogojem.

Zahteva po tesnem sodelovanju človeka in robota izvira predvsem iz prepotrebne fleksibilnosti in spremenljivosti montažnega procesa zaradi individualizirane montaže izdelkov z mnogimi variantami. Montaža, podprta z delom robotov in vodena s strani človeka, predstavlja v takšnih okoliščinah številne prednosti pred popolnoma avtomatizirano



Slika 5. Sodelovanje človeka in robota [10]

montažo [10, 11, 12]. Glavni cilj številnih raziskav sodelovanja robota s človekom [10, 13, 14] je predvsem razvoj naprednih proizvodnih sistemov, ki bodo omogočili premostitev praznine med popolnoma avtomatiziranimi in ročnimi montažnimi sistemi.

Sodelovanje človeka z robotom pa bo imelo tudi druge pozitivne posledice. Predvsem bo omogočilo odstranitev varnostnih mrež, ograd, svetlobnih zaves, kletk in drugih varnostnih ukrepov kakor tudi zmanjšanje potrebne delovne površine in dvig produktivnosti [15]. Pri tem je seveda varnost delavcev na prvem mestu. Zato se bodo morali proizvajalci robotov in programske opreme držati številnih strogih predpisov in standardov, ki opredeljujejo t. i. varno gibanje. Mnoge standarde in



Slika 6. Primer aplikacije strojnega vida v kontroli [17]

predpise kakor tudi varnostne mehanizme in koncepte varovanja pa bo treba še doreči in sprejeti.

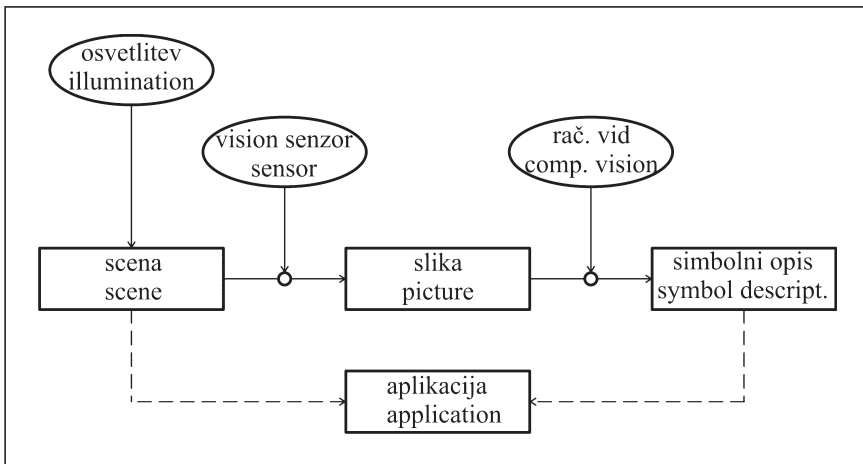
Industrijski roboti prihodnosti bodo ne glede na stopnjo inteligentnosti in avtonomnosti ustrezen vmesnik med robotom in izdelkom oz. predmetom manipuliranja. Učinkovit vmesnik oz. prijemalo je odločilnega pomena za uspešno delo-

nje vsakega strežnega ali montažnega robotskega sistema. Razvoj učinkovitih, cenovno ugodnih, modularno grajenih fleksibilnih prijemal bo zato izziv in področje raziskav ter razvoja tudi v prihodnosti [11, 16]. Eden izmed trendov razvoja prijemal ali t. i. »endefektorjev« je tako npr. razvoj robotske roke s petimi prsti, ki bo zelo podobna človeški roki s čim več čutili in primerljivo silo prijemanja kakor tudi primerljivimi gabariti. Ravno tako so trend razvoja industrijska prijemala, ki bodo modularna, lahka, toga, fleksibilna in prilagodljiva in bodo imela možnost fine samonastavitve.

### 3.6 Strojni vid v montaži

Robotski montažni sistemi z računalniškim vidom, ki so bili pomembna tema raziskav v preteklih štirih desetletjih, so dandanes dozoreli do te mere, da so kljub nenehnim izzivom pri razvoju posameznih aplikacij primerni za uspešne aplikacije v naprednih nalogah robotizirane mon-

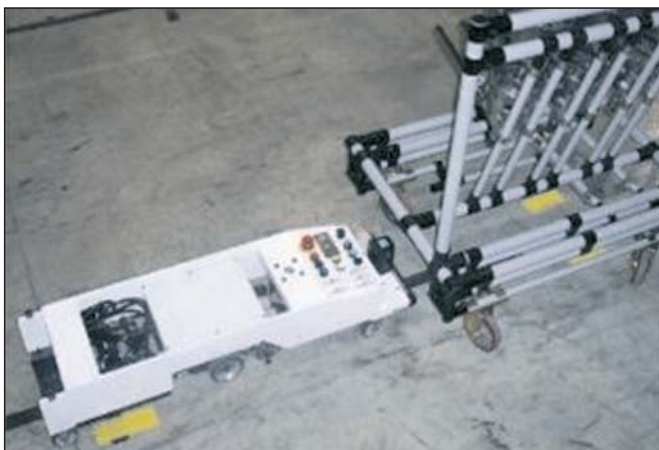




Slika 7. Struktura tipičnega sistema strojnega vida [18]

taže (slika 6). V modernem procesu montaže bo napredno robotizirano prijetanje sestavnih delov in sposobnost izvajanja robotiziranih montažnih operacij v nestrukturiranih okoljih z naključno urejenimi objekti pomemben dejavnik raziskav in razvoja – tako na nivoju temeljnega kakor tudi aplikativnega raziskovanja [17].

Strojni vid so dejansko oči avtomatiziranega robotskega sistema, ki mu omogočijo, da lahko najde in orientira objekt, prečita črtno kodo in tekst ter vodi gibanje. Strojni vid nista samo kamera in računalnik, ampak je sestavljen iz različnih komponent (slika 7), od katerih so najbolj kritične vsekakor kamera, leče in svetlobni izvor. Sistem strojnega vida se bo v prihodnosti vse bolj pogosto uporabljal za vodenje robotov in drugih avtomatiziranih sistemov, končno in vmesno kontrolo v montaži, prepoznavanje izdelkov itd.



Slika 8. Avtomatsko vodeno vozilo (AGV) z integriranimi najnovejšimi tehnologijami [19]

### 3.7 Strega in transport materiala

Pomemben aspekt avtomatizirane strege in montaže je tudi materialni tok. Pri tem je zelo pomembno uporabiti čim manj energije in nepotrebnih gibov ter s tem prihraniti čas. Strega materiala v okviru montažnega procesa je zato pogosto ozko grlo in posledično tudi mesto optimizacije. Dandanes v proizvodnji vse bolj narašča potreba po takšni avtomatizaciji strege materiala, ki bo ustrezala visoki stopnji variantnosti izdelkov in nenehnega prilagajanja potrebam trga. Ena izmed možnosti je uporaba avtomatsko vodenega vozila, ki je stroškovno učinkovito, zanesljivo in fleksibilno [19]. Nove tehnologije omogočajo tem vozilom, da lahko avtonomno transportirajo dele, komponente ali podslope iz skladišč na montažno linijo, pri tem pa so sposobna samostojnega nakladanja in razkladanja (slika 8).

### 4 Sklep

Planiranje strege in montaže zahteva poznavanje in upoštevanje različnih dejavnikov, kar je v pomoč pri odločanju o izbiri najustreznejše stopnje avtomatizacije omenjenih pomembnih področij proizvodnega p-

rocesa. Današnji strežni in montažni sistemi morajo biti predvsem fleksibilni oz. morajo imeti sposobnosti hitre prilagoditve naraščajočemu številu in različnosti izdelkov ter spreminjajočemu se povpraševanju. Učinkovitost planiranja strežnih in montažnih procesov ter naprav je odvisna tudi od poznavanja stanja in trendov na področju avtomatizacije strege in montaže.

V prispevku je podan kratek pregled stanja in nekaterih trendov na področju raziskav in razvoja avtomatizacije strege in montaže v prihodnje. Nekoliko podrobneje so analizirana stanja razvoja in trendi na področju raziskav po posameznih področjih strege in montaže. Prispevek podaja splošno ugotovitev, da je inteligentna, fleksibilna, modularno načrtovana avtomatizacija z uvedbo hibridnih in robotiziranih avtonomnih sistemov v prihodnosti odgovor na mnoge dileme današnjega časa v stregi in montaži.

### Literatura

- [1] Hu, S. J., Zhu, X., Wang, H., Koren, Y.: Product variety and manufacturing complexity in assembly, CIRP Annals – Manufacturing technology 57 (2008), str. 45–48.
- [2] Sholz-Reiter, B, Freitag, M.: Autonomous process in Assembly Systems, CIRP Annals – Manufacturing technology 56/2 (2007), str. 712–729.
- [3] ControlDesign.com, Maj, 2008.
- [4] Weber, A.: Man vs Machine, Assembly, March 2008, str. 40–50.
- [5] Wittschen, W.: Industry Trends – Production and Handling Systems, Bosch Rexroth AG, August, 2008.
- [6] www.bmbf.de.
- [7] Hegland, D.: DFMA Cuts Downstream Costs, Assembly, June, 2008.
- [8] www.3D-mintegration.com.
- [9] www.robotics-platform.eu/roboticsdomain.htm.
- [10] Krüger, J., Surdilovic, D.: Robust control of force-coupled human-robot-interaction in assembly processes, CIRP Annals – Manufacturing technology 57

- (2008), str. 41–44.
- [11] Piquepaille, R.: Can Robots become our »phriends«?, ICT Results, September, 2008.
- [12] N. N.: Mensch und Roboter als Partner, Automobil-Produktion, April, 2008.
- [13] Thiermann, S.: Direkte Mensch-Roboter-Kooperation in der Kleinteilmontage mit einem SCARA-Roboter, Dissertation, Universität Stuttgart, 2004.
- [14] Beumelburg, K.: Fähigkeitsorientierte Montageablauf-planung in der direkten Mensch-Roboter-Kooperation, Dissertation, Universität Stuttgart, 2005.
- [15] Weber, A.: Robots safety Comes of Age, Assembly, Sept., 2008.
- [16] Cort, A.: Frame-based Robotic Tooling, Assembly, May, 2008.
- [17] Hollows, G.: Specifying Machine Vision Components, Assembly, May, 2008.
- [18] Herakovič, N.: Računalniški in strojni vid v robotizirani montaži, Stroj. vestn., 2007, letn. 53, št. 12, str. 858–873.
- [19] Weber, A.: Hands-Free Handling, Assembly, Oct., 2008.

## State-of-the-art analyses and the trends in the research and development of handling and assembly

**Abstract:** Handling-and-assembly planning requires the consideration of many factors in order to help with decisions and the selection process for the most appropriate degree of automation in the above-mentioned fields of the production process. Today's assembly systems have to be flexible to adapt quickly to an increasing number and variety of products, as well as changing demand volume. The efficacy of the handling-and-assembly process and device planning also depends on a knowledge of the state of the art and the future trends in the field of handling-and-assembly automation.

**Keywords:** Handling-and-assembly planning, flexible assembly automation, robot vision, development trends in handling and assembly, adaptability, modularity, DFMA, mixed model assembly, modular supply chain, industrial robot applications, robot-human interaction,

## Merilna tehnika za profesionalce...

### ...od senzorja do programske opreme

Zahtevate za vaše meritve in testiranja najvišje standarde, točnost in zanesljivost?

Stavite na zanesljivost vodilnega na tem področju. HBM ponuja vse komponente merilne verige iz lastne proizvodnje, vse v popolnem skladu z vašimi zahtevami.

- merilni lističi
- senzorji: sile, mase, momenta, tlaka, pomika, vibracij
- ojačevalniki: industrijski, laboratorijski, kalibrni
- programska oprema za akvizicijo, vizualizacijo in obdelavo podatkov

[www.hbm.com](http://www.hbm.com)



measurement with confidence

Zastopnik za SLO:

TRC, Vrečkova 2, SI - 4000 Kranj, tel: + 386 4 2358310, fax: + 386 4 2358311, GSM: + 386 41 344071, ljudmila.licen@siol.net, www.trc-hbm.si