

Kje danes prihaja do tehnološke konvergenca?

Identifikacija področij, interdisciplinarnih zahtev in vplivov na znanstveni in tehnološki razvoj

Uvod

Definirati pojem »konvergentne tehnologije« (KT) in določiti področja, kjer trenutno poteka konvergenca, ni lahka naloga. Koncept so razvili tehnološki vizionarji, sprejele in promovirale so ga organizacije za financiranje raziskovanja po vsem svetu, med oblikovalci politik (*policy makers*) pa je zbudil tudi visoka pričakovanja v zvezi s posledicami konvergenca za znanost in družbo.

Čprav koncept kot takšen izvira iz sfere vodenja in oblikovanja politik v širšem pomenu, domnevno spodbuja razvoj zelo različnih področij tehnologije. Vendar pa v okviru omenjenega koncepta ni bilo nikoli natančno pojasnjeno, na katera področja tehnologije se nanaša in kakšen naj bi bil konkreten vpliv tehnološke konvergenca na raziskave in razvoj.

Pričakovali bi lahko, da bodo predloge o tem, za katera področja gre, ponudili dokumenti štirih konferenc, ki so potekale v ZDA, in poročila skupine strokovnjakov na visoki ravni, ki je delovala v Evropi (*High Level Expert Group* – HLEG). Konference v Združenih državah so potekale leta 2001 v Washingtonu D.C. (Roco in Bainbridge, 2003), leta 2003 v Los Angelesu (Roco in Montemagno, 2004), leta 2004 v New Yorku (Bainbridge in Roco, 2006(a)) in leta 2005 na Havajih (Bainbridge in Roco, 2006(b)). V Evropi so različne skupine strokovnjakov na visoki ravni (HLEG) proizvedle serijo dokumentov, ki analizirajo konvergenca, ter predlagale evropsko pot v konvergenca (HLEG, 2004(a); HLEG 2004(b); Stamann in drugi, 2004; Ringland in drugi, 2004; Bibel in drugi, 2004). Dejavnost strokovnjakov v Evropi je zajeta pod oznako »CTEKS«, tj. Konvergentne tehnologije za evropsko družbo znanja (*Converging Technologies for the European Knowledge Society*).

Tako v evropskih dokumentih, kot tudi v dokumentih iz ZDA, je koncept konvergenca uporabljen za obsežna področja znanosti in tehnologije. Čprav obstajajo nekateri pristopi, katerih namen je podrobno opredeliti bistvo konvergenca (na primer Lieshout in drugi, 2006; Malanowski in Compano, 2007), pa do danes še ni prepričljive označitve konvergenca.

¹ Dr. Bernd Beckert je znanstveni sodelavec in projektni vodja za sistemske in inovacijske raziskave na Fraunhofer ISI. Njegova raziskovalna zanimanja in projekti vključujejo večplastne, sistemske vplive in vidike informacijsko-komunikacijskih ter drugih naprednih tehnologij, medijev in v zadnjem času tudi konvergentnih tehnologij. K besedilu je poleg naštetih avtorjev svoj delež prispeval tudi Axel Thielmann.

Potemtakem predlagamo pristop, ki kombinira perspektivi od zgoraj navzdol in od spodaj navzgor. S takšno kombinacijo perspektiv bi lahko identificirali temeljna področja konvergence ter samo konvergenco znotraj teh področij. Po opredelitvi osrednjih področij KT, le-te preverjamo glede na realnost, pri čemer želimo ločiti, tudi na podlagi soočanja anticipiranih znanstvenih prebojev z dejanskim stanjem na področju raziskovanja, znanstveno fantastiko od dejanske znanosti.

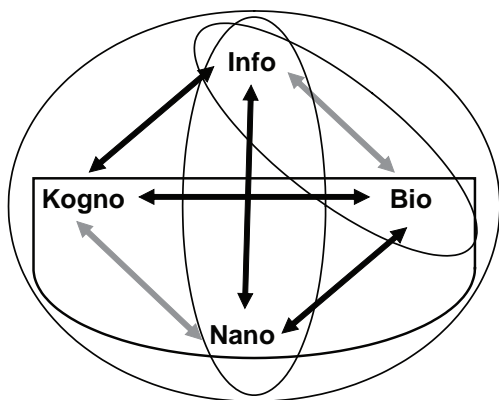
Konvergentne tehnologije: koncepti in razvrstitve

Izhodiščna točka za analizo konvergence je tako imenovani NBIC tetrahedron (slika 1), ki sta ga prvotno predlagala Roco in Bainbridge v dokumentaciji prve konference NBIC (Roco in Bainbridge, 2003: 2). V svojem uvodnem članku trdita, da se konvergenca dogaja kot sinergistična kombinacija štirih glavnih področij znanosti in tehnologije, izmed katerih trenutno vsaka napreduje z veliko hitrostjo: a) nanoznanosti in nanotehnologije; (b) biotehnologije in biomedicine, vključno z genetskim inženiringom; (c): informacijske tehnologije, vključno z naprednim računstvom in komunikacijami; in (d) kognitivne znanosti, vključno s kognitivno nevroznanostjo (Roco in Bainbridge, 2003).

Trdita, da so te znanosti zdaj »dosegle mejnik, na katerem se morajo združiti, da bi lahko čim hitreje napredovale« (Roco in Bainbridge, 2003: 2). Kot t. i. strukturna načela oziroma gradniki bodočim tehnologijam v okviru NBIC raziskovanja, so navedeni atomi, geni, nevroni in biti (Roco in Bainbridge, 2003: 71f). V članku Roca in Bainbridga ostaja neodgovorjeno vprašanje, ali je konvergenca nekaj, kar se že dogaja in se združuje pod novo oznako konvergence, ali pa je konvergenca proces, ki bo v prihodnosti potreben za doseganje novih znanstvenih prebojev.

Skupina strokovnjakov na visoki ravni je v svojem poročilu *Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies* uporabila drugačen pristop: žarišče zanimanja niso področja aplikacij, kjer bi se konvergenca lahko zgodila, temveč področja, na katerih naj bi konvergenca delovala kot spodbujevalec znanstvenih prebojev in inovacij. Avtorji predlagajo, naj bi se evropska verzija NBIC, imenovana Konvergentne tehnologije za evropsko

Slika 1: Konvergenca nano, bio, info in kognio (NBIC) na splošni ravni



Vir: Roco in Bainbridge, 2003: 2

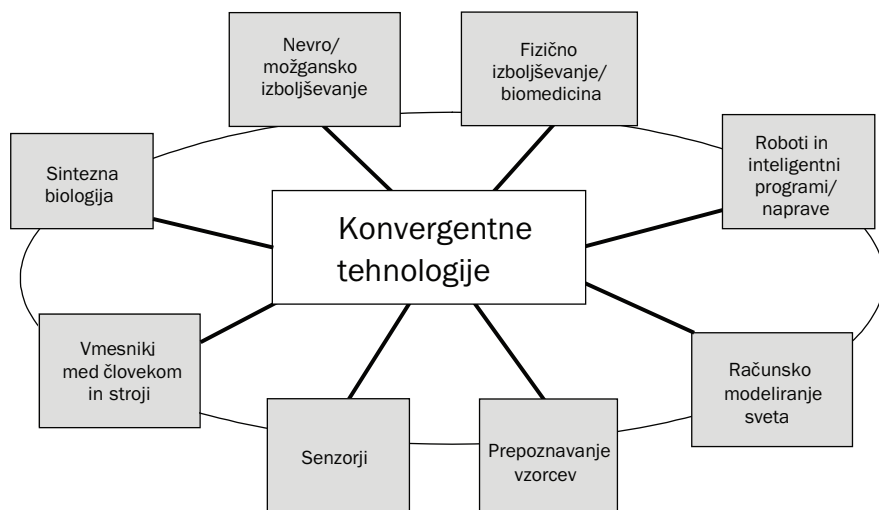
družbo znanja (*Converging Technologies for the European Knowledge Society – CTEKS*), usmerila v raziskovalne teme, ki so visoko cenjene, ter tako sprožila tehnološki razvoj na zelenih področjih. Identificiranih je bilo pet področij, tj. zdravje, izobraževanje, infrastruktura, IKT in energija, ki naj bi pomenila področja, na katerih napredek s pomočjo konvergence velja za zaželenega (HLEG, 2004(a)).

Konceptualni okvir

Razumljivo je, da je eden osrednjih problemov koncepta KT nejasnost glede tega, ali gre pri konvergenci za opazovanje nečesa, kar se že dogaja. Da bi se lahko soočili s tem problemom in odgovorili

na vprašanje, kakšne konkretne vplive imajo vizije KT za delo na posameznih področjih, je potreben kombiniran pristop. Tako smo analizirali osrednje dokumente, povezane z razpravami v ZDA in Evropi, ter opredelili relevantne znanstvene discipline, področja raziskovanja, tehnološki razvoj in področja aplikacij, omenjena kot tista, ki so potencialno povezana s konvergenco. Skupaj vzeto, smo identificirali več kot 100 posameznih področij. V nadaljevanju smo na Fraunhofer ISI organizirali delavnico s strokovnjaki z različno tehnološko izobrazbo, da bi razporedili identificirana področja raziskav in razvoja v grozde, in sicer glede na tematsko podobnost, skupne metode in vzajemno bližino. Razporejanje v grozde je povzročilo oblikovanje osmih področij, s katerimi je bilo mogoče zajeti skoraj vsa področja raziskav in razvoja. Teh osem področij je prikazanih na sliki 2.

Slika 2: Področja uporabe v razpravi KT kot posledica razporejanja v grozde



Sledeč našemu pristopu je na konvergenco na splošno mogoče gledati iz dveh zornih kotov. Nanjo lahko gledamo kot na abstrakten koncept, ki ponuja usmerjevalna načela za splošen znanstveni razvoj (od zgoraj navzdol), v smislu vodilnih vizij (Dierkes in Hoffmann, 1992; Dierkes, 1990; Lösch, 2006). Lahko pa jo obravnavamo tudi kot nekaj, kar se že dogaja na konkretnih področjih aplikacij, brez obsežnega načrtovanja in načeloma celo brez seznanjenosti s konceptom (od spodaj navzgor, glej Weingart in drugi, 1990).

Metode in viri

Rezultati, predstavljeni v naslednjih poglavjih, izhajajo iz obsežne analize ustrezne literature, kakor tudi iz številnih internetnih virov. Poleg tega smo izvedli vrsto intervjujev z raziskovalci in inženirji na različnih področjih znanosti in tehnologije.

Najprej smo analizirali vizije v »uradnih« dokumentih o KT. Da bi ocenili trenutno stanje tehnološkega razvoja, smo uporabili pregledne znanstvene članke, kakor tudi poročila o posebnih

področjih, ki se nanašajo na vsebine NBIC. Pregledni članki obsegajo na primer Silberglitt in drugi, 2006, Shmulewitz in drugi, 2006, ali Grillner in drugi, 2005. Za ocenjevanje napredka na posameznih področjih uporabe so bili v glavnem uporabljeni članki Inštituta inženirjev elektrotehnike in elektronike (IEEE, inženiring) in revije Nature (naravoslovje). Poleg tega smo vključili znanje in izkušnje celotne Fraunhoferjeve mreže strokovnjakov v Nemčiji in številnih zunanjih strokovnjakov, ki smo jih intervjuvali za namene tega projekta. Rezultati intervjujev s strokovnjaki so bili vključeni v našo oceno trenutnega stanja na različnih znanstvenih in tehnoloških področjih ter v našo oceno o splošnem vplivu koncepta konvergence na nadaljni razvoj znanosti in tehnologije.

Soočenje vizij in realnosti na osmih osrednjih področjih KT

Nevro/možgansko izboljševanje

Vizije

Nedavni rezultati raziskav v nevroznanosti so zbudili visoka pričakovanja v zvezi z razumevanjem, modeliranjem in izboljševanjem človeških možganov. Osrednja vizija na področju nevroznanosti je, da bodo znanstveniki nekega dne zmožni v celoti razumeti in opisati biokemične in nevroelektrične procese, povezane s človeškimi namerami, nagoni, občutki, prepričanja itd. ter to znanje sposobni prenašati v obliki formalno natančno opredeljenih procesov (Bainbridge, 2006).

Poleg tega je v prihodnosti predvidena možnost stimuliranja in izboljševanja človeških možganov s pomočjo farmacevtskih izdelkov, genetskih modifikacij ali tehničnih naprav, kot so vsadki ali nevralne proteze; farmacevtski izdelki bi lahko preprečili negativne vplive pomanjkanja spanca, stimulirali ustvarjalnost ali izboljšali spomin in kognicijo (Goldblatt, 2003: 339–340).

Še en dolgoročni cilj je razvoj tehničnih naprav, ki bi lahko sočasno delovale kot nadomestne možganske strukture ali celo kot zunanje razširitve spomina (Robinett, 2003: 168). Razširitve spomina ali moduli veččin (na primer jezikovni moduli za kitajščino), ki bi jih vsadili v možgane, bi lahko izboljšali človeške zmožnosti, enako kot je mogoče nadgraditi računalnike z vstavljanjem dodatnih strojnih komponent ali z nadgraditvijo programske opreme.

Trenutno stanje

Čeprav so nevroznanstvene raziskave v zadnjem desetletju dosegle uspehe pri ugotavljanju lege možganskih predelov, ki so odgovorni za določene funkcije z uporabo novih tehnik upodabljanja, ter obenem tudi dosegle globlje razumevanje biokemičnih procesov na ravni posameznih nevronov z uporabo novih tehnik, je mogoče trditi, da je razumevanje možganov še vedno nepopolno.

Zlasti delovanje združenih celičnih struktur, sestavljenih iz tudi več tisoč nevronov, še zdaleč ni znano. Da bi dosegli napredek na tem področju, nevroznanstveniki trdijo, bi bilo treba razviti večnivojski pristop, ki povezuje različna področja proučevanja (Elger in drugi, 2004: 31; Grillner in drugi, 2005: 614). Interdisciplinarno sodelovanje je še posebej predvideno na novih področjih, ki so povezana z možgani, kot so nevroračunanje, biomehanika ali psihologija.

V smislu tehničnih naprav je najbolj uveljavljena neinvazivna tehnika, ki vpliva na nevronske procese v možganih, metoda translobanjske magnetne stimulacije (TMS), kjer naglo spreminjajoča se magnetna polja v možganih inducirajo napetosti in tako aktivirajo možganske živce. Trenutno se preiskujejo možnosti te metode za zdravljenje hude depresije, epilepsije, odporne

² Za izčrpnjši opis trenutnega stanja raziskav glej dva članka, napisana za projekt CONTECS: *Deliverable 1.1 Part A* (2006) in *Deliverable 3.1 Part 1* (2007) z naslovom »*ReD Trends in Converging Technologies*«. Te končne izsledke je mogoče pridobiti na www.contecs.fraunhofer.de.

na zdravila, slušnih halucinacij in tinitusa (glej Sandberg in Bostrom, 2006).

Neveznanost zajema vrsto znanstvenih disciplin, kot so biologija, psihologija, računalniška znanost, fizika in medicina, ter uporablja metode in orodja z različnih raziskovalnih področij. Neveznanstveni raziskovalci so prepričani, da je napredek mogoče doseči samo z inteligentno kombinacijo disciplin, kot so nano- in biotehnologija, informacijska tehnologija, genetski inženiring in kognitivna znanost. Tako »nevro/možgansko izboljševanje« kot raziskovalno področje stoji v središču KT-razprave. Zbuja največ pozornosti zaradi svojih načrtov za stimuliranje in manipuliranje možganskih procesov, ki bodo – če bodo uspešno izpeljani – lahko neposredno vplivali na naše koncepte človeškega jaza in identitete.²

Fizično izboljševanje in biomedicina

Vizije

Osrednja vizija pri fizičnem izboljševanju in biomedicini je, da bo napredek v bio- in nanotehnologiji vodil k novim terapevtskim metodam in izboljševanju fizičnih zmožnosti ljudi. Najpomembnejše vizije so nanoroboti, ki opravljajo kirurške posege in izvajajo zdravljenje globoko v notranjosti človeškega telesa (Freitas, 2005), gojenje »nadomestnih delov« za človeško telo, mišice, ki se ne utrudijo, in izboljševanje oseb do točke, ko lahko tečejo veliko hitreje kot »normalni« posamezniki ali prenašajo težka bremena, ki presegajo »normalne« dimenzije (Bainbridge, 2006). Poleg tega bi morale biti s temi metodami mogoče doseči skrajno dolgoživost, ki bi posameznim osebam omogočila živeti več kot 200 let.

Trenutno stanje

V zvezi s trenutnim stanjem fizičnega izboljševanja in biomedicinskih raziskav je mogoče trditi, da so prvi sistemi za dostavo učinkovin, ki temeljijo na nanotehnologiji in učinkovine sproščajo le na določenih lokacijah v telesu, že komercialno dostopni, medtem ko se trenutno pripravlja še okrog dodatnih 100 izdelkov (Wagner in Zweck, 2005). Glede na to, da so se raziskave o interakciji nanosnovi in živih organizmov šele začele, se moramo zavedati, da so trenutno na voljo samo omejene informacije v zvezi z dolgoročnimi vplivi in potencialno toksičnostjo nanodelcev v človeškem telesu.

Farmakogenomske in farmakogenetske študije, ki se ukvarjajo z vplivom genetskih variacij na odzivnost do učinkovin, so že omogočile razvoj majhnega števila genetskih testov, ki napovedujejo odziv posameznikov na določena farmacevtska sredstva (Weatherall in drugi, 2005). Dolgoročno bi takšen razvoj lahko vodil k učinkovinam, ki so prirejene glede na genetsko sestavo posameznika. Nasprotno pa genska terapija pri ljudeh kljub dokaj uspešnim poskusom z genetsko modificiranimi živalmi še ni bila ravno uspešna (nekateri pacienti so celo umrli). Pri živalih so bili preizkušeni posegi, ki so povzročili, da se mišice miši niso utrudile. Glede genske terapije je bilo ocenjeno, da bi lahko trajalo približno 10 let, preden bodo na voljo prve učinkovite rešitve, temelječe na nanoznanosti (ESF, 2005: 20).

Kot na področju raziskovanja možganov je na področju »fizičnega izboljševanja/biomedicine« konvergenca različnih področij znanosti in metod jasno vidna in na široko uporabljena. Področje biomedicine že ima določeno zgodovino konvergence, saj so njeni nedavni preboji in izdelki, kot so inzulin za vdihavanje ali terapije, ki združujejo naprave in zdravila, postali mogoči samo z združevanjem različnih znanstvenih in inženirskih metod.

Sintezna biologija

Vizije

Osrednja vizija dokaj novega področja sintezne biologije je zasnovati, zgraditi in inženirati biološke sisteme ali naprave, ki bodo zmožni procesirati informacije (DNK računalnik), manipulirati kemikalije, izdelovati materiale, pridobivati energijo, dajati hrano ter ohranjati in izboljševati človekovo zdravje in okolje. To bi bilo mogoče doseči z umetnim preoblikovanjem obstoječih bioloških sistemov.

Pričakovanja, ki so povezana s sintetično biologijo in bodočimi aplikacijami, so zelo velika ter na široko segajo prek različnih znanstvenih in inženirskih disciplin, od medicine do pridobivanja energije. Racionalno inženirane organizme bi bilo mogoče zasnovati za proizvodnjo poceni in obnovljivih surovin ali za pretvorbo polizdelkov v goriva, kot sta vodik in metanol. Sposobnost bioloških sistemov za nadzorovanje strukture materialov na molekularni ravni bi lahko omogočila tudi dostop do materialov z novimi in izboljšanimi lastnostmi ali naprav, kot so stroji in elektronska vezja, strukturirani na ultranizkih velikostnih stopnjah.

Trenutno stanje

Trenutno je glavna naloga na področju sintezne biologije razvoj sestavnih delov bodočih bioloških naprav. V primerjavi z elektronskimi komponentami, kot so uporniki ali kondenzatorji, poskušajo raziskovalci biološke komponente, tako imenovane »biodele«, sestaviti v naprave, ki bi delovale v notranjosti živih celic. V inženirskem pogledu morajo celice delovati kot »napajalniki« in »šasije« ter tako zagotavljati snovi, energijo in druge osnovne vire, ki so potrebni za ustrezno delovanje sistema. Vendar pa serijska industrijska izdelava takšnih bioloških sistemov še ni mogoča. Do zdaj so znanstveniki na tem področju večinoma delovali skupaj v zaprtih ekipah, na specifičnih izoliranih aplikacijah in problemih. Čeprav je bila večina komponent, ki so bile do zdaj razvite, pomembnih glede dokazljivosti koncepta na podlagi temeljnih raziskav, so raziskave in razvoj v sintetični biologiji še vedno na začetku.

Sintezna biologija združuje nano-, bio- in informacijsko tehnologijo in od nedavnega velja za del razvoja konvergentnih tehnologij. Vsekakor morajo strokovnjaki s številnih različnih raziskovalnih področij, kot so inženiring in proizvodnja, molekularna biologija, sistemska biologija, organska kemija, informatika, nanobiotehnologija itd., medsebojno sodelovati. Jemati morajo obstoječe biološke dele in jih preoblikovati v mikrostroje ter tako ustvariti umetne sisteme, ki posnemajo lastnosti živih sistemov.

Vmesniki med človekom in stroji

Naslednjih pet področij KT je mogoče obravnavati kot podpodročja glavnih področij »nevro/ možganskega izboljševanja«, »fizičnega izboljševanja in biomedicine« ter »sintezne biologije«. Prva so sestavni deli treh glavnih področij in so predstavljena ločeno, ker na teh področjih že obstaja tradicija raziskav, ki je zdaj deležna pozornosti in se poskuša poenotiti pod naslovom »konvergenca«.

Vizije

Glavni cilj na raziskovalnem področju »vmesnikov med človekom in stroji« je razvoj vmesnikov, ki bi omogočili neposredne povezave med človeškimi možgani in umetnimi okončinami, kakor

tudi med ljudmi in računalniki ali drugimi stroji. Zamišljeni vmesniki bodo morda omogočili velik skupek aplikacij – segajoč od povrnitve (npr. umetne roke) do razširitve človeške storilnosti z neposrednim nevrnalnim nadzorom kompleksnih strojev, povezujoč možgane s senzorji za UV-svetlobo in ultrazvok, ali z zunanji razširitvami spomina (Robinet, 2003; Bainbridge, 2006).

Trenutno stanje

V zvezi z neinvazivnimi vmesniki med človekom in stroji so trenutne raziskave osredinjene na možnost opazovanja možganske dejavnosti s pomočjo elektroencefalograma (EEG). Približno 100 elektrod se namesti na zunanjo površino lasišča, da bi beležile električne signale, ki jih je mogoče pretvoriti v preproste ukaze, kot je premikanje kurzorja na računalniškem zaslonu (Blankertz in drugi, 2006). V zvezi z invazivnimi vmesniki multielektrodni posnetki z elektrodnih sestavov, kot je na primer tako imenovani Utah Electrode Array (UEA), sestavljen iz 100 x 1,5 mm dolgih elektrod, zbranih na štirimilimetrskem kvadratnem čipu, trajno vsajenem v možgane, pomenijo trenutno stanje tehnike (Hochberg in drugi, 2006).

Glede na dejstvo, da je večina teh poskusov še vedno enosmernih, torej od možganov k umetnim napravam, bi bil razvoj dvosmernih vmesnikov koristen za zamišljene aplikacije, kot je nadzor ohromljenih okončin ali kompleksnih protetičnih naprav. To je mogoče doseči samo z združevanjem računalniške znanosti in informacijske tehnologije z raziskovalnimi področji, kot sta kognitivna znanost in psihologija, obenem pa tudi z vedami o materialih, biomehaniko in inženiringom.

Senzorji

Vizije

V dokumentih NBIC je močan poudarek na zaznavanju snovi za kemično in biološko vojskovanje ali strupenih snovi ter tudi na pridobivanju informacij o okolju, kot so temperatura, ravni UV-svetlobe in koncentracije onesnaževalcev (Roco in Bainbridge, 2003; Pierce, 2003: 118). V medicinskem sektorju vizije obsegajo hitre in ultraobčutljive senzorje, ki omogočajo izboljšano diagnostiko in boljše zdravljenje bolezni. Ideje segajo od omrežij brezžičnih senzorjev in nosljivih senzorjev za medicinsko samoopazovanje do biočipov ali sistemov laboratorij-na-čipu ter naprav za upodabljanje in diagnostiko nanovelikosti (Connolly, 2003: 185; Lieshout in drugi, 2006 : 67 in 80; Bainbridge, 2006).

Trenutno stanje

Pri nosljivih senzorjih so dobro znani primeri komercialno razpoložljivih senzorjev srčnega utripa, ki so integrirani v zapestnice ali oprsne pasove. Naprednejša naprava je tako imenovana pametna srajca, ki so jo razvili raziskovalci na Georgia Tech. To je majica s kratkimi rokavi, z integriranimi optičnimi in prevodnimi vlakni, ki omogočajo opazovanje srčnega utripa, elektrokardiograma (ECG), dihanja in temperature. V zvezi z upodabljanjem pri nanovelikostih, diagnostičnimi sredstvi in biočipi, je treba povedati, da je tehnološka zrelost različnih pristopov na teh področjih precej heterogena. Kljub temu pa lahko rečemo, da so nedavna raziskovalna prizadevanja pri diagnostičnih sredstvih in miniaturiziranih biosenzorjih vodila k znatnemu izboljšanju analiz procesov na celični in molekularni ravni (molekularna diagnostika) ter tudi občutljivejših testov, kot je zaznavanje biomolekul, torej ciljnih DNK sekvenc (Wagner in Zweck, 2005; de Groot in Loeffler, 2006).

V zvezi z opazovanjem zdravja ali človeških dejavnosti na splošno, raziskovalno področje »senzorji« nakazuje potrebo po konvergenci nano- in biotehnologije z informacijsko tehnologijo.

Računalniško modeliranje sveta

Vizije

To raziskovalno področje je treba razumeti kot modeliranje, simuliranje ali kartografiranje »resničnega sveta« s pomočjo računalnikov. Vizije in ideje na tem področju segajo od napovedovanja računalniško generiranih virtualnih okolij, ki popolno reproducirajo realnost na podlagi razvoja v navidezni in izostreni realnosti (*virtual reality* – VR in *augmented reality* – AR) do globokih spoznanj o živi naravi z uporabo bioinformatike in računske nevroznanosti (Batterson in Pope, 2002; Bainbridge, 2006; Bibel in drugi, 2004).

Trenutno stanje

Raziskave na področju sistemov VR in AR so že zdaj pripeljale do nastanka tehnologij, ki omogočajo interakcijo s poglobljenimi natančno reproduciranimi 3D-simulacijami (VR) ter tudi združevanje »resničnega sveta« in računalniške grafike (AR). Eden od primerov je vizualizacija montažnih korakov med vzdrževalnimi in gradbenimi deli z uporabo na glavi nameščenega prikazovalnika. Vseeno pa se raziskave na obeh področjih še vedno usmerjene v izboljšanje prikazovalnih tehnologij. Navidezni prikazovalniki za mrežnico, ki skenirajo nizkoenergetsko lasersko svetlobo na mrežnico, kažejo trenutno stanje tehnike v AR. Natančno sledenje položaja in usmeritve uporabnikove glave, ki je potrebno za pravilno ujemanje prekrivajočih se grafik s pogledom na svet, ki obdaja uporabnika, je še vedno izziv za raziskave in razvoj, povezan z AR.

Področja v računski znanosti, kot sta bioinformatika ali računska biologija, se ukvarjajo z upravljanjem in analizo bioloških podatkov in uporabo računskih pristopov k proučevanju bioloških pojavov. Povezana so z vizijo, da bi bilo nekega dne mogoče razviti večnivojsko simulacijo biologije, ki bi segala od molekularne do družbene ravni.

Raziskovalno področje »računsko modeliranje sveta« je dandanes relevantno za vse znanstvene discipline. Tukaj je konvergenca mogoče opazovati tako, da se v vseh naravoslovnih znanostih računalniki uporabljajo za upravljanje podatkovnih baz ali razvoj modelov, kar omogoča globlje vpoglede v temeljne mehanizme. To bi lahko pripomoglo tudi k boljšemu razumevanju bolezni ali razvoju novih farmacevtskih sredstev.

Prepoznavanje vzorcev

Vizije

Večina vizij na tem področju je povezana z avtomatičnim prepoznavanjem govora in zaznavanjem vizualnih vzorcev (prepoznavanje podob). Vizionarske ideje aplikacij so dokaj raznolike in obsegajo aplikacije, kot so sistemi za avtomatično prevajanje naravnega jezika, z govorom vodena vozila ter sisteme nadzorovanja, ki lahko identificirajo ljudi ter celo zaznajo, kakšne dejavnosti opravljajo.

Trenutno stanje

Nekateri primeri uspešnih izdelkov, ki temeljijo na prepoznavanju govora, že obstajajo, kot so na primer zdravstveni sistemi javljanja ali »učitelji branja« za nepismene ljudi. Kljub temu

pa so trenutni programi še vedno neuspešni pri dveh do petih odstotkih vseh besed. V zvezi s prepoznavanjem podob, ali, natančneje, sistemi za računalniški vid, so določene aplikacije, kot so industrijski sistemi nadzora kakovosti za pregledovanje proizvedenega blaga ali sistemi za pregledovanje gozdov in identifikacijo uporabe poljščin/zemljišč, že temeljito uveljavljene. Vendar pa kompleksnejše naloge, kot je računalniško ocenjevanje estetičnega videza izdelkov ali prepoznavanje obrazov, ostajajo težavne (Lieshout in drugi, 2006).

Za razvoj uspešnih sistemov za prepoznavanje vzorcev kot dela razvoja KT, morajo sodelovati znanstveniki in inženirji disciplin, kot so lingvistika, računalniška znanost, programiranje programske opreme in razvoj strojne opreme.

Roboti in inteligentni sistemi

Vizije

To področje KT sprejema vizije in pristope, na katere pretežno vplivajo koncepti, kot so umetna inteligenca (AI), družabne tehnologije ali vseprisotno računalništvo. V okviru umetne inteligence igra osrednjo vlogo ideja, da naj bi bilo mogoče v bližnji prihodnosti razviti inteligentne naprave, ki so funkcionalno enakovredne človeškim možganom in ki bi jih lahko uporabili za zelo različne smotre in funkcije, kot so na primer zaznavanje, dojemanje, pomnjenje, nadzorovanje, delovanje in učenje (Moravec, 1999; Kurzweil 2005). Cilj družabnih tehnologij je razvoj inteligentnih naprav in robotov, ki ljudem ponujajo nove oblike družbenih razmerij, torej robotov za zdravstveno nego, ki bi lahko omogočali osebne stike, ali gospodinjskih robotov, ki so zmožni dajati podporo starajočim se ljudem (Bainbridge, 2006).

Trenutno stanje

Glede trenutnega stanja AI bi lahko povzeli, da so AI-raziskave, čeprav še vedno zaostajajo za svojimi samozastavljenimi pričakovanji, že dosegle določen napredek v različnih poddomenah, kot so strokovni sistemi in avtonomni roboti. AI se je razvila iz ločenega dela računalniške znanosti v raziskovalno področje, ki vpliva na druge discipline, kot so kognitivna znanost, psihologija, robotika itd. in nasprotno (Waltz, 2006; Lieshout in drugi, 2006).

Da bi dosegli znaten napredek, se morajo na področju »roboti in inteligentna programska oprema/naprave« poenotiti znanstvene discipline, kot so računalniška znanost, kognitivna znanost, psihologija in razvoj strojne opreme, ter združiti metode.

Povzetek

Analiza vizij in trenutnega stanja raziskovanja na prekrivajočih se nano-, bio-, info- in kognopodročjih je pokazala, da dejansko prihaja do konvergence na različnih področjih. Osrednje spodbude za konvergenco prihajajo s področja nevroznanosti. Multi- in interdisciplinarno raziskovanje ter razvoj so jedro tehnološke konvergence.

Proučevanje področij NBIC aplikacij je pokazalo, da so osrednja področja KT, torej neuro in možgansko izboljševanje, fizično izboljševanje in biomedicina ter – z nekaterimi omejitvami tudi dokaj novo področje – sintezna biologija, vključila in združila obstoječa raziskovalna področja. Odkrili smo, da se na analiziranih področjih dejansko začena izvajati konvergenca. Indikatorji teh procesov so nove potencialne aplikacije, interdisciplinarno sodelovanje in raziskovalni projekti.

Tabela 1: Povzetek: Oddaljenost med vizijami in trenutnim stanjem raziskav ter glavne nove kombinacije

<i>Področje tehnološke konvergenca</i>	<i>Vrzel med vizijami in trenutnim stanjem</i>	<i>Pričakovane koristi interdisciplinarnega sodelovanja</i>	<i>Glavne nove kombinacije</i>
1 Nevro/možgansko izboljševanje	visoka	zelo visoke	Nevroznanost, računalniška znanost in matematični modeli, nano- in biotehnologija, medicinske raziskave, genetski inženiring, razvoj programske opreme, kognitivna znanost, nevroznanost in psihologija, biomehanika, vede o materialih.
2 Fizično izboljševanje in biomedicina	na splošno visoka, vendar srednja na nekaterih konkretnih področjih	zelo visoke	Medicinske raziskave, bioinženiring, nanotehnologija, vede o materialih, inženiring človeških okončin, metode za dostavo učinkovin, fizika, farmakologija, nanobiotehnologija.
3 Sintezna biologija	visoka	zelo visoke	Nano-, bio- in informacijska tehnologija, kemični, elektrotehnični in biokemični inženiring, fizika, farmakološki inženiring in proizvodnja, molekularna biologija, sistemska biologija, organska kemija, informatika, nanobiotehnologija.
4 Vmesniki med človekom in stroji	srednja z nekaterimi izjemami	zelo visoke	Računalniška znanost, informacijska tehnologija, kognitivna znanost, psihologija, vede o materialih, biomehanika, inženiring.
5 Senzorji	srednja	zelo visoke	Medicina, vede o materialih, elektronski inženiring, računalniška znanost, inženiring.
6 Računsko modeliranje sveta	srednja	zelo visoke	Vse naravoslovne znanosti, ki uporabljajo računalnike za izdelavo modelov iz podatkovnih baz, še posebno medicina, farmacevtske raziskave, bioinformatika, računska biologija.
7 Prepoznavanje vzorcev	nizka (1)	zelo visoke	Računalniška znanost, lingvistika, razvoj/programiranje programske opreme in razvoj strojne opreme.
8 Roboti in inteligentna programska oprema	srednja (2)	zelo visoke	Računalniška znanost, kognitivna znanost, matematika, psihologija, razvoj strojne opreme.

(1) Z izjemo avtomatičnega prevajanja jezikov.

(2) Zaradi predhodnih razočaranj v raziskavah umetne inteligence.

Vendar pa je analiza pokazala tudi, da so vizije in trenutno stanje raziskav med seboj znatno oddaljeni na vseh osmih področjih. Vrzel je še posebej velika na dveh področjih človeškega izboljševanja (nevro/možgansko in fizično izboljševanje) ter v sintezni biologiji.

V nevroznanosti in biomedicini je močan poudarek na medicinskih aplikacijah in izboljševanju zdravljenja in terapij. To je bilo potrjeno tudi v intervjujih, ki smo jih opravili med raziskovalci. Klinične raziskave in osredinjenost na zdravljenje človeškega razuma in telesa niso prisotni v takšni meri kot na drugih šestih področjih. Trenutne raziskovalne prioritete na teh treh področjih ne omenjajo izboljševanja kot eksplicitnega cilja.

Na vseh osmih področjih potreba po interdisciplinarnem sodelovanju velja za osrednjo. Na določen način je konvergenca in interdisciplinarnost mogoče uporabiti soznačno. Na nekaterih področjih, kot je umetna inteligenca, konvergenca ne opisuje novega pristopa, temveč zajema obstoječe raziskovalno področje, ki bi lahko imelo koristi od močnejšega trans- in interdisciplinarnega pristopa, kot ga predlagajo KT. V tem pogledu je treba konvergenca razumeti kot dinamičen in trajen proces, ki ga spremlja neprekinjena reorganizacija disciplinarnih podpodročij.

Tabela 1 povzema rezultate ter navaja področja in discipline, ki naj bi delovali skupaj na osmih področjih KT. Oddaljenost med vizijami in trenutnim stanjem nakazuje verjetnost, da bo posamezno področje ostalo v stanju temeljnega raziskovanja, namesto da bi v bližnji prihodnosti postalo pomembno področje aplikacij.

Čeprav so potenciali izboljševanja, modeliranja in manipulacije možganov zelo privlačni in primerni za javno razpravo, ne smemo izključiti možnosti, da bi razvoj konvergenca prav lahko pripeljal do znanstvenih prebojev na popolnoma drugih področjih. Smer in tematski obseg konvergenca je veliko širši, kot predlagajo nekateri zagovorniki KT. Bodoče aplikacije koncepta konvergenca lahko vodijo v popolnoma drugo smer – celo do rezultatov, ki se jih danes ne moremo domisliti. Na primer, novo razumevanje možganov ima lahko učinke na razvoj novih informacijsko-tehnoloških aplikacij. Vendar pa to deluje tudi v nasprotni smeri, namreč ko nova računalniška strojna oprema in tehnike za obdelavo podatkov vodijo k boljšemu razumevanju možganov.

Še ena točka pa je zavedanje znanstvenikov o konceptu konvergenca. Glede na neenakomerno sliko resnične znanosti in tehnološkega razvoja lahko povzamemo, da koncept konvergenca deluje predvsem kot politični koncept ali koncept za vodje raziskav. V naših intervjujih smo odkrili, da je pojem tako nov, da se raziskovalci večinoma sploh ne zavedajo konvergenca, tudi če delajo sredi konvergentne discipline, dejavne s tehnološkim razvojem v konceptualnem prekrivanju nano-, bio-, info- in kognitivne znanosti. Tako ima koncept tehnološke konvergenca še dokaj dolgo pot od vizij do vodenja dejanj znanstvenikov in končno do konkretnega tehnološkega razvoja.

Prevod Toni Pustovrh

Literatura

- BAINBRIDGE, W. S., ROCO, M. C. (ur.) (2006(a)): *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society*. New York, Heidelberg, Springer.
- BAINBRIDGE, W. S., ROCO, M. C. (ur.) (2006(b)): *Progress in Convergence: Technologies for Human Wellbeing*. New York, York Academy of Sciences, IX–XIV.
- BATTERSON, J. G., POPE, A. T. (2003): *Converging Technologies: A K-12 Education Vision*. V: ROCO, M. C., BAINBRIDGE, W. S (ur.): *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Dordrecht, Kluwer, 416–424.
- BIBEL, W., ANDLER D., DA COSTA, O. in drugi (2004): *Converging Technologies and the Natural, Social and Cultural World. Special Interest Group Report for the European Commission via an Expert Group on Foresighting the New Technology Wave*. Bruselj, na http://europa.eu.int/comm/research/conferences/2004/ntw/pdf/sig4_en.pdf.
- BLANKERTZ, B., DORNHEGE, G., KRAULEDAT M. (2006): *The Berlin brain-computer interface presents the novel mental typewriter hex-o-spell*. Biomedical Technology, v pripravi.

- CONNOLLY, P. (2003): *Nanobiotechnology and Life Extension*. V: ROCO, M. C., BAINBRIDGE, W. S. (ur.): *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Dordrecht, Kluwer, 182–190.
- DE GROOT, R., LOEFFLER, J. (2006): *Nanomaterial Roadmap 2015 – Roadmap Report concerning the Use of Nanomaterials in the Medical & Health Sector*. Nanoroad SME Project Deliverable, na http://www.nanoroad.net/download/roadmap_mh.pdf.
- DIERKES, M., HOFFMANN, U. (1992): *Understanding technological development as social process*. V: DIERKES, M., HOFFMANN, U. (ur.): *New Technology at the Outset. Social Forces in the Shaping of Technological Innovations*. Campus Verlag, Frankfurt, New York, 9–14.
- DIERKES, M. (1990): *Technische Entwicklung als sozialer Prozess. Chancen und Grenzen einer sozialwissenschaftlichen Erklärung der Technikgenese*. *Naturwissenschaften*, št. 77, 214–220.
- ELGER, C. E. in drugi (2004): *Das Manifest. Elf führende Neurowissenschaftler über Gegenwart und Zukunft der Hirnforschung*. *Gehirn und Geist*, št. 6, 30–37.
- ESF (2005): *Nanomedicine – An ESF-European Medical Research Councils (EMRC) Forward Look report*. Strasbourg, European Science Foundation.
- FREITAS, R. A. (2005): *Nanotechnology, nanomedicine and nanosurgery*. *International Journal of Surgery*, št. 3(4), 243–246.
- GOLDBLATT, M. (2003): *DARPA's Programs in Enhancing Human Performance*. V: ROCO, M. C., BAINBRIDGE, W. S. (ur.): *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Dordrecht, Kluwer, 337–341.
- GRILLNER, S. in drugi (2005): *Integrative Neuroscience: Linking levels of analyses*. *Current Opinion in Biotechnology*, št. 15, 614–621.
- HLEG (2004(a)): *Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies: A Report from the High Level Expert Group on »Foresighting the New Technology Wave«*. Luxembourg, Report EUR 21357, Office for Official Publications of the European Communities.
- HLEG (2004(b)): *Foresighting the New Technology Wave. SIG I – Quality of Life*. Bruselj, Special Interest Group Report for the European Commission via an Expert Group on Foresighting the New Technology Wave.
- HOCHBERG, L. R., SERRUYA, M. D., GERHARD M., FRIEHS, G. M. (2006): *Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia*. *Nature*, št. 442, 164–171.
- KURZWEIL, R. (2005): *The Singularity is Near*. New York, Viking Penguin.
- LIESHOUT, M. VAN, ENZIG, C., HOFFKNECHT, A. (2006): *Converging Applications enabling the Information Society: Trends and Prospects of the Convergence of ICT with Cognitive Science, Biotechnology, Nanotechnology and Material Sciences*. Technical Report Seville: Institute for Prospective Technological Studies, v pripravi.
- LÖSCH, A. (2006): *Means of Communicating Innovations. A Case Study for the Analysis and the Assessment of Nanotechnology's Futuristic Visions*. *Science, Technology & Innovation Studies (STI-Studies)*, št. 2(2), 103–126.
- MALANOWSKI, N., COMPANO, R. (2007): *Combining ICT and cognitive science: Opportunities and risks*. *Foresight*, št. 9(3), 18–29.
- MORAVEC, H. (1999): *Robot: Mere Machine To Transcendent Mind*. Oxford, Oxford University Press.
- PIERCE, B. M. (2003): *Sensor System Engineering Insights on Improving Human Cognition and Communication*. V: ROCO, M. C., BAINBRIDGE, W. S. (ur.): *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Dordrecht, Kluwer, 117–119.

- RINGLAND, G., BRULAND, K., FONTELA, E. (2004): *SIG #3 Report on Economic Effects*. Bruselj, Special Interest Group Report for the European Commission via an Expert Group on Foresighting the New Technology Wave.
- ROBINETT, W. (2003): *The Consequences of fully Understanding the Brain*. V: ROCO, M. C., BAINBRIDGE, W. S (ur.): *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Dordrecht, Kluwer, 166–170.
- ROCO, M. C., MONTEMAGNO, C. D. (ur.) (2004): *The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies*. New York, New York Academy of Sciences.
- ROCO, M. C., BAINBRIDGE, W. S. (ur.) (2003): *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Dordrecht, Kluwer.
- SANDBERG, A., BOSTROM, N. (2006): *Cognitive enhancement: A Review of Technology and Ethical Issues*. Osnutek članka, ki pregleduje tehnologije izboljševanja za delavnico internega projekta v aprilu 2006.
- SHMULEVITZ, A., LANGER, R., PATTON J. (2006): *Convergence in biomedical technology*. *Nature Biotechnology*, št. 24(3), 277–280.
- SILLBERGLITT, R. in drugi (2006): *The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses: Bio/Nano/Materials/Information - Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications*. Santa Monica, Kalifornija, Technical Report TR 303, RAND Corporation.
- STAMANN, J. in drugi (2004): *SIG II-report on the ethical, legal and societal aspects of the converging technologies (NBIC)*. Bruselj, Special Interest Group Report for the European Commission via an Expert Group on Foresighting the New Technology Wave.
- WAGNER, V., ZWECK, A. (2005): *Nanobiotechnology in the medical sector – Drivers for development and possible impacts*. Düsseldorf, VDI Future Technologies Consulting.
- WALTZ, D. L. (2006): *Evolution, Sociobiology, and the Future of Artificial Intelligence*. *IEEE Intelligent Systems*, maj/junij, 66–69.
- WEATHERALL, D., BOBROW, M., BRECKENRIDGE in drugi (2005): *Personalised Medicine: Hopes and Realities*. London, The Royal Society, na <http://www.royalsoc.ac.uk/displaypagedoc.asp?id=17570>.
- WEINGART, P., SEHRINGER, R., WINTERHAGER, M. (1990): *Which Reality do we measure?* *Scientometrics*, št. 19(5–6), 481–493.