

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Tadej Žlender

Vpliv nanotehnologije na vlogo pehotnega vojaka na bojišču

Diplomsko delo

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Tadej Žlender

Mentor:
asist. dr. Uroš Svete

Vpliv nanotehnologije na vlogo pehotnega vojaka na bojišču

Diplomsko delo

Ljubljana, 2009

*Za potrpežljivost, vse ideje in vzpodbude ter
usmerjanje pri pisanju naloge se zahvaljujem
mentorju asist. dr. Urošu Svetetu.*

*Ta zahvala je namenjena tudi moji celotni
družini, brez katere ne bi mogel doseči
zastavljenega cilja. Prav tako nekomu, ki ga
ni več med nami, a vem, da bi bil vesel ob
branju te naloge.*

Vpliv nanotehnologije na vlogo pehotnega vojaka na bojišču

Računalniška tehnologija se razvija z neverjetno hitrostjo. Kar se je pred petdesetimi leti zdelo nemogoče, je danes samoumevno, kar se danes zdi nemogoče, se predvideva, da bo čez nekaj let povsem realno. Takšnemu razvoju je težko slediti. V povezavi z razvojem nanotehnologije dobiva razvoj računalnikov povsem nove meje. Nanotehnologija omogoča konstruiranje na atomski ravni, s čimer je omogočeno oblikovanje novih materialov z neverjetnimi lastnostmi. Z dodajanjem nanovlaken je mogoče za nekajkrat izboljšati lastnosti materialov, ki jih uporabljamo danes. Vse te pridobitve znanstveniki s pridom uporabljajo pri razvoju različnih programov za bojavnika prihodnosti. Bistven poudarek pri opremljanju pehotnega vojaka prihodnosti je konstruiranje obleke, ki mu bo nudila ustrezno zaščito. Prav tako pa mu bo omogočala komunikacijo z okoljem, da bo lahko optimalno deloval kot posameznik in znotraj svoje enote. Le dobro opremljen in izurjen pehotni vojak prihodnosti bo lahko uspešno deloval na digitaliziranem bojišču. Skladno z razvojem informacijske tehnologije in nanotehnologije se spreminja tudi vojaška doktrina v informacijski dobi. Pehotni vojak pa je postavljen pred nove izzive informacijske družbe, ki se ne nanašajo več zgolj le na vojaško delovanje.

Ključne besede: računalništvo, nanotehnologija, vojak prihodnosti, informacijska doba, vojaška doktrina

Nanotechnology impact on the infantry soldier role at the battlefield

Computer science technology is evolving with incredible growth. Something that seemed impossible fifty years ago is today self-evident and something that seems impossible today is predicted to be realizable in the following years. It is hard to follow suchlike development. Including the nanotechnology development the computer science progress gets totally new limits. Nanotechnology enables us to construct at the atomic level, what makes us possible to design new materials with unbelievable attributes. The materials we use today can be improved several times by adding nanofibres. Scientists use all those benefits by developing various programmes of future soldier. Main stress to equip infantry future soldier is to construct the suit, that will offer him proper protection. Quite so it needs to enable the connection with environment, with the intention to act optimally as individual just like within its own unit. Only well equipped and trained infantry future soldier will be able to act efficiently on the digital battlefield. In information age the military doctrine is subjected to changes in accordance with development of information technology and nanotechnology. The new information society lays on infantry soldier new tasks, that are no longer referred only to military activity.

Key words: computer science, nanotechnology, future soldier, information age, military doctrine

KAZALO

1 UVOD	9
2 METODOLOŠKO – HIPOTETIČNI OKVIR	12
2.1 Cilji in pomen naloge	12
2.2 Hipoteze	12
2.3 Uporabljene metode	13
2.4 Struktura analize	13
2.5 Definicije temeljnih pojmov	14
2.5.1 Informatika in računalništvo	14
2.5.2 Vojaška doktrina	15
2.5.3 Digitalizirano bojišče	15
3 ZGRADBA IN DELOVANJE OSEBNEGA RAČUNALNIKA	16
4 TRENDI V RAZVOJU RAČUNALNIKOV	18
5 NANOTEHNOLOGIJA	22
5.1 Ogljikove nanocevke	24
5.2 Kvantne točke	28
5.3 Nanoračunalniki	29
5.3.1 Nevronski računalnik	30
5.3.2 Molekularni računalnik	31
5.4 Področja uporabe nanoračunalnikov	33
5.5 Nanoračunalniki in umetna inteligenca	34
6 VPLIV RAČUNALNIKOV IN NANOTEHNOLOGIJE NA PEHOTNEGA VOJAKA PRIHODNOSTI	38
6.1 Vir energije za uporabo opreme pehotnega vojaka prihodnosti	40
6.2 Oprema pehotnega vojaka prihodnosti	42
6.2.1 Komunikacijska oprema	45
6.2.2 Zaščitna oprema	46
7 KONFLIKTI V INFORMACIJSKI DOBI	53
7.1 Digitalizacija vojske in digitalizirano bojišče	54
7.2 Informacijska prevlada na bojišču prihodnosti	59
8 OBLIKOVANJE VOJAŠKE DOKTRINE V INFORMACIJSKI DOBI	60
9 NOVI IZZIVI PEHOTNEGA VOJAKA PRIHODNOSTI	64
10 ZAKLJUČEK	67

10.1 Sklep.....	67
10.2 Preverjanje hipotez.....	69
11 LITERATURA.....	72

KAZALO TABEL

Tabela 3.1: Predpone merskih enot.....	16
Tabela 4.1: Karakteristike trendov razvoja računalnikov	22

KAZALO SLIK

Slika 3.1: Von Neumannov model računalnika	18
Slika 5.1: Ogljikova nanocevka	28
Slika 5.2: Kvantne točke v celici.....	29
Slika 6.1: Podoba pehotnega vojaka prihodnosti	53

SEZNAM KRATIC

ACU	Army Combat Uniform
AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome
AJP-1	Allied Joint Doctrine
ALU	Aritmetic Logical Unit
B	Byte
BIT	Binary Digit (Binarno število)
CO ₂	Ogljikov dioksid
CPU	Central Process Unit (CPE Centralno procesna enota)
CRT	Cathode Ray Tube
C ⁴ I	Command, Control, Communication, Computers and Intelligence
C ₆₀	Fulereni (posebna struktura ogljika)
DNK	Deoksirobinukleinska kislina
EBO	Effects Based Operations (OTU Operacije, ki temeljijo na učinkih)
ENIAC	Electronic Numerical Integrator And Calculator
EPROM	Erasable PROM
FCS	Future Combat Systems
GPS	Global Positioning System
Hz	Herz
IMM	Institute For Molecular Manufacturing
ISN	The Institute For Soldier Nanotechnologies
LCD	Liquid Crystal Display
LSI	Large Scale Integration
MSI	Medium Scale Integration
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NCW	Network Centric Warfare (OTV Na omrežjih temelječe vojskovanje, UIV Informacijsko usmerjeno vojskovanje)
OFS	Organizacijsko formacijske strukture
OFW	Objective Force Warrior
OOTW	Operations Others Than War
O ₂	Kisik
PROM	Programmable ROM
RAM	Random Access Memory

RKB	Radijsko, kemijsko, biološko
ROM	Read Only Memory
RS	Republika Slovenija
SSI	Small Scale Integration
STF	Shear Thickening Fluid
ULSI	Ultra Large Scale Integration
UNIVAC	Universal Automatic Computer
USB	Universal Serial Bus
VLSI	Very Large Scale Integration
W	Watt
ZDA	Združene Države Amerike
ZSSR	Zveza sovjetskih socialističnih republik

1 UVOD

Vsakdo, ki sliši besedo računalnik, si v mislih v hipu predstavlja svoj osebni računalnik, ki mu služi kot pripomoček pri vsakodnevnem izvajanju svojih obveznosti, in nenazadnje tudi kot napravo, ki mu omogoča sprostitev. V vsakdanjem svetu nam računalniki pomenijo zelo veliko; so naša desna roka pri opravljanju večine opravil. Njihova uporaba je vedno pogostejša, računalniški sistemi so postali neka nenadomestljiva nuja. Dejstvo je, da dandanes računalniki obvladajo vsa najpomembnejša področja človekovega delovanja in nam omogočajo obstoj v sodobni družbi. V največji meri računalniki nadzirajo tudi oskrbo človeka s pitno vodo ter z energijo, kar pa je zgolj malenkost v celotnem sklopu telekomunikacijskih, varnostnih in drugih sistemov. Malokdo se zaveda, česa vsega so računalniki sposobni (in česa še bodo).

Če primerjamo razvoj računalnikov, lahko ugotovimo, da je računalništvo kot veda področje, ki napreduje z neverjetno hitrostjo. Njegovi preprosti začetki segajo v 17. stoletje, ko je leta 1642 Blaise Pascal predstavil prvi digitalni računalnik (Rosina 2006). V nadaljnjih stoletjih se je razvoj stopnjeval vse do sredine 20. stoletja, ko je bila izumljena sploh prva naprava, ki bi ji lahko rekli računalnik v današnjem pomenu besede, in naprej do danes, ko si skorajda že predstavljamo, da je razvoj dosegel vrhunec. Vendar bo to diplomsko delo takšno razmišljanje povsem zavrlo.

Prva uporaba računalniških sistemov v vojaške namene je naznanila prihod povsem nove dobe v bojevanju. Klasični zgodovinski bojevniki, ogromne antične vojske in nenazadnje množične (absolutistične) armade, so, sprva počasi, a vendar vztrajno, vedno bolj tonili v pozabo. Včasih neizogibni fizični boj mož na moža se je opazno začel umikati z bojišč. Dolgotrajne bitke in vojne so se, tako časovno kot tudi prostorsko, omejile na nekajdnevno delovanje na zelo omejenem prostoru. Eden izmed dejavnikov takšnega preobrata je gotovo računalnik. Naloge, za katere so bile včasih potrebne celotne vojske, lahko danes v neprimerljivo krajšem času opravijo računalniško podprti oborožitveni sistemi. In to z nepredstavljivo večjo zmogljivostjo, natančnostjo in zanesljivostjo. Po drugi strani pa lahko en takšen sistem v nekaj sekundah povzroči več žrtev, kot jih je kdaj koli ležalo na bojnem polju po končani klasični bitki oziroma vojni. Seveda, če izvzamem jedrska, biološka in druga orožja za množično uničevanje.

Glede na revolucionarne spremembe v načinu bojevanja, bi lahko uporabo računalnika v vojaške namene primerjali z iznajdbo smodnika. Vendar je računalnik veliko bolj razširjen v nevojaški uporabi kot smodnik. Tako je hkrati povzročil veliko spremembo v samem pogledu na oboroženi boj. O vsesplošni uporabi računalnikov tudi vojaška miselnost dobiva povsem nove razsežnosti in sledi novim ustrojem, ki jih narekuje sodobna računalniško-informacijsko naravnana družba.

Čeprav nam je uporaba računalnika v vsakdanjiku olajšala življenje na skoraj vseh področjih in človekove dejavnosti poenostavila, se moramo zavedati, da je računalnik zgolj elektronski sistem, ki lahko v vsakem trenutku zataji. Bodisi zaradi okvare ali pa namerne zlorabe. Tako naenkrat vse ugodnosti, ki nam jih prinaša, izgubijo ves prvotni sijaj. Posledice so lahko nevarnejše kot okvara ali zloraba katerega koli drugega sistema v človekovi zgodovini.

Vsak dan smo priče vedno novim tehnološkim odkritjem in razvoju posameznih znanosti, ki pomenijo nove smernice v človeškem razvoju. Eno izmed takšnih področij je tudi nanotehnologija, ki nam omogoča ustvarjanje na do zdaj nepoznani mikroskopski ravni. To pa pomeni izdelovanje materialov in večjih sistemov z bistveno boljšimi lastnostmi. Nanotehnologija se povezuje z vsemi drugimi znanstvenimi panogami, saj omogoča, z dodajanjem nanotehnoloških komponent, izboljšavo do zdaj poznanih materialov na nam nepredstavljivo raven. Tako v fizikalnem smislu kot tudi v smislu uporabe na kemičnih, bioloških, medicinskih in drugih znanstvenih področjih.

Ljudje imamo bujno domišljijo, in ravno to nam pomaga pri razvoju znanosti, tehnike in posledično tudi računalnikov. Ob gledanju filmov smo navdušeni nad tehnologijo, ki jo vidimo, vendar se ne zavedamo, da je veliko takšnih, danes nepredstavljenih, stvari realno pričakovati v prihodnosti. Obstaja pa tudi upravičen strah pred zlorabo računalniške tehnologije proti človeštvu samemu. Eden najopaznejših primerov je zloraba računalniških sistemov v uničevalne namene na vojaškem področju, kjer se lahko z morebitnimi terorističnimi ali podobnimi napadi zelo hitro spremeni stanje na varnostnem področju v celotni mednarodni skupnosti.

Ob vseh teh potencialnih grožnjah pa vseeno ne smem stvari ocenjevati črnogledo. Varnostno okolje je postalo zapleteno zaradi kombinacije različnih elementov. Njegove poglobitve značilnosti se kažejo predvsem v medsebojnem učinkovanju vojaških in nevojaških groženj

(etnični konflikti, preprodaja orožja za množično uničevanje, okoljska problematika). Spremembe v mednarodnih odnosih in premiki v posameznih družbah (tako na socialnem kot tudi na informacijsko-tehnološkem področju) so povzročili spremembe v vojaških organizacijah, v njihovi strukturi in kulturi. Spremenila se je uporaba vojaških sil: od prevlade vojskovanja in odvratanja nevarnosti k uporabi vojaške sile v mirovne in humanitarne namene, kar vodi v razvoj t. i. postmoderne vojske (Pešec 2007, 5). V vojaških organizacijah se oblikujejo nova doktrinarna načela, ki se prilagajajo razvoju informacijskih znanosti na civilni ravni. Kajti danes ne govorimo več o ločevanju vojaške in civilne sfere v znanstveno tehnološkem razvoju, ampak je temelj skupen razvoj, ki prinaša napredek tako v množični uporabi kot tudi v oboroženih silah.

2 METODOLOŠKO – HIPOTETIČNI OKVIR

2.1 Cilji in pomen naloge

Glavni cilj te diplomske naloge je prikazati razvoj računalnikov od 2. svetovne vojne dalje in njihov vpliv na spremembo vloge bistvenega elementa vsakega spopada oziroma vojne – vojaka. Največ pozornosti bom posvetil nanotehnologiji na področju računalniške in informacijske tehnologije ter oblikovanju novih kompozitov, kar skupno predstavlja dejavnik, ki ima izrazit pomen pri vlogi sodobnega vojaka na bojišču. Nanotehnologija odpira nove mejnike v računalništvu, pa tudi v drugih industrijskih panogah, kar vojaški znanstveniki s pridom uporabljajo v razvojnih projektov opremljanja in oboroževanja vojaka prihodnosti. Bodisi vojaka kot skupek celotne opreme, ki jo nosi s sabo, ali pa vojaka kot del celotnega integriranega bojišča.

Moj namen je ugotoviti, ali ima vpletanje najnovejših tehnoloških dosežkov v vojaške sisteme kakšen vpliv na razvoj vojaške organizacije. In s tem prikazati, kako se je posledično spremenila vloga vojaka na bojišču v primerjavi z nekaj desetletji nazaj. Na tej osnovi bom tudi prikazal, kako se, ob upoštevanju digitalizacije bojišča, tem ustrojem prilagaja vojaška doktrina.

2.2 Hipoteze

- 1. Razvoj računalnikov v zadnjih letih in nanotehnologija predstavljata revolucijo v oblikovanju novih računalniških sistemov in ustvarjanju novih tehnološko dovršenih kompozitov.*
- 2. Oprema bojevnika prihodnosti omogoča povečano stopnjo varnosti in operativnosti pehotnega vojaka ter njegovo popolno integracijo v sistem digitaliziranega bojišča.*
- 3. Razvoj računalniško-informacijske tehnologije bistveno vpliva na strategijo vodenja oboroženih bojev in spremembo vojaške doktrine.*

2.3 Uporabljene metode

Pri zbiranju podatkov in informacij se bom oprl predvsem na analizo vsebine relevantnih pisnih virov, kar pomeni, da prevladujejo sekundarni viri, ki jih bom dopolnjeval z analizo primarnih virov. Poleg teh metod bom uporabil tudi metodo analize vsebine, s katero bom natančneje razčlenil posamezne dejavnike, ki kažejo na spremembo vojaške doktrine kot posledico razvoja računalniške tehnologije in uporabe le-te v razvoju vojaških sistemov.

Tehnične kazalnike trendov v razvoju računalnikov bom uporabil pri metodi primerjalnega raziskovanja, s katero bom primerjal posamezne komponente in značilnosti v razvoju računalnikov. Prav ta metoda mi bo omogočala tudi primerjavo različnih sklopov in konceptov razvoja opreme vojaka prihodnosti, s čimer bom lahko izluščil bistvene in pomembne segmente, ki jih bom natančneje predstavil z uporabo opisne metode raziskovalnega pristopa.

2.4 Struktura analize

Strukturno gledano, lahko rečem, da je to diplomsko delo sestavljeno iz dveh med sabo zelo povezanih sklopov.

Najprej se bom osredotočil na zgradbo in delovanje osebnega računalnika. Nato bom, glede na lastnosti, razčlenil trende v razvoju računalnika. Posebej se bom posvetil razvoju sodobnih računalnikov, ki so za zdaj še v laboratorijski rabi in nadaljnjem izpopolnjevanju. Pri tem bom obravnaval razvoj nanotehnologije in nanoračunalnikov ter njihova predvidena področja uporabe v prihodnosti. Ob vsem tem bom poskušal pojasniti, kaj odpira razvoj računalnikov v povezavi z umetno inteligenco. Sledila bo predstavitev vpliva nanoračunalnikov in nanotehnologije na opremo in delovanje vojaka prihodnosti. Ob tem bom prikazal tudi smeri razvoja in podobo vojaka prihodnosti. V tem delu bom obravnaval vojaka predvsem kot posameznika.

V drugem sklopu pa se bom navezal na vojaka kot del celotnega sistema in njegove vloge v sistemu integriranega bojišča, ki temelji na omrežnem povezovanju operacij. Ob tem bom nakazal spremembe v razvoju vojaške doktrine, ki so, v dokaj veliki meri, posledica

izpopolnitve računalniško-informacijske tehnologije. Te spremembe bom ponazoril na primeru obeh zalivskih vojn in nove slovenske vojaške doktrine.

V zaključku bom na osnovi predstavljenih dejstev podal svoje mnenje o uspešnosti doseganja zastavljenih ciljev. Prav tako bom komentiral zastavljene delovne hipoteze in jih potrdil oziroma ovrigel.

2.5 Definicije temeljnih pojmov

2.5.1 Informatika in računalništvo

Informatika je veda, ki se ukvarja z informacijami in povezuje različne veje znanosti: matematiko, računalništvo, telekomunikacije, elektrotehniko, elektroniko, kibernetiko ... Informacija je urejen sklop podatkov, ki govori o odnosu ali pojavu in pove vedno nekaj novega. Informacija = predznanje + podatek. Podatek je vsako zaključeno sporočilo. Osnovna enota za merjenje informacije je BIT (binary digit – binarno število; oznaka: b). Bit je tista informacija, s katero dobimo odgovor na vprašanje, na katero sta mogoča dva enako verjetna odgovora (npr. DA = 1, NE = 0). Tako lahko bit označimo kot najmanjšo enoto informacije v stroju. (Wechtersbach 2005, 31)

Računalnik je naprava za avtomatsko obdelavo podatkov, ki izvaja zaporedje enolično določenih operacij. Je sistem za sprejem, obdelavo in predelavo podatkov. Od drugih strojev se razlikuje po tem, da njegovo delovanje lahko programiramo in tako spreminjamo njegovo funkcionalnost.

Računalništvo je v najsplošnejšem pomenu besede veda o računanju in obdelavi informacij, kar vključuje tako strojno kot tudi programsko opremo. V praksi računalništvo vključuje vrsto tem, povezanih z računalniki, od abstraktne analize algoritmov do bolj stvarnih tem, kot so programski jeziki ter programska in strojna oprema. Kot znanstvena veda se računalništvo loči od matematike, programiranja, programskega inženirstva in računskega inženirstva, čeprav se ta polja pogosto zamenjujejo. (Brglez 2003)

2.5.2 Vojaška doktrina

Beseda doktrina izvira iz latinskega glagola docere, ki pomeni učiti se. Gre torej za nekaj, kar se uči, oziroma za učenje. Vojaška doktrina je ena izmed sestavin nacionalne obrambne doktrine, v kateri je vsebovana tudi doktrina civilne obrambe, in je najvišji vojaški strokovni dokument ter temelji na zgodovinskih izkušnjah in teoretičnih spoznanjih o vojskovanju. V najširšem pomenu izraz vojaška doktrina označuje sistem uradno sprejetih splošnih stališč o organizaciji, pripravah in uporabi vseh vej oboroženih sil v vseh mogočih okoliščinah ter o vodenju oboroženega boja in vojskovanju kakor tudi izvajanju vojaških akcij brez uporabe orožja. Vojaška doktrina je v neki državi sistem razmeroma utrjenih in privzetih pogledov na razvoj oboroženih sil ter njihovo pripravljenost za uporabo v miru, krizi, oboroženih spopadih in vojni. Na vojaško obrambnem področju se z izrazom doktrina običajno razume skupek temeljnih načel in operativnih zamisli, ki jih oborožene sile ali njihovi sestavni deli uporabljajo kot usmeritev pri svojem operativnem delovanju, s katerim uresničujejo postavljene cilje. Vojaška doktrina določa v razumni meri obvezujoče zaželeno ali priporočljive metode operativne uporabe vojaške sile na vseh ravneh vojskovanja (strateški, operativni in taktični), da je zagotovljena nujno potrebna stopnja uniformnosti načrtovanja in izvajanja vojaškega delovanja, s čimer se uresničuje obrambna strategija države. V Vojaški doktrini Republike Slovenije (2006, 106) je zapisano, da določa temeljna načela, po katerih vojska usmerja svoje delovanje, da bi podprla doseganje nacionalnih interesov in ciljev. Na razvoj vojaške doktrine vpliva veliko dejavnikov. Nekateri izmed njih so enotni vsem (oziroma večini) oboroženim silam določenega obdobja, medtem ko so drugi specifični za vsako državo in vojaško organizacijo posebej. Med najpogostejše dejavnike, ki vplivajo na oblikovanje vojaške doktrine, štejemo: obstoječo družbeno-politično ureditev države; stopnjo razvoja proizvodnih dejavnosti oziroma materialno-ekonomsko stopnjo razvoja; geostrateški položaj države, njeno velikost in demografske značilnosti; sistem in moč oboroženih sil; moralno-etično kohezijo naroda in druge. (Vojna enciklopedija 1975, 551; Žabkar 2003, 208-209)

2.5.3 Digitalizirano bojišče

Področje digitaliziranega bojišča je, posebno v vojaškem okolju, eno najnovejših in najmlajših, zato je razumljivo, da izrazje še vedno ni poenoteno, ne pri nas in ne v svetu, ter

da je tu še veliko zmede. Najenostavneje lahko digitalizirano bojišče opredelim kot bojišče, opremljeno s sodobnimi tehnološkimi in računalniško-informacijskimi sistemi. V nekoliko razširjenem opisu termina digitalizirano bojišče pa sem izluščil, da gre za nekakšno kombinacijo avtomatskih določanj položajev, zvez, informacij, namerjanj in ciljanj ter sistema senzorjev, ki skupno zagotavljajo celotno operativno sliko bojišča. Torej razumemo digitalizirano bojišče kot proces vodenja in poveljevanja s podporo računalnikov in sodobnih sredstev zvez ter s stalnim prilivom informacij v realnem času. (Kočevar 2004, 83-86; Digital Battlefield 2008)

3 ZGRADBA IN DELOVANJE OSEBNEGA RAČUNALNIKA

Ker bom v celotni diplomski nalogi veliko operacionaliziral z različnimi številkami, je treba najprej predstaviti številsko lestvico (glej Tabelo 3.1).

Tabela 3.1: Predpone merskih enot

deka	da	10^1	deci	d	10^{-1}
hekto	h	10^2	centi	c	10^{-2}
kilo	k	10^3	mili	m	10^{-3}
mega	M	10^6	mikro	μ	10^{-6}
giga	G	10^9	nano	n	10^{-9}
tera	T	10^{12}	piko	p	10^{-12}
penta	P	10^{15}	femto	f	10^{-15}

V osnovi delimo računalnik na 4 podsisteme (Mohorič 2006; Lah 2007):

- **Hardware (strojna oprema)** – tista oprema, ki jo vidimo in jo dejansko lahko primemo: monitor, disketa, disk, procesor ... Omogoča fizično delovanje računalnika.
- **Software (programska oprema)** – tista oprema, ki omogoča delovanje računalnika oziroma uporabljanje strojne opreme. V sam sklop programske opreme spadajo operacijski sistemi in programi, s katerimi dejansko delamo.
- **Netware (omrežna oprema)** – omogoča priključitev računalnika na različna omrežja (Internet, mrežno povezovanje ...).

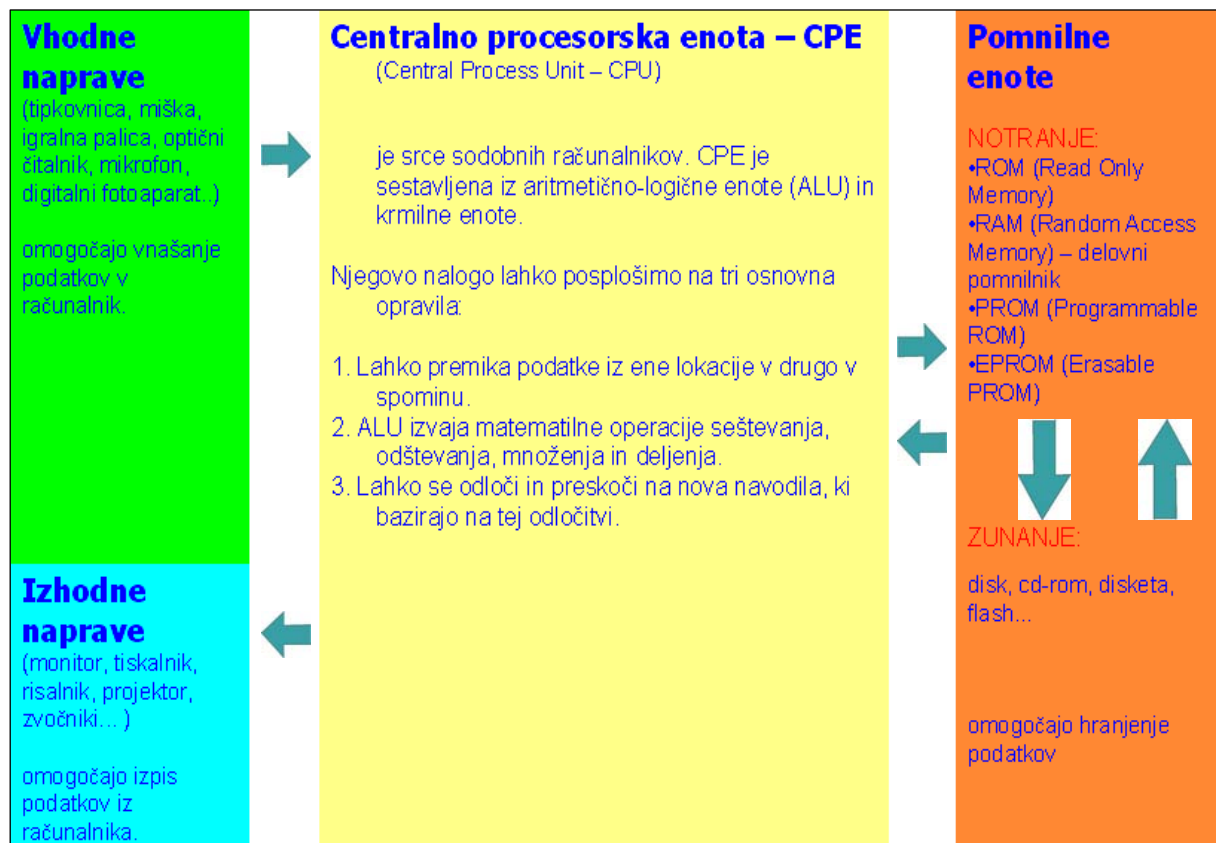
- **Middleware (povezovalna oprema)** – omogoča povezovanje računalnika s sodobnimi komunikacijskimi sredstvi (USB-vodilo, modem, infrardeči vmesnik, "bluetooth" ...).

Zgradbo računalnika najlažje ugotovimo in razumemo ob spremljanju poljubne računalniške obdelave podatkov. Računalnik podatke najprej sprejme, nato jih obdela in na koncu posreduje. Vsako izmed stopenj celotnega procesa opravijo funkcionalno samostojni deli strojne opreme, ki jim pravimo enote. Računalniki še danes delujejo po najosnovnejšem modelu toka podatkov, ki ga imenujemo Von Neumannov¹ model (glej Sliko 3.1). Tudi ta model vsebuje delitev računalnika na 4 komponente (Norton Riley 1987; Von Neumannov model računalnika 2008):

- 1. Vhodne naprave** – omogočajo vnos podatkov v računalnik in preoblikovanje le-teh v računalniku razumljivo obliko (tipkovnica, miška, mikrofonski ...).
- 2. Centralno procesna enota (CPE)** – osrednja enota računalnika, saj se vse poti v računalniku stekajo prav vanjo. Je tista komponenta, ki izvršuje ukaze. Sestavljena je iz treh osnovnih delov: aritmetično-logične enote, kontrolne enote in posameznih registrov. Je torej neke vrste "živčni sistem", saj vodi in nadzira vse funkcije v računalniku.
- 3. Pomnilne enote** – omogočajo začasno in trajno hranjenje podatkov (disk, disketa, cd-plošče, kasete, USB, spominske kartice ...).
- 4. Izhodne naprave** – omogočajo izpis podatkov iz računalnika v ljudem razumljivi obliki (monitor, zvočniki, projektor, tiskalnik ...).

¹ John von Neumann (1903-1957) – ameriški matematik madžarskega rodu, ki je sodeloval pri izdelavi prvega elektronskega računalnika. Med 2. svetovno vojno je med drugim sodeloval kot svetovalec pri razvoju atomske bombe.

Slika 3.1: Von Neumannov model računalnika



Vir: Von Neumannov model računalnika (2008).

4 TRENDI V RAZVOJU RAČUNALNIKOV

Začetki preprostega računanja segajo v čas 3.000 let pred našim štetjem, kot prvo mehanično računalilo pa je poznan *abakus* – kitajsko računalilo na kroglice. Vendar bom pri opisovanju trendov v razvoju računalnikov začel z obdobjem po 2. svetovni vojni, ko se je pojavil prvi elektronski računalnik, ki pomeni začetek računalništva in informatike v današnjem pomenu besede. Večina avtorjev loči pet generacij v razvoju računalnikov. Velika večina avtorjev, ki se ukvarjajo s klasificiranjem računalnikov po generacijah, omenja začetek prve računalniške generacije sredi štiridesetih let 20. stoletja. Pri samem klasificiranju pa nekateri avtorji precej odstopajo po časovnem opredeljevanju trajanja posameznih generacij v razvoju računalnikov. Nekateri avtorji govorijo tudi o zgolj treh generacijah, nekateri o štirih generacijah računalnikov, vendar pri takšnem razvrščanju ne upoštevajo vseh temeljnih značilnosti posameznih računalniških komponent in tako največkrat združujejo četrto in peto generacijo. Sam sem se odločil, da bom označeval generacije kot večina avtorjev, saj se mi, glede na

razvoj, zdi takšen način najbolj smiseln. (Nahtigal 2006, 17-18; Zgodovina računalništva 2008)

Kot prvi elektronski digitalni računalnik na svetu je bil leta 1946 predstavljen *ENIAC* (Electronic numerical integrator and calculator), ki je bil izdelan za potrebe ameriške vojske, in sicer za računanje težkih balističnih enačb. Vseboval je 18.000 vakuumskih cevi (elektronk²), in prav vakuumske cevi predstavljajo časovni okvir te računalniške generacije. Njegova masa je znašala 30.000 ton, zavzemal pa je prostor, velik kot hiša. Za računanje vsake nove enačbe so ga morali reprogramirati, kar je pomenilo, da so morali vedno preklapljati na tisoče žic, poleg tega pa tudi menjavati elektronke, da ne bi bili izračuni napačni. Kljub temu je bil več kot 1000-krat hitrejši od mehanskih. (Weik 1961)

Rešitev problema reprogramiranja je leta 1947 predstavil Von Neumann, ki je predlagal, da se operacijski sistem shrani v spomin (podobno kot podatki), in tako ne bi bilo več potrebno stalno preklapljanje ob zaganjanju različnih programov, saj bodo ti shranjeni v spominu. Takšen koncept se uporablja še danes. To odkritje je močno povečalo hitrost obdelovanja podatkov in razširilo uporabo računalnika tudi v civilne namene. Tako se je leta 1952 na tržišču pojavil prvi komercialni računalnik, imenovan *UNIVAC* (Universal automatic computer). (Norton 1987; Univac Computer 2008)

Računalniki prve generacije so poznani kot ogromne naprave, ki so potrebovale posebne sobe za hlajenje, saj so elektronke proizvajale veliko toplote. Glavni spomin računalnikov je, zahvaljujoč iznajdbi magnetnih trakov, znašal od 100 B do 2 kB, kar je bilo za takratne razmere ogromno. Ti računalniki so lahko izvajali le eno operacijo naenkrat (v eni sekundi so lahko izvedli nekaj sto inštrukcij), poleg tega pa se je pojavljalo tudi veliko okvar, saj je znašalo povprečje eno okvaro na uro (Možnik 1994, 66).

V drugi generaciji računalnikov, ki se je začela v zgodnjih šestdesetih letih 20. stoletja, so vakuumske cevi zamenjali tranzistorji³, ki so bili izumljeni že leta 1947, vendar se je njihova uporaba v računalniški industriji razširila šele ob koncu petdesetih let. Tranzistorji so bili manjši in robustnejši kot vakuumske cevi, porabili so manj energije in posledično proizvajali tudi manj toplote. V tej generaciji je bila uresničena zamisel, kako v eno ohišje združiti več

² Električni prekinjevalni element, ki deluje kot stikalo med 0 in 1.

³ Polprevodniški element, ki deluje kot elektronsko stikalo med 0 in 1.

elementov – izdelali so prvi dvojni tranzistor. To pa je pomenilo manjšo velikost, večji hitrost in zanesljivost ter nižjo ceno računalnikov. Po velikosti bi jih lahko primerjali z omaro, njihova masa je znašala okrog 1.500 kg. Imeli so do 40 kB glavnega spomina, izvedli pa so lahko nekaj tisoč inštrukcij v sekundi. Povprečno se je pojavljala ena okvara na dan. Prvič je bil uveden enoten jezik za programiranje, imenovan *Fortran*, ki je bil razvit že leta 1957, kar je povzročilo velik preobrat v računalniški znanosti. Sposoben je bil avtomatično prevesti vhodne podatke v strojni jezik, razumljiv računalniku. Leta 1960 je bilo razvitih že več kot 300 podobnih jezikov za različne specifične primere. (Harnes 2008; Second Generation of Computers 2008; Zgodovina računalništva 2008)

Tretja generacija računalnikov je temeljila na integriranih vezjih⁴ (integrated circuits), ki so se začela uporabljati nekje v letih od 1963 do 1965; tukaj opažam neenotnost avtorjev. Značilna je uporaba SSI-vezij (Small scale integration – majhna stopnja integracije) – do 100 tranzistorjev na čipu in MSI-vezij (Medium scale integration – srednja stopnja integracije) – od 100 do 3.000 tranzistorjev na čipu. Z razvojem te tehnologije so računalniki postali hitrejši, zanesljivejši (ena okvara na teden), manjši in cenejši. Njihovo velikost bi lahko primerjali z velikostjo pisalne mize ali hladilnika (ob koncu generacije je bilo mogoče nekatere postaviti že na delovno mizo), medtem ko je masa znašala okrog 200 kg. Povečanje hitrosti jim je omogočalo izvajanje nekaj milijonov inštrukcij v sekundi. Glavni spomin se je raztezal od 100 kB na začetku generacije do 1 MB ob zaključku generacije. (Možnik 1994, 66; Nahtigal 2006, 18-19; Harnes 2008)

Naslednja generacija že samo časovno gledano pomeni velik razkorak. Poleg tega gre tudi za največji preskok znotraj ene same generacije, glede dosežkov na področju računalništva in informatike. Razvoj četrte generacije je najbolj zaznamoval razvoj mikroprocesorja⁵, ki je še danes temelj računalniškega obdelovanja podatkov. In ravno mikroprocesor pomeni nov mejnik v trendu razvoja računalnikov v začetku sedemdesetih let, ko je bil prvič uporabljen. V tem obdobju so se razvila LSI-vezja (Large scale integration – visoka stopnja integracije) – od 3.000 do 100.000 tranzistorjev na čipu in VLSI-vezja (Very large scale integration – zelo visoka stopnja integracije) – od 100.000 do 100.000.000 tranzistorjev na čipu. Tako je lahko bil celoten procesor zgrajen na enem čipu; od tod tudi ime mikroprocesor. Mikroprocesor je omogočil razvoj manjših, zmogljivejših in hitrejših modernih računalnikov, kot jih poznamo

⁴ Na silicijevi ploščici združeno veliko število diskretnih elementov: upor, tuljava, kondenzator, dioda, tranzistor.

⁵ Silicijeva ploščica velikosti 5 mm x 5 mm (t. i. CHIP), ki združuje veliko število diskretnih elementov.

danes. Velikost teh računalnikov v 70. letih lahko primerjamo z velikostjo televizorja, velikost v novem tisočletju pa predstavljajo osebni in prenosni računalniki, katerih masa znaša nekaj kg. V začetku te generacije govorimo o nekaj sto milijonih inštrukcij na sekundo, medtem ko lahko zdaj govorimo že o milijardah inštrukcij na sekundo. Glavni spomin je na začetku znašal 1 MB, danes pa govorimo o 1 TB glavnega spomina. Okvare v tej generaciji so se pojavljale v povprečju ena okvara na mesec. (Možnik 1994, 66; Ament 2005)

Veliko avtorjev pete generacije ne označuje več kot naslednjo generacijo prejšnjih generacij računalnikov, ampak govori o njej kot o računalniškem fenomenu prihodnosti, ki je zasnovan na povsem drugih temeljih. S takšnim razmišljanjem se strinjam tudi sam. Prav tako ni opredeljene neke izrazite časovne meje med zadnjima generacijama. Na podlagi preučene literature sklepam, da ta prehod označuje novo tisočletje oziroma prehod na nanotehnološko raven. Trenutno poteka boj med dvema državama, ki sta sposobni proizvesti superračunalnik: ZDA in Japonsko. Kdor bo prvi, bo dobil prednost, ker bo lahko ta računalnik uporabil za nadaljnje kreiranje računalnikov in drugih naprav. Tukaj bom predstavil samo nekaj smernic računalnikov pete generacije, saj bom o njej veliko govoril v okviru računalniške nanotehnologije, ki predstavlja temelj te generacije. (Fifth Generation of Computer 2008; Zgodovina računalništva 2008)

Proizvodnja teh računalnikov je načrtovana na atomski osnovi, zato njihova velikost ne bo presegala velikosti kreditne kartice, masa pa se bo odražala v gramih. Osnova te generacije je še vedno mikroprocesor, le da lahko tu govorimo o ULSI-vezjih (Ultra large scale integration – ultra visoka stopnja integracije), kar pomeni preko 100.000.000 tranzistorjev na čipu. Pri samih čipih je zadnji korak zamenjava aluminijskega bakra z bakrom. Ta je boljše električno prevoden od prejšnjega, kar po eni strani pomeni povečanje hitrosti, po drugi strani pa manjše segrevanje, ki je velik problem zaradi prisilnega hlajenja čipov. Kot sem že omenil, bodo računalniki postali manjši in hitrejši, vendar je o natančnejših predvidevanjih težko govoriti. Zelo se bo povečala tudi zanesljivost; ta se bo merila v okvarah na leto. Pri teh računalnikih govorimo o kapaciteti spomina v TB. Po nekaj letih ali desetletjih spektakularnega napredka bodo te smernice vstopile v novo dimenzijo in si postavile nove nejasne fizične omejitve. (Nahtigal 2006, 22; Harnes 2008; Zgodovina računalništva 2008)

Tabela 4.1 prikazuje trende razvoja računalnikov po generacijah ob upoštevanju značilnosti osnovnih računalniških komponent in parametrov v računalniškem svetu. Del te tabele je

povzet po navedenem viru, medtem ko sem večino tabele dopolnil s podatki, ki sem jih zbral iz celotne literature ob razčlenjevanju posameznih generacij računalnikov.

Ob vsem tem naj poudarim, da tega razvoja ne moremo primerjati s stališča poznavanja današnjih osebnih računalnikov. Tukaj ne govorim o osebnih računalnikih, ampak o računalnikih kot tehnoloških pripomočkih v znanstvenem raziskovanju, ki imajo precej večje zmogljivosti kot osebni računalniki.

Tabela 4.1: Karakteristike trendov razvoja računalnikov

	1. generacija	2. generacija	3. generacija	4. generacija	5. generacija
Prelomni čas	1946	1956	1963	1971	21. stoletje
Velikost	hiša	omara	pisalna miza	osebni in prenosni rač.	kreditna kartica
Masa	30 ton	1.500 kg	200 kg	nekaj kg	nekaj g
Izvedba	elektronka (vakuumske cevi)	tranzistor	integrirano vezje (SSI, MSI)	mikroprocesor (LSI, VLSI)	mikroprocesor (ULSI)
Hitrost	100 Hz	1 kHz	1 MHz	MHz-GHz	THz in več
Spomin	1 kB	40 kB	100 kB-1 MB	MB-TB	TB in več
Zanesljivost (1 okvara na)	uro	dan	teden	mesec	leto

Povzeto po: Harnes (2008); Zgodovina računalništva (2008).

5 NANOTEHNOLOGIJA

Nanometer je milijardni del metra (10^{-9}), njegova širina znaša 3-4 atome. Nanotehnologija⁶ predstavlja molekularno proizvodnjo, ali enostavnije povedano, ustvarjanje stvari in predmetov na atomskem nivoju, in sicer s sestavljanjem posameznih atomov ali molekul. Govorimo o molekularni nanotehnologiji, katere bistvo je precizno postavljanje posameznih atomov na pravo mesto. Ob dobrem poznavanju fizikalnih lastnosti atomov in molekul nam nanotehnologija omogoča konstrukcijo naprav velikosti nekaj nanometrov. Trik je v upravljanju s posameznimi atomi in njihovem postavljanju točno tja, kjer so potrebni za proizvodnjo želene strukture. Pomembno je, da so nanodelci trdno vezani na makromateriale ter tako varni za človeka in okolje. Razvoj gre v smeri dovolj hitre in cenovno ugodne proizvodnje, da bo nanomateriale mogoče uporabiti v vseh industrijskih panogah, informatiki,

⁶ Za začetnika nanotehnologije štejemo Richarda Feynmana, ki je že leta 1959 predstavil možnost izdelovanja takšnih miniaturnih naprav.

energetiki in biomedicini. Nanotehnologija pomeni popoln preobrat v gradnji naprav – avtomatsko proizvodnjo materialov in naprav brez človeškega napora in skoraj brez stroškov. To je koncept nove dobe, ki nas čaka v bližnji prihodnosti. (Merkle 2007; Finkelstein 2008)

Največji prispevek pri razvijanju nanotehnologije imajo (Finkelstein 2008):

- elektronika – predvsem pri gradnji vedno manjših mikročipov,
- mikrobiologija – s preučevanjem DNK-strukture in življenjskih funkcij mikroorganizmov,
- kemija – z združevanjem in s proizvodnjo kompleksnejših atomskih in molekularnih struktur.

Prihod dobe nanotehnologije je opredeljen kot prihod prvega »Univerzalnega Asemblerja⁷«. Ta je sposoben na osnovi posameznih atomov narediti vse, kar mu je zadano s pomočjo programske opreme. Vendar je treba v izdelavo prvega "assemblerja" vložiti še veliko truda; to ne more biti naključno odkritje. Ko bo prvi "assembler" razvit do zadovoljive stopnje, se bo začela proizvodnja mnogih obetavnih nanoproduktov, kar bo pretresljivo. Nanotehnologija se ne pojavlja kot prosto presipavanje vsebine ene epruvete v drugo, po drugi strani pa tudi vse druge nano možnosti ne bodo uresničene naenkrat. Vendar se pričakuje, da se bo do leta 2030 nanotehnologija uporabljala v vse praktične namene. Najbolj bo dopolnjevala znanje na področju genetike. S tega stališča ni prav nič presenetljiva ideja o zamrzovanju ljudi, ki imajo danes neozdravljive bolezni (rak, AIDS ...), in njihovem odmrzovanju, ko bo znanost omogočila zdravljenje takšnih bolezni. (Bishop 2006; Finkelstein 2008)

Težko je predvideti, kaj nam obeta razvoj nanotehnologije, ne samo v mikroelektroniki, ampak tudi na mnogih drugih področjih človekovega delovanja. Lastnosti nanodelcev se bistveno razlikujejo od lastnosti masovnih materialov. Nanodelci imajo približno isto dolžino, kot so kritične dolžine, ki so potrebne za posamezne lastnosti, npr. povprečna pot prevodnih elektronov v kovinah, dolžina termične difuzije ali valovnih dolžin pri razsipu valovanja, poleg tega je večina atomov na površini delca. Z majhnostjo delcev naraščajo trdnost, trdota, razteznost, reaktivnost, termični raztezek, difuzija in specifična površina, padajo pa tališče, tališča kristalitov, termična prevodnost, gostota in razsip svetlobe, so pa tudi izjeme. Na

⁷ Miniaturna naprava, sposobna izdelovanja na atomskem nivoju.

vojaškem področju pomeni to napredek v razvoju posameznih (in skupinskih) sistemov za zaščito in bojevanje vojaka. (Navodnik 2007, 21-22)

5.1 Ogljikove nanocevk

Ob preučevanju spektrov svetlobnih signalov oddaljenih zvezd so znanstveniki v 80. letih zaznali čuden pojav. Eden izmed astronomov je zapisal, da je absorpcijska linija v spektru nekaterih zvezd lahko obrazložena le z do tedaj nepoznano strukturo ogljika C_{60} (fulereni)⁸. Dr. Richard Smalley je za njihovo odkritje leta 1996 prejel Nobelovo nagrado. Ogljikove nanocevk pa so odkrili leta 1991, in to povsem po naključju. Japonski znanstvenik je preiskoval ostanke ogljikovih elektrod, ki jih je uporabil za sintezo fulerena C_{60} in med tem pod mikroskopom opazil nenavadne cevaste strukture. Ugotovil je, da so to večstenske ogljikove nanocevk. Dve leti za tem so sintetizirali enostenske ogljikove nanocevk. Premer nanocevk je odvisen od števila plasti in znaša od 2 do 25 nm pri večstenskih nanocevkah. Njihova dolžina znaša do 20 μm . Premer enostenskih nanocevk se giblje med 0,7 in 1,5 nm, v dolžino pa merijo do 1 μm (za primerjavo naj poudarim, da celica rdečih krvnih telesc meri v premeru okrog 5.000 nm). Kot je poudaril Smalley, gre za molekule v obliki cevi, ki so 100.000-krat daljše od njihovega premera. Ogljikova nanocevka ima obliko zaprte žične ograje (v obliki cevi), sestavljene iz heksagona in pentagona. Za razliko od diamanta, kjer atomi ogljika predstavljajo tridimenzionalno kristalno rešetko, je nanocevka sestavljena iz ogljika, pri katerem vse štiri ogljikove vezi služijo kot enodimenzionalna rešetka v obliki cevi. Fulere ne so astronomi odkrili v vesolju, medtem ko diamant in grafit najdemo na Zemlji. Ogljikove nanocevk pa so edina oblika ogljika, ki ga (brez sinteze) niso do zdaj odkrili ne v vesolju in ne na Zemlji. (Hilton 2005; Adams 2007; Merkle 2007)

Znanstveniki predvidevajo, da jim bo v nekaj letih uspelo izdelati ogljikovo nanocevko neomejene dolžine. Za ogljikovo nanocevko bi lahko dejali, da je nekakšen fizikalno-kemijski fenomen. Njena trdota je v primerjavi z diamantom 1,2- do 2-krat večja. Če pa jo po trdoti primerjamo z jeklom, ugotovimo, da je 100- do 150-krat trša (ob predpostavki, da je masa ogljikove nanocevk ena četrtnina mase jekla). Te nanocevk so tudi do petkrat bolj elastične od železa in imajo tudi visoko raztežno trdnost. Poleg tega ima ogljikova nanocevka 50- do 100-krat večjo prevodnost kot baker, ki se uporablja v elektroindustriji. Pri prevajanju

⁸ Fulere ni C_{60} so poleg grafita in diamanta tretja kristalna oblika ogljika.

elektronov se ne segrevajo, kar pomeni, da so veliko odpornejše na toploto v primerjavi z bakrom. Ob upoštevanju omenjenih lastnosti lahko sklepam, da se v prihodnosti obetajo povsem novi koncepti v prenosu energije. Tukaj ne govorimo o postopnem izboljšanju karakteristik, dvakrat ali trikrat boljše. Govorimo o eksploziji izboljšav, ki vodijo v radikalno spremembo v industriji in posledično v vodenju bojev prihodnosti. Raziskave so pokazale, da lahko ogljikove nanocevke uporabljamo tudi kot vir energije. Proizvajajo električni tok, če spustimo skozi polarno tekočino (voda). Ob tem začnejo elektroni prehajati skozi stene nanocevk. V molekulah vode so nekateri atomi s pozitivnim nabojem, in ko se ti delci približajo steni enostenske nanocevk, začnejo privlačiti elektrone, ki jih nato nese po toku. Ker pa lahko elektroni tečejo samo po dolžini nanocevk (skupaj s polarno tekočino po cevi), lahko na takšen način usmerjamo prenos energije v izbrani smeri. Ob tem tok polarnih molekul proizvede majhno, a vendar potencialno zelo uporabno količino električnega toka. (Hilton 2005; Baughman 2006)

Pred kratkim so znanstveniki odkrili, da omenjene nanocevke pod napetostjo v vakuumu emitirajo elektrone. To je učinek, ki ga izkoriščamo v katodnih ceveh, ki so osnova CRT-monitorjev in tv-ekranov. Vodilna računalniška podjetja že izdelujejo računalniške zaslone na laboratorijski ravni, kjer kot vir elektronov služijo ogljikove nanocevke. Vendar obstaja bistvena razlika. Pri navadnih katodnih ceveh moramo katodo segreti do določene temperature, da se elektroni emitirajo. Pri zaslonih, ki delujejo na osnovi ogljikovih nanocevk, pa je poraba energije minimalna, saj se zgodi t. i. *hladna emisija* – do emisije elektronov pride brez predhodnega segrevanja katodne cevi. Poleg tega pa sta večja tudi število in energija elektronov, kar povečuje svetilnost zaslonov in kakovost slike. Po obliki so ti zasloni zelo tanki (tanjši od LCD-zaslonov), njihova življenjska doba pa je daljša. (Amato 2001; Hilton 2005; Baughman 2006)

Z razvojem in izpopolnjevanjem ogljikovih nanocevk je bil postavljen nov mejnik v računalništvu in informatiki. V razvojnih računalniških centrih se že uporabljajo kot pomnilne in procesne enote. Obstaja pa tudi veliko drugih področij, kjer bodo ogljikove nanocevke prinesle velik preobrat, saj omogočajo s skoraj neverjetnimi lastnostmi izdelavo futurističnih izdelkov od molekularnega računalnika do "lestve do satelitov". Potencialne aplikacije so: emitorji elektronov na displejih in katodah, mehanska ojačila kompozitov, Li-ion baterije, superkondenzatorji, gorivne celice in polprevodniki. Glede na njihove odlične električne,

toplotne in mehanske lastnosti se jim obeta uporaba v nanoelektroniki in nanomehantičnih napravah. Ogljikove nanocevke so verjetno najboljši prevodnik elektrike ter najtrdnější, najbolj tog in trd material, ki bo kdaj obstajal, hkrati pa so toplotni prevodnik kot diamant in z vso možnostjo kemijskih reakcij na ogljik, ki jih nudi organska kemija. (Science Daily 2006; Navodnik 2007, 47-51)

Kombinacijo njihove majhnosti, prevodniških lastnosti in nesegevanja ob prevajanju elektronov že uporabljajo v elektronski industriji, kjer so izdelali prvi nanotranzistor, v katerem so kot izvor elektronov uporabili ogljikove nanocevke. Prav tako postajajo nepogrešljive v nanoraziskavah kot nanoorodja. Predvsem kemiki so postavljeni pred nov izziv; izvajanje kemijskih reakcij na molekularnem nivoju. V ta namen so že izdelali nanopinceto in nanoepruveto. (Wernersson 2008)

Eno bolj izpostavljenih področij raziskovanja možnosti uporabe ogljikovih nanocevk v vojaški industriji se navezuje na pogonske sisteme prihodnosti. Najpomembnejše je vprašanje skladiščenja tekočega vodika, ki je osnova gorivne celice kot pogonskega sistema prihodnosti. Kot stranski produkt pri pridobivanju energije na osnovi gorivne celice dobimo vodo, kar je precej prijaznejše okolju kot plini, ki nastajajo pri izgorevanju fosilnih goriv. Kot sem že omenil, je največja težava skladiščenje vodika. Čeprav je količina energije, ki se sprosti na enoto mase, precej večja pri vodiku kot pri nafti ali bencinu, pa je treba upoštevati dejstvo, da bi moral biti tank vodika, katerega energijska vrednost bi bila enaka tanku bencina ali nafte, približno 3000-krat večji od bencinskega oziroma naftnega tanka (Navodnik 2007, 288). Ta problem lahko rešijo ogljikove nanocevke. Znanstveniki so odkrili, da lahko ogljikove nanocevke absorbirajo ogromne količine vodika. Kot primer so podali avtomobil. Če tank, po velikosti enak bencinskemu, na osnovi ogljikovih nanocevk napolnimo do vrha, dobimo veliko večjo količino energije kot pri bencinskem tanku. Če gre verjeti napovedim znanstvenikov, potem lahko z energijsko vrednostjo enega tanka vodika prepotujemo pot od Ljubljane do Vladivostoka. (Preston 2005)

Zelo zanimive so tudi raziskave uporabnosti ogljikovih nanocevk v letalski industriji. Predvideva se veliko zmanjšanje mase reaktivnih motorjev, ki bodo sestavljeni iz ogljikovih nanocevk. Poleg tega bo mogoče izdelati tudi kakovostnejše sisteme za njihovo hlajenje, medtem ko bodo komore za notranje izgorevanje delovale pri večjih temperaturah in s tem dajale večji potisk ob enaki porabi količine goriva. Mogoče bi bilo tudi konstruirati letala na

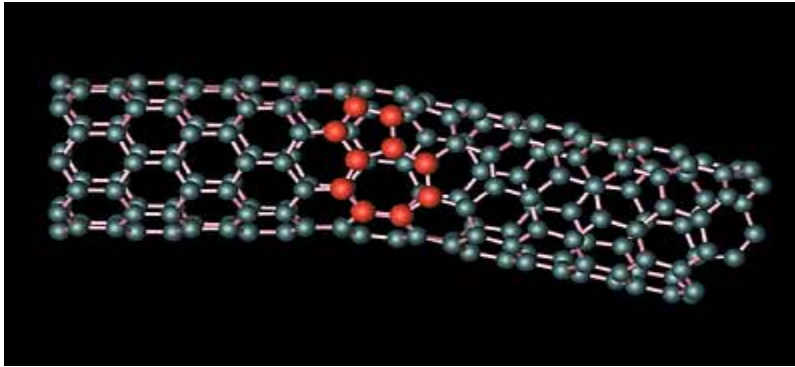
osnovi ogljikovih nanocevk, ki bi imela petino mase današnjih, spremenljiv dizajn in neverjetno tanka krila. (Hilton 2005; Bourne 2007; Unidym`s Carbon Nanotubes Takes Flight In Aircraft 2008)

Danes so ogljikova vlakna prisotna v različnih izdelkih, ki se uporabljajo za osebno zaščito vojaka (čelada, neprebojni jopič ...). Prav tako bo mogoče v prihodnosti različnim materialom dodajati ogljikove nanocevke in tako izboljšati njihove lastnosti. Mikroskopska vlakna lahko zagotavljajo prevodnost plastike brez poslabšanja mehanskih lastnosti. Že pri približno eni desetini deleža ogljikovih vlaken imajo isti učinek kot standardna ogljikova vlakna. Kombinacija njihovih fizikalnih in kemijskih lastnosti nam daje širok razpon mogočih aplikacij, ki sega od nanorodij, računalniških komponent, električnih virov pa vse do gradbenih materialov. (Amato 2001)

Vprašanje pa je, kako bo na vse skupaj reagirala industrija, če se bodo naenkrat pojavili materiali, ki bodo več kot 100-krat trši od jekla in več kot 5-krat lažji in elastični. To odpira možnost konstruiranja proizvodov z danes nepredstavljenimi karakteristikami, njihova doba pa se pričakuje v 21. stoletju. Vzemimo za primer iznajdbo plastike in pomislimo, česa vsega ne bi imeli, če je ne bi bilo. Era ogljikovih nanocevk pa naj bi bila še veliko pomembnejša, tako da jo je nemogoče primerjati s človeškimi izkušnjami. (Hilton 2005)

Posebej naj še poudarim, da so ogljikove nanocevke še na stopnji izpopolnjevanja v laboratorijih, mnogo pa je tudi konceptov, ki se še razvijajo. Njihov nadaljnji razmah je odvisen predvsem od dveh dejavnikov. Prvič: laboratorijsko pridobljene ogljikove nanocevke so zelo drage. Druga omejitev pa je, da morajo biti ljudje, ki so v vsakodnevnem stiku z njimi, zaščiteni s posebnimi oblekami. Kako bi potem morali biti zaščiteni ljudje, ki bi vsakodnevno uporabljali te naprave? (Adams 2007)

Slika 5.1: Ogljikova nanoceevka



Vir: Adams (2007).

5.2 Kvantne točke

Kvantne točke⁹ so zelo majhne kovinske ali polprevodne škatlice, ki vsebujejo določeno število elektronov. Število elektronov spreminjamo s spreminjanjem električne statičnosti okolja, v katerem se te točke nahajajo. Vsebujejo lahko do 100 elektronov. Velikost posamezne kvantne točke se giblje med 30 nm in 1 μm . (Haggie 2005)

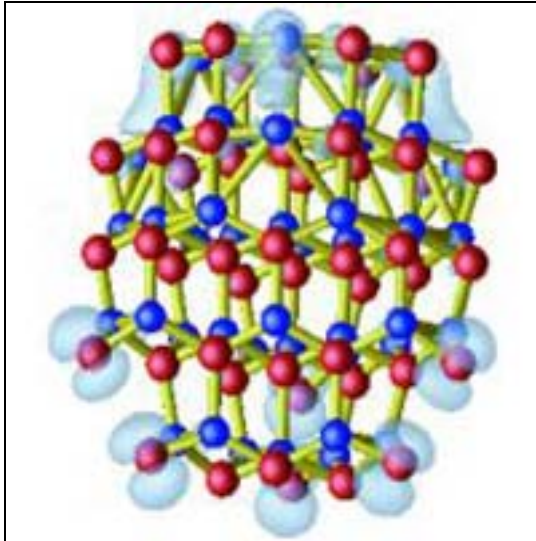
V računalniškem svetu posamezne kvantne točke nimajo nobenega pomena. Uporabimo jih lahko šele takrat, ko jih združimo v celico. Z združitvijo točk v celico povzročimo v tej celici polarizacijo. To pomeni, da hoče vsaka točka v celici doseči najnižje energijsko stanje, zato posnema stanje predhodne. Druga posnema prvo, tretja drugo, četrta tretjo ... Tako dobimo virtualno žico – informacije so poslane na neko razdaljo brez fizičnega kabla in brez električnega toka. To pa je rešitev v povezovanju računalniških komponent, saj se informacije prenašajo z veliko hitrostjo in v velikih kapacitetah naenkrat. (Alivisatos in Bawendi 2007)

Kvantne točke se lahko najučinkoviteje uporablja v elektrotehnični industriji, predvsem način virtualnega prenašanja informacij. Znanstveniki že razvijajo nanotranzistor, ki bo deloval na osnovi teorije kvantne točke. Ugotovili so, da je mogoče z uravnavanjem položajev elektronov v celicah kvantnih točk oblikovati stanje 0 ali 1, kar je glavna funkcija tranzistorja. Obstaja pa tudi možnost uporabe kvantnih točk v drugih električnih napravah in samih povezovalnih kablji, vendar le znotraj posameznih naprav, kajti za zdaj je nemogoče združiti takšno ogromno število celic, da bi lahko kvantne točke zamenjale današnje bakrene in

⁹ V angleškem jeziku za kvantne točke uporabljajo izraz Quantum dots oziroma krajše Qdots.

optične kable, ki služijo za prenos informacij na daljše razdalje. V tej smeri se daje večji poudarek ogljikovim nanocevkam. (Parker 2000; Haggie 2005; Merkle 2007)

Slika 5.2: Kvantne točke v celici



Vir: Qdots in Cell (2007).

5.3 Nanoračunalniki

Eden največjih obetov nanotehnologije je izdelovanje računalniških sistemov. Lahko rečem, da so nanoračunalniki tempirana tehnološka bomba, ki čaka, da bo eksplodirala.

Nanoračunalniki so danes redki in težko dostopni – delujejo samo na laboratorijski ravni, kjer se še vedno razvijajo. Njihov razvoj se močno prepleta z razvojem kriptografije. Če bi posamezniki poznali njihove sposobnosti, bi se dokaj hitro pojavilo nezaupanje v digitalno trgovino in ohranjanje tajnosti osebnih podatkov ter raznih drugih kodiranih sistemov. Nanoračunalniki lahko prikažejo 0 in 1 ob istem času v kvantnem bitu (qubit), česar navadni računalniki ne zmorejo. To jim omogoča veliko različnih izračunov naenkrat, kar je velika grožnja kriptografiji. V trenutku lahko razkrijejo enkriptivne ključe, ki jih je z današnjimi računalniki nemogoče razvozlati. Tako je mogoče vstopiti v strogo varovana vojaška omrežja, mreže tajnih služb in še v druge strogo kodirane in zavarovane podatke. To nas opozarja na dejstvo, da je treba, preden se nanoračunalniki začnejo uporabljati, razviti nove oblike kriptografije, ki bodo superiorne tem, ki jih nanoračunalniki lahko zlomijo. (Beckett in Jennings 2006)

5.3.1 Nevronski računalnik

Čeprav človeški možgani delujejo s hitrostjo, ki je neprimerljivo manjša od hitrosti klasičnega računalnika (»frekvenca« delovanja možganov je približno 100 Hz, medtem ko sodobni računalnik deluje približno na 2.000 MHz), so sposobni opraviti naloge, ki jih do danes ni uspelo opraviti še nobenemu računalniku. Samo človek je lahko razumel govorno sporočilo, čeprav se je na kanalu prenosa pojavil šum, samo človek je znal prepoznati, katera oseba govori, in hkrati narediti več povezanih gibov z različnimi deli telesa. Takšno sposobnost mu omogoča vzporedna struktura možganov, v katerih je nekaj tisoč milijonov nevronov, ki imajo sposobnost istočasnega opravljanja samo ene operacije, ki se nato preko sinaps združujejo v nevronske mreže. Takšna povezava tvori računalnik, ki mu ni enakega. In ravno na takšni osnovi človekovih možganov deluje nevronski računalnik. (Carreira in drugi 1998)

Nevronske mreže, ki lahko uporabljajo tudi sklope podatkov, ki niso natančno opredeljeni, včasih celo nasprotujoči, imajo številne prednosti pri obdelavi podatkov, kot so prepoznavanje oblik, govora itd. Izbere se ustrezna struktura mreže, ki je najprimernejša zadani nalogi, in se nato nastavlja resničnim podatkom. Na ta način računalnik sam išče pravila obnašanja v različnih situacijah. Po zaključenem testiranju pa deluje na isti način kot vsak drug računalnik. Nevronske mreže so sestavljene iz velikega števila enostavnih procesnih elementov oziroma nevronov, povsem enakih, razen v smislu upoštevanja matematičnih vrednosti v njihovem spominu. Povezani so v enosmerne kanale, razporejene v tri do pet slojev. Vsak nevron ima lahko neomejeno število vhodov, a le en izhod. Ko na vhod prispe podatek, se mu dodeli vrednost in izračuna celotna vrednost vhoda. Če ta vrednost preseže prej določen prag, nevron aktivira izhod, ki se poveže na enega ali več naslednjih nevronov v zaporedju, odvisno od strukture mreže. Takšna struktura omogoča mreži sposobnost učenja na osnovi sprememb vrednosti in sprememb strukture zaporedja kot posledice učenja. (Carreira in drugi 1998; Gerasimova 2008)

Največja prednost nevrnalnega pristopa k računanju je v izogibanju ustvarjanja trdnih in hitrih pravil obnašanja vzorcev na osnovi primerjanja z že znanimi vzorci. Namesto tega se mreža odziva na lastnosti, ki ji omogočajo prepoznavanje številnih različic pričakovanega rezultata. Hkrati pa je sposobna prepoznati tudi povsem nove oblike, ki se lahko pojavijo, četudi je prisoten šum ali so vzorci kako drugače prikriti ali zaščiteni. (Brown 2007)

Tehnologija nevrnega računanja¹⁰ zajema tehnologijo nevronske mreže, nevronske računalnike in umetne nevronske sisteme. Ta tehnologija ima tri glavne prednosti pri uporabi v vojaškem sistemu na osnovi delovanja vojaka na bojišču (Luger 2006; Neural Computing Programme 2008):

- zelo uporabna je za opravljanje nalog, ki jih je težko oziroma nemogoče opraviti s klasičnim računalnikom;
- potrebuje veliko manj časa za zaznavanje, oblikovanje in razvoj posameznega konkretnega sistema;
- cena takšnega sistema se giblje precej pod ceno sistema, ki je zgrajen na osnovi klasične arhitekture računalnika.

Najnovejši ameriški projekt izdelave nevronskega računalnika za vojaške namene, imenovan »Battlefield Neurocomputer«¹¹, bo imel po predvidevanju vse lastnosti najsodobnejših superračunalnikov. (Ajith 2008)

5.3.2 Molekularni računalnik

Računalniki in današnja polprevodniška tehnologija temeljijo na jedkanju vzorcev na rezine silicija, tako da oblikujemo na rezini osnovne elektronske elemente. Bistveni so preklopniki, na katerih lahko definiramo logično ničlo in logično enko ter med njima preklapljamo. Logična vrata molekularnega računalnika pa so sestavljena iz ogljikovih verig z dvojnimi in trojnimi vezmi, katerih pozicija definira logično 0 in 1. Logična 0 in 1 lahko predstavljata dve različni elektronski stanji v določenem atomu. Za shranjevanje podatkov je tako mogoče vzeti primerno oblikovan skupek atomov. Tako so takšni računalniki do tisočkrat hitrejši. Tak molekularni nanoračunalnik lahko spravimo v kocko velikosti ene stotine kubičnega mikrona. (Navodnik 2007, 182-183)

Novost na področju molekularnih računalnikov je biološki računalnik, ki je velik korak v razvoju DNK-računalnikov. Razvili so ga na Veizmanovem inštitutu v Jeruzalemu. Encime uporablja kot strojno opremo, DNK-molekule pa kot programsko opremo. Za izračun uporablja dva encima. Eden bazira na vodikovem peroksidu, drugi pa na glukozni. Prisotnost

¹⁰ V angleškem jeziku se uporablja izraz Neural Computing.

¹¹ Ustrezen prevod je nevronskega računalnika za uporabo na bojišču (bojnem polju).

obeh encimov je definirana kot binarna enica, odsotnost kot ničla. Biološki nanoračunalnik vsebuje milijardo živih celic in bo lahko nekoč služil kot avtomatska lekarna znotraj telesa. Celice so zmožne opraviti milijardo operacij v sekundi, in sicer z natančnostjo 99,8 % in energijo 10^{-12} vatov. (Knight 2006)

Na univerzi Syracuse v ZDA so naredili še korak naprej v razvoju molekularnih računalnikov. Molekulam so dodali »bacteriorhodopsin«¹². Bistvena prednost takšnih molekul je, da se lahko uporabljajo v t. i. optičnem računalniku, pri katerem se namesto energije elektronov uporablja energija fotonov. Druga ključna prednost omenjenih molekul pa je, da se lahko sintetizirajo s pomočjo mikroorganizmov, ne pa v industrijski proizvodnji. Fotonsko aktivirane biomolekule imajo sposobnost povezovanja v tridimenzionalni spominski sistem s kar 300-krat večjo kapaciteto, kot jo premorejo sodobni računalniki. Na vojaškem področju to pomeni veliko zmanjšanje komponent za shranjevanje podatkov v napravah, ki jih uporablja pehotni vojak. (Knight 2006)

Ob uporabi energije fotonov se obeta tudi novo obdobje v računalništvu glede prenosa podatkov in procesiranja na osnovi svetlobe. To pomeni veliko spremembo v sestavi klasičnega računalnika. Mikroprocesor se ne bo več sporazumeval z drugimi komponentami računalnika po ustaljenih kabelskih vodilih, ampak bo lahko komuniciral s celotnim računalnikom s pomočjo svetlobe. Prav na področju uporabe svetlobe v računalništvu so znanstveniki pre kratkim iznašli nov koncept, ki omogoča prenašanje podatkov s fotoni. Naprave kot mikrolaserji, silikonski optični modulatorji in prosojni oporniki iz polimerov nam omogočajo pretvarjanje bitov iz elektronskega okolja v fotonsko in obratno iz fotonskega v elektronsko okolje. Na takšni osnovi so med sabo povezane vse komponente računalnika. Pozabimo lahko do zdaj poznane kable; njihovo funkcijo bodo prevzeli fotoni. Ti fotoni prenašajo bite po t. i. virtualni (nam nevidni) žici s svetlobno hitrostjo. To pomeni, da nobena računalniška komponenta ni več fizično vezana na drugo – za njuno sporazumevanje skrbijo fotoni. Ker pa celotna povezava temelji na svetlobi, je posledično tudi procesiranje podatkov veliko hitrejše. Pričakovati je, da bodo fotoni povsem spremenili obliko računalnika predvsem zaradi enega razloga – optične povezave lahko prenašajo bite na kratkih in prav tako na dolgih razdaljah, kar je bilo prej s kabelsko povezavo skoraj nemogoče doseči. (Gibbs 2004, 59-65)

¹² Barvilo, ki spreminja svoje lastnosti ob prisotnosti svetlobe.

5.4 Področja uporabe nanoračunalnikov

Eden izmed večjih uporabnikov nanoračunalnikov bo vsekakor vojska. Če pogledamo v zgodovino, lahko ugotovimo, da so se računalniki največ razvijali za potrebe vojske. Tudi prvi elektronski računalnik (Eniac) je bil razvit za potrebe vojske. Potem pa se je uporaba računalnika vse bolj širila na druga področja. V ZDA na primer, obstaja ISN (The institute for soldier nanotechnologies – inštitut za vojaško nanotehnologijo), kjer razvijajo nove koncepte vojaške opreme, ki temelji na nanoračunalnikih. Z razvojem takšne opreme bo največ pridobil pehotni vojak na bojišču. Vpliv nanotehnologije in nanoračunalnikov na vojaka kot posameznika bom predstavil v samostojnem poglavju te diplomske naloge. (Institute for Soldier Nanotechnologies)

Področje, kjer je nanotehnologija zelo dobrodošla, je tudi medicina. Nanoračunalniki bodo po svoji zgradbi tako majhni, da jih bo mogoče namestiti znotraj biološke celice, ne da bi pri tem omejevali njeno osnovno delovanje. Prav tako bodo lahko izvrševali korekcije, ki se danes izvajajo s plastičnimi operacijami, vendar veliko lažje, brez bolečin in poškodb. Zelo zanimiv je tudi načrt ustvarjanja mreže, ki bi prekrivala in ojačala človeško telo. Z "assemblerji", manjšimi od človeške celice, bi bilo mogoče zmanjšati gravitacijsko silo na človeško telo. To pomeni, da bi človek, ki bi padel z večnadstropne zgradbe, vstal brez vsakršnih poškodb, si popravil obleko in šel dalje. Tudi podaljševanje človekovega življenja ali njegova zamrznitev in odmrznitev naj bi v prihodnosti postali nekaj povsem vsakdanjega. Zelo veliko se govori tudi o medicinskih nanorobotih. Znanstveniki ugotavljajo, da bi lahko njihova maksimalna velikost znašala največ 3 μm ; ob takšni velikosti bi lahko brez težav potovali po najmanjših človeških kapilarah. Seveda ta velikost za nanoračunalnike ni nikakršen problem. To pa je ogromen napredek v zdravljenju človeka. Znanstveniki so že izdelali nanokapsulo, katere notranjost bi napolnili z različnimi zdravilnimi učinkovinami, ki bi se v človeškem organizmu sprostile na pravem mestu, medtem ko bi se preostale sestavine razgradile in izločile iz telesa preko organov za izločanje. Že pred nekaj leti je Robert A. Freitas Jr. z inštituta za molekularno proizvodnjo (IMS – Institute for molecular manufacturing) izdelal medicinskega nanorobota (imenovanega Respirocyte), ki je enako velik kot rdeče krvno telesce (približno 1 μm) in je sam uspešno potoval po krvnem obtoku. Ta "Respirocit" je v bistvu rezervoar, ki ga je mogoče napolniti z 9 milijardami molekul kisika (O_2) in ogljikovega dioksida (CO_2), ki ga je mogoče sprostiti v vsakem delu telesa. Za današnji čas je zelo pretresljiva ideja o spominski nanonapravi, ki bi jo bilo mogoče vgraditi v človekove možgane. Velikost tega

nanopomnilnika bi bila nekaj bioloških celic, vsekakor pa bi bil manjši od nevrona. Njegovo kapaciteto informacij, ki jih lahko sprejme, bi lahko primerjali z vsebino celotne knjižnice. Dostop do teh informacij pa bi bil človekovim možganom omogočen s pomočjo nanoračunalnika, ki bi bil prav tako vgrajen v možgane. (Freitas 2007; Future in Nanomedicine 2007)

Seveda pa bodo nanoračunalniki nepogrešljivi na samem področju nanoračunalništva. Lahko bi jih označili kot nanoračunalnike za izdelovanje nanoračunalnikov.

Prav tako se bodo nanoračunalniki uporabljali na mnogo drugih področjih. Manjkali ne bodo v nobeni industrijski panogi. Izraz "molekularna sinteza hrane" se sliši zelo lepo, še posebej, če s sabo prinaša konec lakote. Obstaja tudi možnost rekonstrukcije večine davno izumrlih živali in rastlin. Največje vprašanje pa še vedno ostaja potovanje po vesolju in naseljevanje sončnega sistema, vendar bodo nanoračunalniki v prihodnosti omogočali tudi nove izume, ki so danes še neizvedljivi.

Tukaj sem navedel najpomembnejša področja rabe nanoračunalnikov. Opozorim naj tudi, da vse ni tako lepo, kot se mogoče zdi. Treba se je zavedati, da se lahko vsa ta tehnologija uporabi tudi proti samemu človeku. In to vzbuja največji strah.

5.5 Nanoračunalniki in umetna inteligenca

Novo poglavje v razvoju računalnikov in nanotehnologije se navezuje na področja, ki jih v računalništvu odpira umetna inteligenca. Umetna inteligenca zajema razvoj inteligentno podprtih ekspertnih sistemov. Ko govorimo o delovanju pehotnega vojaka na bojišču, ugotovimo, da je umetna inteligenca tisti segment, ki vojaku omogoča predvsem izboljšano komunikacijo z okoljem in posledično tudi učinkovitejše bojno delovanje. Nikakor pa ne gre zanemariti pridobitev v smislu zagotavljanja večje varnosti vojaka kot posameznika na bojišču. Umetno inteligenco delimo na pet sklopov.

Izraz ekspertni sistemi se uporablja za oznako računalniških programov, ki obsegajo znanje, ki ga imajo človeški strokovnjaki, za razliko od znanja, pridobljenega iz tekstov. Ti programi se vedejo kot eksperti na svojem področju uporabe in pri tem modelirajo tiste

elemente človekovega reševanja problemov, za katere navadno smatramo, da sestavljajo inteligenco (Bratko 1982, 22). Ekspertni sistemi omogočajo interaktivno posvetovanje med uporabnikom in sistemom o določenem problemu.

Ekspertni sistem je program, ki se vede kot izvedenec za določeno področje. Naloga računalnikov je posredovati strokovno znanje ljudem, ki sprejemajo odločitve, in tehnikom, ki hitro potrebujejo odgovore. Dodatna lastnost, ki se jo pričakuje od ekspertnih sistemov, je, da lahko smiselno uporabljajo tudi nepopolno ali nezanesljivo informacijo. Ti sistemi za reševanje problemov uporabljajo podobne metode, kot jih za reševanje uporabljamo ljudje – sklepanje na podlagi podatkov. Idealni ekspertni sistem je sposoben nadgrajevati svoje znanje skozi čas in pridobivati »izkušnje« in znanje ter tako širiti lastno bazo znanja (Brule 1986, 145). Njihova najpomembnejša lastnost je, da so sposobni interakcije z uporabnikom že med samim reševanjem naloge in da jim uporabnik lahko nalaga nove omejitve pri reševanju naloge. (Boden 2005, 67-69)

Najpreprosteje povedano, so ekspertni sistemi nekakšne vrste računalniški svetovalci, ki zmorejo velike hitrosti obdelovanja podatkov. Najpomembneje pa je, da ti računalniški svetovalci izločajo veliko nevarnega in garaškega dela iz naših življenj. Najvidnejši ekspertni sistemi, danes v uporabi, so tisti, ki se uporabljajo v medicini in pomagajo pri diagnozah. Uporablja pa se jih tudi na drugih področjih, kot so: popravilo opreme, nastavitve računalnika, razlaga kemične sestave snovi, za razumevanje govora in oblik, razlaganje signalov, raziskave mineralov, vojaško obveščevalna služba ter vojaško načrtovanje in koordiniranje ... (Engelmore in Feigenbaum 2006)

Drugi sklop predstavljajo nervalne mreže. Gre za programsko ali strojno opremo, ki posnema biološke možgane. Mnogo raziskovalcev umetne inteligence gleda na možgane kot na model za gradnjo inteligentnih strojev. Človeški možgani so neverjetno uspešen predelovalec informacij, ne glede na to, da delujejo kar precej počasneje od sodobnih računalnikov. (Bratko 1982, 29)

Osnovni namen nervalnih mrež je v učenju prepoznavanja vzorcev v podatkih. Ko je nervalna mreža naučena na primerih iz vaje določene stvari, lahko predvideva podobne vzorce v prihodnjih podatkih. Primerljiva je s črno škatlo, ki je sposobna predvideti določen izhodni vzorec (output pattern), ko prepozna vhodni vzorec (input pattern). Tu je

vsaka enota, prav tako kot v možganih, sposobna sprejeti določeno število signalov in podati nov signal. Kadar je nervalna mreža postavljena na enem samem računalniku, so njene zmožnosti krepko omejene v primerjavi z algoritmičnim načinom reševanja problemov. Ko pa med sabo povežemo več procesorjev, zelo hitro pridobimo na moči mreže, ob relativno majhnih stroških. Kadar je treba obdelati velike količine podatkov, kot na primer pri prepoznavanju govora, pa se pokažejo prednosti zmogljivih nervalnih mrež. (Kaehler 2004)

Obstajata dve možnosti učenja nervalnih mrež:

- Samoorganizirajoča nervalna mreža je izpostavljena veliki količini podatkov ter ima težnjo odkrivati podobnosti in vzorce znotraj teh podatkov; ta vrsta učenja se pogosto uporablja za raziskovalno delo. (Brule 1986, 121)
- Povratno-razmnožujoča mreža (back-propagation) se uči pod drobnogledom ljudi, da bi lahko pozneje opravljala določene naloge. Med obdobjem učenja učitelji ocenijo pravilnost izhodnih signalov umetne nervalne mreže. Pravilne rešitve pomnožijo, nepravilne pa zavržejo. Tovrstno učenje se pogosto uporablja tudi za reševanje problemov. (Stergiou in Siganos 2003)

Prepoznavanje vzorcev, kot naslednji sklop, je področje raziskovanja, ki se ukvarja z delovanjem in ustvarjanjem sistemov, ki imajo sposobnost prepoznavanja vzorcev v podatkih. Pomembnejša področja raziskave so analiza podob, prepoznavanje znakov, analiza govora, človeških in strojnih »simptomov«, prepoznavanje oseb in industrijski nadzor. V zadnjem desetletju prihaja v ospredje predvsem prepoznavanje na prstnih odtisih temelječih biometričnih sistemov. Mnogo raziskovalnih skupin je odkrilo nove algoritme in tehnike za prepoznavanje prstnih odtisov, prav tako pa je na trgu tudi mnogo novih elektronskih senzorjev za prstne odtise. (Chang 2008)

Prepoznavanje vzorcev je v bistvu sistem, ki določa avtentičnost fizioloških in vedenjskih vzorcev, ki jih ima uporabnik. Lahko pozabimo na kode in gesla, saj bomo lahko le z dotikom prsta odklenili določeno datoteko ali delovno postajo. Najpogostejša oblika »real-time« identifikacije je prepoznavanje obraza in ustrežanje prstnih odtisov. Obstajajo pa tudi drugi sistemi, ki temeljijo na pregledu mrežnice ali šarenice, analizi govora, obraznih toplomerov in analizi geometrije roke. Ker se tovrstnih kod in gesel ne da zgubiti ali

kakor koli izrabljati, je biometrija velik potencial tako na vojaškem kot civilnem področju. (Jain in Ross 2004)

Zanimiv sklop umetne inteligence je mehka logika. To je v bistvu logika vrednosti, ki ne zavzemajo samo skrajnih vrednosti, kot so *toplo/hladno*, temveč tudi vse vmesne vrednosti, kot so »precej toplo«, »dokaj hladno«, in jih je mogoče matematično zapisati tako, da jih računalnik lahko uporablja. Mehka logika je sistem, namenjen reševanju problemov, kjer je ogromno podatkov in kontrolnih sistemov. (Kantrowitz 2001)

Mehka logika na nek način oponaša človeka glede odločitev na področju, ki ni popolnoma jasno, vendar to počne mnogo hitreje. Zamišljena je kot boljša metoda sortiranja in obvladovanja podatkov, vendar se je pokazala kot odlična izbira za mnogo nadzornih sistemov, ker oponaša človeško logiko. Je zelo vztrajen in za napake dojemljiv sistem, pogosto pa deluje dobro že ob prvi vpeljavi in ne potrebuje dodatnih nastavitvev. (Kaehler 2004)

Mehka logika zagotavlja popolnoma drugačen, neobičajen pristop k reševanju problema. Osredotoča se bolj na to, kaj naj bi sistem počel, kot na to, kaj sistem počne. Uporabnik se lahko odloči da bo problem rešil, ne da bi preučil sistem, če je to sploh mogoče. To pa skoraj vedno vodi do hitrejše in cenejše rešitve. Ko uporabnik enkrat razume mehko logiko, le-ta ni težka za uporabo, rezultati pa so po navadi presenetljivo dobri. (Selfridge 2007)

Kot zadnji, peti sklop navajam samoučenje, ki se nanaša na sisteme, zmožne avtonomne pridobitve in zbiranja znanja. Govorim o računalnikih, ki so zmožni učenja iz izkušenj in analitičnega opazovanja na način, kot to počne človek. Samoučenje omogoča računalniku večjo zmogljivost in učinkovitost pri reševanju posameznih problemov. Največji izziv na področju umetne inteligence je poskus naučiti računalnike, da bi se učili sami – podobno kot človek. Vendar imajo računalniki problem, da ne zaznavajo napak, ki so jih sami storili, in jih vedno znova ponavljajo. (Selfridge 2007)

V tem poglavju velja tudi omeniti poskus, ki so ga ameriški znanstveniki naredili z opico. Na možgansko skorjo so ji pritrdili elektrode in snemali signale, ki so jih oddajali njeni možgani, ko je nabirala hrano. Te vzorce so shranili na računalnik in jih uporabili za

izdelavo matematičnega modela, sposobnega pretvarjanja nevronske "output"-signalov v predvideno gibanje. S shranjenimi signali so potem premikali računalniško programirano roko robota, ki je segala po hrani, podobno kot opica. To pomeni, da je dejansko opica premikala robotovo roko samo s svojimi mislimi. (Leutwyler 2000)

Na podlagi vsega predstavljenega lahko sklenem, da umetna inteligenca odpira novo poglavje v računalništvu. Ob uporabi nanotehnologije in njenem nadaljnjem razvoju bodo izpolnjeni glavni dejavniki, ki omogočajo, da bi računalnik resnično deloval kot človek. Pri tem pa bo izkoriščal svojo glavno prednost – neverjetno hitrost obdelovanja informacij.

6 VPLIV RAČUNALNIKOV IN NANOTEHNOLOGIJE NA PEHOTNEGA VOJAKA PRIHODNOSTI

Razpad enega izmed dveh protagonistov mogočega spopada svetovnih razsežnosti, t. i. vzhodnega ali komunističnega bloka držav pod okriljem (razpadle) Zveze sovjetskih socialističnih republik – ZSSR ali kratko Sovjetske zveze, je pomenil popolno spremembo vseh dotedanjih doktrin vojskovanja. Hkrati je to pomenilo, da so tisoči in tisoči kosov oborožitve in opreme postali odveč ali pa niso bili skladni z novimi zahtevami, ki jih narekujejo povsem nove obrambno-varnostne razsežnosti. Klasičnih vojska, opremljenih, oboroženih in izurjenih za vojskovanje, kakršnega smo poznali še v drugi svetovni vojni, danes ni več. Nevarnosti svetovnemu miru so tudi povsem drugačne. Vsemu temu pa so se v zadnjem obdobju sorazmerno hitro prilagodili tudi tako konvencionalni in na videz neprilagodljivi ustroji, kakršni so oborožene sile. Kot kaže, dobiva znova ob vseh silno zapletenih ladijskih, letalskih in drugih sistemih veliko in pomembno vlogo bojovnik. Torej bojovnik, in ne več na primer vojak-pešak. V čem je temeljna razlika? Bojovnik je seveda ravno tako vojak-posameznik, vendar pa deluje drugače, kot samostojen sistem, predvsem pa povezan v večje ali manjše bojne skupine. (Žabkar 2004, 258-251)

Sodobni bojovnik naj bi bil predvsem telesno izurjen, spreten in iznajdljiv ter prilagodljiv profesionallec. Dandanes omogočajo sodobna sredstva in naprave neprekinjeno bojno delovanje v vseh vremenskih razmerah, podnevi in ponoči. Noč ni več zaveznik zgolj pogumnih. V večji meri bi danes lahko trdili, da so noč in neugodne vremenske razmere zaveznik dobro opremljenih in izurjenih.

Osrednja pozornost se posveča nevtraliziranju nasprotnika¹³, premičnosti, nenehni navzočnosti v procesu poveljevanja in nadzora, predvidljivosti bojne situacije in v vseh teh razmerah sposobnosti preživetja na bojišču. Govorimo o t. i. digitalizaciji bojišča in s tem o sestavnih delih opreme bojevnika, ki mu omogočajo to digitalnost. Gre za oborožitev, opremljeno z dnevno-nočnimi namerilnimi napravami in optoelektronskimi sredstvi, s sodobnimi sistemi za zvezo, s prenosnimi računalniki – dlančniki z ustrezno programsko opremo – ter seveda s sodobno obleko, zaščitno opremo in obutvijo (to običajno prištevamo v sklop obleke). V grobem so to zahteve, postavljene pred sodobnega vojaka – bojevnika – v številnih državah oziroma vojskah držav, ki sledijo temeljitim spremembam v vojaški organizaciji z namenom prilagoditi oborožene sile sodobnim virom ogrožanja. (Hafner 2003, 28-30; Pengelley in Janssen Lok 2006, 8-9)

Ko govorimo o oborožitvi prihodnosti, so največkrat predmet razprav novi raketni sistemi, nova oklepna vozila ali letala, pozablja pa se na opremo in oborožitev vojaka posameznika, ki je še vedno okostje vsake vojne, oziroma natančneje, vsakega oboroženega boja. V nadaljevanju te naloge bom nekako poskušal označiti zahteve, ki se postavljajo pred pehotnega vojaka prihodnosti. Ob tem pa nakazal glavne smeri razvoja vojakove opreme.

Sodobna vojska mora posameznemu pehotnemu vojaku zagotoviti nove sposobnosti, novodobne zmogljivosti, zaščito na bojišču in možnosti za preživetje v sodobnem načinu vojskovanja. In sicer z razvojem nove opreme. Nobena skrivnost ni, da so temu področju skoraj vse do danes posvečali (pre)malo pozornosti. Po nekaterih neuradnih ocenah bo to realizirano nekje okrog leta 2020-2025, ko bo nanotehnologija dovolj razvita, da razreši ta problem (Koch 2000, 22-23). Nanotehnologija pomeni na vojaškem področju ustvarjanje na molekularni ravni, z namenom razviti miniaturne in učinkovite sisteme, ki bodo vojakom olajšali življenje. Kot sem že omenil, je vojska ZDA ustanovila ISN, ki se ukvarja z razvojem nanotehnologije za potrebe razvoja opreme za vojaka prihodnosti. Ti koncepti vključujejo: lahko in udobno obleko, ki funkcionira kot oklep, opremo za prvo pomoč in RKB-zaščito, mikronaprave, ki povečujejo fizično moč vojaka, ter odpornost celotne vojakove opreme na vlago in bakterije. (Hodge 2008, 21-26; Institute for Soldier Nanotechnologies)

¹³ Opažam, da avtorji starejše literature namesto nevtraliziranje nasprotnika uporabljajo izraz ubojnost. To je tudi razumljivo, saj ti avtorji takrat niso poznali sistemov (in izrazov) neubojnih orožij, ki se (v večji meri) danes uporabljajo za onesposobitev nasprotnika.

6.1 Vir energije za uporabo opreme pehotnega vojaka prihodnosti

Koncepti izpopolnjevanja opreme vojaka – bojevnika prihodnosti – predvidevajo celoten spekter znanstveno-tehničnih izboljšav, ki bodo posamezniku pomagale pri osnovnem cilju: obvladovanju položaja na bojišču. Vendar imajo vsi ti posamezni elementi v celotnem sklopu opreme eno bistveno skupno lastnost; zagotavljanje energije za napajanje celotnega sistema vojakove opreme. Vsak posamezni del potrebuje energijo za delovanje, eni več, drugi manj, zato je treba zagotoviti dovolj energije za delovanje celotnega sistema. Predvsem pa je treba hranilnike energije vpeljati v sistem vojakove opreme na način, da mu bodo v čim manjše breme in ga čim manj ovirali pri samem bojnem delovanju; tako z vidika mase kot z vidika oblike. To je za zdaj še precej šibka točka v razvojnih programih opreme za vojaka prihodnosti. Je pa res, da razvoj sodobne nanotehnologije prinaša napredek tudi v razvoju novih sistemov za pridobivanje in shranjevanje energije. Na laboratorijskem nivoju je razplet obetaven, zdaj ga je treba prenesti v sistem vojakove opreme. Takšno stanje prav gotovo zahteva, da tej temi, v okviru prikaza podobe pehotnega vojaka prihodnosti, namenim več besed. (Gourley 2008, 31-33; Hodge 2008, 23-26)

Upoštevajoč civilne tržne trende, so najpomembnejša raziskovanja usmerjena k primarnim in sekundarnim baterijskim izvorom napajanja, ki so zasnovani na povsem različnih kemijskih procesih¹⁴. Velik napredek je dosežen tudi v raziskovanju alternativnih električnih izvorov (gorivne celice, mikrogeneratorji). Prav tako prihajajo v ospredje povsem novi koncepti pridobivanja energije. Velik del v razvoju pridobivanja električne energije je vezan na programe za modernizacijo opreme vojaka prihodnosti. Vendar je treba pri izboru optimalne rešitve upoštevati številne dejavnike, kot so: varnost, toplotna vzdržljivost, vpliv na okolje, dostopnost, cena, zanesljivost, masa (Žabkar 2007, 121-122). (Navodnik 2007, 286-293)

Baterije, zasnovane na osnovi elektrokemijskih reakcij, so dostopen izvor energije za vojaka prihodnosti. Kot na civilnem trgu, kemijske spojine na osnovi litija prevladujejo tudi v razvoju baterij, namenjenih za vojaške potrebe.

Temeljna primarna tehnologija baterij so baterije, izdelane na osnovi litija. Zamenjale so starejšo tehnologijo alkalnih in ogljiko-cinkovih baterij, ki se še vedno, kljub tehnološki zastarelosti, uporabljajo v vojski. Starejše generacije litijskih baterij so imele precej

¹⁴ Primarne baterije ni mogoče ponovno polniti, medtem ko sekundarne baterije omogočajo večkratno polnjenje.

pomanjkljivosti. V primeru predrtja so velikokrat eksplodirale. Prav tako so ob nekaterih poškodbah izpuščale strupene kemikalije v obliki plina, kar je velikokrat izzvalo lažno aktiviranje senzorjev za kemijski napad. (Petrović 2003, 44; Žabkar 2007, 121)

Kljub prednosti v masi in moči je uporaba primarnih baterij precej dražja kot uporaba sekundarnih. To je glavni razlog množične uporabe sekundarnih baterij. Seveda, poleg dejstva, da jih je mogoče polniti več stokrat¹⁵. Starejše tehnologije sekundarnih baterij so imele težavo t. i. »spominskega efekta« in so se lahko polnile šele, ko so bile povsem prazne, kar je progresivno vodilo v nezmožnost polnjenja. Prevladujoča sodobna tehnologija na področju polnilnih baterij je litij-ionska (Li-ion). Te baterije imajo večjo kapaciteto, izboljšane lastnosti pri delovanju na nizkih temperaturah, predvsem pa ne poznajo spominskega efekta, kar v praksi pomeni, da se jih lahko polni ob vsakem času. (Petrović 2007, 13-16; Žabkar 2007, 121)

Številni znanstveniki po svetu delajo na razvoju lažjih virov električne energije. Dejstvo je, da bodo potrebe po energiji za vojaka prihodnosti nekajkrat večje kot danes. Raziskovalci na ameriški univerzi Auburn v Alabami so razvili polnilec za baterije, utemeljen na principu delovanja Stirlingovega motorja. Stirlingov motor je tehnologija, stara okrog šestdeset let in deluje na principu dveh premičnih delov. Kot pogonsko sredstvo rabi toploto, ki jo je med drugim mogoče dovajati od motorja kamiona. Raziskovalci navajajo, da tak sistem lahko proizvede od 35 W (vatov) do 25.000 W energije, medtem ko sistem opreme vojaka predvideva interes po moči 160 W. (Petrović 2007, 15)

V okviru znanstvenih in tehnoloških študij razvoja opreme vojaka prihodnosti je močno poudarjeno razvijanje alternativnih virov energije, ki bi lahko zamenjali baterije. Ena obetavnejših tehnologij so gorivne celice. Gorivna celica je elektrokemijska energijska pretvorna naprava, ki proizvaja elektriko, vodo in toploto, pri čemer izkorišča gorivo in kisik v zraku. Edina emisija je voda, medtem ko je gorivo vodik. Hkrati so tudi zelo tihe med samim delovanjem. Največji problem vodikove gorivne celice je skladiščenje plina vodika, ki zahteva visoke pritiske in nizko temperaturo. Vendar bo tudi to v kratki prihodnosti rešeno, in sicer z izpopolnitvijo visokokakovostnih elektrodnih materialov, ki temeljijo na ogljikovi nanotehnologiji (več o tem sem pisal v poglavju o ogljikovih nanocevkah). Vsaka generacija

¹⁵ Žabkar (2007, 121) navaja, da se lahko polnijo od 600- do 1200-krat.

v razvoju gorivnih celic kot vira električne energije daje boljše rezultate. Masa se manjša, medtem ko se energijski izkoristek večja. Nemški znanstveniki so razvili gorivno celico, ki ima za tridnevno delovanje za 80 % nižjo maso kot klasična baterija. To pa pomeni, da bo lahko prenosna oprema vojaka, kot so prenosni računalniki, dlančniki in drugo, kmalu nepretrgoma delovala približno 40 ur brez dodatnega napajanja (Wolff 2007). Trend zmanjševanja gorivnih celic še ni dosegel skrajnih meja, in na tem področju se pričakuje velik napredek; razvoj gorivnih celic zelo majhnih dimenzij, kar naj bi predstavljalo kategorijo mikro gorivnih celic. (Navodnik 2007, 281-295; Petrović 2007, 15; Žabkar 2007, 121-122)

Pred kratkim so ameriški znanstveniki razvili tkanino iz mikrovlaknen, ki sama proizvajajo svojo elektriko. Z njimi bi lahko proizvedli dovolj elektrike, da bi zadostovala za napajanje vojakove komunikacijske opreme. Če bi vlakna všili v majico, bi lahko ulovila energijo, ki nastaja s premikanjem tistega, ki nosi majico, ali celo z energijo vetriča, ki bi zapihal vanjo. Nanogenerator izkorišča polprevodne lastnosti mikroskopskih žic iz cinkovega oksida, vtkanih v blago, ki so tisočkrat tanjše od človeških las. Žice se združujejo v pare mikroskopskih struktur, ki so podobne obliki ščetk za čiščenje otroških stekleničk. Ena izmed žic v vsakem paru je prevlečena z zlatom in služi kot elektroda. Ko se med človekovim gibanjem ščetine drgnejo, žice pretvorijo mehanično gibanje v elektriko. (Sung 2008)

Kot mogoči izvori energije za vojaka prihodnosti se kot obetavni navajajo mehanizmi na pogon vetra, čevlji z vgrajenimi generatorji, turbine na pogon z dihanjem, termoelektrične naprave, ki izkoriščajo razliko v temperaturi in enostavne baterije, ki koristijo kemijske reakcije iz znoja ali urina. (Petrović 2007, 19)

6.2 Oprema pehotnega vojaka prihodnosti

Gre za povsem nov, sodoben pristop, ki je vodil do oblikovanja t. i. sistemov pehotnega vojaka prihodnosti. Takšen in podobne projekte so začele številne države po svetu, podoben program teče že nekaj let tudi v Sloveniji, vendar je s projekti razvoja opreme v svetu, ki jih bom tudi predstavil v nadaljevanju, neprimerljiv tako po kakovosti, kakor tudi obsegu. Razlikujejo se kar bistveno, predvsem po tehnološki ravni vključene opreme in oborožitve. Treba je poudariti, da na omenjenem področju izstopa ZDA, zato se bom osredotočil na njihove programe razvoja opreme bojevnika prihodnosti. Tako v evropskih državah kot tudi

drugod po svetu tečejo podobni programi, vendar moj namen ni razčlenjevati posameznih programov, ampak povzeti skupno bistvo razvoja. Seveda pa sinteza nadaljevanja tega poglavja temelji na analizi razvojnih programov in konceptov vojaka prihodnosti po vsem svetu.

Najbolje opremljeni pešak 21. stoletja bo imel na voljo komunikacijska, opazovalna in druga sredstva, kakršna so bila do pred kratkim dostopna, na primer, le pilotom letal ali posadkam tankov. Današnja minituarizacija elektronskih sklopov omogoča praktično »goro« naprav, kakršne še pred kratkim niso bile mogoče niti v sanjah. Tudi materiali za zaščitne obleke so se toliko razvili, da nudijo izredno udobje v praktično vsakršnih razmerah, obenem pa zelo povečujejo stopnjo zaščite vojaka. Takšen razvoj nas pripelje do spoznanja, da bodo pehotni vojaki v prihodnosti imeli na razpolago tehnologije, ki ne samo, da jim bodo omogočale učinkovito obrambo pred sodobnimi sistemi oborožitve, temveč tudi pred klasičnimi orožji (Knific 2003, 43). Skladno s tem bo pešak prihodnosti potreboval resnično fleksibilno in raznovrstno opremo, ki bo zagotavljala zaščito pred morebitnimi nevarnostmi.

Ob razvoju sistemov za opremljanje pehotnega vojaka prihodnosti je treba upoštevati, da je temeljni poudarek na (Harrington 2007, 15):

- sposobnosti samostojnega in kombiniranega delovanja z enotami iz drugih zavezniških držav in
- sodelovanju znotraj lastnih oboroženih sil (pehota, letalstvo, mornarica), od najvišje vse do najnižje taktične enote, z namenom, da se nasprotnik v čim krajšem času ter na najučinkovitejši način, z najmanjšim tveganjem za lastne enote in opremo, onesposobi.

Staro pravilo bojevanja¹⁶ na ta način dobiva nove razsežnosti, skladno s sodobno opremo, ki bo vojaku pešaku omogočila, da varno pride na bojišče, stopi v kontakt z drugimi postrojbami in učinkovito borbena deluje. (Žabkar 2003, 294)

Ameriška vojska je s projektom opremljanja vojaka pešaka začela leta 1992. Bistvo tega koncepta je opremiti in oborožiti pehotnega vojaka – bojevnika – za digitalizirano bojišče v 21. stoletju. Sistem kopenskega bojevnika ZDA temelji na principu modularne konfiguracije,

¹⁶ Usklajenost premikanja, komuniciranja in ciljanja (povzeto po: Žabkar 2003, 294, 297).

torej si vojak za posamezno nalogo izbere, modulira opremo, ki jo potrebuje in kakršno zahteva akcija ali narekujejo razmere. (Hafner 2003, 29; Hodge 2008, 22)

Zdajšnji program razvoja opreme vojaka prihodnosti Land Warrior¹⁷ bo omogočil vojakom večje komunikacijske in navigacijske možnosti. Land Warrior je zamišljen kot sistem znotraj integriranega sistema in se dopolnjuje s podobnim programom razvoja srednjih bojnih sistemov¹⁸. Čeprav se zdita ta dva sistema povsem različna (eden je pravzaprav oprema za vojaka, drugi pa sklop vozil s posadko ali brez), bosta s pomočjo računalniške tehnologije dopolnjevala drug drugega in predvsem s hitro izmenjavo podatkov omogočala učinkovitejše in enostavnejše koordiniranje skupnega bojnega delovanja. Glede na stanje razvoja bi naj bil program Land Warrior prvič operativno uveden leta 2010 (Baddeley 2008, 34). V končni fazi razvoja se največji poudarek namenja količini električne energije, ki jo bo potreboval vojak na terenu. (Ebbutt 2007, 27-28)

Pomanjkljivost programa Land Warrior je v nezmanjšanju mase vojakove opreme. V ta namen so razvili OFW-program (Objective Force Warrior), ki naj bi prinesel napredek ravno na področju zmanjšanja mase celotne opreme. Ameriški vojaki so še v dveh zadnjih operacijah, v Afganistanu in Iraku, v povprečju nosili 55 kg orožja, oblek in potrebščin, medtem ko OFW predvideva maksimalno maso 22,6 kg (Oliver 2007, 26). Ta oprema bo sestavljena iz večnamenskih komponent, vključujoč obleko z vtkanimi elektronskimi napravami, izpopolnjeno čelado in robote, ki bodo pomagali vojaku prenašati opremo. (Willett 2006, 34-40)

Naslednji korak v razvoju je Future Warrior¹⁹, koncept, ki predvideva širše vključevanje nanotehnologije v vojakovo opremo in s tem njegovo razbremenitev prenašanja precej težke opreme. To naj bi se doseglo, na samo z zmanjševanjem opreme, ampak tudi s kreiranjem sistemov, ki bodo vojaku pomagali pri opravljanju fizično zahtevnih nalog. Omenjeni program je v začetni fazi razvoja, njegova operativna dostopnost pa se pričakuje okrog leta 2020. Glede na to, da govorimo o dokaj dolgem razvojnem času, je program najprej usmerjen k definiranju novih taktičnih in tehničnih zahtev ter razvoju materialov in tehnologij, ki bodo te zahteve lahko izpolnili. (Baddeley 2007, 39-48)

¹⁷ Vojak prihodnosti je pri nas, po ameriškem vzoru, dobil vzdevek bojevnik.

¹⁸ V angleškem jeziku se uporablja izraz Future Combat Systems – FCS.

¹⁹ V slovenskem jeziku se največkrat uporablja izraz bojevnik prihodnosti.

V nadaljevanju diplomskega dela bom predstavil opremo vojaka prihodnosti. Naj poudarim, da je večina posameznih sistemov že razvitih. Nekaj jih je v testiranju in izpopolnjevanju, nekateri so še na laboratorijskem nivoju, kjer preizkušajo nove materiale in nove tehnike, s katerimi bo mogoče proizvesti sisteme, ki si jih danes težko predstavljamo.

6.2.1 Komunikacijska oprema

Bistvena v razvoju komunikacijske opreme za vojaka prihodnosti je vključitev računalnika in drugih komunikacijskih elementov v sistem opreme oziroma obleke ter nato povezava v celoten sistem, ki bo operativno deloval na bojišču.

Vsak vojak ima svoj računalnik, ki je vgrajen v nahrbtnik, čez čas pa že v obleko, preko katerega lahko komunicira s poveljstvom. Kot prikazovalnik uporablja majhen ekran oziroma natančneje dlančnik velikosti dlani. Računalnik vsebuje tudi GPS-navigacijo. Ta vojaku omogoča orientacijo na terenu z natančnostjo desetih metrov, in to s pomočjo navigacijskih satelitov. Skupaj z napravami za nočno gledanje pa tak pripomoček odločilno prispeva k operativnim zmogljivostim v nočnem času ali pa v neugodnih meteoroloških razmerah (megla, dež, sneg ...). Na zaslon dlančnika dobiva podatke o samem terenu, z risbo zemljišča, lokacijo cilja, ravno tako identifikacijske podatke, na osnovi katerih lahko ločuje soborce od nasprotnika. Računalnik tudi omogoča določanje vojakovega položaja in distribuiranje te informacije znotraj oddelka ter naprej v poveljstvo. S tem je dosežena optimalna komunikacija znotraj oddelka in hkrati zagotovljen nadzor nad terenom, kar zelo izboljša proces poveljevanja. (Ebbutt 2006, 11-15; Grevatt 2007, 17-19)

Kot druga različica prikazovalnika podatkov iz računalnika se uporablja vizir čelade²⁰. Na vizirju je vizualni zaslon, ki vojaku omogoča boljše terensko zaznavanje in pogled na bojišče v obzorju 180°. Prav tako prikazuje različne podatke, potrebne za navigacijo, prikaz taktične situacije in podobno. Na sprednjem in zadnjem delu čelade sta mikrokameri, ki omogočata dober pogled na teren, predvsem pa dajeta vojaku informacije o dogajanju za njegovim hrbtom. Sestavni del čelade je tudi naprava za nočno gledanje, za katero znanstveniki predvidevajo, da bo do leta 2025 dosegla dimenzijo radirke (Baddeley 2007, 44). Serija senzorjev nadaljnjega razvoja bo omogočala tridimenzionalni sluh in možnost jačanja

²⁰ Na osnovi raziskav o primernosti prostora za prikazovanje podatkov raziskovalci ugotavljajo, da je najboljša varianta kombinacija obeh (računalnik in čelada), in v tej smeri tudi razvijajo sisteme.

potrebnih zvokov ter utiševanja nepotrebnih. Zagotovljena je tudi komunikacija z okolico. Vgrajen osebni radiosprejemnik omogoča stalno zvezo posameznika z drugimi vojaki in poveljstvom. Čez nekaj let, ko bo sistem tehnološko še bolj izpopolnjen, se bodo celotna oprema in funkcije aktivirale glasovno, tako da bodo roke povsem proste za bojno delovanje. (Kemp 2004, 27-31; Grevatt 2007, 17-19; Žabkar 2007, 98-99)

Pri projektiranju novih bojnih uniform raziskovalci že zdaj upoštevajo potrebo po integraciji z vrsto novih senzorjev in tehnologij, katerih razvoj šele poteka. Na Tehnološkem inštitutu Massachusetts razvijajo bojno uniformo z vključenim računalnikom. S takšno kompaktno izvedbo naj bi dosegli, da vojaku ne bi bilo treba nositi osebnega ročnega računalnika oziroma dlančnika, saj bi bil le ta vgrajen v uniformo. Za prikazovanje podatkov služi prožen zaslon na vizirju čelade, napaja pa se s pretvorbo sončne energije v električno. Ko bo projekt izpeljan do konca, bo t. i. pametna uniforma²¹ omogočala govorno zvezo z vgrajenim mobilnikom, sprejemanje in pošiljanje elektronske pošte, snemanje zvoka in slike, sprejemanje, shranjevanje in posredovanje večpredstavnostnih datotek, računanje in samodejno diagnosticiranje ter posredovanje podatkov telesnih senzorjev. (Žabkar 2007, 119-120)

Najnovejši koncept komunikacijske opreme je kamera visoke ločljivosti, ki je primerna tako za dnevno kot tudi za nočno uporabo. Povezana je z računalnikom, ki preko merilne naprave na puški nadzoruje samo merjenje in streljanje. Računalnik daje korekcije v elevaciji in nagibu ter dovoljuje streljanje, le če položaj puške odgovarja preračunani smeri ciljanja. Zaradi lažje uporabe se slika merilne naprave prikazuje neposredno na zaslonu čelade. (White 2007a, 28)

6.2.2 Zaščitna oprema

Ognjena moč, mobilnost in zaščita so tri večje zgodovinske komponente vojaške zmogljivosti. Njihove izboljšave pogosto pomenijo tudi ustrezne probleme v zmogljivostih, zato morajo odgovorni za razvoj vojaške opreme vedno stremeti za optimalnimi ravnotežji. Ob vseh mogočih tehničnih superlativih lastnosti orožij ne smemo pozabiti na individualnega borca in na njegovo zaščito. (Ribarič 1992, 67)

²¹ Na Tehnološkem inštitutu Massachusetts so projekt poimenovali Smart clothing.

Znano je, da so v prvi svetovni vojni v večini vojska uvedli zaščitne čelade iz jekla, ki so kmalu dokazale svojo pravo vrednost in pomembno zmanjšale število žrtev zaradi usodnih poškodb lobanje. Vzporedno so ponekod že začeli eksperimentirati z oklepnimi ščitniki, toda ovira – prevelika masa in zmanjšana okretnost vojakov – je zavrla nadaljnji razvoj osebne zaščite te vrste. Nato pa se je zgodilo revolucionarno odkritje kevlarja. Kevlar omogoča učinkovito zaščito pred drobci, kar je s stališča varnosti na bojišču najpomembnejše. Je lahek in nima drugih negativnih ali ovirajočih lastnosti, tako da lahko z njim zaščitijo glavo, pa tudi del abdomna. Čelada in zaščitni jopič, ki sta skupaj tehtala 10 kilogramov, sta uspela zadržati celo kroglo kalibra 5,56 mm. Ob razvoju projektov zaščite vojaka je treba upoštevati, da bodo vojaki v prihodnosti nosili čelade in zaščitne jopiče, ki jih bodo ščitili tudi pred krogli manjših kalibrov. Razvoj takšnih zaščitnih elementov je tesno povezan z razvojem novih balističnih snovi, saj trenutna uporaba kevlarja v te namene ne nudi zadovoljive zaščite ob večjem zmanjšanju mase. Zato kevlar počasi prehaja v pozabo – je učinkovit, vendar pretežek. Mnogo pozornosti se posveča modernizaciji čelad in zaščitnih jopičev. Razvoj novih materialov in izdelava kompozitov s pomočjo nanotehnologije obetata izdelavo učinkovitejših zaščitnih sistemov. (Gourley 2001, 19-22; Žabkar 2007, 89-96)

V zadnjih letih se je na področju balistične zaščite spremenilo stanje tehnike, potreb in miselnosti. Neklasične oblike vojaškega delovanja približujejo zahteve po zaščiti vojaka s standardom za policiste. Vojaka ščitimo pred krogli, ne pred fragmenti, naloga zaščite pa ni več statistično zmanjševanje števila izločenih vojakov, pač pa zaščita vsakega življenja posebej. (Nato`s view: the future of urban warfare 2008, 36-37)

Ker je velika premičnost vojaka še vedno bistven element, in je torej teža zaščitne opreme omejena, se je v teh letih močno poglobil študij ciljne balistike. Nanomateriali prinašajo čudežne možnosti balistične zaščite. Če je bilo za zaustavitev puškine krogle do zdaj potrebnih vsaj 19 kg/m² materiala, to pomeni, da je z uvedbo ogljikovih nanocevk in nanoporozno izolacijo mogoča enaka zaščita s petkrat manjšo maso, zaščitene pa bodo tudi prozorne površine. Tako opremo bo mogoče dolgo nositi tudi v najtežjih pogojih. Ogljikove nanocevke po absorpciji, hitrosti odvajanja energije na stran in debelini slojev mnogokrat presegajo vse dosedanje materiale, superizolatorji pa preprečujejo prenos energije naprej na naslednje sloje. (Navodnik 2007, 374-375)

Kot eno izmed rešitev v razvoju protibalistične zaščite vojaka so znanstveniki ponudili razvoj posebnega gela, ki bi ga lahko poimenovali tekoči telesni oklep²² (STF). Gre za gel tekočino, sestavljeno iz posebne umetne mase, ki so ji dodane ogljikove nanoceevke, z namenom povečanja trdnosti. Delovanje STF-gela je prikazano v majhni stekleni posodici. Dokler se s palčko meša počasi, je gel tekočina dokaj redka in mehka, ko pa se začne mešati hitro, STF v trenutku otrdi in onemogoča kakršen koli premik palčke. Raziskovalci takšen učinek razlagajo povsem enostavno. Dokler so premiki počasni, se trde ogljikove nanoceevke lahko premikajo druga ob drugi, pri hitrem in močnem premikanju pa zadenejo druga ob drugo in tako onemogočajo vsakršen premik. Ob samem testiranju učinkovitosti gel tekočine so le-to nanесли na standardni zaščitni jopič iz kevlarja, in sicer v štirih slojih, pri čemer se videz in sestava materiala nista spremenila. Nato so primerjali učinkovitost zaščitnega jopiča, prevlečenega z gel tekočino in brez prevleke. Izstrelek, ki je uspel prebiti kevlarjev zaščitni jopič, je enak jopič, premazan s STF-gelom, uspel le malenkostno načeti, vendar nikakor ne prebiti. Ker se je tehnologija izkazala kot zelo dobra, so STF-zaščitni jopiči že v samem procesu izdelave. (Petrović 2005, 11-14; Navodnik 2007, 377-378; Žabkar 2007, 93)

Ogljikove nanoceevke imajo zaradi že prej omenjenih superiornih karakteristik pomembno varnostno vlogo v obleki vojaka. Uporabljajo jih pri konstruiranju dinamičnega oklepa, ki je kot navadna mehka obleka, ko pa senzori zaznajo pok ali eksplozijo, obleka v trenutku otrdi in vojaku nudi večjo zaščito. Ta tehnologija je primerljiva s tehnologijo zračnih blazin v avtomobilu; zaščita obstaja, vendar je neopazna, dokler je ne potrebujemo. Na tem področju znanstveniki raziskujejo posebne kanale, napolnjene s tekočino, ki bi bili razporejeni po obleki. Ta tekočina vsebuje magnetni nanomaterial, ki se postavlja v določen položaj, ko ga aktivira magnetno polje. Ta koncept bi lahko hkrati omogočal izdelavo obleke, ki bi v primeru poškodb delovala kot kompresijska obveza. (Kalaugher 2005)

Pred kratkim je bil dosežen napredek v razvoju naravnih materialov, ki bo zelo spremenil protibalistično zaščito vojaka. Znanstveniki so dosegli izjemen napredek v znanosti o čvrstosti, in sicer z odkritjem načina masovne proizvodnje pajčevine in njene uporabe. Vsem dobro poznana pajčevina, ki jo pajki proizvajajo v svojih predivnih žlezah za gradnjo različnih mrež in zaprek, je eden najčvrstejših naravnih materialov in kar 20-krat čvrstejša od jekla (Vučemilović 2005, 15). Molekularni biologi so izolirali gene pajka za proizvodnjo

²² V angleškem jeziku se uporablja izraz Shear Thickening Fluid (STF).

pajčevine in jih vgradili na posebno mesto v gen kože. Rezultat je bilo kozje mleko, polno proteinov pajkove svile, saj takšna koza daje tisočkrat več takšnega materiala kot pajek. Z izolacijo teh proteinov iz mleka se mehansko stkejo supervlakna pajčevine, iz katere se nato konstruira zaščitni jopič, lažji telesni oklep ali celo obleka, ki je nekaj stokrat lažja in tanjša od klasičnih zaščitnih elementov. Takšen zaščitni sistem s svojo razteznostjo absorbira prodorni učinek metka na podoben način kot pajek s svojo mrežo zaustavi muho. Velika prednost je tudi prilagodljivost materiala, s katerim se lahko vojaka zaščiti celo po prstih roke ali noge. (Vollrath 2006)

Med najobsežnejšimi projekti je razvoj bojnega oblačila za pehotnega vojaka prihodnosti. V skoraj vseh državah se najpogosteje uporablja izraz inteligentna bojna uniforma, v izdelavo katere so vključeni tudi dosežki nanotehnologije in drugih sodobnih tehnologij. Od nove bojne uniforme ne zahtevajo zgolj varovanja vojaka pred vremenskimi in klimatskimi vplivi, ampak nove informacijske, logistične, komunikacijske in druge funkcije, ki jih tradicionalne bojne uniforme nimajo. Od nove uniforme vse bolj zahtevajo integracijo z drugimi oborožitvenimi sistemi in vojaško opremo v usklajeno funkcijsko enoto. (Žabkar 2007, 119)

Obleka pehotnega vojaka prihodnosti nudi veliko boljše možnosti prikrivanja kot današnja. Raziskovalci so uspeli narediti aktivni maskirni sistem, ki se prilagaja trenutni situaciji, črpa informacije iz okolja in menjuje barvo, tako da se čim bolj zliva z okolico, ne glede na to, kakšna ta je. Pri tem je predvsem pomembna hitra odzivnost. To omogoča vojaku hitro gibanje skozi različna okolja in ga ob tem ustvarja praktično nevidnega. Takšna obleka je narejena na osnovi nanotehnologije, ki dopušča manipuliranje na atomski in molekularni ravni, z namenom doseči rezultat, ki ga klasična tehnologija izdelovanja tkanin in drugih materialov ne more izpolniti. Ko govorimo o takšnem konceptu, se ga pogosto opisuje kot kameleona, žival, poznano po svoji sposobnosti spreminjanja barve in zlivanja z okoljem. Pri klasičnih vojaških oblekah se učinek maskiranja najlažje doseže s pozorno izbiro primernih maskirnih elementov iz okolja in maskirnih barv. Vendar pri takšnem načinu maskiranja nastajajo očitni problemi. Obleka za gozd in kontinentalno podnebje ni primerna za puščavo, nobena pa tudi ne za polarne in zimske pogoje. Zato se današnje obleke običajno delajo v dveh vzorcih: gozdnem in puščavskem, v zimskih razmerah pa se po navadi obleče belo pregrinjalo vrh standardne obleke. Seveda pa nobena oprema ne pokriva delovanja v mestnem okolju. Takšno stanje je glavni razlog, da ameriški znanstveniki pospešeno razvijajo novo

obleko ACU²³. Osnovni cilj projekta je narediti edinstveno obleko, ki bo uporabna v vseh okoljih. Digitalizirani maskirni vzorec je mešanica zelene, svetlo rjave in sive, ki se zlivajo v gozdnem, puščavskem in mestnem okolju (Nato's view: the future of urban warfare 2008, 39). Iz vzorca je izvzeta črna barva, saj se v naravi nahaja bolj poredko. Poleg tega so raziskave pokazale, da je prav črna barva ena izmed opaznejših. (Knific 2000, 34-38; Žabkar 2007, 116-121; Pengelley 2008, 43-46)

Poleg prikrivanja obleka nudi vojaku tudi klimatizacijo. Znano je, da delo v vročih klimatskih razmerah bistveno povečuje toplotni stres, srčni stres, utrujenost in porabo telesne tekočine. Na obleki so toplotni senzori za nadziranje temperature ter preprečevanje pregretja oziroma podhladitve vojaka. Že pred tremi leti je bil prikazan prototip sistema za hlajenje telesa kot neka vrsta osebne klimatske naprave. Namenjen je delovanju v toplih podnebjih in preprečuje pregrevanje vojaka ter mu omogoča ugodno in optimalno mikroklimo, kar je v vročih puščavskih razmerah bistveno. Težava tega prototipa je njegova precejšnja velikost, zato je za zdaj še težko oceniti njegovo resnično učinkovitost, kar pa ob uporabi nanotehnoloških komponent naj ne bi predstavljalo prevelike ovire v nadaljnjem razvoju. (Petrovič 2005, 11-14; Žabkar 2007, 120-121)

Pri obleki vojaka prihodnosti je predvidena tudi vgradnja respiratorja, ki bo nameščen na hrbtu in bo vojaku zagotavljal svež zrak. Tako naj bi zaščitna maska postala nepotreben del opreme. Če vojak iz kakršnega koli razloga odpre vizir na čeladi ali jo celo sname in pri tem pride v kontaminirano območje, bodo senzori to nemudoma zaznali in pričeli v vojakovo telo vbrizgavati protistrup iz kapsul za zdravila, ki bodo vgrajene v obleko. Vsekakor pa bo obleka vsebovala mikrosenzorje, ki bodo zaznavali poškodbe vojaka ter merili njegov pulz in krvni pritisk, pa tudi njegovo duševno stanje. Vse informacije bodo samodejno poslane medicinski ekipi. Obleka bo lahko izločala tudi potrebne nutriende, dodatke in stimulanse, ki bodo ohranjali vojaka sitega in budnega ter mu omogočali preživetje v najtežjih razmerah (Anderson 2007, 17-18). V obleko bo treba vnesti tudi sredstva za RKB-zaščito in samodekontaminacijo. V tej smeri raziskujejo nanovlakna z integriranim katalizatorjem, ki bo sposoben nevtralizirati kemijske in biološke strupe. Zelo velik pomen ima razvoj bojnega oblačila za kemično-biološko zaščito iz tkanin, ki preprečujejo zbiranje toplega zraka pod obleko. Tkanina je sestavljena iz zunanje in notranje bombažne plasti, ki obkrožata majhne

²³ Projekt so poimenovali Army Combat Uniform.

ogljikove celice; te vpijajo vlago in delce ter tako varujejo telo do 24 ur. Te celice zadržijo svoje lastnosti tudi še, ko so preznojene, in se lahko kar desetkrat dekontaminirajo, preden se njihova zaščitna vrednost zmanjša. To zaščitno oblačilo nosi bojevnik neposredno na spodnje perilo, kar povečuje udobje in omogoča kar največjo gibljivost. Med preizkušnji so 10 vojakov postavili v razmere z različno stopnjo vlage in temperaturami do 40 stopinj C. Izkazalo se je, da so bili vojaki vsaj enako učinkoviti v primerjavi s tistimi, ki so uporabljali standardna bombažna oblačila. Imeli pa so bistveno manjši vročinski stres kot vojaki, ki so nosili RKB-zaščitni komplet na svojem običajnem bojnem oblačilu. (Miles, 2003; Žabkar 2007, 118-120)

Pomemben segment, ki ga morajo upoštevati snovalci opreme pehotnega vojaka prihodnosti, je zaščita pred mikrovalovi. Za mikrovalove se pričakuje, da jih bodo tehnično odlično opremljeni nasprotniki oddajali iz svojih bojnih vozil. Mikrovalovi lahko povzročijo hude opekline notranjih organov. Obstaja pa poseben del človeškega telesa, na katerem je človek skorajda najbolj ranljiv – oko, ki je za lasersko sevanje ekstremno občutljivo. Tudi z nizkoenergetskimi laserji, ki delujejo v vidnem ali bližnjem infrardečem delu elektromagnetnega spektra, lahko povzročajo slepoto ali onesposablajo vid nasprotnikovi živi sili. Zaradi edinstvenih značilnosti laserskih žarkov sprejema človeško oko lasersko sevanje na tak način, kot da je sevanje prišlo iz točkastega izvora. To pomeni, da zbere oko laserske žarke v majhno točko na retini očesa. Učinek osvetljenosti se pri tem poveča celo za 100.000-krat (Ribarič 1992, 67). Pri gledanju proti laserskemu izvoru skozi daljnogled ali drugo optično pripravo se učinek lahko poveča še za nekajkrat. Naj bo tako ali drugače, prihodnjega sodobno opremljenega vojaka bo treba zaščititi tudi pred takšnimi potencialnimi orožji. Vendar zaščita ni tako enostavna. Pri očalih, vizirju ali filtrih, ki naj varujejo pred laserskimi žarki, mora filter blokirati točno tisto frekvenčno območje, ki ga izseva laser. To pa je velikokrat neznano, še zlasti, če ima nasprotna stran na voljo veliko tehničnih možnosti. Torej bi morali imeti na voljo kar celo vrsto filtrov. Toda znanstveniki so s pomočjo nanotehnologije uspešno premostili tudi to oviro in že izoblikovali čelado, v katero so vključili tudi ustrezno protilasersko zaščito. (Pengelly 2008, 45-46)

Pomembno novost nameravajo uvesti tudi glede identifikacije nosilcev. Namesto pločevinastih tablic z imenom, činom in serijsko številko borcev bi v zobovje, ki je najodpornejši del človeškega telesa, vgradili mikročipe s podatki o krvni skupini, alergijah in

poteku obolenj v preteklosti (Kemp 2004, 30). Po potrebi bi s skenerji s pomočjo črtne kode prebrali vse potrebne podatke o nosilcih. (Žabkar 2007, 95-96)

V okviru razvojnega koncepta Future Warrior velja omeniti še razvoj posebnih zunanjih vlaken, ki delujejo kot mišice, imenovana »exomuscles«. Te umetne mišice naj bi sodelovale v harmoniji z naravnimi mišicami in dajale vojaku dodatno moč. Poleg tega obstaja tudi koncept, imenovan »exoskeleton«. Gre za mehanske noge, ki bi si jih vojak pritrdil na svoje noge, in bi lahko sam prenašal orožje, ki danes zahteva tričlansko posadko. Ob vsem tem načrtujejo tudi izpopolnitev »mechanical mule« - naprave, ki se je pojavila že kmalu po 2. svetovni vojni, v prihodnosti pa jo ob razvoju nanotehnologije čakajo pomembne spremembe. To je nekakšen mini robot, ki lahko spremlja vojaka na terenu in mu pomaga pri prenašanju opreme. (Kalaugher 2005; Foss 2006, 15-16)

Ob koncu leta 2006 je ameriška vojska izvedla vajo, pri kateri so vojaki uporabljali trenutno naj sodobnejšo in izpopolnjeno opremo. Vaja je bila ocenjena kot uspešna, vojaki pa so podali pozitivne komentarje na uporabo nove opreme. Med zbiranjem vojakov na dogovorjenem mestu je oddelek petih vojakov naletel na zasedo dvočlanskega ostrostrelskega tima na hribu, oddaljenem okrog 400 metrov. Prvi vojak, na katerega so streljali, je uspel, ob dobri informacijski in mrežni povezanosti, druge soborce obvestiti o približnem položaju ostrostrelcev. Pri prehodu preko odprtega prostora sta bila dva vojaka ocenjena kot mrtva in eden kot ranjen. Preostala vojaka pa sta uspela nevtralizirati oba ostrostrelca. Poveljnik oddelka v času srečanja z ostrostrelcema ni bil s svojo ekipo. Ker so se njegovi vojaki med bojem prerazporedili, ni bil več prepričan, kje se kdo izmed njih nahaja. V takšni situaciji lahko pride tudi do streljanja po lastni enoti. Ker jih ni uspel priklicati, je poveljnik uporabil računalniški sistem, ki je vse njegove vojake prikazal kot točke na zemljevidu, na vizirju čelade. Tako je ugotovil točen trenutni položaj svojih vojakov. (White 2007b, 22-23; Hodge 2007, 8)

Slika 6.1: Podoba pehotnega vojaka prihodnosti



Vir: Miles (2003).

7 KONFLIKTI V INFORMACIJSKI DOBI

Narava vojskovanja in z njo tudi vodenje in poveljevanje ter način izvajanja bojnih delovanj so se od druge svetovne vojne do danes močno spremenili, na kar je vplival predvsem izjemno velik in hiter tehnično-tehnološki razvoj v prejšnjem in tem stoletju. Poleg vseh sodobnih izumov je izum mikroprocesorja gotovo en največjih korakov v razvoju računalniških in informacijskih sistemov. Nižanje cen informacijske opreme in uporaba

sodobnih komunikacijsko-informacijskih sistemov sta temeljito pospešila globalizacijo in iz sveta naredila vas.

V vojaškem smislu je uporaba računalnikov ter sodobne elektro-optične in druge tehnologije pomenila prehod iz industrijske v informacijsko dobo oziroma informacijski val bojevanja. Ameriški futuristični publicist Alvin Toffler je v svoji knjigi *War and Antiwar* zgodovino bojevanja razdelil na tri valove, med katerimi ni mogoče potegniti ostre meje, saj se prekrivajo in prepletajo, odvisno od opremljenosti vojske, načina njenega organiziranja in delovanja (Toffler in Toffler 1995):

- Agrarni val, ki je trajal od začetkov medčloveških sporov do industrijske revolucije. Za to obdobje je značilna slaba in neenotna opremljenost manjših vojsk, zbranih po potrebi.
- Industrijski val, ki se je začel s koncem 19. stoletja oziroma z začetkom industrijske revolucije in še traja. V tem obdobju so prevladovale množične, dobro opremljene in poenotene nacionalne vojske.
- Informacijski val se začne v osemdesetih letih oziroma s prvo zalivsko vojno in prav tako še traja. Za ta val je značilna vojaška uporaba informacijske in drugih visoko razvitih tehnologij, ki glede na natančnost delovanja omogočajo zmanjšanje števila sredstev in ljudi za isti ali večji učinek.

Tudi za sodobno bojevanje (predvsem pa v bližnji prihodnosti) je namreč značilno, da se pojavljajo in prepletajo značilnosti vseh treh valov, kot se to trenutno dogaja v mednarodnih posredovanjih na kriznih območjih. Sam informacijski val se najbolje kaže v t. i. digitaliziranem bojišču oziroma v procesu C⁴I²⁴. Sodobno bojišče torej vse pogosteje imenujemo digitalizirano bojišče, procese vodenja in poveljevanja na njem pa označujemo s kratico C⁴I, kar bi zelo poenostavljeno in preprosto prevedli in pojasnili kot proces vodenja in poveljevanja, podprt s sodobno tehnologijo in z nenehnim pridobivanjem informacij v realnem času.

7.1 Digitalizacija vojske in digitalizirano bojišče

²⁴ Command, Control, Communication, Computers and Intelligence (poveljevanje, nadzor, komunikacija, računalništvo, obveščevalna podpora).

Informacije so bile v človekovem življenju zelo pomembne od nekdaj. Imeti jih je moral že pračlovek v boju za obstanek. Ne moremo trditi, da so bile informacije za človeka nekoč manj pomembne kot zdaj, gotovo pa je življenje veliko bolj sofisticirano, življenjski informacijski svežnji pa so veliko večji in bolj zapleteni ter prihajajo do uporabnika skoraj v realnem času in intenzivneje. Uspešnost je že na vseh ravneh in področjih življenja neposredno odvisna od količine informacij in znanj ter njihove pravilne uporabe. Na bojišču je torej v prednosti tista stran, ki pravočasno pridobi najnatančnejše informacije, seveda pod pogojem, da jih tudi najbolje obdela ter pravočasno in pravilno uporabi oziroma izkoristi, kar je osnovna vsebina procesa C⁴I. Obdobja profesionalnih vojakov – taktikov in strategov – torej še ni konec, kajti na podlagi informacij nazadnje vedno dokončno odloči človek. Najpomembnejše je torej znanje, kako uporabiti tisto, kar je na voljo. Znanje, ki omogoča odločitev, je še vedno področje vojaških strokovnjakov, ki jih v tem ne more zamenjati noben stroj, nobena tehnologija ali umetna inteligenca. Pogoj za to odločitev pa je dobra baza podatkov. To področje obvlada in zmore uporabljati le sodobna informacijska tehnologija.

Osnovni koncept sodobnih oboroženih sil je izvajanje vseh fizičnih in informacijskih dejavnosti z namenom pridobivanja vedno novih informacij, ki omogočajo oblikovanje skupne operativne slike. To pomeni, da je bistveni element informacijske domene analiza pridobljenih podatkov, ki pogojuje nadaljnji proces odločanja. Pravočasni, zanesljivi in razumljivi podatki pomagajo razumeti razmere, na osnovi česar je mogoče izoblikovati pravilno odločitev ter smiselno načrtovati delovanje v vseh združenih operativnih smereh (Pešec 2007, 46). Namen vseh aktivnosti je zagotoviti uspešno dokončanje naloge z nevtraliziranjem nasprotnika ter prevzemom pobude v konfliktu. (Žabkar 2003, 94-95)

Če torej povzamem in nadgradim zapisano v prejšnjem odstavku, lahko izpeljem osnovne značilnosti sodobnega bojišča (Kočever 2006, 22-23; Pešec 2007, 58-63):

- Nenehno pridobivanje informacij, kar pomeni relativno jasno situacijo glede osnovnih vprašanj, ki si jih zastavlja vsak vojak: kje sem, kje so moje sile, kje so soborci.
- Visoka stopnja gibljivosti enot, kar zagotavlja hitre premike, manevre, udare in s tem hitro spreminjanje razmer.
- Neprekinjeno delovanje v vseh vremenskih razmerah, ki ga omogočata sodobna oborožitev in oprema.

- Nenehen razvoj računalniških in informacijskih sistemov ter uporaba le-teh v omrežnem povezovanju.
- Nelinearno bojevanje, ki ga zagotavlja C⁴I.
- Uporaba pametnih orožij z izredno natančnostjo in usmerjenostjo delovanja.
- Poudarek na kakovostni in ne kvantitativni prevladi.
- Izpopolnjena logistika.

Posebej je treba poudariti prvo točko predhodno obravnavanih osnovnih značilnosti sodobnega bojišča, ki govori o oblikovanju relativno jasne slike na osnovi pridobivanja podatkov. Kočevar (2006, 22) pri tem govori tudi o odličnem poznavanju lokacije nasprotnika, kar pa za sodobno bojevanje ne drži popolnoma. Nasprotnik je velikokrat zamegljen, razkropljen, zato njegova lokacija ni znana. To najnazorneje kažejo primeri urbanega vojskovanja (Irak, Afganistan), kjer je nasprotnik skrit med civilnim prebivalstvom, zato ga je toliko težje najti. Ob upoštevanju zaščite civilnega prebivalstva je nemogoče izvesti neposreden napad na nasprotnika. Poleg tega lahko nasprotnik napada iz katerega koli urbanega objekta; vključujoč tudi civilne objekte. (Libicki 2007, 94-95)

Sodobna računalniška tehnologija je povečala gibljivost enot, hitrost in natančnost izvajanja bojnih nalog, domete in natančnost orožij in bojnih sistemov ter povečala njihovo učinkovitost. Največji prispevek so dodali sodobni sistemi C⁴I, ki so kakovostno nadgradili procese zbiranja, prenašanja in obdelovanja informacij ter odločanja, vodenja in poveljevanja. Osnovni namen teh sistemov je povečati hitrost in učinkovitost bojevanja.

Vojaška organizacija je tako začela spreminjati svoj videz, njena moč se vse bolj zrcali v uspešnosti, ki je posledica tehnološke dovršenosti, dobre obveščenosti, opremljenosti in profesionalizacije kadrov, ne pa množičnosti. Nedvomno so torej tehnične značilnosti neposredno vplivale na spremembe organiziranosti, kar je hkrati izzvalo spremembo taktičnih značilnosti bojevanja. Vse te spremembe je povzročila izpopolnitev računalnikov oziroma nov, hiter in zanesljiv način zbiranja, prenašanja, urejanja in uporabe velikega števila informacij. Treba je tudi poudariti, da sodobni informacijski sistemi niso nastali hkrati z iznajdbo računalnikov, temveč so se razvili šele z nastankom računalniških povezav in mrež, torej z razvojem sodobne komunikacijske tehnologije, ki je omogočila hitro in optimalno prenašanje velikega števila podatkov na daljavo. (Libicki 2007, 55)

Informacijski način bojevanja oziroma digitalizirano bojišče je bilo prvič v praksi predstavljeno med prvo zalivsko vojno. Ta vojna je znana po tem, da so v njej prvič množično uporabili informacijsko in satelitsko tehnologijo ter digitalne komunikacije. Uporabili so sisteme za določanje položajev (GPS), računalniško tehnologijo za zbiranje, prenos, obdelavo, predstavitev in arhiviranje podatkov, veliko različnih senzorjev, naprave za nočno izvidništvo in bojevanje ter še vrsto visoko razvite tehnologije. Jasno se je pokazala bojna večvrednost napadalca oziroma manjvrednost branilca. Na eni strani ZDA in zavezniške sile z najsodobnejšo digitalno komunikacijsko-informacijsko tehnologijo, na drugi strani pa iraške sile, opremljene predvsem s konvencionalno kopensko oborožitvijo in opremo. Bile so brez zračne podpore, z zanemarljivo protizračno obrambo, manjkali so jim tudi obveščevalni podatki in računalniška informacijska oprema. Svete in Žabkar (2006, 295) navajata, da so bile zavezniške sile 1,5-krat številčnejše od iraške grupacije. Ob vsem naštetem z gotovostjo trdim, da je šlo v tej vojni za konflikt med informacijskim valom, ki ga predstavljajo ZDA s svojimi zavezniki, in industrijskim valom bojevanja na iraški strani. (Kočevar 2006, 25; Svete in Žabkar 2006, 285-291)

Na osnovi izkušenj v prvi zalivski vojni ter po natančni analizi pozitivnih in negativnih lastnosti operacij, tudi iz lokalnih vojn in oboroženih spopadov, se je začel uveljavljati nov koncept za načrtovanje operacij, ki temeljijo na učinkih (OTU)²⁵. Uveljavil se je v drugi zalivski vojni. (Svete in Žabkar 2006, 291)

Koncept operacij, ki temeljijo na učinkih, obravnava nasprotnika kot zapleten sistem vojaških, političnih, ekonomskih, kulturnih in tehnoloških elementov, ki ga ne moremo premagati zgolj z močjo orožja. Če ne nevtraliziramo en posamičen sistem oziroma podsistem, lahko zrušimo celoto. Operacije, ki temeljijo na učinkih, so operacije, v katerih tisti, ki odločitve sprejemajo (decision makers), najprej predvidijo, kako bi se morala določena situacija razvijati pod vplivom delovanja različnih dejavnosti (fizičnih in kognitivnih), da bi postala obvladljiva in sprejemljiva. Zajeti so tako zaželeni kot nezaželeni učinki, ki bi jih določene dejavnosti povzročile v posameznih situacijah. Na temelju predvidenih učinkov se nato sprejemajo odločitve in ukrepi, ki naj bi zagotovili pričakovano (želeno) vedenje pri tistih subjektih, na katere so dejavnosti usmerjene. Mnogi avtorji OTU vidijo kot nov način razmišljanja ali kot nov pristop k vojskovanju. Razumejo jih tudi kot vezni člen med različnimi koncepti

²⁵ Izraz je dobesedni prevod iz angleškega jezika: Effects Based Operations – EBO.

vojskovanja, ki bodo značilni za prihodnost. Prepričani so, da lahko s tem načinom vojskovanja, s predvidenimi učinki in kopičenjem teh učinkov, brez hkratnega povečevanja vojaških sil, dosežejo postavljene cilje. To pa pomeni doseganje zmage z manj žrtvami in manj materialne škode na obeh nasprotujočih si straneh. (Dolman 2005, 162-165; Pešec 2007, 8-22)

Pristop, ki temelji na učinkih, je tesno povezan s poslanstvom vojske in z okoliščinami, v katerih potekajo operacije. V teh elementih se delno pokriva s konceptom na omrežjih temelječega vojskovanja (OTV)²⁶, ki se je že uporabljal v Afganistanu leta 2001, dokončno pa se je uveljavil v drugi zalivski vojni. Pristop obravnava mrežno povezano vojskovanje iz enega središča s priseganjem na majhne, omrežno podprte in tehnološko dominantne oborožene sile, katerih glavna moč sloni na uporabi tehnologije, ne pa na številu vojakov in oborožitvenih sistemov. Svete in Žabkar (2006, 296) pišeta, da so napadalno operacijo v drugi zalivski vojni zavezniške kopenske sile začele v strateškem razmerju sil 2,85 : 1 v korist branilca (iraške vojske) oziroma je razmerje napad : obramba znašalo 0,37 : 1. (Pešec 2007, 17-20)

Na oblikovanje vojske in operacij bosta vplivala tako pristop, ki temelji na učinkih, kot tudi koncept informacijsko usmerjenega vojskovanja. Poslanstvo vojske in okoliščine, v katerih se izvajajo vojaške dejavnosti za varovanje svetovnega miru, so se v sodobnem svetu spremenili. Operacije niso več le vojaške in učinki, ki jih je treba doseči, običajno zahtevajo uravnoteženo uporabo vojaških in nevojaških sredstev. (Libicki 2007, 277)

Upoštevajoč sodobno računalniško-informacijsko tehnologijo lahko, glede na značilnosti bojevanja, le-to razmejimo na obdobje do druge zalivske vojne in sodobno bojevanje.

Za bojevanje do druge zalivske vojne je značilno (Kočevar 2006, 22-25):

- masovne organizacijsko-formacijske strukture (OFS) – začetek bojevanja šele po sestavitvi OFS;
- zaporedne operacije;
- linearno bojevanje z napadi na nasprotnikove formacije in nadzorovanje terena;
- masivna logistika, dolgi logistični repi;

²⁶ Prav tako ustrezen prevod v slovenski jezik je izraz informacijsko usmerjeno vojskovanje (IUV). V angleškem jeziku pa se uporablja izraz Network Centric Warfare (NCW).

- obveščevalni podatki z neposrednimi stiki in neposrednim opazovanjem.

Za sodobno bojevanje pa je značilno (Metz 2004, 81-88; Kočevar 2006, 22-25; Pešec 2007, 54-56):

- masovni učinek – združevanje enot, skladno s cilji in z nalogo;
- poudarjanje tehnološke superiornosti, in ne številčnosti vojske;
- izvajanje več hkratnih omrežno povezanih operacij;
- nelinearno bojevanje z neposrednimi napadi na ključne nasprotnikove točke;
- izredno natančno izdelana, usmerjena in zmogljiva logistika;
- pridobivanje podatkov na osnovi povezanih informacijskih sistemov.

7.2 Informacijska prevlada na bojišču prihodnosti

Zelo hiter razvoj računalništva in informatike ter informacijske tehnologije, izjemno hiter razvoj družbenih in organizacijskih ved ter razvoj kriznega menedžmenta in drugačnih konceptov bojevanja so glavni razlogi za informacijsko prevlado ter digitalizacijo bojišča prihodnosti.

Razvojna pot do integriranega bojišča je bila dolga. Če se omejimo zgolj na razvoj po 2. svetovni vojni, lahko govorimo o treh fazah razvoja (Dernovšek 1999, 58):

- razvoj oborožitvenih sistemov;
- razvoj mrežnih sistemov;
- sistem integriranega in avtomatiziranega bojišča.

Zahteve po učinkovitejšem informacijskem menedžmentu so se pojavile hkrati z množičnim razvojem informacijskih sistemov, ki so zaradi razdrobljenosti in velikega obsega (veliko število računalnikov), sočasno lahko tudi vir izkrivljenih ali napačnih informacij. Podobne informacije se namreč pojavljajo na velikem številu računalnikov sočasno, tolmačenje pa je, zaradi človeškega vpliva, dostikrat lahko zelo različno. Zaradi današnje nujnosti, da se vsaka informacija in podatek preverjata pri več neodvisnih virih, se postopek obdelave informacij še podaljša. Porabljen čas za obdelavo podatkov in oblikovanje informacij je največkrat predolg, kar v praksi pomeni, da se morajo končni uporabniki (poveljniki enot) odločati na osnovi ne dovolj preverjenih podatkov, kar znatno poveča stopnjo tveganja in možnosti napake pri

odločanju (Dernovšek 1999, 58-60). Uspeh je omogočen, ko lahko govorimo o obdelavi podatkov in o dotoku novih, ustrezno obdelanih informacij v realnem času (z minimalno zakasnitvijo). To omogoča hitrejše in učinkovitejše izvajanje lastnih aktivnosti na bojišču ter doseganje globalne informacijske prevlade. (Libicki 2007, 124-125)

Še pred nekaj leti je veljalo prepričanje, da je globalna informacijska prevlada ključ do uspeha in celovite (globalne) prevlade na bojiščih sedanosti in prihodnosti. Tako bo tista stran, ki bo prva dosegla naslednjo stopnjo razvoja, avtomatsko dominirala pred drugimi. A vendar so to prepričanje ovrgli dogodki v Afganistanu 2001 in drugi zalivski vojni 2003. Napad zaveznikov je bil sicer uspešen in so dosegli prevlado, vendar se na teh območjih še danes pojavljajo neke akcije obrambnih skupin, ki bi jih lahko imenoval postvojaške akcije, zaradi česar še danes ni dosežena popolna zmaga zavezniških sil na teh spornih območjih. To potrjujeta tudi Svete in Žabkar (2006, 285, 298), ki ugotavljata, da so po zavezniški zasedbi Iraka v drugi etapi vojne, po dveh letih, zavezniki izgubili kar petkrat več vojakov kot med praviimi boji z iraško armado v prvem delu spopada.

8 OBLIKOVANJE VOJAŠKE DOKTRINE V INFORMACIJSKI DOBI

V vsaki družbi sta vojaška teorija in vojaška doktrina tesno povezani s stopnjo tehnološkega razvoja družbe, ki v veliki meri določa tudi gospodarske in politične potenciale določene družbe. Gledano skozi zgodovino, so se informacijske tehnologije od nekdaj uporabljale v oboroženih silah in bojnih aktivnostih. Od dimnih signalov v antični dobi in telegrafa ob koncu 19. stoletja pa vse do danes, ko je informacijska tehnologija postala najpomembnejši del, ne samo oboroženih sil, temveč celotne družbe. Hiter razvoj in uporaba računalniško – informacijskih sistemov v komercialne namene sta v zadnjih letih privedla do uporabe teh sistemov v vojaške namene. Na eni strani se je zmanjšala verjetnost izbruha klasičnih vojaških spopadov med državami, medtem ko se je na drugi strani zelo povečala verjetnost t. i. nevojaškega nastopanja ene države proti drugi, ki je lahko, upoštevajoč končne posledice, enakovredna klasičnemu vojaškemu napadu ali pa le-tega preseže. Dejstvo, da so v razvitih državah celotni družbeni, gospodarski in vojaški sistemi vedno bolj odvisni od uporabe in razvoja računalnikov, najbolj nazorno prikazuje pomen računalniško-informacijske tehnologije kot enega bistvenih segmentov v celotnem sistemu nacionalne varnosti. Vendar

moramo upoštevati, da vse večja komercialna uporabnost računalniških sistemov ter drugih komunikacijsko-informacijskih tehnologij kaže na nezaustavljivo porast verjetnosti njihove uporabe v korist terorističnih skupin in ostalih potencialnih sovražnikov. (Bandula 1998, 26-33)

Sodobni razvoj računalniško-informacijske tehnologije povzroča spremembe v izoblikovanju nove doktrine vodenja boja, ki se bistveno razlikuje od predhodnih in je značilna za sodobno postindustrijsko družbo. Do sedaj poznano klasično bojno polje postaja večdimenzionalno bojišče (Vojaška doktrina 2006, 89). Vojaški strategji predvidevajo, da bodo konflikti in vojne prihodnosti sestavljeni iz samo enega neprekinjenega napada, ki bo trajal nekaj ur, dni ali mesecev, in ne iz več bitk, kot je bilo v največjem delu starejše in sodobne zgodovine. Sposobnost sodobnih računalniško in satelitsko podprtih oborožitvenih sistemov ter tudi razvoj robotizacije, omogočajo razvoj novih oblik t. i. nekontaktnega bojevanja (Bandula 1999, 40). Nova vojaška doktrina vodenja boja pomeni ostro nasprotje klasične vojaške teorije, ki vojno pojmuje kot izjemno nasilno dejanje; predvsem v smislu ogrožanja nevojaških ciljev²⁷. (Bebler 2005, 223-224)

Zgodovinsko gledano, se današnje spremembe vojaških doktrin dogajajo, podobno kot prejšnje, na osnovi logičnih posledic družbenih in tehnoloških sprememb ob začetku 21. stoletja. Glede na stopnjo tehnološkega napredka in intenziteto družbenih sprememb se skladno spreminja tudi vojaška misel, ki se odraža v spremembah vojaških doktrin (Metz 2004, 59). Podobno kot v predhodnih spremembah vojaških doktrin, glavno vodilo, ki ga lahko razumemo kot vzrok današnje spremembe, ni neko tehnološko odkritje ali izum, temveč družbene spremembe.

Spet sem vzel za primerjavo prvo in drugo zalivsko vojno. Za osnovo prve zalivske vojne velja doktrina zračno-kopenske bitke, ki temelji na vojaški moči v smislu integrirane uporabe zračnih in kopenskih sil. V drugi zalivski vojni pa je bil poudarek na izpopolnjevanju doktrine zračno-kopenske bitke v smeri doktrine na učinkih temelječih operacij ter informacijsko usmerjenega vojskovanja, kjer gre za povezovanje učinkov vojaških in nevojaških dejavnikov, s čimer se povečuje končni učinek. Prav zato jo mnogi označujejo kot prvo nacionalno doktrino, ki kombinira vse komponente nacionalne moči, in ne samo vojaško moč,

²⁷ Sodobna vojaška tehnologija omogoča nekajkrat večjo učinkovitost ob zmanjšanem ogrožanju nevojaških oziroma civilnih objektov in civilnega prebivalstva.

s katero se je ukvarjala doktrina zračno-kopenske bitke. Omenjeno vojno so mnogi raziskovalci vzeli kot poskus, ki bo dal empiričen dokaz, ali se lahko (pol)industrijska država z množično armado, oboroženo z oborožitvenimi sistemi, starimi 30 do 40 let, uspešno zoperstavi majhni, profesionalni, najsodobnejše oboroženi armadi informacijske družbe. Informacijsko izpopolnjen napadalec je v prvi etapi vojne uspel doseči popolno prevlado, medtem ko je številčno močnejšemu branilcu v drugi etapi vojne uspelo zaveznikom vsiliti na nek način dolgotrajno izčrpavajočo vojno, ki pa po mojem osebnem prepričanju še zdaleč ni vojna v prvotnem pomenu besede. (Svete in Žabkar 2006, 291-292, 298)

V Sloveniji smo novo vojaško doktrino sprejeli v letu 2006. Predstavlja sprejeta stališča o organiziranju, uporabi in delovanju Slovenske vojske pri vojaški obrambi države in izvajanju drugih nalog, s katerimi se uresničuje obrambna strategija Republike Slovenije. Določa temeljna načela, po katerih Slovenska vojska ali njeni deli usmerjajo svoje delovanje na obrambno-varnostnem področju, da bi podprli interese in cilje. Doktrina podpira prehod Slovenske vojske v transformacijsko obdobje, kar narekuje nove poti razmišljanja in prenovo vojske, da bo pripravljena za spremenjene izzive in grožnje. V dokumentu je zapisano, da vojaška doktrina uveljavlja Strateški koncept zavezništva (Washington 1999) ter načela organiziranja in delovanja vojaških sil, ki izhajajo iz zavezniške doktrine združenih sil (Allied Joint Doctrine – AJP-1), in upošteva dejstvo, da je Republika Slovenija postala članica zveze Nato in Evropske unije, kar pomeni upoštevanje novih rešitev v organiziranosti in delovanju Slovenske vojske (Vojaška doktrina 2006, 7). Upošteva tudi nujne spremembe v Slovenski vojski, ki je bila iz množične naborniške vojske, namenjene obrambi znotraj nacionalnih meja, preoblikovana v manjšo ter bolje opremljeno in izurjeno profesionalno vojsko, dopolnjeno z obvezno in pogodbeno rezervo. Ta sodeluje tudi zunaj nacionalnih meja v kolektivni obrambi. Zelo pomemben je tudi geostrateški položaj Republike Slovenije, ki predstavlja stično točko oziroma prehod med evropskim (zahodnim) svetom ter kriznim balkanskim območjem, kar vpliva na dodatne naloge in obveznosti Slovenske vojske. Predvsem v smislu pomoči tako v samostojnem kot skupnem prizadevanju za stabilizacijo razmer na Balkanu. V dokumentu je tudi zapisano, »... da globalne grožnje varnosti postajajo vse bolj tudi neposredne nacionalne grožnje« in »... ker večina groženj varnosti deluje transnacionalno, obramba pred njimi zahteva visoko stopnjo mednarodnega sodelovanja in usklajenega odzivanja na različne krizne pojave« (Vojaška doktrina 2006, 11). Bistveno je, da vojaška doktrina Republike Slovenije že vsebuje spoznanje, da se lahko kompleksni varnostni problemi rešujejo le z mednarodnim, interagencijskim in medresorskim sodelovanjem, in to

tako znotraj meja nacionalne države kot na svetovni ravni (Grizold 2005, 25). Prav to spoznanje pa je podlaga za uveljavljanje pristopa do doktrine operacij, ki temeljijo na učinkih, in so bile podlaga druge zalivske vojne.

Vojaško doktrino Republike Slovenije (2006) sem podrobneje analiziral in izluščil nekaj bistvenih segmentov, ki kažejo na neposreden vpliv sodobne računalniško-informacijske tehnologije na samo oblikovanje vojaške doktrine. Že v uvodnem poglavju je zapisano, da Republika Slovenija kot razvita informacijska družba postaja vse bolj ranljiva na komunikacijsko-informacijskem področju, medtem ko se je stopnja konvencionalne ogroženosti zmanjšala; predvsem zaradi sistema kolektivne obrambe v zvezi NATO (stran 12-13). Kot enega pomembnih načinov delovanj Slovenske vojske doktrina opredeljuje informacijsko delovanje (stran 52), ki ima vedno večjo vlogo in se izvaja tako v miru kot tudi v vojni. Pravočasne in pravilne informacije pogojujejo pravilne odločitve poveljstva in s tem močno povečujejo uspešnost bojnega delovanja. Da pa informacije lahko pridobimo, potrebujemo primerno zaledje informacijskih in tehničnih sistemov, ki nam to omogočajo. Samostojno poglavje v Vojaški doktrini je namenjeno informacijskemu delovanju, v okviru katerega je razmejeno omrežno bojevanje, s katerim se »... izkorišča moč informacijske tehnologije za doseganje vojaškega cilja«, in sicer s pomočjo učinkovitih računalniško-informacijskih sistemov, ki so primerno geografsko in hierarhično razpršeni po bojišču (stran 68). V poglavju o vojskovanju v prihodnosti piše »Ključni dejavnik, ki vpliva na bodoče vojskovanje, je komunikacijsko-informacijska tehnologija, ki vzpostavlja nov odnos med človekom in tehnologijo. Komunikacijsko-informacijska tehnologija ne bo nadomestila človeka in vloge ostalih tehnologij, pač pa bo postala podlaga bodočega vojskovanja« (stran 89).

Na podlagi analiziranega ugotavljam, da Vojaška doktrina Republike Slovenije zajema kar nekaj bistvenih segmentov, ki dokazujejo (tako neposreden kot posreden) vpliv računalniško-informacijske tehnologije na izoblikovanje Vojaške doktrine. Sam sem sicer pričakoval večji poudarek na računalniško-informacijski tehnologiji, vendar moram upoštevati nekaj dejstev:

- slovenska družba oziroma Slovenska vojska ni tehnološki vodja (Technological Leader), ampak tehnološki prevzemnik (Technological Follower);
- Slovenska vojska je relativno majhna organizacija z manjšimi finančnimi vložki (v primerjavi s svetovnimi velesilami), zato temelji na konvencionalnih sistemih in po zmožnostih uvaja tehnološko superiorne elemente;

- Vojaška doktrina RS je politično strateški dokument, zato ne zajema konkretnih tehničnih opredelitev glede posameznih vojaških sistemov;
- dandanes skoraj ni vojaškega oborožitvenega sistema oziroma vojaške akcije, katere del so sistemi, ki pri svojem delovanju uporabljajo računalnik. Torej razvoj računalnikov pogojuje razvoj novih oborožitvenih sistemov, kar bistveno vpliva na spremembe vojaških doktrin. To pa dokazuje posreden oziroma skrit vpliv na oblikovanje Vojaške doktrine RS.

V primerjavi s slovensko vojaško doktrino je zaslediti v ameriški vojaški doktrini veliko večji poudarek na vpletenosti sodobnih računalniško-informacijskih sistemov. Kot sem zapisal, se je ameriška vojaška doktrina močno spremenila v času od prve zalivske vojne. Od doktrine zračno-kopenske bitke v prvi zalivski vojni do doktrine operacij, ki temeljijo na učinkih (OTU) v posredovanju v Afganistanu ter v začetni fazi druge zalivske vojne. V drugi zalivski vojni so doktrino operacij, ki temeljijo na učinkih, nadgradili in spremenili v doktrino na omrežjih temelječega vojskovanja (OTV).

9 NOVI IZZIVI PEHOTNEGA VOJAKA PRIHODNOSTI

Skozi celotno zgodovino sta poznana dva koncepta uporabe človeka v bojnem delovanju (Pajk 1994, 53):

- Masovna uporaba, katere namen je bil doseči premoč v boju z uporabo večjega števila ljudi, kot jih je imel nasprotnik, je svoj vrhunec doživela v 1. svetovni vojni. Vendar se je v mnogih primerih izkazalo, da številčna premoč še ne pomeni zmage in da je mogoče s precej manjšim številom sposobnih ljudi, ob primerni taktični uporabi, premagati številčno močnejšega nasprotnika.
- Zaščitena uporaba, ki jo pravzaprav poznamo še danes. Od prvih ščitov in jeklenih srednjeveških oklepov pa vse do sodobnih zaščitnih sistemov v samem konceptu ni razlike. Tako eni kot drugi so namenjeni zaščitni človeka kot najpomembnejši element v sistemu bojevanja.

Pri uporabi človeka oziroma vojaka na bojiščih prihodnosti je pomembno upoštevati, da bo imela prav pehota levji delež v spopadih in vojnah prihodnosti. Vedno bodo namreč potrebne enote, ki bodo tudi fizično, na ozemlju, zasedle območje in se z nasprotnikom zapletle v

bližinski spopad. Vendar deluje današnji pešak v povsem drugačnem taktičnem okviru, kot je nekdaj. Nekdanja stroga frontna črta je skoraj izginila, praktično jo je težko določiti za težko podporo z letalstvom, artilerijo in oklepniki. V ospredju je t. i. selektivni in natančni ogenj, za katerega so značilni »kirurško natančni rezi« (Knific 2003, 43). Bistvenega pomena na bojišču prihodnosti bodo še vedno informacije, katerih število se neznansko povečuje. Na podlagi teh informacij se bo oblikovala taktika, ki se ji bodo prilagajale sile za spopad, da bi se zavarovale pred pretiranim nasiljem.

Zahteve in spremembe, ki se tičejo celotne mednarodne skupnosti, zahtevajo določene ukrepe ter prilaganja oblikovanju programov vojaka prihodnosti. V novih razmerah, ki med drugim silijo h globalizaciji, so se korenito spremenili tudi novi viri ogrožanja; posledično, kot sem že omenil, vse skupaj vpliva tudi na spremembo vojaške doktrine. Nasprotnik ni več znan, lahko bi ga označili kot zamegljenega. Z dobro izdelanim elementom informacijskega vojskovanja ter uporabo informacijskih in drugih tehnološko izpopolnjenih orožij lahko povzroči veliko večjo škodo kot ob uporabi klasične množične armade. Na tej osnovi izginja klasično bojno polje z linearnim zaporedjem operacij. To so nekako glavni parametri, ki narekujejo nove naloge oboroženim silam in prilaganju le-teh sodobnim in prihodnjim virom ogrožanja.

Danes so vse pomembnejša sestavina vojaških doktrin tudi priprave oboroženih sil za izvajanje mirovnih operacij, operacij za podporo, vsiljevanje in vzdrževanje miru, humanitarnih operacij in drugih operacij, drugačnih od vojne²⁸ (Operations Others Than War - OOTW) (Žabkar 2003, 217). Žabkar (2004, 335-336) tudi ocenjuje, da so se vojne omejile predvsem na regionalne in lokalne razsežnosti, medtem ko se zdi spopad globalnih razsežnosti, kakršna sta bila prva in druga svetovna vojna, za zdaj bolj malo verjeten. Med drugim opozarja tudi na nepretrgano stopnjevanje terorizma, pri čemer tarča niso več samo ključne osebnosti javnega političnega življenja, ampak so to postali širši sloji prebivalstva in celotna državna infrastruktura. Vojne in mnoge operacije, ki nimajo značilnosti vojn (OOTW), se odvijajo v zapletenem prilagodljivem sistemu, za katerega je značilno, da se same aktivnosti največkrat odvijajo zelo nepredvidljivo (Pešec 2007, 112). Razvoj dogodkov v takšnih sistemih je pogosto nedoumljiv. Takšni dogodki so pogosto posledica ne samo naše dejavnosti, ampak tudi številnih drugih dejavnikov, ki se ne dogajajo po pričakovanem zaporedju; včasih imajo dogodki na mikroravni velike posledice na makroravni in obratno.

²⁸ S pojavom novih virov ogrožanja so se pred vojaško organizacijo pojavile tudi nove naloge in oblike delovanja, ki vse manj zajemajo klasično vojaško delovanje.

Pehotni vojak prihodnosti²⁹ (prav tako današnji) bo nenadomestljiv pri preiskovanju strnjenih naselij, pri zbiranju informacij, izvajanju posebnih nalog ali v delovanju na območjih, kjer je uporaba tankov ali helikopterjev praktično nemogoča. Za uspešno delovanje na bojišču pa vojaku nikakor ne bosta dovolj dobro znani (in še vedno najvišje vrednoteni) vrlini: pogum in visoka morala. Potreboval bo namreč še vse kaj drugega in z drugačnimi zmogljivostmi. Za bojno polje prihodnosti se pričakuje, da bo široko in odprto ter, kot sem že omenil, na njem ne bo velikega števila vojakov – pešakov, kot nekoč v množičnih armadah (Libicki 2007, 73). Po takšnem bojnem polju se bodo gibali posamezniki, ki bodo morali medsebojno komunicirati, prav tako pa bodo potrebovali podporo na veliko večjo oddaljenost. Boj bo namreč še vedno, kot prej, zahteval osredotočenje bojne moči, da bi lahko premagali nasprotnika s kar najmanj žrtvami. Tako različne situacije bodo zahtevale tako od vojaka posameznika kot tudi od njegove enote povečane zmogljivosti, predvsem za to, da se bodo lahko takoj prilagodili razmeram. Posamezne akcije bodo lahko tako kompleksne, da bodo zahtevale uporabo različnih sistemov orožja, s katerimi se bo delovalo združeno ali posamič, odvisno od okoliščin (Žabkar 2007, 119). Vojaki se bodo pogosto znašli v zanje ne najbolj poznanem in prijaznem okolju.

Upoštevajoč, da bo pehotni vojak prihodnosti imel na razpolago popolno sliko širšega območja, na katerem deluje, in bo tako neposredno komuniciral in združeno taktično deloval s pripadniki drugih rodov, kakor tudi s pripadniki zračnih in pomorskih sil, pa se ob vsem tem postavlja ključno vprašanje. Ali bo takšen vojak, ki bo z izjemno sposobnostjo uporabljal celotno bojno opremo, sposoben pokazati primerno iznajdljivost in hrabrost v neposrednem oboroženem boju z nasprotnikom?

²⁹ Ta besedna zveza se nanaša na obdobje nekje po letih 2015-2020.

10 ZAKLJUČEK

10.1 Sklep

Če se ozremo nazaj v zgodovino razvoja računalnikov, ugotovimo, da se vsaka naslednja generacija v primerjavi s prejšnjo razvija v smeri vse manjših, hitrejših in zmogljivejših računalnikov z vse večjo kapaciteto spomina. Desetletje za desetletjem je hitrost računalniškega procesiranja kontinuirano rasla, medtem ko so stroški padali. Tako še danes velja Moorov zakon, ki pravi, da se približno vsakih 18 do 24 mesecev zmogljivost računalnikov podvoji, medtem ko se cena prepolovi. Mnogi raziskovalci na področju računalništva in informatike skrajšujejo ta čas na 12 mesecev. Vendar se sprašujem, če obstajajo kje meje, preko katerih Moorov zakon ne more več veljati. Različna so tudi predvidevanja glede cene, kajti ob gradnji na atomskem nivoju bo vložena manj fizičnega dela, tako da bo (verjetno) padla tudi cena. Že v šestdesetih letih je Edward Freddkin dejal, da pričakuje dan, ko bodo vsi koncepti, ki so za zdaj na papirju, dejansko del računalnika, ki ga bo mogoče kupiti za manj kot 1.000 \$ (Možnik 1994, 71). Njegova predvidevanja so se v tem času uresničila. Na osnovi tega želim tudi poudariti, da ovire, ki jih poznamo danes v velikosti in hitrosti, niso nujno del prihodnosti. Prav verjetno je, da bo mogoče z različnimi modifikacijami te ovire preskočiti.

Z analizo trenutnega stanja ugotavljam, da je uporaba sodobnih računalnikov v vodenju bojnega delovanja vojaka vedno bolj prisotna, kar še posebej velja za sisteme komunikacijske in zaščitne opreme. Jasno je, da bo uporaba računalnikov v prihodnosti vedno pomembnejša. Je pa res, da trenutno ne morem podati niti pritrdilen niti zanikajoč odgovor na vprašanje, ali se bodo vojne prihodnosti vodile izključno z računalniki.

Nanotehnologija odpira povsem nove razsežnosti v uporabi klasičnih, do zdaj dobro poznanih materialov. Ob dodajanju nanotehnoloških zmesi in obdelovanju obstoječih materialov s pomočjo nanotehnologije dobijo ti materiali povsem nove lastnosti ter tako postanejo uporabni za proizvodnjo in uporabo na področjih, kjer jih do zdaj ni bilo mogoče uporabljati. Ogromen napredek se pričakuje tako na vojaških kot tudi na drugih tehničnih področjih. Posebej nanotehnologija pomeni ogromen napredek v medicini; predvsem v novih načinih zdravljenja in zdravljenja nekaterih do zdaj neozdravljivih bolezni.

Razvoj znanosti, tako informacijskih kot tudi tehničnih, je v zadnjih desetih letih dosegel takšen napredek v razvoju, kot se ob koncu 2. svetovne vojne nikakor ni mogel predvideti. Skladno s tem se je vojaška tehnika, vključno z oborožitvenimi sistemi, toliko izpopolnila, da so se predhodni pogledi na samo vodenje vojne morali spremeniti. Vendar se je treba zavedati, da tudi največji zagovorniki povsem avtomatizirane »vojne na gumb« priznavajo, da bo končno in ključno vlogo v vsaki vojni imel vojak - pešak -, opremljen in oborožen skladno z zahtevami časa in prostora. Poleg vsega je najpomembnejša motivacija vojaka, kajti brez nje vse prej navedeno izgubi smisel.

Ključna pri tem razvoju je metodologija za analizo bojnih sistemov in opreme bojevnika prihodnosti, ki mora odkriti tako pomanjkljivosti v sistemu bojevnika prihodnosti kot tudi same vplive človeškega dejavnika. Nikakor ne gre pozabiti, da so rešitve, ki so bile do nekaj let nazaj videti kot nepredstavljeni fenomen, danes povsem normalne. Realno je pričakovati, da bodo nadaljnji programi razvoja opreme bojevnika prihodnosti največ pozornosti posvečali prav njegovi zaščiti. Ne moremo pa pričakovati, da bo vojak prihodnosti, ob izpopolnjeni opremi, postal neranljiv in neuničljiv. Naj omenim, da sem ob pisanju tega diplomskega dela večkrat bral tudi o razvoju neubojujnih orožij. Mislim, da bo tem projektom ogromno poudarka namenjenega prav v okviru načrtovanja prihajajočih programov oblikovanja podobe vojaka prihodnosti. Načela humanosti namreč zahtevajo vojaško aktivnost v smeri onesposobitve nasprotnika, s čimer mu onemogočimo nadaljnje delovanje in ne totalno uničenje ter pobitje nasprotnikove žive sile.

Digitalizacija, ki je tako uspešno pospešila globalizacijo sveta, je zajela tudi vojske in s tem temeljito spremenila način uporabe oboroženih sil ter vlogo vojaka – pešaka – v le-teh. Govorimo o revoluciji v vojaških zadevah, ki se zrcali v centraliziranem, predvsem nelinearnem omrežnem vojskovanju, in na drugi strani o ne novem fenomenu asimetričnega bojevanja in asimetričnih grožnjah (Kočevar 2006, 25). Hiter tehnološki napredek je torej, kot vedno do zdaj, praktično vplival na razvoj novih orožij in vojaške opreme, hkrati pa se je posledično spremenila uporaba oboroženih sil, ki vse več delujejo nelinearno. Posledica neizenačenih zmogljivosti strani v konfliktih pa so asimetrične oblike delovanja, s katerimi inferiorna stran nadomešča svoje pomanjkljivosti z načini uporabe.

10.2 Preverjanje hipotez

V prvi zastavljeni hipotezi sem uporabil tezo, da *razvoj računalnikov v zadnjih letih in nanotehnologija predstavljata revolucijo v oblikovanju novih računalniških sistemov in ustvarjanju novih tehnološko dovršenih kompozitov*. Hipotezo lahko na podlagi predstavljenega razvoja računalnikov in nanotehnologije v celoti potrdim. Če primerjamo računalnike v petdesetih letih z današnjimi, ugotovimo, da je razvoj neverjeten (sam ne poznam podobne veje znanosti, ki bi naredila takšen kvantni preskok; tako kvalitativni kot kvantitativni). Še večja luknja pa se obeta med današnjimi računalniki in nanoračunalniki prihodnosti. Kar se je pred desetletji zdelo nemogoče, je danes realnost. Kar se nam danes zdi nemogoče, bo mogoče s pomočjo nanoračunalnikov postalo realnost. V diplomskem delu sem predstavil ogromno konceptov, za katere se pričakuje, da bodo del prihodnosti. In ne samo ti, še marsikateri drugi, ki jih danes niti ne poznamo. To so teme, o katerih lahko razmišljamo in razmišljamo, a vendar nam ne bo uspelo dognati, kakšni sistemi se obetajo in kako bodo spremenili naše življenje. Enostavno moramo stvari sprejemati takšne, kot so, in slediti tehnološkemu razvoju. Namreč, nanotehnologija in uporaba nanotehnoloških materialov (predvsem ogljikovih nanocevk) omogočata uporabo klasičnih materialov tudi na tistih področjih, na katerih jih je bilo prej, zaradi njihovih lastnosti, nemogoče uporabljati. Predvidevam, da bo, približno v naslednjih 25 letih, tehnologija na področju razvoja in proizvodnje mikroprocesorjev toliko napredovala, da bo en sam računalnik zmožel vse, kar lahko danes vsi obstoječi računalniki skupaj. Takšen tehnološki razvoj bo zagotovo prispeval k spremembi obstoječih oziroma razvoju povsem novih vojaških sistemov in s tem posledično oblikovanju nove taktike in strategije vojskovanja.

Obravnava prve hipoteze je že nekako uvod v drugo, v kateri sem trdil, da *bo oprema bojevnika prihodnosti omogočala povečano stopnjo varnosti in operativnosti pehotnega vojaka ter njegovo popolno integracijo v sistem digitaliziranega bojišča*. Tudi to hipotezo lahko v celoti sprejemem, saj je na osnovi analize tematike diplomskega dela videti, da programi razvoja opreme bojevnika prihodnosti pomenijo nekajkratno povečanje operativnosti pehotnega vojaka na bojišču. Veliko teh programov se že uvaja v uporabo v posameznih oboroženih silah in v veliki večini so odzivi vojakov in analize uporabnosti nadpovprečno pozitivni. Za povsem razvite in operativne programe oblikovanja opreme za pehotnega vojaka prihodnosti pa se predvideva, da bodo omogočali nekajkratno večjo učinkovitost in sposobnost preživetja vojaka na bojišču. Obleke prihodnosti bodo pravzaprav

pravi rudnik naprednih tehnologij, ki bodo vojaku pešaku olajševale in nenazadnje tudi reševale življenje.

V tretji hipotezi sem trdil, da *razvoj računalniško-informacijske tehnologije bistveno vpliva na strategijo vodenja operacij in spremembo vojaške doktrine*. Sicer potrjujem tudi to hipotezo, a vendarle ne s takšno gotovostjo kot prvi dve. Vpliv je neizpodbiten, zavedati pa se moramo, da to ni edini dejavnik. V sami analizi sem ugotovil, da so se vse spremembe v zgodovini dogajale na podlagi sprememb družbenih dejavnikov. Torej so spremembe v strategiji vodenja operacij in vojaške doktrine dejansko posledica sinergije družbenih sprememb in razvoja računalniško-informacijske tehnologije. Nenazadnje tudi ta razvoj izhaja iz družbenih sprememb, v smislu informatizacije družbe. Med drugim lahko upoštevamo tudi vpliv dejavnikov, kot so tehnološki napredek, razvoj novih industrijskih panog, izpopolnitev orožja itd. Toda osnovna podlaga vseh teh dejavnikov je računalniško-informacijska tehnologija, zato jih sam upoštevam kot podsisteme znotraj te skupine. Ob uporabi sodobne računalniško-informacijske tehnologije na celotnem področju oboroženih sil ne moremo več pričakovati velikih množičnih bitk in vojn, v katerih je sodelovalo na desetisoče vojakov. Tehnološko izpopolnjeni sistemi omogočajo neverjetno natančnost in veliko večjo rušilno oziroma vojaško moč, kot jo je katera koli vojska v zgodovini. Bojišče postaja vse bolj digitalizirano in s tem tudi vsako dejanje na bojišču vedno bolj premišljeno in načrtovano v okviru delovanja vseh vojaških enot. Vse to se odraža v spremembi vojaške misli in oblikovanju nove vojaške doktrine v vodenju oboroženih bojev, ki sledi obstoječim družbeno-tehnološkim ustrojem. Posebej velja poudariti, da je vojaška doktrina najbolj izpostavljena spremembam v zadnjem desetletju, ko se je narava spopadov omejila predvsem na regionalne in asimetrične spopade, ki so povsem drugačne grožnje kot klasična vojna³⁰.

Svete in Žabkar (2006, 289) pišeta, da je na eni strani uporaba informacijsko-komunikacijske tehnologije postala izredno pomemben multiplikator vojaške moči. Po drugi strani pa se, na podlagi dogodkov 2001 v Afganistanu in 2003 v Iraku, zdi, da tehnološko inferiorni akterji niso poraženi. Gledano z vojaškega vidika začetnega napada so, vendar zaradi razpršenosti branilca ni bila razbita njihova celotna vojaška struktura, zato se še vedno pojavljajo skupine, ki delujejo po zaveznikih, zato se nemiri na teh območjih še vedno vrstijo.

³⁰ Vojne oziroma spopadi so se omejili tako prostorsko in časovno kot tudi v uporabi različnih (asimetričnih) orožij posameznih strani v konfliktu. Tako se je spremenila narava groženj kot tudi sistem za obvladovanje obstoječih in potencialnih ogrožanj. Ena največjih groženj je nedvomno terorizem.

Sam sem še vedno prepričan, da bodo računalniki prevzeli veliko človekovega dela, toda njegga samega ne bodo nikdar zamenjali, ker je edinstven. Poleg tega tudi ne verjamem, da računalniki lahko kdaj koli delujejo kot živo bitje. Računalnik ne bo nikdar dosegel motoričnih sposobnosti, na primer, veverice na drevesu, in tudi dvomim, da bo kdaj sposoben učenja tujih jezikov, kot so ga sposobni redki posebneži. Obstaja pa nevarnost, da bi človek izgubil nadzor nad razvojem računalnikov in da bi se ti sami razvili do takšne mere, da bi v skrajnem primeru zaslužnili človeka. Nekateri avtorji puščajo to možnost odprto, drugi jo zanikajo. Sam, glede na vsa dejstva, ki sem jih predstavil, težko verjamem v uspešnost te možnosti. Oponašanje bioloških sistemov in orožij, ki so nastali v evolucijskem razvoju živega sveta, bo prav tako glavna nit v oblikovanju novih, vrhunskih obrambnih tehnologij, ki bodo v popolnosti spremenile način bojevanja in nenazadnje tudi vsakodnevnega življenja. Pri vsem tem se mi zdi človek še vedno superioren, ker ima največjo prednost – možgane, s katerimi je v naravi našel navdih za svoje izume.

Ko govorimo o spremembah vodenja operacij in spremembah vojaških doktrin, želim poudariti podatke, pridobljene na praktičnem primeru. Primerjal sem podatke o strateškem razmerju sil v prvi in drugi zalivski vojni. Analiza kaže, da se je ta faktor v drugi zalivski povečal za 4-krat v korist branilca v primerjavi s prvo zalivsko vojno. Vsi ti empirični podatki kažejo, da je nova tehnologija zrušila veljavnost nekdanje empirične formule, po kateri je bilo treba za uspešen potek napada zagotoviti premoč napadalca v živi sili vsaj 2,5 do 3 proti 1. V drugi zalivski vojni se je to razmerje obrnilo v korist branilca. Na tej osnovi sklepam, da v prihodnjih letih ne gre pričakovati stagnacije doktrin, temveč nadaljnji razvoj, ki se bo vsekakor odražal tudi v vlogi pehotnega vojaka na bojišču.

11 LITERATURA

1. Adams, Thomas A.. 2007. *Physical Properties of Carbon Nanotubes*. Dostopno prek: <http://www.pa.msu.edu/cmp/csc/ntproperties/> (4. december 2008).
2. Ajith, Abraham. 2008. Decision support systems using hybrid neurocomputing. *Science Direct* (oktober). Dostopno prek: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V10-4CMHWXW-2&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=9296ab80d01d8f09c7eeaf444d899f0b (23. februar 2008).
3. Alivisatos, Paul in Mounji Bawendi. 2007. *Qdot Nanocrystal Technology Overview*. Dostopno prek: <http://www.invitrogen.com/site/us/en/home/brands/Molecular-Probes/Key-Molecular-Probes-Products/Qdot/Technology-Overview.html> (7. december 2007).
4. Amato, Ivan. 2001. *The Soot That Could Change the World*. Dostopno prek: <http://www.nano-lab.com/fortune.html> (4. december 2007).
5. Ament, Phil. 2005. *Microprocessor History*. Dostopno prek: <http://www.ideafinder.com/history/inventions/microprocessor.htm> (22. februar 2008).
6. Anderson, Guy. 2007. Technology alone will not win future wars. *Jane's Defense Industry* (oktober): 17-18.
7. Baddeley, Adam. 2007. Net – centric transmission: riding the waves of radio modernisation. *Jane's International Defense Review* (september): 39-48.
8. --- 2008. GD produces Land Warrior open architecture design. *Jane's International Defense Review* (januar): 34-35.
9. Bandula, Darko. 1998. Vojni aspekti suvremenih informatičkih i telekomunikacijskih tehnologija. *Hrvatski vojnik* (43): 26-33.
10. --- 1999. Suvremene tehnologije i nove vojne teorije. *Hrvatski vojnik* (47): 39-41.
11. Baughman, Robert H.. 2006. *Buckytubes – Properties*. Dostopno prek: <http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=1294> (4. december 2007).
12. Bebler, Anton, ur.. 2005. *Sodobno vojaštvo in družba*. Ljubljana: FDV – Knjižna zbirka Varnostne študije.
13. Beckett, Paul in Andrew Jennings. 2006. *Towards Nanocomputer Architecture*. Dostopno prek: <http://crpit.com/confpapers/CRPITV6Beckett.pdf> (5. december 2007).

14. Bishop, Forrest. 2006. *The Overtoll: A Proposed Universal Assembler*. Dostopno prek: <http://www.iase.cc/overtoll.htm> (4. december 2008).
15. Boden, A. Margaret. 2005. *The creative mind myths and mechanisms*. London: Routledge.
16. Bourne, Orson. 2007. *Building the Perfect Hockey Stick or Aircraft – Carbon Nanotubes*. Dostopno prek: http://www.nrc-cnrc.gc.ca/highlights/2005/0507carbon_nanotubes_e.html (27. januar 2008).
17. Bratko, Ivan. 1982. *Metode umetne inteligence*. I. in II. del. Ljubljana: RSS.
18. Brglez, Anika. 2003. *Opredelitev informatike*. Dostopno prek: www.doba.si/informatika.doc (12. avgust 2008).
19. Brown, Gavin. 2007. *Ensemble Learning*. Dostopno prek: <http://www.cs.bham.ac.uk/~nah/bibtex/papers/brownyao02exploiting.pdf> (23. februar 2008).
20. Brule, James F.. 1986. *Artificial intelligence: Theory, logic and application; First edition*. Franklin County: Tab Books.
21. Carreira, Paulo J. F., Miguel A. Rosa, J. Pedro Neto in J. Felix Costa. 1998. *Bulding a Neural Computer*. Dostopno prek: <http://old.di.fc.ul.pt/sobre/documentos/tech-reports/98-8.pdf> (23. februar 2008).
22. Chang, Kenneth. 2008. *Fingerprint Test Teels Much More Than Identity*. Dostopno prek: <http://www.iht.com/articles/2008/08/07/healthscience/08finger.php> (17. november 2008).
23. Dernovšek, Zoran. 1999. Informacijska prevlada na bojišču prihodnosti. *Revija Obramba* (8): 58-60.
24. *Digital Battlefield*. 2008. Dostopno prek: http://www.sew-lexicon.com/gloss_d.htm (17. januar 2008).
25. Dolman, Everett C.. 2005. *Pure strategy: power and principle in the space and information age*. New York: Krank Cass. Dostopno prek: <http://www.loc.gov/catdir/toc/ecip0421/2004017855.html> (13. oktober 2008).
26. Ebbutt, Giles. 2006. Flaws in the system: modern operations test the theory of network centricity. *Jane's International Defense Review* (julij): 9-15.
27. --- 2007. GDLS continues Land Warrior development. *Jane's International Defense Review* (november): 27-28.
28. Engelmores, Robert S. in Edward Feigenbaum. 2006. *Expert Systems and Artificial Intelligence*. Dostopno prek: http://www.wtec.org/loyola/kb/c1_s1.htm (28. oktober 2007).

29. *Fifth Generation of Computer*. 2008. Dostopno prek: <http://library.thinkquest.org/C0125787/fifthgen.htm> (22. februar 2008).
30. Finkelstein, Gleb. 2008. *Nano This and Nano That*. Dostopno prek: <http://www.nanotech-now.com/nano-this-nano-that.htm> (6. december 2008).
31. Foss, Christopher. 2006. Warrior firepower upgrade moves ahead. *Jane's Defense Weekly* (maj): 15-16.
32. Freitas, A. Robert Jr.. 2007. *Respirocytes: A Mechanical Artificial Red Cell*. Dostopno prek: <http://www.foresight.org/nanomedicine/Respirocytes.html> (4. december 2007).
33. *Future in Nanomedicine*. 2007. Dostopno prek: <http://www.neobee.net/~ilicv/NanoTech.htm#NANOMEDICINA> (4. december 2007).
34. Gerasimova, Ana V.. 2008. *Transputer Network – Based Neural Computer for Pattern Recognition*. Dostopno prek: <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=/iel2/680/6697/00268573.pdf?arnumber=268573> (23. februar 2008).
35. Gibbs, W. Wayt. 2004. Computing at the Speed of Light. *Scientific American* (november): 58-65.
36. Gourley, R. Scott. 2001. US army's Land Warrior system forges ahead. *Jane's Defense Weekly* (maj): 19-22.
37. --- 2008. Training and technology help US forces break down the barriers of urban warfare. *Jane's International Defense Review* (marec): 27-34.
38. Grevatt, Jon. 2007. Australia turns to industry for network-centric 2020. *Jane's Defence Industry* (maj): 17-19.
39. Grizold, Anton. 2005. *Slovenija v spremenjenem varnostnem okolju; k razvoju obrambno – zaščitnega sistema; izzivi in spodbude*. Ljubljana: FDV - Knjižna zbirka Varnostne študije.
40. Hafner, Janez. 2003. Vojak kot sistem. *Revija Obramba* (9): 28-43.
41. Haggie, Peter. 2005. Qdots *Streptavidin Conjugates From Quantum Dot Corporation*. Dostopno prek: <http://www.biocompare.com/Articles/ProductReview/294/ProfessionalReview.html> (4. december 2007).
42. Harrington, Caitlin. 2007. Doubt over cyber warfare command. *Jane's Defense Weekly* (januar): 15.
43. Harnes, Roderick. 2008. *The Computer Chronicles*. Dostopno prek: <http://www.crews.org/curriculum/ex/compsci/articles/generations.htm> (22. februar 2008).

44. Hilton, Doug. 2005. *Buckyballs – A New Sphere of Science*. Dostopno prek: <http://www.science.org.au/nova/024/024key.htm> (4. december 2007).
45. Hodge, Nathan. 2007. US Army orders sniper detection for Land Warrior. *Jane's Defense Weekly* (oktober): 8.
46. --- 2008. Avenues of approach: the US future combat systems. *Jane's Defense Weekly* (februar): 21-26.
47. *Institute for Soldier Nanotechnologies*. Dostopno prek: http://www2.dupont.com/Government/en_US/knowledge_center/future_technologies/Nanotech.html (22. oktober 2007).
48. Jain, K. Anil in Arun Ross. 2004. *An Overview of Biometrics*. Dostopno prek: <http://biometrics.cse.msu.edu/info.html> (28. oktober 2007).
49. Kaehler, Steven D.. 2004. *Fuzzy Logic Tutorial*. Dostopno prek: http://www.seattlerobotics.org/encoder/mar98/fuz/fl_part1.html#INTRODUCTION (28. oktober 2007).
50. Kalaugher, Liz. 2005. *Carbon Nanotubes Fill up With Magnetic Nanoparticles*. Dostopno prek: <http://nanotechweb.org/cws/article/tech/21883> (14. april 2008).
51. Kantrowitz, Mark. 2001. *Fuzzy Logic*. Dostopno prek: <http://www.aaai.org/AITopics/html/fuzzy.html> (28. oktober 2007).
52. Kemp, Damian. 2004. Network centric simulation – making the net work. *Jane's Defense Weekly* (september): 27-31.
53. Knific, Boris. 2000. Bojevniki jutrišnjega dne. *Revija Obramba* (11): 34-38.
54. --- 2003. Pešak 21. stoletja. *Revija Obramba* (4): 43-45.
55. Knight, Will. 2006. Enzyme Computer Could Live Inside You. *New Scientist* (marec). Dostopno prek: http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn8767&feedId=online-news_rss20 (23. april 2008).
56. Koch, Andrew. 2000. 2020 vision. *Jane's Defense Weekly* (oktober): 22-23.
57. Kočevar, Iztok. 2004. Digitalizirano bojišče. *Bilten slovenske vojske* (december): 83-104.
58. --- 2006. Digitalizacija vojske in digitalizirano bojišče: izziv informacijske dobe. *Revija Obramba* (9): 22-25.
59. Lah, Sergej. 2007. *Računalništvo in informatika: višješolski učbenik*. Maribor: Doba Epis.

60. Leutwyler, Kristin. 2000. Monkey See, Robot Do. *Scientific American* (november). Dostopno prek: <http://www.sciam.com/article.cfm?id=monkey-see-robot-do> (25. februar 2005).
61. Libicki, Martin C.. 2007. *Conquest in cyberspace: national security and information warfare*. New York: Cambridge university press. Dostopno prek: <http://www.loc.gov/catdir/toc/ecip071/2006030973.html> (28. september 2008).
62. Luger, F. George. 2006. *Neural Networks & Connectionist Systems*. Dostopno prek: <http://www.aaai.org/AITopics/html/neural.html> (22. februar 2008).
63. Merkle, Ralph. 2007. *Nanotechnology*. Dostopno prek: <http://www.zyvex.com/nano/> (4. december 2007).
64. Metz, Steven. 2004. *Armed conflict in the 21st century*. Honolulu: University press of the Pacific. Dostopno prek: <http://carlisle-www.army.mil/usassi/ssipubs/pubs2000/conflict/conflict.pdf> (13. oktober 2008).
65. Miles, Donna. 2003. Tomorrow`s Unifoms Offer New Capabilities, Less Weight. *American Forces Press Service*. Dostopno prek: <http://www.defenselink.mil/news/newsarticle.aspx?id=27692> (14. april 2008).
66. Mohorič, Boštjan. 2006. *Zgradba računalnika*. Dostopno prek: http://www2.arnes.si/~bmohor3/Urejanje_Besedila/zgradba_raunalnika2.html (13. oktober 2007).
67. Možnik, Darko. 1994. Računala kroz generacije. *Hrvatski vojnik* (63): 66.
68. Nahtigal, Franci. 2006. *Spoznajmo osebni računalnik: z osnovnimi temami iz računalništva in informatike*. Ljubljana: Založba Nahtigal.
69. Nato`s view: the future of urban warfare. 2008. *Military technology* (3): 36-44.
70. Navodnik, Janez. 2007. *Slovenija je ustvarjena za nanotehnogije: izdelki in tehnologije prihodnosti*. Ljubljana: Državna založba Slovenije.
71. *Neural Computing Programme*. 2008. Dostopno prek: <http://www.berr.gov.uk/dius/innovation/innovation-statistics/evaluation-reports/page10763.html> (23. februar 2008).
72. Norton, Riley H.. 1987. *The von Neumann Architecture of Computer Systems*. Dostopno prek: <http://www.csupomona.edu/~hnriley/www/VonN.html> (22. februar 2008).
73. Oliver, David. 2007. Simulators prepare forces for effective deployment with the latest equipment. *Jane`s International Defense Review* (maj): 23-31.
74. Pajk, Josip. 1994. Tehnološka ljska vojnika budućnosti. *Hrvatski vojnik* (77): 53-54.
75. Parker, Ann. 2000. Mighty small dots. *Science & Technology Review*, julij/avgust. Dostopno prek: <http://www.llnl.gov/str/Lee.html> (7. december 2007).

76. Pengelley, Rupert in Joris Janssen Lok. 2006. NATO pursues modern art of soldiering. *Jane's International Defense Review* (junij): 8-14.
77. Pengelley, Rupert. 2008. Home truths from Operation Herrick – experience highlights importance of human factors for future soldier equipment. *Jane's International Defense Review* (junij): 43-46.
78. Pešec, Mojca. 2007. *Koncept na učinku temelječih operacij (primer ZDA in zveze NATO)*. Ljubljana: FDV. Dostopno prek: http://dk.fdv.uni-lj.si/magistrska/pdfs/mag_Pesec-Mojca.PDF (7. september 2008).
79. Petrović, Marijo. 2003. Izvori energije za vojnika budućnosti. *Hrvatski vojnik* (100): 44-49.
80. --- 2005. Odora budućnosti. *Hrvatski vojnik* (23): 11-14.
81. --- 2007. Energija za vojnika budućnosti. *Hrvatski vojnik* (137): 13-19.
82. Preston, Moretz M.. 2005. *The Presence of Oxygen on Carbon Nanotubes Enhances Interaction with Ammonia*. Dostopno prek: http://www.eurekalert.org/pub_releases/2005-07/tu-tpo071105.php (4. december 2007).
83. *Qdots in Cell*. 2007. Dostopno prek: <http://www.pubs.royalsoc.ac.uk/images/quantumdots.jpg> (4. december 2007).
84. Ribarič, Vladimir. 1992. Vojak prihodnosti. *Revija Obramba* (4): 66-72.
85. Rosina, Dunja. 2006. *Zgodovina računalništva*. Dostopno prek: <http://slo-tech.com/clanki/06004/> (12. februar 2009).
86. *Science Daily*. 2006. Scientist Use Carbon Nanotube Networks To Detect Defects In Composites, (6. oktober). Dostopno prek: <http://www.sciencedaily.com/releases/2006/10/061006080513.htm> (4. december 2007).
87. *Second Generation of Computers*. 2008. Dostopno prek: <http://library.thinkquest.org/C0125787/secgen.htm> (22. februar 2008).
88. Selfridge, Oliver G.. 2007. *Machine learning*. Dostopno prek: <http://www.aaai.org/AITopics/pmwiki/pmwiki.php/AITopics/MachineLearning> (21. november 2007).
89. Stergiou, Christos in Dimitrios Siganos. 2003. *Neural Networks*. Dostopno prek: http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html (28. oktober 2007).
90. Sung, Daniel. 2008. *Power Dressing: Nanowire Clothing to Make Electric Energy From Our Environment*. Dostopno prek: http://www.techdigest.tv/2008/04/power_dressing.html (5. maj 2008).

91. Svete, Uroš in Anton Žabkar. 2006. Irak – poligon za preizkušanje novih vojaških doktrin. *Teorija in praksa* 43 (1-2): 285-301.
92. Toffler, Alvin in Heidi Toffler. 1995. *War and anti-war*. New York: Warner Books.
93. Unidym`s Carbon Nanotubes Takes Flight In Aircraft. Dostopno prek: <http://www.nsti.org/news/breaking.html?id=263> (27. maj 2008).
94. Univac Computer. 2008. Dostopno prek: <http://cedmagic.com/history/univac-cronkite.html> (22. februar 2008).
95. *Vojaška doktrina*. 2006. Ljubljana: Ministrstvo za obrambo; Poveljstvo za doktrino, izobraževanje in usposabljanje.
96. *Vojna enciklopedija*. 1972. Drugo izdanje – zvezek št. 4. Beograd: VIZ.
97. Vollrath, Fritz. 2006. Spider Silk: Thousands of Nano – Filaments and Dollops of Sticky Glue. *Science Direct* (november). Dostopno prek: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VRT-4M8WTCTF-J&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=f5460f92b225a53f9fcd43c96dce0340 (5. maj 2008).
98. *Von Neumannov model računalnika*. 2008. Dostopno prek: http://www.s-gimpiran.kp.edus.si/predmeti/info/zgradba_PC.html (22. februar 2008).
99. Vučemilović, Ante. 2005. Tajna oružja budućnosti. *Hrvatski vojnik* (55): 14-21.
100. Wehtersbach, Rado. 2005. *Informatika: učbenik za srednje izobraževanje*. Grosuplje: Saji.
101. Weik, Martin H.. 1961. *The Eniac Story*. Dostopno prek: <http://ftp.arl.army.mil/~mike/comphist/eniac-story.html> (14. julij 2008).
102. Wernersson, Lars-Erik. 2008. *Tranzistor Made Using Nanotechnology*. Dostopno prek: <http://www.azonano.com/News.asp?NewsID=6332> (2. maj 2008).
103. White, Andrew. 2007a. Soldier modernisation – top gear. *Jane`s Defense Weekly* (marec): 24-30.
104. --- 2007b. US Senate demands rethink on army`s decision to cancel Land Warrior. *Jane`s Defense Weekly* (julij): 22-23.
105. Willett, Lee. 2006. UK defines its network ethos. *Jane`s Navy International* (april): 34-40.
106. Wolff, Phil. 2007. *Programmable Metallization Cell – Super Computer Memory Follow Up*. Dostopno prek: <http://nextbigfuture.com/2007/11/programmable-metallization-cell-super.html> (21. avgust 2008).

107. *Zgodovina računalništva*. 2008. Dostopno prek: <http://www2.arnes.si/~ssptvogl/raizgo.htm> (22. februar 2008).
108. Žabkar, Anton. 2003. *Marsova dediščina: temelji vojaških ved, 1. knjiga*. Ljubljana: FDV.
109. --- 2004. *Marsova dediščina: metode in smeri razvoja, 2. knjiga*. Ljubljana: FDV.
110. --- 2007. *Pehotna oborožitev in oprema: stanje in smeri razvoja*. Ljubljana: Defensor.