

# MJERNA I REGULACIJSKA TEHNIKA

Uređuje: Nenad Bolf



M. Čurlin\* i J. Bebek

Sveučilište u Zagrebu,  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet,  
Zavod za procesno inženjerstvo, Kabinet za  
osnove inženjerstva, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

## Robotika u prehrambenoj industriji

### Uvod

U današnje vrijeme suočavamo se s ubrzanim razvojem tehnike, pa su pojmovi "robotika" i "robot" sve više prisutni kako u području razvoja proizvodnje tako i u društvu. Zamjena jednostavnih i teških manualnih poslova robotima više nije znanstvena fantastika, nego industrijska stvarnost i u svijetu i kod nas. Suvremena industrijska proizvodnja u gotovo svim proizvodnim granama uspješno primjenjuje robotske sustave. Razvoj robotskih sustava zadaća je inženjera iz područja strojarstva, elektrotehnike i računalstva i do danas se može reći da su razvijeni do tog stupnja da imaju ogromne mogućnosti ako govorimo o pokretljivosti pojedinih dijelova (članaka) robota, mogućnosti izvođenja različitih putanja i sposobnosti dostizanja bilo koje točke radnog manipulativnog prostora. Što se tiče inteligencije robota i tu je postignut određeni napredak, ali u tom smislu još slijedi razvoj robota usporedno s razvojem umjetne inteligencije. Jedna od zadaća inženjera tehnologija u prehrambenoj i biotehnološkoj proizvodnji je ostvariti konkurentnost svojih poduzeća u većoj primjeni suvremenih tehničkih rješenja, a ona se danas ne mogu zamisliti bez primjene robotike. Suvremeni zahtjevi proizvodnje u procesnoj industriji podrazumijevaju i veću primjenu robota kako u masovnoj proizvodnji tako i u malim i srednjim poduzećima. Iako se roboti danas u svijetu najviše primjenjuju u industriji automobila, elektronike i metala, značajan rast pokazuje i prehrambena industrija u kojoj se roboti primjenjuju na poslovima paletiranja, utovara i istovara skladišta te sastavljanja ambalaže i pakiranja. Razvoj robotskih sustava u prehrambenoj industriji temelji se na zadovoljenju specifičnih zahtjeva u pogledu higijene, cijene, brzine rada i mogućnosti reprogramiranja kojom bi se postigla prilagodljivost na različite uvjete provedbe procesa i na različite materijale. Robotika u prehrambenoj industriji obuhvaća područje vođenja procesa, analize procesa, svojstva prehrambenih proizvoda i njihovih karakteristika te posebnih higijenskih zahtjeva pri provedbi procesa. U ovom prilogu ističemo specifične zahtjeve pri dizajnu robota u prehrambenoj industriji s aspekta razvoja prihvatnice (izvršnog članka na kraju robotske ruke) koji se moraju rješavati multidisciplinarnim pristupom inženjera tehnologija u suradnji s inženjerima koji rade na razvoju industrijskih robota općenito.

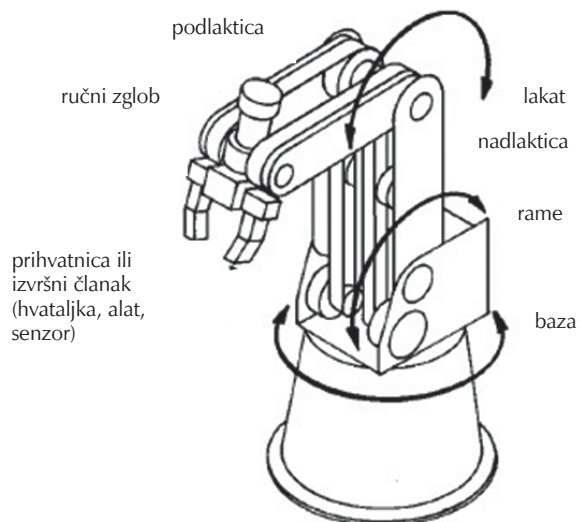
### Osnovni pojmovi, definicija i podjela robotskih sustava

Pod pojmom *robotika* podrazumijevamo interdisciplinarnu i multidisciplinarnu primijenjenu tehničku znanost koja se bavi istraživanjem i razvojem te projektiranjem i primjenom robotskih sustava. U osnovi ta znanost obuhvaća primjenu inženjerstva,

posebice strojarstva, elektrotehnike i računalstva te matematike i mehanike, a s obzirom na primjenu u različitim područjima zahtjeva i specifična znanja iz svakog područja. Razvoj robota danas obuhvaća i inteligentni dio robota i njihovu primjenu u različitim društvenim aspektima i u zajednici s ljudima te je u razvoj robota potrebno uključiti i sva ostala područja znanosti posebice etiku, filozofiju i ostale društveno-humanističke znanosti.

U primjeni možemo naći različite vrste robota od manipulatora (serijskih, paralelnih, mikro i nano robota), različitih robotskih vozila (kopnenih, vodenih, zračnih), sustava robot-čovjek (haptičnih i eksoskeleta) do biološki zasnovanih robota (humanoida). Ako govorimo o robotima koji se primjenjuju u industrijskoj proizvodnji, onda su to uglavnom roboti – manipulatori. U tom slučaju općenita definicija robota odnosila bi se na uređaj koji ima autonomiju u odlučivanju koji, za razliku od automatiziranog programiranog uređaja, može procijeniti da u određenim okolnostima napravi nešto na jedan ili na drugi način. Industrijski robotski sustavi rabe se za manipulaciju materijalom baziranim na upravljanju kretanju u svim smjerovima u zadanom prostoru.

Roboti manipulatori prepoznatljivi su po dizajnu koji imitira funkciju ljudske ruke. U tu svrhu modelirani su u obliku lanca krutih članaka (baza, nadlaktica, podlaktica) koji su povezani pokretljivim zglobovima (rame, lakat, ručni zglob). Zadaća tih sustava je hvatanje i manipulacija objektom. To može biti jednostavan transport s jednog mjesta na drugo ili složeniji zadatak koji uključuje uporabu posebnih oblika prihvatnice kako bi se obavila složenija radnja primjerice mjerenje i nadzor.



Slika 1 – Robot manipulator – imitacija ljudske ruke s karakterističnim krutim člancima i pokretnim zglobovima

\* Autor za dopisivanje: izv. prof. dr. sc. Mirjana Čurlin  
e-pošta: [mcurlin@pbf.hr](mailto:mcurlin@pbf.hr)

Podjela robota je složena s obzirom na brojnost ključnih parametara koji ih karakteriziraju. S obzirom na vrstu pogona govorimo o električnom, hidrauličkom ili pneumatskom pogonu. Što se tiče geometrije radnog prostora ona će ovisiti o broju i tipu zglobova robota i duljinama članaka. Geometrija radnog prostora predstavlja skup točaka u prostoru koje se mogu dohvatiti ručnim zglobovom robota na koji je pričvršćen završni mehanizam. Zglobovi mogu biti rotacijski (R) ili translacijski (T), a njihovim različitim kombinacijama određuju se konfiguracije robota: pravokutna (kar-tezijeva) (TTT), cilindrična (RTT), sferna (RRT), rotacijska (RRR), kvazicilindrična (RTR), a postoje još i SCARA (RRRT) struktura i delta paralelna struktura. Po načinu upravljanja kretanjem, roboti mogu obavljati zadaću kretanjem od točke do točke ili kontinuiranim gibanjem po putanji. Na funkcionalnost robota bitno utječu i brojne druge značajne karakteristike koje ga određuju i uvjetuju njegovu primjenu za izvršenje postavljenih zadaća kao što su: broj osi, nosivost (kg), maksimalnu brzinu ( $m s^{-1}$ ), dohvat (m), hod (m), orijentaciju alata ( $^{\circ}$ ), ponovljivost (m), preciznost (m), točnost (m) i radnu okolinu.

Dizajn robota omogućuje obavljanje poslova u trodimenzionalnom prostoru, pri čemu se mora upravljati položajem i orijentacijom završnog mehanizma koji se nalazi na kraju lanca krutih članaka i pokretnih zglobova. U tu svrhu potrebno je odrediti položaj i orijentaciju prihvatnice (hvataljke ili alata) u odnosu na koordinatni sustav baze robota uz zadani vektor varijabli zglobova robota. S obzirom na stupanj autonomnosti i mogućnosti interakcije s okolinom i inteligencije industrijski roboti mogu se podijeliti na:

- robote 1. generacije ili programirane robote koji nisu u mogućnosti popraviti pogreške vođenja jer nema povratne informacije o stanju u kojem se nalaze, svojem stvarnom stanju;
- robote 2. generacije ili robote sa sensorima koji omogućavaju veću autonomnost, mogu ispraviti pogreške u vođenju kao i optimirati proces vođenja;
- robote 3. generacije ili inteligentne robote koji imaju sposobnost učenja i donošenja zaključaka te snalaženja u neorganiziranoj okolini i u novonastalim situacijama okolnostima.

## Uvođenje robota u prehrambenu industriju

Većem broju robota pridonijeli su trendovi uvjetovani tržištem rada ili zahtjevima potrošača: manja je dostupnost jeftine radne snage, sve su veći zahtjevi za higijenskim procedurama i kvalitetom proizvoda, a cijena proizvoda mora ostati prihvatljiva. Uvođenjem robota u proizvodnju može se udovoljiti tržišnim zahtjevima i postići potpunu modernizaciju u lancu hrane koja podrazumijeva najviši standard kvalitete i slijedivosti hrane, kao i ekološki pristup u smislu minimiziranja otpada i potrošnje energije.

Humanizacija rada (manje radne snage i rad u nepovoljnim uvjetima) može se istaknuti kao jedna od prednosti uporabe robota u industriji. Primjena robota u sredinama s ekstremnim uvjetima za čovjeka (visoke temperature, onečišćena i zagađena atmosfera) te za monotone i zamarajuće poslove, veća pouzdanost i fleksibilnost u proizvodnji te bolja kvaliteta i efikasnost prednosti su robota. Monotoni i slabo plaćeni poslovi zamjenjuju se efikasnim robotima, a to tvrtki daje veću produktivnost što omogućava otvaranje novih razvojnih radnih mjesta. Roboti se ne umaraju, brži su od čovjeka i svaki proizvod je iste kvalitete. Umor ili smanjena koncentracija kod radnika mogu znatno utjecati na pogreške u konačnom proizvodu, a kod robota je taj vid pogrešaka uklonjen. Brojne mogućnosti reprogramiranja robota omogućavaju jednostavno uvođenje novih i inovativnih proizvoda i pakiranja.

Ograničavajući čimbenik za primjenu robota u pojedinim dijelovima proizvodno-tehnološkog procesa svakako je pitanje eko-

nomičnosti. Nije rentabilno da jedna robotska struktura velikog manipulativnog radnog prostora, velikih brzina i velike snage obavlja radne zadatke koji su ispod njihovih sposobnosti te da ne iskorištavaju svoje kapacitete. Stoga se dizajniraju raznovrsni industrijski roboti posebno za određenu vrstu radnih zadataka.

Robotika u prehrambenoj industriji još uvijek je u razvoju zbog specifičnih izazova s kojima se mora suočiti, no unatoč tome vidljiv je razvoj tehnoloških rješenja koja omogućavaju primjenu u raznim sektorima prehrambene industrije. Primjena je započela 1990-ih pri operacijama paletiziranja i pakiranja, gdje se i danas najčešće upotrebljavaju. Roboti danas obavljaju širok spektar operacija poput sastavljanja ambalaže za pakiranje, pakiranja proizvoda, paletiziranja i depaletiziranja kao i u "uzmi – stavi" (engl. *pick and place*) operacije što podrazumijevaju uzimanje i prebacivanje proizvoda velikom brzinom. Takvi roboti mogu raditi brzinom do 120 operacija po minuti, a njihova visoka preciznost i pouzdanost omogućava u nekim slučajevima izvedbu linija koje nemaju potrebe za ljudskim radom. Najnoviji pristup upotrebe robota u prehrambenoj industriji je serviranje hrane što je tema brojnih istraživanja posebice u Japanu.



Slika 2 – Robot manipulator s "uzmi-stavi" operacijom u radnoj okolini u prehrambenoj industriji (izvor: <http://www.ckf.co.uk>)

Postoji nekoliko ključnih prepreka koje je potrebno prevladati kod primjene robota u rukovanju hranom. Prva je varijabilnost veličine, oblika i mase hrane kojom roboti rukuju. Drugi je osjetljivost hrane zbog koje primjenom tek neznatno jače sile može doći do strukturnih oštećenja, kao i prisutnost ljepljivih ili viskozni tvari koje dodatno otežavaju rukovanje. Treći izazov je zadovoljavanje rigoroznih higijenskih zahtjeva, zahtjeva kvalitete proizvoda i zaštite potrošača. Ti problemi smatrali su se dugo vremena nepremostivima primarno zbog osjetljivosti hrane i problema s rukovanjem, no razvojem tehnologije izrade završnih članaka-hvataljki, senzora ili drugih alata pronašla su se rješenja koja su omogućila širu primjenu i pokazala ogroman potencijal za budućnost. Tome su pridonijeli razvoj senzora, robotski (strojni) vid te mogućnost finog i preciznog upravljanja robotskom rukom. Osim navedenih tehnoloških poteškoća, jedan od bitnijih čimbenika je cijena koja je još uvijek za većinu manjih proizvođača neprihvatljiva, no razvitkom tehnologije i masovnijom proizvodnjom cijena se smanjuje.

## Tehnologija hvataljki za prehrambene proizvode

Na kraju robotske ruke nalazi se izvršni članak koji, zavisno od zadaće, može biti hvataljka ili bilo koji drugi alat. Hvataljki je zadaća da obavlja osnovnu funkciju prijenosa potrebne sile od

robotске ruke do objekta, kako bi se objekt premjestio. Iako su hvataljke nužan dio robota, većina istraživanja usredotočena je na robotsku kinematiku, dinamiku, kontrolu i senzorske sustave jer u velikoj većini industrija roboti rukuju s tvrdim materijalom koji nije posebno osjetljiv na silu hvataljki.

U prehrambenoj industriji rukovanje voćem, povrćem i mesom predstavlja problem koji nije rješiv s jednostavnom tehnologijom hvataljki prve generacije robota. To je uvelike odgodilo širenje primjene robota u prehrambenoj industriji i postavilo zahtjeve pred istraživače. Razvijaju se sofisticiranije metode za hvatanje predmeta mekanog, opuštenog ili nestrukturiranog karaktera. Osnovne karakteristike prehrambenih materijala na koje treba obratiti pozornost pri oblikovanju hvataljke su mekoća hrane, neravna površina, različiti oblici te higijenski standardi. Zbog toga treba odabrati hvataljke koje eliminiraju mogućnost oštećenja hrane u hvatu ili ispadanja hrane iz hvata zbog promjene oblika. Potrebna je mogućnost veoma preciznog upravljanja silom hvataljki kako se ne bi narušila kvaliteta hrane, što je posebice bitno kod osjetljivog voća. Najlakše je rukovati hranom koja je tvrda i grube površine, dok meka hrana s grubom površinom, primjerice kivi, predstavlja veći problem pri odabiru hvataljki. Prirodno uzgojena hrana ima neujednačen oblik te varijabilnost oblika predstavlja najveći izazov kod dizajna i odabira hvataljki. Sve hvataljke moraju biti dizajnirane imajući u vidu uklanjanje mogućnosti kontaminacije toksičnim elementima ili kontaminaciju mikroorganizmima. Lokalni pritisak hvataljki može dovesti do promjena u boji zbog promjene u strukturi materijala. Takva promjena u boji najčešće nema utjecaja na nutritivnu vrijednost hrane, ali je potrošači vide kao proizvod niže kvalitete. Za rukovanje različitim predmetima i izvođenje različitih operacija s istim osnovnim robotskim dijelom potrebno je razviti sustav za automatsku izmjenu alata. Postoje različite izvedbe hvataljki koji se mogu primijeniti za prehrambene proizvode:

- **Štipanje:** hvataljke koje imaju dva ili više prstiju koji djeluju silom na objekt i oslanjaju se na silu trenja za održavanje sigurnog hvata. Uglavnom su jakog stiska koji nije prikladan za osjetljive prehrambene proizvode.
- **Obuhvaćanje:** hvataljka ima prste s velikom površinom koji objekt mogu djelomično ili potpuno obuhvatiti bez mogućnosti ispadanja iz hvata.
- **Probadanje:** jedna ili više oštih igala probadaju objekt i drže ga na mjestu. Kratke igle rabe se za površinsku penetraciju, a duge igle za duboku penetraciju. Puštanje objekta postiže se povlačenjem igala nazad u kućište hvataljke. Mogu se primijeniti samo za hranu koja se ne oštećuje probadanjem, primjerice meso.
- **Podtlak:** lokalni tlak u području hvatanja niži je od tlaka okoline, pri čemu se zbog razlike tlaka stvara sila kojom se objekt pridržava.
- **Površinski efekti:** hvat se može ostvariti hlađenjem kontaktne površine ispod temperature smrzavanja vode. Pri kontaktu površine s mokrim objektom stvara se tanki film leda koji služi za držanje objekta u hvataljki.

## Higijenski standardi robotskih sustava

Budući da je rukovanje hranom osjetljivo područje, zahtjevi su stroži nego u ostalim industrijama. Pravilnom primjenom higijenskog dizajna drastično se može smanjiti kontaminacija hrane mikroorganizmima te održati zdravlje i zadovoljstvo potrošača. Svi uređaji koji su u izravnom kontaktu s hranom ili se nalaze iznad hrane trebaju biti izrađeni prema smjernicama određene razine higijenskog dizajna prema EHEDG – *European Hygienic Engineering & Design Group*. Ovisno o vrsti hrane primjenjuje se

određena razina higijenskog dizajna. Proizvodi kao što su sirovo meso, riba i perad veoma su osjetljivi na onečišćenje mikroorganizama i zahtijevaju vrlo visoku razinu higijenskog dizajna. Za suhu hranu, kao što su kolači i slastice, može se primijeniti niža razina higijenskog dizajna. Obvezatna je i provjera valjanosti i ispitivanje konstrukcije opreme kako bi se utvrdilo ispunjavanje higijenskih zahtjeva, što se obično provjerava kroz učinkovitost čišćenja. Visoka razina higijenskog dizajna ne mora nužno značiti i visoku cijenu opreme, što svakako ide u prilog primjeni robota. Kako bi se uklonila mogućnost kontaminacije na liniji gdje se upotrebljavaju roboti, postoji niz zahtjeva vezanih uz higijenu koji se odnose na materijal upotrijebljen za proizvodnju robota i na dizajn. Materijal za izradu robota ne smije biti toksičan i mora biti otporan na sredstva za dezinfekciju te na apsorpciju neželjenih tvari. Najčešće je to nehrđajući čelik tipa 304 ili 316, koji ima veću otpornost na koroziju. Aluminijski nije dovoljno korozivno otporan na uobičajena sredstva za čišćenje, a treba izbjegavati njegov kontakt s hranom. Dijelovi robota koji su u kontaktu s hranom moraju biti jednostavni za čišćenje i dezinfekciju, ne smiju biti oštećeni te moraju biti otporni na trenje i na apsorpciju neželjenih tvari kao i biološki otporni na metabolizam mikroorganizama. Površine trebaju biti neporozne i bez pukotina ili ogrebotina u kojima bi nakon čišćenja mogle zaostajati nečistoće koji bi pogodovale rastu mikroorganizama. Svi dijelovi koji će vjerojatno doći u dodir s hranom moraju biti vidljivi na pregledu i dostupni te je potrebno osigurati da se jednostavnim pregledom provjeri prisutnost ostatka hrane i provede ručno čišćenje uz minimalno rastavljanje. Metalni zglobovi trebaju biti zavareni kad god je to moguće. Zavarivanje treba biti kontinuirano, glatko i polirano. Ostali spojevi najčešće imaju pukotine koje se ne mogu adekvatno očistiti, te je potrebno primijeniti brtveće spojeve, izbjegavati navoje i pričvršćivanje vijcima. Svi uglovi trebaju biti zaobljeni i potrebno je izbjegavati oštre unutarnje kutove. Kod oblikovanja robota koji je u doticaju s hranom najviše pozornosti treba posvetiti područjima gdje je moguće skriveno zadržavanje vode u područjima oko zglobova ili u navojima. Za svaki od zahtjeva postoje standardizirana ispitivanja koja određuju prikladnost robota za primjenu. Potrebno je smanjiti što je više moguće površine koje se mogu potencijalno kontaminirati mikroorganizmima te smanjiti ili ukloniti materijal koji bi zbog trenja mogao padati u proizvod (karbonska vlakna ili elastomere). Hvataljke su u izravnom kontaktu s hranom, pa se higijenski zahtjevi posebice odnose na materijal izrade i dizajn te vrstu primijenjene hvataljke.

Najčešći izvor onečišćenja su ostatci čestica hrane na hvataljkama koji mogu zaostati u prazninama, utorima i unutrašnjosti hvataljke. Sve mehaničke hvataljke rade na principu pomaka mehaničkih elementa izvan osnovnog kućišta hvataljke. Premještanje prstiju zahtijeva ležajeve, vodilice i osovine koji predstavljaju rizik za higijenske uvjete. Potrebno ih je dizajnirati tako da nema žljebova ili otvora na unutarnjoj strani hvataljke. Drugi aspekt je geometrija hvataljke prstima od koje se zahtijevaju glatke površine bez konkavnih područja i bez nazubljenja. Mehanizam za hvatanje potrebno je podmazivati, stoga je potrebno upotrebljavati ležajeve koji se podmazuju vodom ili polimerne nosače koji mogu raditi bez maziva. Higijenski uvjeti predstavljaju izazov i za hvataljke s kratkim iglama. Rupe za iglice su mjesta gdje se mogu nakupljati ostatci materijala. Za siguran higijenski rad potrebno je često čišćenje s antibakterijskom tekućinom svih utora. Za hvataljke s dugim iglama osmišljen je sustav za ispiranje koji se nalazi unutar hvataljke. Ispiranje se izvodi vodom ili antibakterijskim sredstvom. Usisne hvataljke su također osjetljive na sakupljanje malih čestica zbog zraka koji prolazi kroz njih. Hvataljke na principu zamrzavanja s mehaničkim oslobađanjem objekta imaju slične probleme kao i tlačne hvataljke. Prostor između noža i površine za zamrzavanje predstavlja veliku opasnost za nakupljanje ostataka te se to područje mora često ispirati sredstvom



za čišćenje kako bi se izbjegla kontaminacija mikroorganizmima. Hvatalkje s reverzibilnim protokom topline imaju veći potencijal za ostvarivanje visokih higijenskih standarda. Površina za prihvaćanje je glatka, od nehrđajućeg čelika, nema pokretnih dijelova, a kućište može biti u potpunosti konveksno kako bi čišćenje bilo što jednostavnije. Hvatalkje koje izbacuju malu količinu pare kroz rupe također su dobre za higijenski rad jer je para sama po sebi dobar medij za čišćenje. Hvatalkje s Peltijerovim elementom za zahvaćanje nemaju pukotina u kućištu niti pokretnih dijelova, nema strujanja fluida prilikom rukovanja s objektom i stoga je ta izvedba s higijenskog aspekta veoma dobra.

Primjer zadovoljavajućeg higijenskog dizajna su roboti HD-Delta izrađeni od materijala prikladnih za prehrambenu industriju, otpornih na visoku vlažnost, nečistoće i mehanička oštećenja. Ti robotski sustavi dostupni su u promjerima radnog prostora od 800 i 1100 mm, nominalne nosivosti od 1 kg, visoke ponovljivosti uz rad do 135 ciklusa u minuti bez karbonskih vlakana ili premaza, s 3 ili 4 osi.



**Slika 3** – Robotska tehnologija visokih standarda higijenskog dizajna MAJA HD (izvor: <http://www.maja.de/en/produkte/robotic>)

## Zaključak

Primjena robotike u prehrambenoj industriji donosi brojne prednosti poput kvalitete, djelotvornosti i fleksibilnosti proizvodnje. Danas se najviše primjenjuje u operacijama pakiranja, ali i u ostalim dijelovima proizvodnog procesa. Pri primjeni postoje brojni problemi, ali se razvojem tehnologije, posebice izrade hvataljki, uklanjaju. Razvojem tehnologije izrade hvataljki savladana je prepreka vezana uz osjetljivost hrane i otvorene su brojne mogućnosti za primjenu robota u prehrambenoj industriji. Daljnja istraživanja idu u smjeru razvoja alternativnih vrsta hvataljki koje bi dodatno olakšale rukovanje hranom.

Unatoč navedenim specifičnim zahtjevima zbog kojih primjena robota u prehrambenoj industriji nije još toliko raširena, današnji trendovi pokazuju velik napredak u razvoju robotskih sustava i sve veću primjenu. Trenutačna istraživanja idu u smjeru kibernetičko-fizikalnih sustava (engl. *Cyber Physical System – CPB*) koji multidisciplinarnim pristupom povezuje realni svijet s virtualnim, a daje mogućnost praćenja hrane od trenutka sadnje do konzumacije. U takvom sustavu podrazumijeva se potpuna automatizacija i robotizacija lanca proizvodnje i prodaje hrane, pri čemu se prati velik broj parametara. Na taj način bi se u budućnosti mogla postići gotovo savršena kvaliteta i zdravstvena ispravnost svake namirnice.

## Literatura

- M. Čurlin, Robotika u prehrambenoj industriji, podloge za predavanja, PBF, 2016.
- T. Šurina, M. Crneković, Industrijski roboti, Školska knjiga, 1991., Zagreb.
- Z. Kovačić, S. Bogdan, V. Krajči, Osnove robotike, FSB, 2002., Zagreb
- J. Iqbal, Z. H. Khan, A. Khalid, Prospects of robotics in food industry, Food. Sci. Technol. **37** (2017) 157–165, doi: <https://doi.org/10.1590/1678-457x.14616>.
- D. G. Caldwell, Robotics and automation in the food industry Current and future technologies, Woodhead Publishing, 2013, Cambridge.
- F. Yudi, A. Mohsen, Improving productivity: a review of robotic applications in food industry, Int. J. Robot. Appl. Technol. **4** (2016), doi: <https://doi.org/10.4018/IJRAT.2016010103>.
- G. A. Nayik, K. Muzaffar, A. Gull, Robotics and food technology: a mini review, J. Nutr. Food. Sci. **5** (2015), doi: <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000384>.
- URL: <http://www.maja.de/en/produkte/robotic> (5. 5. 2018.).
- URL: <http://www.ckf.co.uk/#> (5. 5. 2018.).