



# Robotika v slovenskih knjigah

V člankih o prvih slovenskih fizikalnih knjigah (ŽIT 2009/7–8, str. 49) in prvih knjigah o elektriki (ŽIT 2010/2, str. 65) smo lahko brali, kako rahločutno so avtorji uvajali nove tehniške pojme. Od Robidove 'parastroge' do Senekovičevega 'parnega stroja' je preteklo 34 let. Dejstvo je, da le knjige uvedejo, razširjajo in izboljšujejo tehniško izrazoslovje. Neprestano se srečujemo z novimi pojmi in pojavljajo se nove veje znanosti. Ker ima med njimi zelo pomembno vlogo zlasti robotika, je v tem članku na kratko predstavljena novejša domača strokovna literatura s tega področja.

*Marin Bajd*

## ROBOT IZ KNJIGE

Ko je prva človeka izgnal iz raja, je Bog rekel: »Glejte, človek je postal kakor eden izmed nas, saj pozna dobro in hudo.« Člo-

veku je bilo hudo in je garal v potu svojega obraza. Skoraj tako kot božanski stvarnik je praški veliki rabin Judah Loew ben Bezabel (1513–1609) iz blata iz Vltave zgnetel veliko kepo, človeka brez uma in duše, velikana Golema. Branil naj bi judovsko skupnost v Pragi med pogromi. A rabin je le sklenil s cesarjem dogovor o nepreganjanju Judov, zgodbo o Golemu pa so 200 let pozneje ustvarili nemški romantiki. Znova ga je obudil avstrij-

ski pisatelj Gustav Meyrink (1868–1932) z romanom *Golem*, ki je izšel leta 1915. Velikan je vstopil v 1. svetovno vojno, postal je tank, v letalu je poletel čez bojišča in na spomenike po vsej Evropi zapisal neskončno dolg seznam padlih.

Spet se pojavi 25. januarja 1921 v Narodnem gledališču v Pragi, kjer kot Robot nastopa v kolektivni drami Karla Čapka z naslovom *R. U. R.* (ŽIT 2010/3, str. 14). V tistih časih smo Slovenci z roboti na tekočem, saj režiser Osip Šest že istega leta dramo posloveni in izda. Ime 'robot' so si za umetnega tlačana izmislili Čehi, pravzaprav Čapkov brat Jozef; beseda 'robota' (v slovenščini tudi 'rabota') pomeni tlako, težko delo in garanje (robotati pri nas pomeni še luščiti zelene lupine orehov, kar pa je prej neprijetno kot težaško opravilo). Raziskovalci v Rossumovi tovarni univerzalnih robotov (to namreč pomeni kratica R. U. R.) razvijajo robota, ki se udejanja šele v našem času, skoraj 100 let po premieri drame.

Dr. Gall takole razlaga gospodični Heleni Gloryjevi zadnje izsledke:

*Dr. Gall:* »Roboti skoraj ne občutijo telesne bolečine. Uvesti moramo bol.«

*Helena:* »Zakaj? Če jim ne daste duše, zakaj jim hočete dati bolešt?«

*Dr. Gall:* »Iz industrijskih povodov, gospodična Gloryjeva. Robot se poškoduje včasih samo zato, ker ga ne boli. Vtakne roko v stroj, odlomi si prst, razbije glavo, njemu je to vseeno. Dati jim moramo občutek bolečine, to je avtomatična zaščita pred telesno poškodbo.«

*Helena:* »Ali bodo srenejši, če bodo občutili bolešt?«

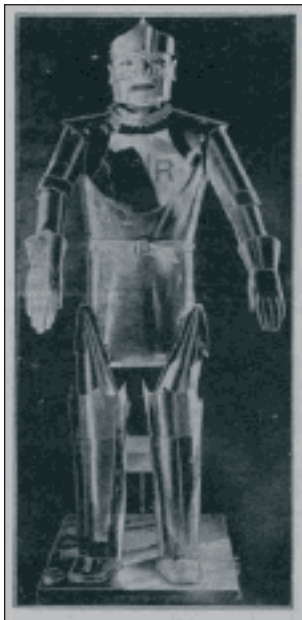
*Dr. Gall:* »Nasprotno, a tehnično bodo popolnejši.«

*Helena:* »Zakaj jim ne ustvarite duše?«

*Dr. Gall:* »To ni v naši moči.«

*Fabry:* »To ni v našem interesu.«

*Busmann:* »To bi izdelovanje podražilo.«



*V časopisu Slovenski gospodar (letnik 64, št. 19) je bila 1. 5. 1930, torej pred natančno 80 leti, pod zgornjo sliko objavljena tale novica: »Robot«, umeten človek. Tehnično razstavo v Londonu je pred kratkim otvoril umeten človek »Robot«, ki je govoril otvoritveni govor. Pravzaprav je prebral otvoritveni govor po nekem tajnem načinu in naša slika nam ga kaže, ko se je dvignil s svojega sedeža, da začne brati govor. »Robot« je napravljen iz kovine in tehta 100 funtov. Na zunaj ima lice srednjeveškega viteza. Na ukaz lahko giblje z rokami in glavo in tudi hodi.*  
(Vir: *Digitalna knjižnica Slovenije, dlib.si*)

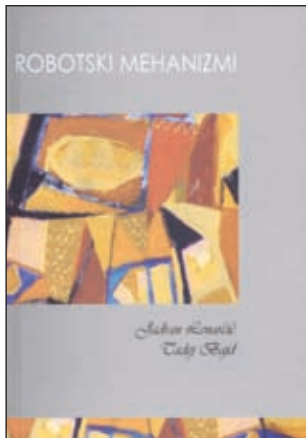
Imena mož razkrivajo znanstvenika, fabrikanta in trgovca. Čapkov Robot se je uveljavil v vseh svetovnih jezikih in postal utelešenje tehnične revolucije. Robot z dušo bi se spoznal na dobro in hudo; ne bil bi zgolj tlačan, ampak bi sam odločal o sebi. Morda bi želel postati umetnik.

## KNJIGE O ROBOTIH

Prisluhnimo pogovoru prof. Jadrana Lenarčiča s prijateljem Bernardom Rothom, profesorjem na Univerzi Stanford v Palo Alto, avtorjem imenitne knjige *Theoretical Kinematics*, ki jo postavljajo ob bok delom Newtona in Eulerja.

*Bernie je človek, ki ima izredno afiniteto do sodobne likovne umetnosti. Ves teden sva se zadrževala v središču San Franciska in se menila o povezovanju kinematike mehanizmov in slikarstva. Razmišljala sva o konferenci, ki bi pritegnila vrhunske znanstvenike in umetnike in jih povezala v skupna prizadevanja v smislu nekakšne nove renesanse.'*

Zgornji odlomek sem prepisal z ovitka knjige *Robotski mehanizmi* avtorjev Jadrana Lenarčiča in Tadeja Bajda, ki ga krasi barvna reprodukcija slike *From Štanjel to San Fran-*

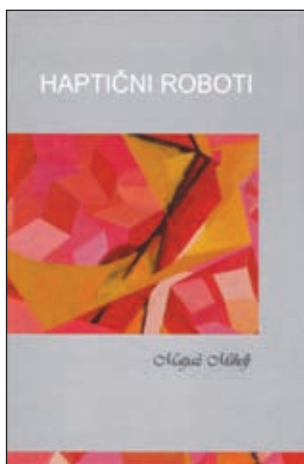


Naslovnici knjig *Robotski mehanizmi* (2003 in 2010)

*cisco and Back* na naslovnici. Jadran Lenarčič je namreč tudi slikar in član DSLU. Slika abstraktne pokrajine, razstavlja, kritiki ga cenijo.

Avtorja v knjigi obravnavata predvsem področja kinematike, ki so temeljna za analizo in načrtovanje robotskih mehanizmov. Predstavljata tudi rezultate lastnih raziskovanj in študij ter uporabljata poučne primere. Knjiga, ki je izšla leta 2003, v drugi izpopolnjeni izdaji pa letos, je namenjena študentom višjih letnikov dodiplomskega študija in doktorskim študentom na Fakulteti za elektrotehniko. A v njej ni nič elektrotehniškega; radovedno jo bodo brali tudi strojniki, fiziki in matematiki. Še Euler bi je bil vesel.

Robotika je veda o načrtovanju, gradnji in uporabi robotov. V slovenski industriji dela danes več kot 1200 robotov. Uporabljajo jih v hrupnih, zdravju nevarnih, vročih, hladnih, sterilnih, brezprašnih, obsevanih in v nanodimenzijskih okoljih. Čeprav si robote predstavljamo v obliki hodečih strojev, podobnih človekovi figuri, je med njimi v resnici največ industrijskih robotskih manipulatorjev, ki posnemajo človeško roko.



*Knjiga Haptični roboti je namenjeni študentom višjih semestrov, doktorskim študentom, raziskovalcem in strokovnjakom.*

Robotska roka je sestavljena iz segmentov, ki jih povezujejo robotski sklepi, ki omogočajo segmentom translacijsko ali rotacijsko gibanje. Robotsko zapestje usmerja orodje ali predmet, ki ga držijo prsti prijemale. Največ industrijskih robotov dela v avtomobilski industriji, in sicer pri montaži, varjenju ter razpršilnem barvanju. Roboti omogočajo kirurgom minimalne invazivne posege v telo, bolnike po kapi med rehabilitacijo spet učijo gibanja, gibljejo se po planetih in morskem dnu ... Nenazadnje

se z robotskimi igračkami zabavajo otroci, saj znajo roboti tudi peti in plesati.

Druga izvirna slovenska monografija o robotiki je knjiga *Haptični roboti* prof. dr. Matjaža Mihlja. V slovarju beremo '*haptičen*, (gr. *haptikos*), tipalen, ki se tiče tipa (v nasprotju z optičnim)'. Skozi okno računalniškega zaslona gledamo navidezni svet. Navajeni smo ga sprejemati slikovno in zvokovno, predmetov v navideznem okolju pa se lahko tudi dotikamo. Haptični robot omogoči, da predmet čutimo. Predmet v navideznem okolju nam odgovori z reakcijo haptičnega robota na povzročeno silo dotika. To reakcijo občutimo kinestetično v napetosti mišic in taktilno kot pritisk ter sile v območju stika med človekom in haptičnim robotom.

Haptični prikazovalniki so zahtevnejši od vizualnih in zvočnih prikazovalnikov. Dotik je dvosmeren in zahteva neposreden stik z uporabnikom. Haptični robot se uporablja tudi kot podsistem teleoperacijskega sistema. Opravlja delo v oddaljenem realnem okolju. V sistemu delujeta upravljalni in izvršni robot. Upravljalna naprava je haptični robot, ki sprejema ukaze operaterja in posreduje nazaj informacijo o interakciji med izvršnim robo-

## Iz robotskega slovarčka

Robotski slovarček v knjigi *Robotika* daje splošne informacije o robotih in uvaja slovensko robotsko terminologijo. Springerjevo izdajo knjige *Robotics* pa zaključijo *angleško-nemško-francoski* robotski terminološki slovar.

Izbrali smo nekaj primerov.

*adaptivni robot* – Robot z enim ali več zunanjimi senzorji, ki je povezan z drugimi stroji in komunicira z drugimi računalniki; s tem da zaznava, meri in analizira podatke iz okolja, prilagaja parametre vodenja in tako kaže v svojih interakcijah določeno mero inteligentnega vedenja.

*antropomorfni robot* – Robot s samimi rotacijskimi sklepi, katerega gibanje je podobno gibanju človekove roke.

*avtonomi robot* – Robot, ki ima sposobnost, da izdela in izvaja lastni načrt ali strategijo gibanja (npr. mobilni robot, ki sam določi svojo pot do cilja).

*cobot* – Robot, ki je namenjen delu s človekom in ojačuje njegove gibe; robot deluje v fizičnem stiku s človekom, pri čemer človek nakaže nameravane gibe, robot pa jih izvede (npr. prenašanje težkih bremen).

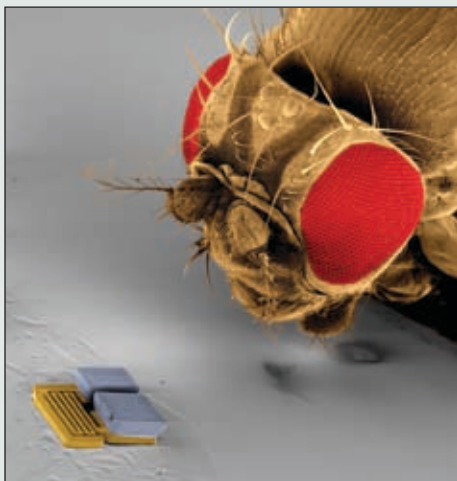
*eksoskelet* – Robotski mehanizem z rotacijskimi sklepi, ki ga pritrdimo na človekovo okončino (npr. teleoperacije).

*haptični robot* – Robotska naprava, ki omogoča posredno zaznavanje dotika, prikazuje značilnosti dotika in omogoča manipulacijo s predmeti bodisi v navideznem ali telemanipulacijskem okolju.

*humanoid* – Robot, ki ima nekatere predvsem fizične lastnosti človeka (videz, dvonožna hoja, manipulacija, strojni vid).

*industrijski robot* – Robotski manipulator, ki je povratnoznančno voden, reprogramirljiv in večnamenski sistem; programirljiv je v treh ali več prostostnih stopnjah.

*robotska kirurgija* – Uporaba robotov pri načrtovanju in izvajanju endoskopskih (pregledovanje notranjosti telesa) in kirurških posegov. Kirurški robotski sistemi uporabljajo informacijo medicinskih slik ter omogočajo visoko zanesljivost in ponovljivost.



*mobilni robot* – Programiran robot s kolesi, ki se prosto giblje po (običajno) ravni površini.

*modularni robot* – Robot, ki ga iz samostojnih elementov (segmenti, sklepi) sestavimo v poljubno strukturo.

*nanorobotika* – Veda, ki načrtuje in gradi robote za manipulacijo s predmeti, katerih velikost opišemo na atomski ali molekularni ravni.

*rehabilitacijska robotika* – Robotski sistemi, ki so bodisi v pomoč ohromeli osebi, bodisi nadomestijo izgubljeno gibalno funkcijo. Robotski sistemi lahko izvajajo tudi urjenje ohromelih zgornjih ali spodnjih okončin. Specialni mobilni robotski sistemi pomagajo slepim.

*robotika* – Veda, ki obsega načrtovanje, gradnjo in uporabo robotov.

*robot SCARA* – Robot z dvema rotacijskima in enim translacijskim sklepom, katerih osi ležijo v navpični ravnini (delovni prostor je valjaste oblike); robotski manipulator je uporabljen predvsem v procesih montaže.

*robotski trot* – Teleoperacijsko vodeni letéči mobilni robot, ki se večinoma uporablja v vojaške namene.

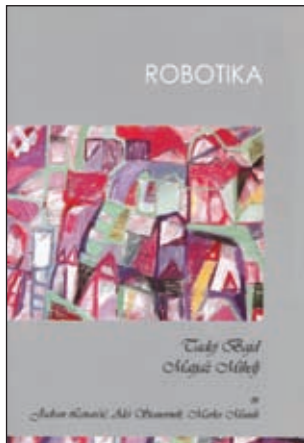
*vesoljski robot* – Avtonomni robotski sistem, ki opravlja geološke in atmosferske raziskave v vesolju.

tom in okoljem. Haptični robot lahko preslika gibanje roke operaterja, ki se meri v metrih, v premike izvršnega robota, ki se merijo v nanometrih. Avtor je raziskoval na univerzi Tohoku na Japonskem in na ETH v Zürichu. Tu je za razvoj robota za rehabilitacijo zgornjih

okončin prejel nagrado Swiss Technology Award. Knjiga je izšla pri založbi FE in FRI leta 2007, opremil pa jo je prof. Lenarčič. Namenjena je študentom 5. letnika bolonjskega študija, doktorskim študentom in raziskovalcem navideznih okolij.



Knjigi *Robotski mehanizmi* in *Haptični roboti* povzemata znanje v najnovejši mednarodni literaturi ter predstavljata tudi originalne in mednarodno znane raziskovalne dosežke avtorjev. Avtorji raziskujejo v pomembnih slovenskih ustanovah – na Inštitutu Jožef Stefan in na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani. Prvi se ukvarjajo predvsem z bio-robotiko in humanoidno robotiko (raziskujejo ramenski sklep, gibanje glave, robotski vid, ravnotežje), na ljubljanski Fakulteti za elektrotehniko pa razvijajo rehabilitacijsko robotiko. V evropskih raziskovalnih projektih razvijajo haptične robote za urjenje gibanja zgornjih okončin in prijemanja v navideznem okolju.



Naslovnica učbenika *Robotika* (2008) in njegovega angleškega prevoda, ki ga je letos izdala ugledna mednarodna založba Springer.



zijske matematike in fizike. Metoda pouka predmeta robotika na prvi bolonjski stopnji je s to knjigo definirana – celo do te mere, da je knjigo letos spomladi v angleškem jeziku izdala tudi ugledna založba Springer. Prevod z naslovom *Robotics* je izšel kot 43. monografija v Springerjevi seriji *Intelligent Systems*, ki jo ureja prof. S. G. Tzafestas s Tehniške univerze v Atenah. Knjiga ima vse možnosti, da postane evropski učbenik robotike na začetku študija in odlična pomoč tujim študentom na slovenskih visokih šolah. Ob tem velja omeniti, da so leta 1928 prav pri Springerju izdali knjigo akademika Milana Vidmarja, ki je v slovenskem prevodu in z naslovom *Predavanja o znanstvenih osnovah elektrotehnike* izšla leta 1952. V vmesnem obdobju je prof. Vidmar ustanovil in utrdil študij elektrotehnike v Sloveniji na vseh stopnjah, od elektrikarja do doktorja znanosti.



Na začetku 80. let prejšnjega stoletja so na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani in v Iskri razvili montažni robot ROKI 200. Na sejmu elektronike v Hannoveru si ga je ogledal tudi tedanji nemški kancler Helmut Kohl.

Tretja knjiga, ki jo predstavljamo v tem pregledu novejše slovenske literature s področja robotike, je univerzitetni učbenik za robotike začetnike, ki poslušajo predavanja na prvi stopnji bolonjskega študija elektrotehnike. Njegov naslov je *Robotika*, izšel je leta 2008, napisala pa sta ga akademik Tadej Bajd in prof. dr. Matjaž Mihelj s sodelovanjem J. Lenarčiča, A. Stanovnika in M. Muniha. Uporaba učbenika zahteva le znanje gimna-

[http://en.wikipedia.org/wiki/Robots\\_in\\_literature](http://en.wikipedia.org/wiki/Robots_in_literature)  
[en.wikipedia.org/wiki/Robotics](http://en.wikipedia.org/wiki/Robotics)  
[www.razorrobotics.com/](http://www.razorrobotics.com/)  
[robo.fe.uni-lj.si/](http://robo.fe.uni-lj.si/)  
[www.ijs.si/ijsw/E1/E1\\_slo](http://www.ijs.si/ijsw/E1/E1_slo)