

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

Biomedicinska informatika

PREDAVANJA



Tomaz Vrtovec

2012

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

Biomedicinska informatika

PREDAVANJA

Tomaz Vrtovec

2012

Kazalo

1. Uvod v Biomedicinsko informatiko	1
2. Biomedicinski podatki in zbirke podatkov	29
3. Standardi v biomedicinski informatiki	79
4. Zaščita, zasebnost in zaupnost biomedicinskih podatkov	124
5. Zdravstvena informatika	153
6. Klinična informatika	209
7. Slikovna informatika	247
8. Bioinformatika	290



1. UVOD V BIOMEDICINSKO INFORMATIKO

Biomedicinska informatika

doc. dr. Tomaž Vrtovec



BIOMEDICINSKA INFORMATIKA

Kaj je biomedicinska informatika?



(Bio)Medicinska informatika zajema teoretične in praktične poglede na komunikacije in obdelavo informacij, ki temeljijo na znanju in izkušnjah pri procesih v medicini in zdravstvu.

J.H. van Bemmel: The structure of medical informatics. Medical Informatics, 9(3-4):175-180, 1984

(Bio)Medicinska informatika je disciplina, ki se ukvarja z nalogami spoznavanja, komunikacije in obdelave informacij v zdravstvenem okolju, izobraževanju ter raziskovanju, vključuje pa informacijsko znanost in tehnologije, ki omogočajo učinkovito izvajanje teh nalog.

R.A. Greenes & E.H. Shortliffe: Medical informatics: an emerging discipline with academic and institutional perspectives. JAMA, 263(8):1114-1120, 1990

(Bio)medicinska informatika je študija, inovacija in implementacija struktur ter algoritmov, ki izboljšajo komunikacijo, razumevanje in ravnanje z (bio)medicinskimi informacijami.

H.R. Warner: Medical informatics: a real discipline? JAMIA, 2(4):207-214, 1995



BIOMEDICINSKA INFORMATIKA

Kaj je biomedicinska informatika?



(Bio)medicinska informatika je disciplina, ki se ukvarja s sistematsko obdelavo podatkov, informacij in znanj v medicini in zdravstvu.

R. Haux: Aims and tasks of medical informatics. International Journal of Medical Informatics, 44(1):9-20, 1997

(Bio)Medicinska informatika je uporaba računalniških znanosti v medicini in zdravstvu za avtomatsko ravnanje z njihovimi viri informacij (mešanica podatkov, konceptov, in znanja) na osnovi multidisciplinarnih metodologij z namenom ponovljivega reševanja problemov in izboljšanja učinkovitosti in kakovosti zdravljenja.

J.-R. Scherrer: Editorial commentary - Aims and tasks of medical informatics. International Journal of Medical Informatics, 44(1):45-52, 1997

Biomedicinska informatika je razumska znanost o načinu razmišljanja o bolnikih ter o načinu določanja, izbiranja in razvoja postopkov zdravljenja – torej znanost o nastanku, oblikovanju, porazdelitvi in uporabi medicinskega znanja.

E. Coiera: Guide to Health Informatics. Hodder Arnold Publishers, 2. izdaja, 2003



BIOMEDICINSKA INFORMATIKA

Definicija biomedicinske informatike



Biomedicinska informatika (BMI) je znanstveno področje, ki se ukvarja s shranjevanjem, priklicevanjem, prenašanjem in optimalno uporabo biomedicinskih informacij, podatkov in znanj za učinkovito reševanje problemov in sprejemanje odločitev.

Dotika se vseh temeljnih in uporabnih področij biomedicinskih znanosti in je tesno povezana s sodobnimi informacijskimi tehnologijami, še posebej na področju računalništva in komunikacijskih tehnologij.



Vir: *Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine*. E.H. Shortliffe (ur.), založba Springer, 3. izdaja, 2006



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

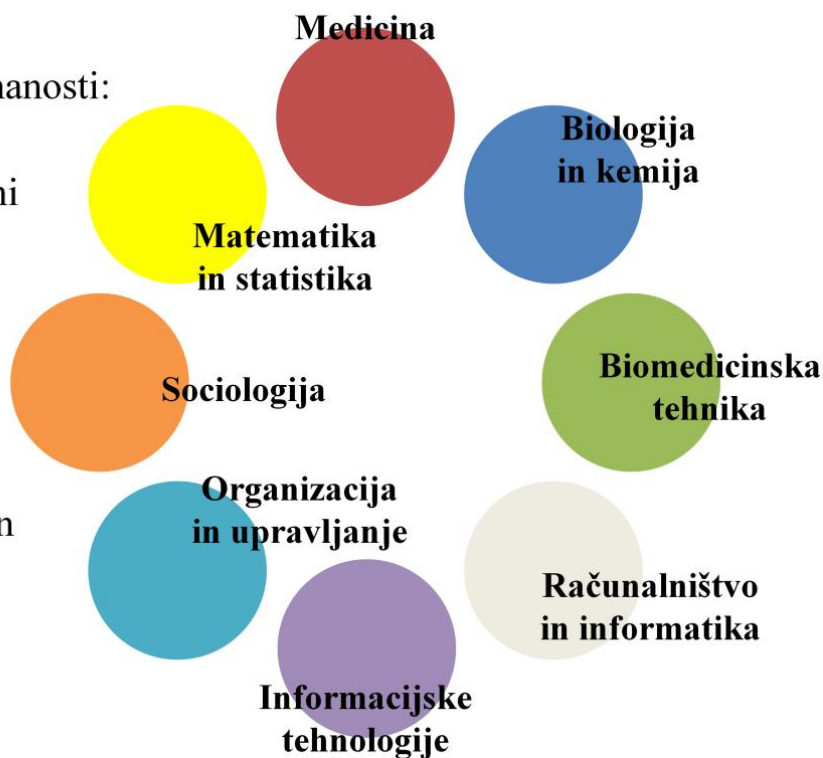
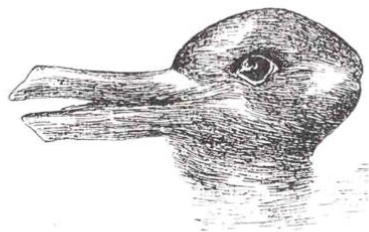
2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

BMI KOT ZNANSTVENA DISCIPLINA

Multi-disciplinarnost

Lastnosti **multi-disciplinarnih** znanosti:

- skupen predmet preučevanja, a neodvisnost med disciplinami
- navpična usmerjenost raziskovanja
- pridobljena znanja so v domeni posamezne discipline
- pomanjkanje skupnega jezika
- redundanca pri komunikaciji in izmenjavi informacij

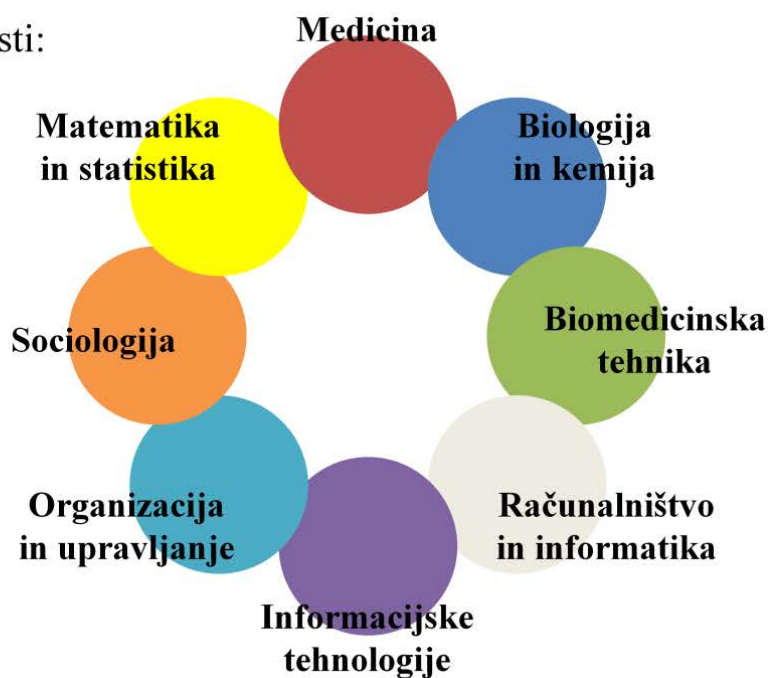
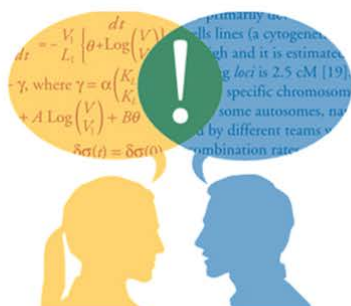


BMI KOT ZNANSTVENA DISCIPLINA

Inter-disciplinarnost

Lastnosti **inter-disciplinarnih** znanosti:

- skupen predmet preučevanja, medsebojna integracija disciplin
- navpična usmerjenost raziskovanja
- pridobljena znanja so v domeni ene ali več disciplin
- formacija novih disciplin
- ozko področje povezovanja

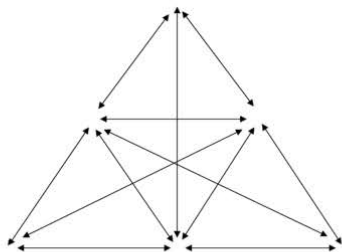


BMI KOT ZNANSTVENA DISCIPLINA

Križna disciplinarnost¹

Lastnosti **križno-disciplinarnih** znanosti:

- skupen predmet preučevanja, splošna integracija disciplin
- vodoravna usmerjenost raziskovanja
- pridobljena znanja so v domeni mnogih disciplin
- pridobljena znanja niso dosegljiva posameznim disciplinam
- široko področje povezovanja



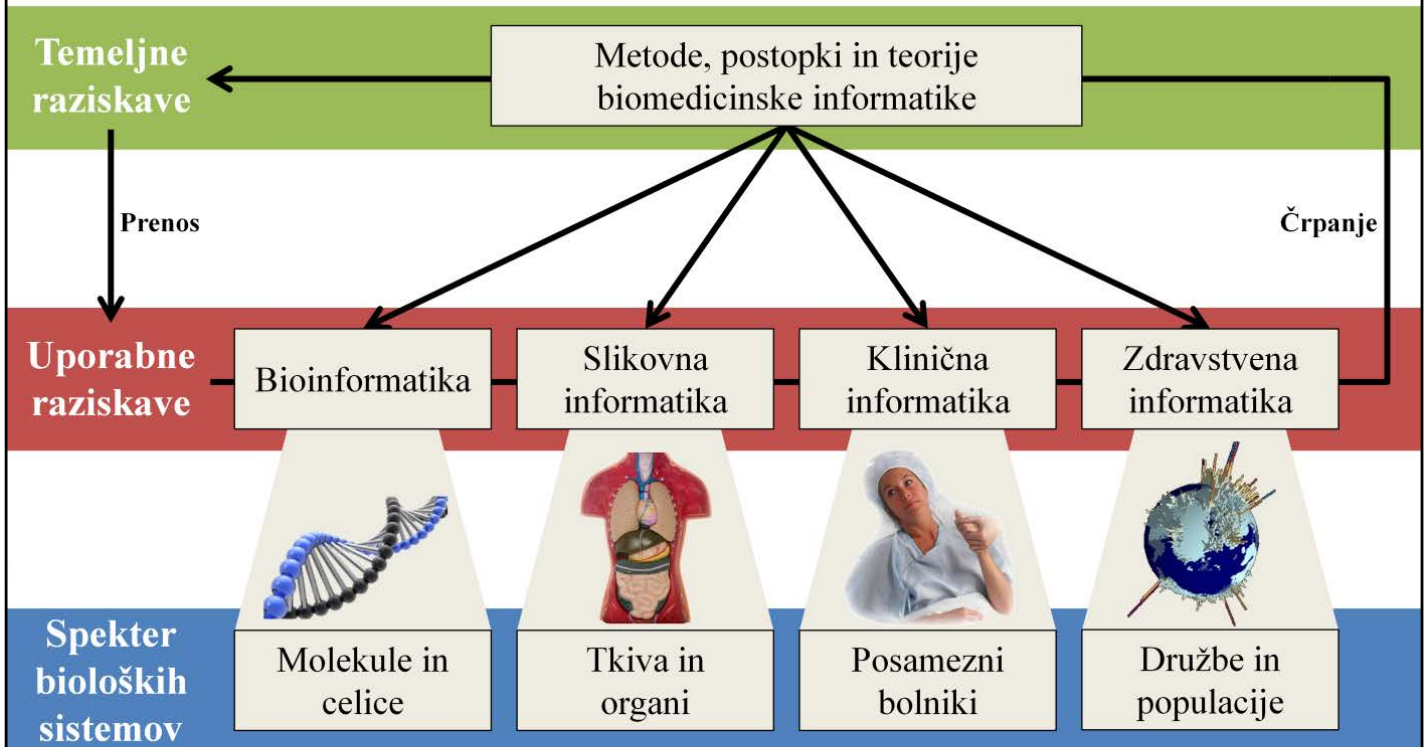
Biomedicinska informatika je multi-disciplinarna, inter-disciplinarna in križno-disciplinarna znanost.

¹ ang. cross-disciplinarity



FORMALNI OKVIR BMI

Področja raziskav



Vir: *Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine*. E.H. Shortliffe (ur.), založba Springer, 3. izdaja, 2006



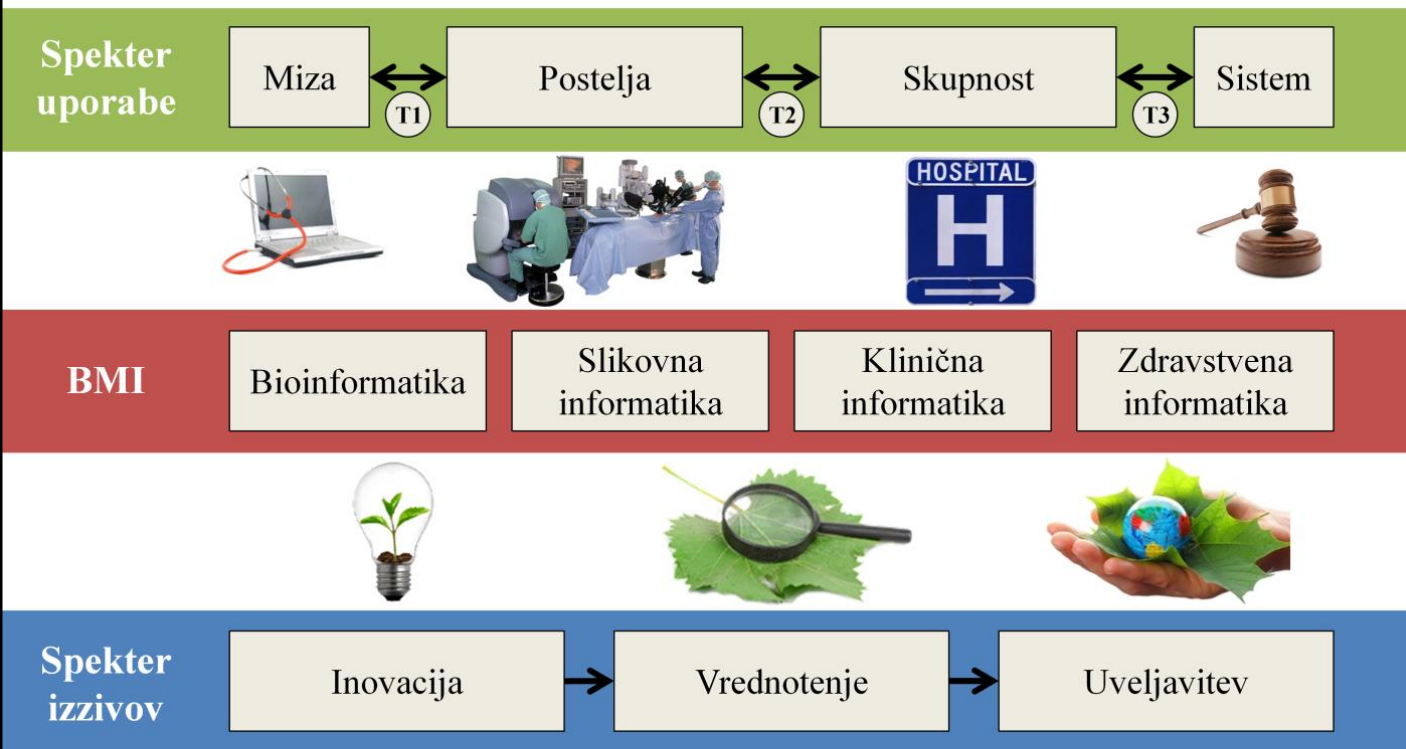
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec


2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

FORMALNI OKVIR BMI

Področja uporabe



Vir: I.N. Sarkar: *Biomedical informatics and translational medicine. Journal of Translational Medicine*, 8:22, 1-12, 2010

 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

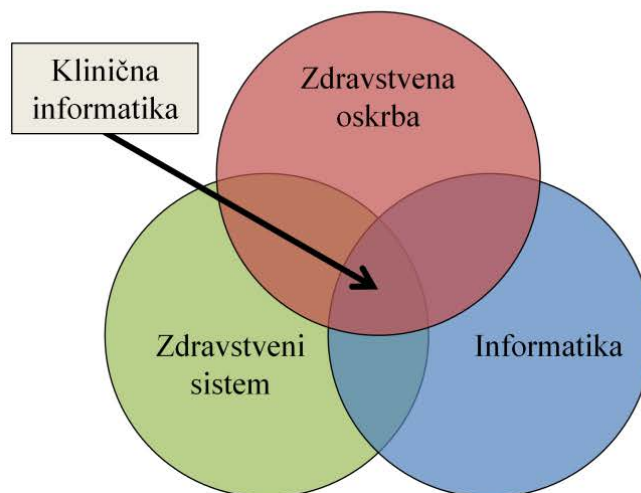
2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PODROČJA BMI

Klinična informatika

Klinična informatika (*ang.* clinical informatics) je najstarejše področje in izvira iz zdravljenja in zdravstvene oskrbe, kjer so v ospredju predvsem aplikacije in storitve, namenjene bolnikom.

- vrednotenje potreb bolnikov in delavcev v zdravstveni oskrbi
- opredeljevanje, vrednotenje in izboljševanje kliničnih procesov
- razvoj, uporaba in izboljševanje kliničnih sistemov za podporo odločitvam
- pridobivanje, razvoj, uporaba, gospodarjenje ter izboljševanje kliničnih informacijskih sistemov



Vir: R.M. Gardner: Core content for the subspecialty of clinical informatics. *JAMIA*, 16(2):153-157, 2009



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

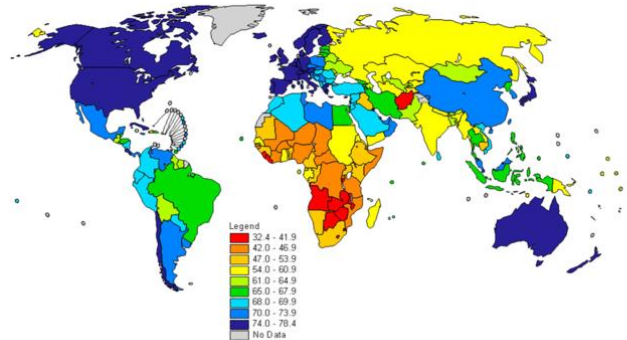
2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PODROČJA BMI

Zdravstvena informatika

Zdravstvena informatika (*ang.* public health informatics) obravnava podobne postopke kot klinična informatika, ki pa so posplošeni za aplikacije in storitve, namenjene populaciji in ne posameznemu bolniku. Informacijske znanosti in tehnologije se torej uporabljajo v funkciji sistemov javnega zdravja.

- zbiranje, shranjevanje in analiza podatkov o javnem zdravju
- načrtovanje in gospodarjenje z zbirkami podatkov
- nadzor dogodkov, ki vplivajo na zdravje
- preventiva, načini odziva in vrednotenje primerov epidemij in pandemij
- promocija zdravja



Vir: A. Friede in dr.: *Public health informatics: how information-age technology can strengthen public health.*
Annual Review of Public Health, 16:239-252, 1995



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

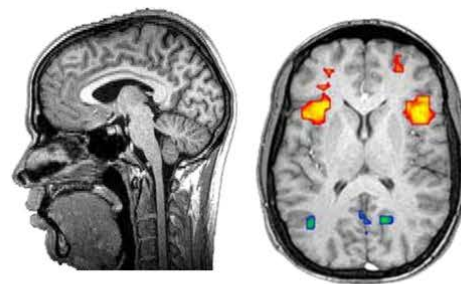
BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PODROČJA BMI

Slikovna informatika

Slikovna informatika (*ang.* imaging informatics) se ukvarja z izboljšanjem učinkovitosti, natančnosti, uporabnosti in zanesljivosti storitev na področju medicinskih slikovnih tehnologij.



- slikovno-podprti elektronski zdravstveni zapisi
- radiološki informacijski sistemi (*ang.* radiology information systems, RIS)
- sistemi za arhiviranje in prenos slik (*ang.* picture archiving and communication systems, PACS)
- pridobivanje, obdelava, analiza in prikazovanje digitalnih medicinskih slik
- standardi zapisa medicinskih slik (npr. DICOM, HL7, ...)
- rudarjenje podatkov iz zbirk medicinskih slik
- računalniško-podprta diagnoza (*ang.* computer-aided diagnosis, CAD)
- slikovno-vodena kirurgija (*ang.* image-guided surgery, IGS)
- slikovno-vodeno obsevanje (*ang.* image-guided radiation therapy, IGRT)

Vir: B.F. Branstetter IV.: *Basics of imaging informatics: part 1. Radiology, 243(3):656-667, 2007*

B.F. Branstetter IV.: *Basics of imaging informatics: part 2. Radiology, 244(1):78-84, 2007*



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

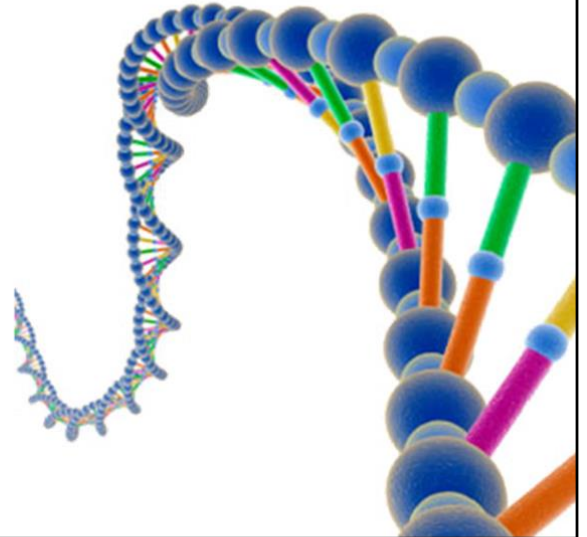
2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PODROČJA BMI

Bioinformatika

Bioinformatika (*ang.* bioinformatics) je rastoče področje biomedicinske informatike, namenjeno aplikacijam molekularne biologije, pri čemer se informacijski postopki uporabljajo za pridobivanje, shranjevanje, analizo in razumevanje bioloških podatkov in informacij o molekulah in celicah.

- analiza sekvenc genov in beljakovin
- analiza in mapiranje genoma
- evolucijska biologija
- primerjalna genomika
- modeliranje bioloških sistemov
- strukturna bioinformatika
- načrtovanje zdravil
- filogenetika



Vir: *N.M. Luscombe in dr.: What is bioinformatics? An introduction and overview. Yearbook of Medical Informatics, 89-99, 2001*



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

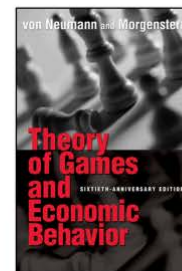
2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZGODOVINA BMI

Nekateri mejniki

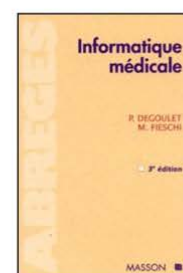
1940 – 1950

- J. von Neumann in O. Morgenstern¹ med letoma 1944 in 1947 razvijeta temelje odločitvene teorije
- G. Wagner leta 1949 predstavi prvi sistem za razvrščanje informacij o bolnikih in metodah zdravljenja



1950 – 1970

- G. Wagner leta 1955 ustanovi v Kölnu v Nemčiji Združenje za medicinsko dokumentacijo, informatiko in statistiko (*nem.* Deutsche Gesellschaft für Medizinische Dokumentation, Informatik und Statistik, GMDS)
- v Franciji se pojavi termin *medicinska informatika* (*fr.* informatique médicale), oblikujejo se prvi univerzitetni oddelki in študijski programi



¹ J. von Neumann in O. Morgenstern: *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, 1944, 1947, 1953



ZGODOVINA BMI

Nekateri mejniki

- R. S. Ledley in L. B. Lusted² leta 1959 objavita odmeven članek, v katerem opišeta načine uporabe računalnikov za medicinsko diagnostiko in zdravljenje
- ameriška Narodna medicinska knjižnica (*ang.* National Library of Medicine, NLM) leta 1964 predstavi MEDLINE,³ zbirko raziskovalne medicinske literature
- M. F. Collen, raziskovalni zdravnik pri organizaciji Kaiser Permanente (Kalifornija, ZDA), razvije ti. multifazni zdravstveni pregled (sistematičen pregled populacije za sledenje srčnih obolenj, diabetesa, raka, ...) ter ga leta 1964 avtomatizira in prenese na računalnik s pomočjo luknjanih kartic (sledijo zgodnje različice elektronskega zdravstvenega zapisa in zbirk podatkov, ki omogočajo prve populacijske raziskave)



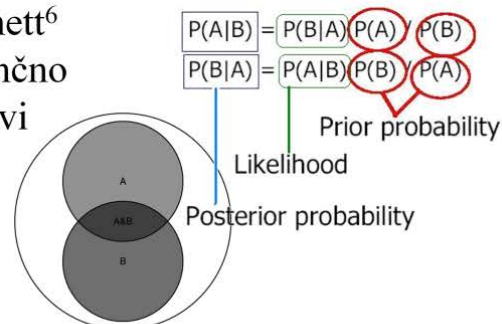
² R.S. Ledley in L.B. Lusted: *Reasoning Foundations of Medical Diagnosis*. *Science*, 130(3366):9-21, 1959

³ Internetni dostop preko PubMed: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/> oz. <http://www.pubmed.gov>

ZGODOVINA BMI

Nekateri mejniki

- M. Lipkin, R. L. Engle in sodelavci⁴ okoli leta 1960 predstavijo sistem HEME za računalniško podprto diferencialno diagnozo krvnih bolezni (to je bil prvi izmed sistemov na osnovi kriterijskih tabel)
- H. R. Warner in sodelavci⁵ leta 1964 uspešno razvijejo prvo aplikacijo za računalniško podprto diagnozo prirojenih srčnih bolezni, G. A. Gorry in G. O. Barnett⁶ leta 1968 razširita računalniško podporo na sekvenčno diagnozo (to sta bila prva izmed sistemov na osnovi Bayesovega teorema)



⁴ R.L. Engle in dr.: HEME – a computer aid to diagnosis of hematologic disease. *Bulletin of the NY Academy of Medicine*, 52(5):584-600, 1976

⁵ H.R. Warner in dr.: Experience with Bayes' theorem for computer diagnosis of congenital heart disease. *Annals of the NY Academy of Science*, 115:558-567, 1964

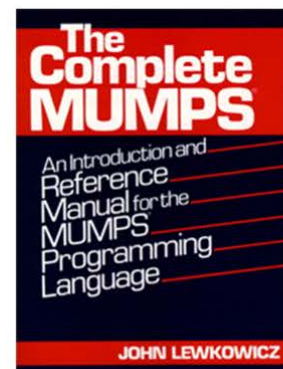
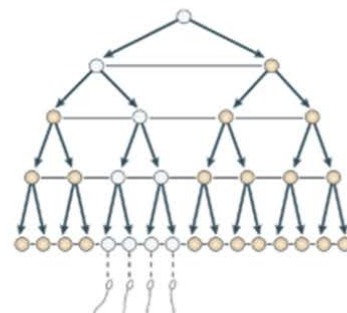
⁶ G.A. Gorry in G.O. Barnett: *Sequential Diagnosis by Computer*. *JAMA*, 205(12):849-854, 1968



ZGODOVINA BMI

Nekateri mejniki

- H.L. Bleich⁷ leta 1969 uporabi razvejano logiko na podlagi 20-ih vprašanj za podporo pri diagnozi obolenj zaradi neuravnoteženosti kislin in elektrolitov v telesu (to je bil prvi izmed sistemov na osnovi značilnih vprašanj oz. statističnega modeliranja)
- N. Papallardo in O. Barnett leta 1966 na bolnišnici Massachusetts General Hospital (Boston, ZDA) predstavita programski jezik in operacijski sistem MUMPS (Massachusetts General Hospital Utility Multi-Programming System) za sočasno dostopanje do podatkovnih baz in učinkovito shranjevanje in pridobivanje zdravstvenih informacij (danes se programski jezik imenuje M)



⁷ H.L. Bleich: *Computer evaluation of acid-base disorders. Journal of Clinical Investigation, 48(9):1689-1696, 1969*

ZGODOVINA BMI

Nekateri mejniki

- pojavijo se prvi sistemi za opominjanje in opozarjanje o stanju bolnikov, laboratorijski informacijski sistemi, farmacevtski informacijski sistemi ter tržne aplikacije za sprejem in odpust bolnikov kot tudi za zaračunavanje storitev in vodenje inventarja



1970 – 1980

- pojavijo se prvi konkretni bolnišnični informacijski sistemi (*ang.* hospital information systems, HIS) ter elektronski medicinski zapisi (*ang.* electronic medical records, EMR)
- podjetje Technicon⁸ do leta 1975 uspešno implementira prvi bolnišnični informacijski sistem na bolnišnici El Camino v Kaliforniji, ZDA



⁸ J.P. Barrett in dr.: *Final report on evaluation of the implementation of a medical information system in a general community hospital.* Battelle Memorial Institute, 1975



ZGODOVINA BMI

Nekateri mejniki

- razvoj računalniške tomografije (*ang.* computed tomography, CT) leta 1971 in magnetno resonančnega slikanja (*ang.* magnetic resonance imaging, MRI) leta 1980 spodbudi razvoj slikovne informatike



1980 – 1995

- leta 1987 se Mednarodno združenje za medicinsko informatiko⁹ (*ang.* International Medical Informatics Association, IMIA) osamosvoji izpod okrilja Mednarodne federacije za obdelavo informacij (*ang.* International Federation for Information Processing, IFIP)
- leta 1989 je ustanovljeno Ameriško združenje za medicinsko informatiko¹⁰ (*ang.* American Medical Informatics Association, AMIA)



⁹ Internetni dostop preko <http://www.imia-medinfo.org>

¹⁰ Internetni dostop preko <http://www.amia.org>



ZGODOVINA BMI

Nekateri mejniki

- izpopolnjevanje in trženje bolnišničnih informacijskih sistemov ter elektronskih zdravstvenih zapisov
- medicinska informatika postane avtonomna znanstvena disciplina, medtem ko izobraževanje, raziskovanje in razvoj na področju medicinske informatike postanejo prioritetni strateški cilji tako v ZDA kot v Evropski uniji
- široka uporaba formalne odločitvene teorije za analiziranje in iskanje optimalnih rešitev, pri čemer Bayesova teorija postane dominantna na področju sprejemanja odločitev v zdravstvu, uporabljajo pa se tudi druge metodologije, kot so npr. strojno učenje in rudarjenje podatkov
- razvoj komunikacijskih in dokumentacijskih standardov preko organizacije Health Level Seven¹¹ (HL7)



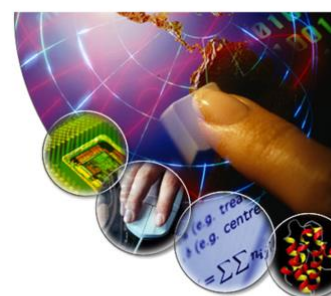
¹¹ Internetni dostop preko <http://www.hl7.org>

ZGODOVINA BMI

Nekateri mejniki

1995 – danes

- splošna uporaba računalniških aplikacij v zdravstvenih organizacijah, rast internetnih aplikacij in s tem povezan razvoj mrežnih aplikacij (npr. informacijski sistemi na principu odjemalec-strežnik in porazdeljene zbirke podatkov)
- leta 2003 se zaključi javni projekt Človeški genom¹² (*ang.* Human Genome Project) ter povzroči skokovito rast raziskav na področju bioinformatike (vključno z molekularno biologijo in genetiko) ter trženje njenih produktov (npr. podjetje Celera Genomics)
- vzpon “potrošniške zdravstvene informatike” (*ang.* consumer health informatics), ki se osredotoča na različne tehnologije za premostitev ovir med bolniki in viri zdravstvene oskrbe



¹² Internetni dostop preko <http://www.genome.gov>

IZZIVI BMI

Veličastni izzivi (1994)



1. Poenoteno in nadzorovano medicinsko izrazoslovje
2. Popoln računalniško-podprt zdravstveni zapis
3. Avtomatsko zapisovanje naravnega besedila, zgodovine bolnikov, itn.
4. Avtomatska analiza medicinskih zapisov
5. Splošen in intuitiven uporabniški vmesnik
6. Projekt človeški genom
7. Popolna tridimenzionalna digitalna predstavitev človeškega telesa
8. Postopki za integriranje novih informacijskih tehnologij v organizacijsko infrastrukturo
9. Razumljiv sistem za podporo pri kliničnem odločanju

Vir: D.F. Sittig: *Grand challenges in medical informatics?* *Journal of the American Medical Informatics Association*, 1(5):412-413, 1994



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

IZZIVI BMI

Veličastni izzivi (1997)



1. Slikovne tehnologije za medicinsko diagnostiko
2. Minimalno invazivno zdravljenje
3. Simulacija postopkov zdravljenja
4. Zgodnje prepoznavanje in preprečevanje bolezni
5. Kompenzacija telesnih okvar
6. Zdravstvene konzultacije za osveščanje bolnikov
7. Zdravstveno poročanje
8. Zdravstveni informacijski sistemi
9. Medicinska dokumentacija
10. Razumljive zbirke medicinskega znanja in z znanjem podprtih odločitev

Vir: R. Haux: *Aims and tasks of medical informatics. International Journal Medical Informatics, 44(1):9-20, 1997*



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

IZZIVI BMI

Deset uglednih izzivov (1997)

A. Informacijska infrastruktura

1. Elektronski zdravstveni zapis
2. Avtomatizirano zajemanje podatkov
3. Računalniška predstavitev medicinske literature

B. Strateški cilji

4. Avtomatska diagnoza
5. Avtomatska podpora odločitev v zdravstvu
6. Sistemi za izboljšanje izobraževanja bolnikov
7. Kontinuirano medicinsko izobraževanje

C. Vrednotenje učinkov

8. Prikaz učinkovitosti
9. Rudarjenje podatkov za novo medicinsko znanje
10. Univerzalni dostop do teh tehnologij



Vir: R.B. Altman: *Informatics in the care of patients: ten notable challenges. Western Journal of Medicine, 166(2):118-122, 1997*



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

IZZIVI BMI

Veličastni izzivi v tehniki (2008)



Ameriška narodna tehnična akademija (NAE) je leta 2008 objavila seznam 14-ih “veličastnih izzivov” v tehniki, med katerimi je tudi:

Napredna zdravstvena informatika (*ang.* Advance Health Informatics)

Za vzdrževanje zdrave populacije v 21. stoletju dokument med drugim omenja:

- inženirski pristop k načrtovanju sistemov medicini in zdravstvu
- povečanje uporabnosti informacijskih sistemov
- vzpostavitev informacijskih mrež na državnem in mednarodnem nivoju
- razvoj učinkovitih sistemov za podporo odločitvam
- izboljšanje metod zdravljenja z novimi tehnologijami
- nadzor in detekcija napadov s kemičnim in biološkim orožjem
- izboljšanje pripravljenost na izbruhe epidemij in pandemij

Vir: <http://www.engineeringchallenges.org>



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

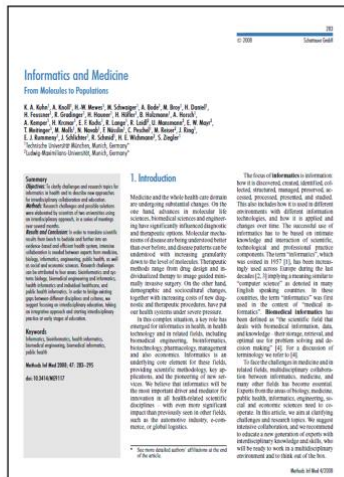
BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika


ZAKLJUČEK

Priporočena literatura

- Y. Shaha: Medical informatics: between science and engineering, between academia and industry. *Methods of Information in Medicine*, 41(1):8-11, 2002
- K.A. Kuhn in dr.: Informatics and medicine – from molecules to populations. *Methods of Information in Medicine*, 47(4):283-295, 2008



Članka sta dostopna na internetu preko <http://lit.fe.uni-lj.si/BMI/>

 **Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko**
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
 doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZAKLJUČEK

Napredek - odločitev

Biomedicinska informatika napreduje...



Zdravstveni kartoni



Elektronski zdravstveni zapis

...končna odločitev pa je enaka.



...vendar je kakovost te odločitve vsekakor boljša.



ZAKLJUČEK

Razprava, komentarji, vprašanja...

- Kako je definirana biomedicinska informatika?
- Kako bi biomedicinsko informatiko opisali kot znanstveno disciplino?
- Katera so področja raziskav biomedicinske informatike in kaj je za njih značilno?
- Katera so področja uporabe biomedicinske informatike in kaj je za njih značilno?
- Naštejte nekaj najpomembnejših mejnikov v zgodovini biomedicinske informatike.
- Naštejte nekaj najpomembnejših izzivov biomedicinske informatike.

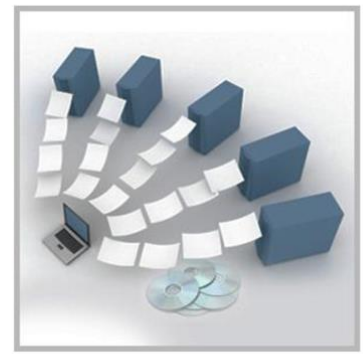
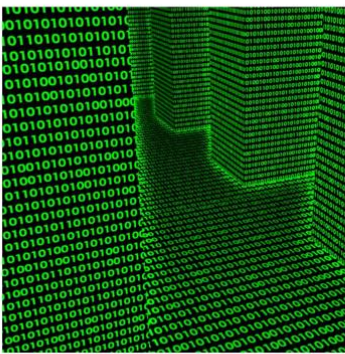




2. BIOMEDICINSKI PODATKI IN ZBIRKE PODATKOV

Biomedicinska informatika

doc. dr. Tomaž Vrtovec



BIOMICINSKI PODATKI

Kaj so biomedicinski podatki?



Biomedicinski podatek je samostojno opazovanje bolnika ali biološkega procesa, ki ga določajo naslednji elementi:

- bolnik oz. biološki proces
- opazovana veličina
- vrednost in merilna enota opazovane veličine
- čas opazovanja



- **Janez Novak**
(EMŠO: 0110975500213)
- **telesna teža (masa)**
- **74 kg**
- **12.9.2012**



BIOMICINSKI PODATKI

Kaj so biomedicinski podatki?



Na pridobivanje biomedicinskih podatkov vplivajo:

- okoliščine opazovanja
- negotovost opazovanja
- interpretacija opazovanja



4:22



$$74.5 \text{ kg} =$$

$$= 74 \text{ kg}$$


19:52



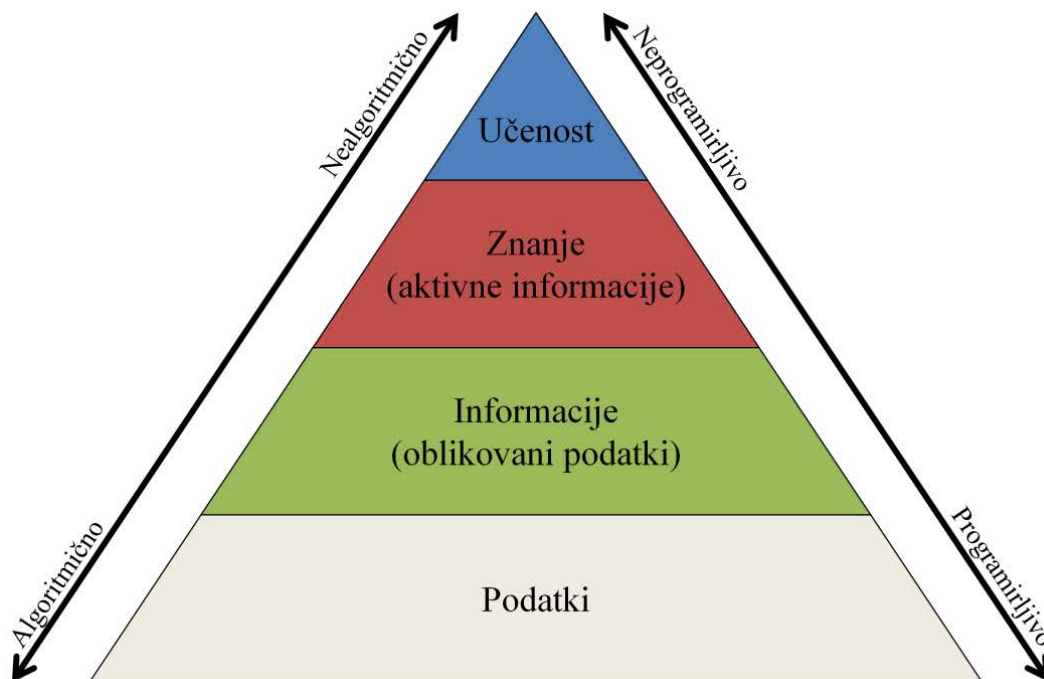
$$74.5 \text{ kg} =$$

$$= 75 \text{ kg}$$

?


BIOMICINSKI PODATKI

DIKW model¹



¹ podatki (D; *ang.* data) – informacije (I; *ang.* information) – znanje (K; *ang.* knowledge) – učenost (W; *ang.* wisdom)

Vir: J. Rowley: *The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy.* *Journal of Information Science* 33(2):163-180, 2007

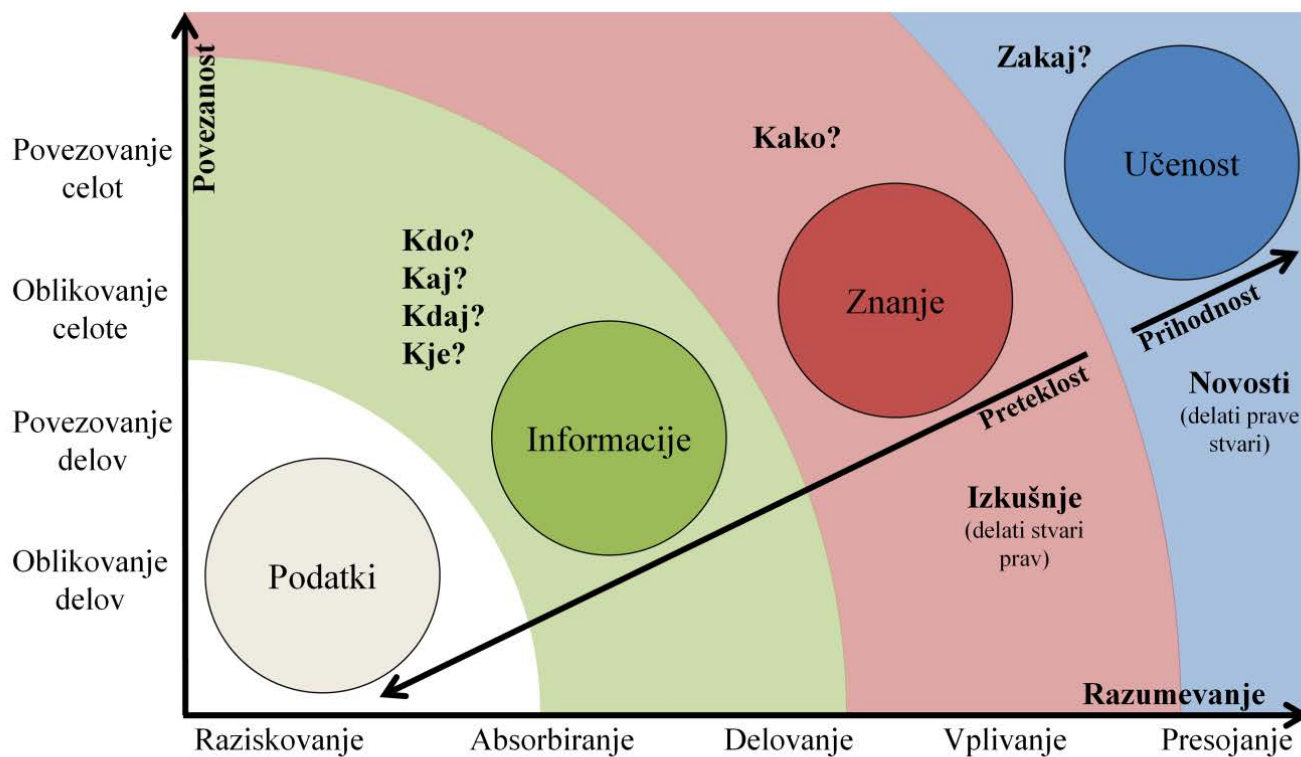
 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

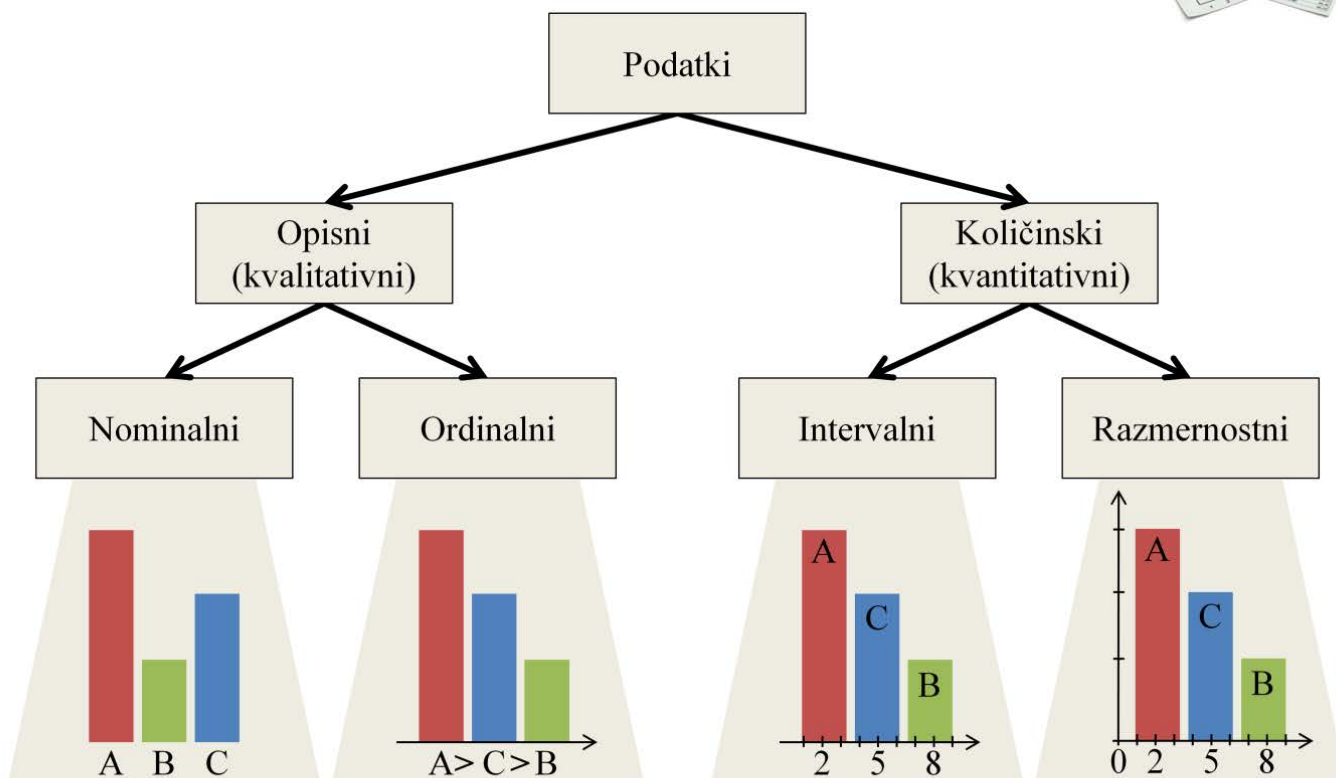
BIOMICINSKI PODATKI

DIKW model



KLASIFIKACIJA PODATKOV

Glede na strukturo



Vir: S.S. Stevens: *On the theory of scales of measurement*. Science 103(2684):677-680, 1946

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

STRUKTURA PODATKOV

Nominalni biomedicinski podatki

Podatki so opisne narave, tako da jih ni mogoče urejati po velikosti, ravno tako ni mogoče računati povprečne, sredinske vrednosti, itn.



Operacije:

- enakost / neenakost
- pripadnost skupini

Primer dihotomičnih podatkov:



Spol:

- moški
- ženski

Primer nedihotomičnih podatkov:



Državljanstvo:

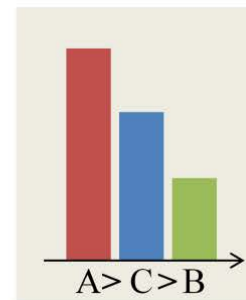
- slovensko
- italijansko
- avstrijsko
- ...



STRUKTURA PODATKOV

Ordinalni biomedicinski podatki

Podatki so opisne narave, vendar jih lahko urejamo po velikosti. Povprečne vrednosti še vedno ni mogoče računati, lahko pa računamo sredinsko vrednost (mediano).



Operacije:

- vse, kar velja za nominalne podatke
- večje / manjše

Primer dihotomičnih podatkov:



Starost:

- mlajši
- starejši

Primer nedihotomičnih podatkov:



Mnenje:

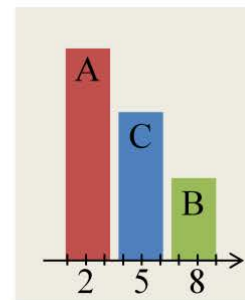
- se popolnoma strinjam
- se delno strinjam
- se delno ne strinjam
- se popolnoma ne strinjam



STRUKTURA PODATKOV

Intervalni biomedicinski podatki

Podatki so količinske narave, lahko jih urejamo po velikosti ter seštevamo in odštevamo, ni mogoče pa računati razmerij. Računamo lahko povprečno vrednost.



Operacije:

- vse, kar velja za ordinalne podatke
- seštevanje / odštevanje

Primer:



- temperatura v Celzijevi (°C) lestvici



- datum



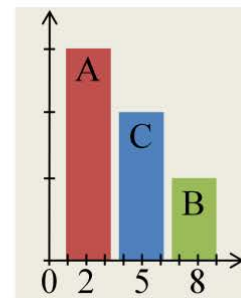
STRUKTURA PODATKOV

Razmernostni biomedicinski podatki

Podatki so količinske narave, lahko računamo razmerja (torej obstaja absolutna referenčna vrednost - ničla).

Operacije:

- vse, kar velja za intervalne podatke
- množenje / deljenje



Primer:



- temperatura v Kelvinovi (K) lestvici



- telesna višina



STRUKTURA PODATKOV

Povzetek

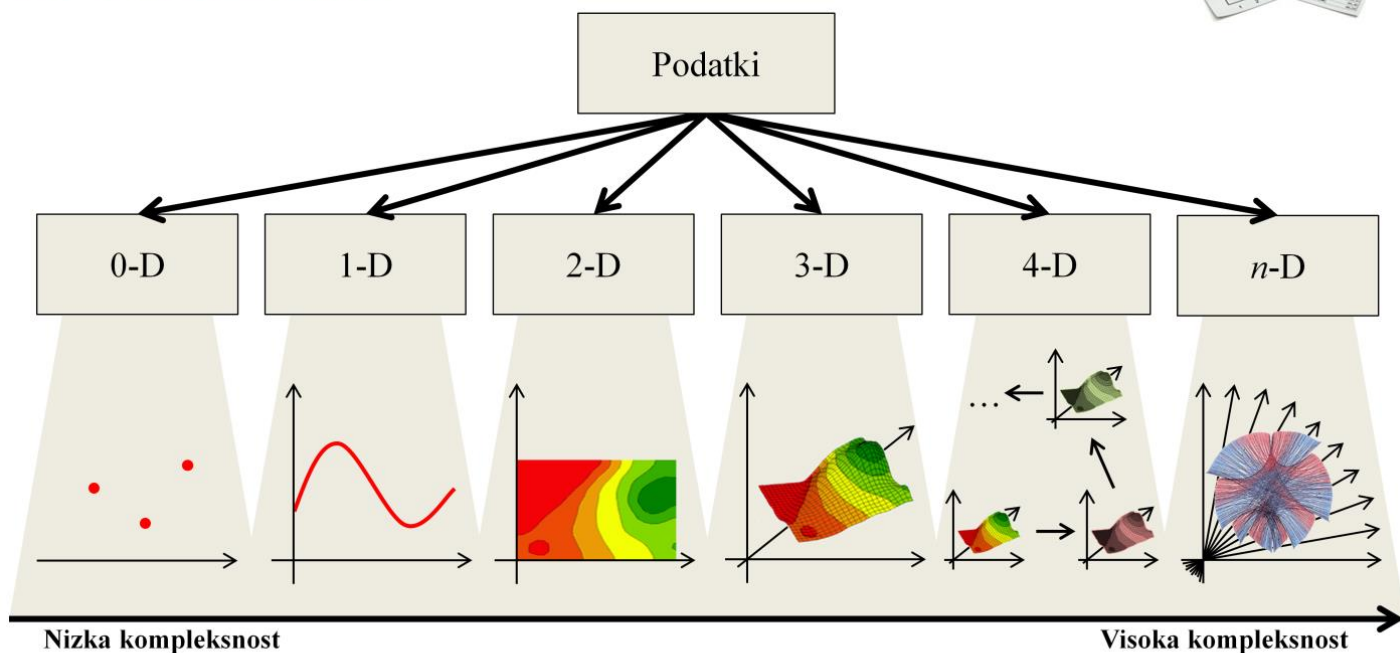


Podatki	Statistične operacije	Empirične operacije	Matematične operacije
Nominalni	modus	enakost neenakost	= ≠
Ordinalni	+ sredinska vrednost (mediana) + percentili	+ večje + manjše	= > ≠ <
Intervalni	+ povprečna vrednost + standardni odklon + korelacija	+ seštevanje + odštevanje	= > + ≠ < -
Razmernostni	+ količnik variacij + logaritem + geometrijska sredina	+ množenje + deljenje	= > + × ≠ < - ÷



KLASIFIKACIJA PODATKOV

Glede na razsežnost

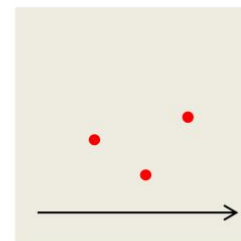


Ker nas v (bio)medicini pogosto zanima opazovanje pojavov in procesov vzdolž časa, je ena izmed razsežnosti pogosto prav čas (neodvisni parameter).

RAZSEŽNOST PODATKOV

0-D biomedicinski podatki

Brezrazsežnostni (brezdimenzionalni) podatki predstavljajo posamezne vrednosti merjene veličine.



Primer:

- **meritev:** telesna teža, npr. 74 kg



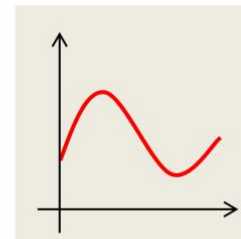
- **meritev:** krvni tlak, npr. 120/80 mmHg (sistolični/diastolični)



RAZSEŽNOST PODATKOV

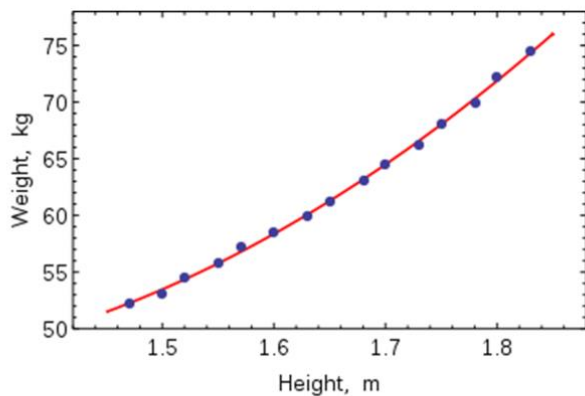
1-D biomedicinski podatki

Enorazsežnostni (enodimenzionalni) podatki predstavljajo vrednosti v odvisnosti od enega neodvisnega parametra.

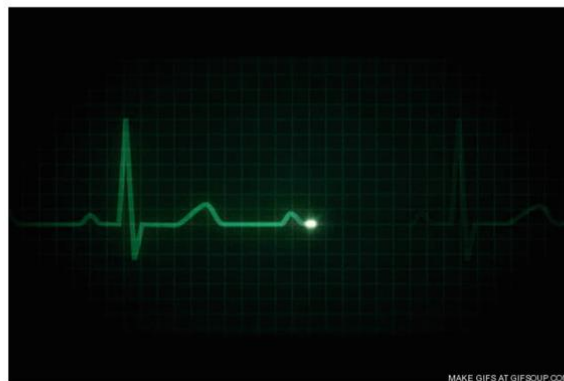


Primer:

- **1D signal:** telesna teža v odvisnosti od telesne višine



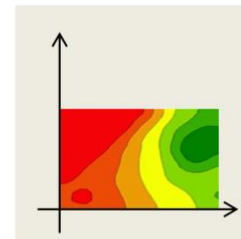
- **0D video:** srčni utrip (0D + čas)



RAZSEŽNOST PODATKOV

2-D biomedicinski podatki

Dvorazsežnostni (dvodimenzionalni) podatki predstavljajo vrednosti v odvisnosti od dveh neodvisnih parametrov.

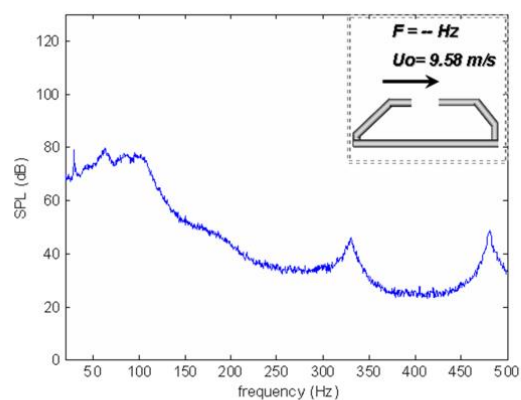


Primer:

- **2D slike:** rentgenska slika prsnega koša



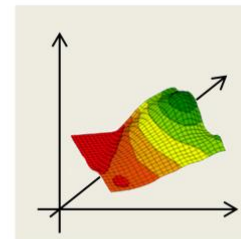
- **1D video:** nivoji zvočnega tlaka v odvisnosti od resonančne frekvence Helmholtzovega resonatorja (1D + čas)



RAZSEŽNOST PODATKOV

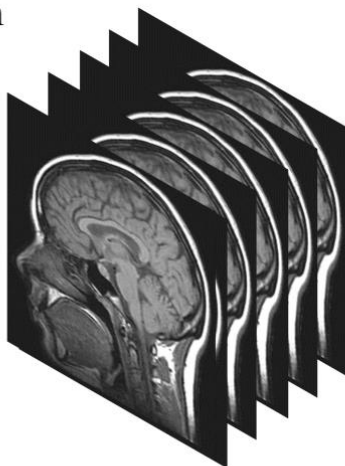
3-D biomedicinski podatki

Trirazsežnostni (tridimenzionalni) podatki predstavljajo vrednosti v odvisnosti od treh neodvisnih parametrov.

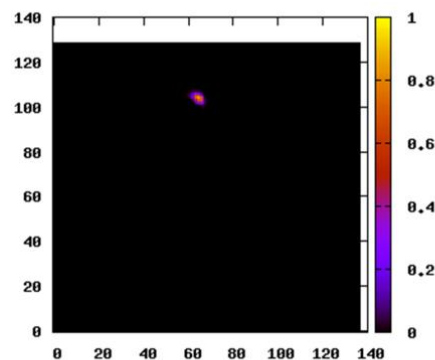


Primer:

- **3D slike:** slike glave, zajete s tehniko magnetne resonance (MR) na različnih položajih



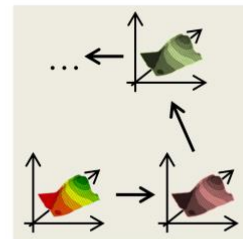
- **2D video:** modeliranje električnega valovanja v srčni mišici (2D + čas)



RAZSEŽNOST PODATKOV

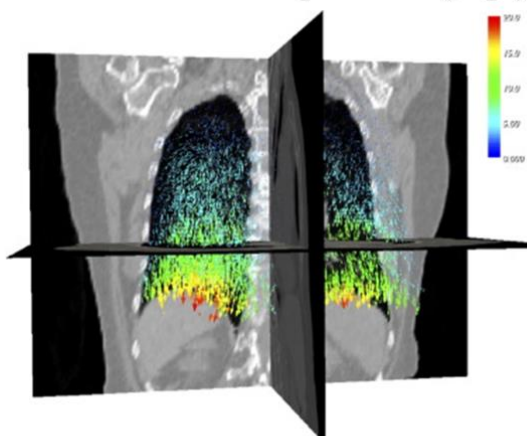
4-D biomedicinski podatki

Štirirazsežnostni (štiridimenzionalni) podatki predstavljajo vrednosti v odvisnosti od štirih neodvisnih parametrov.



Primer:

- **4D podatki:** 3D slika prsnega koša, zajeta s tehniko računalniške tomografije (CT) ter s prikazanimi smermi premikanja pljuč



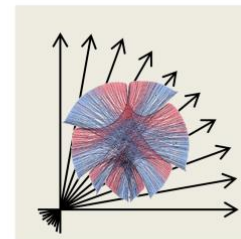
- **3D video:** ti. 4D ultrazvok (3D + čas)



RAZSEŽNOST PODATKOV

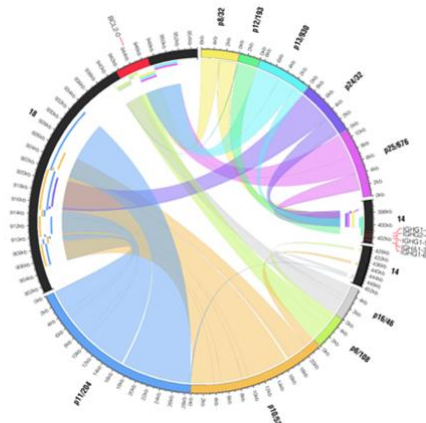
n -D biomedicinski podatki

Večrazsežnostni (večdimenzionalni) podatki predstavljajo vrednosti v odvisnosti od n neodvisnih parametrov.



Primer:

- Genski zapis:



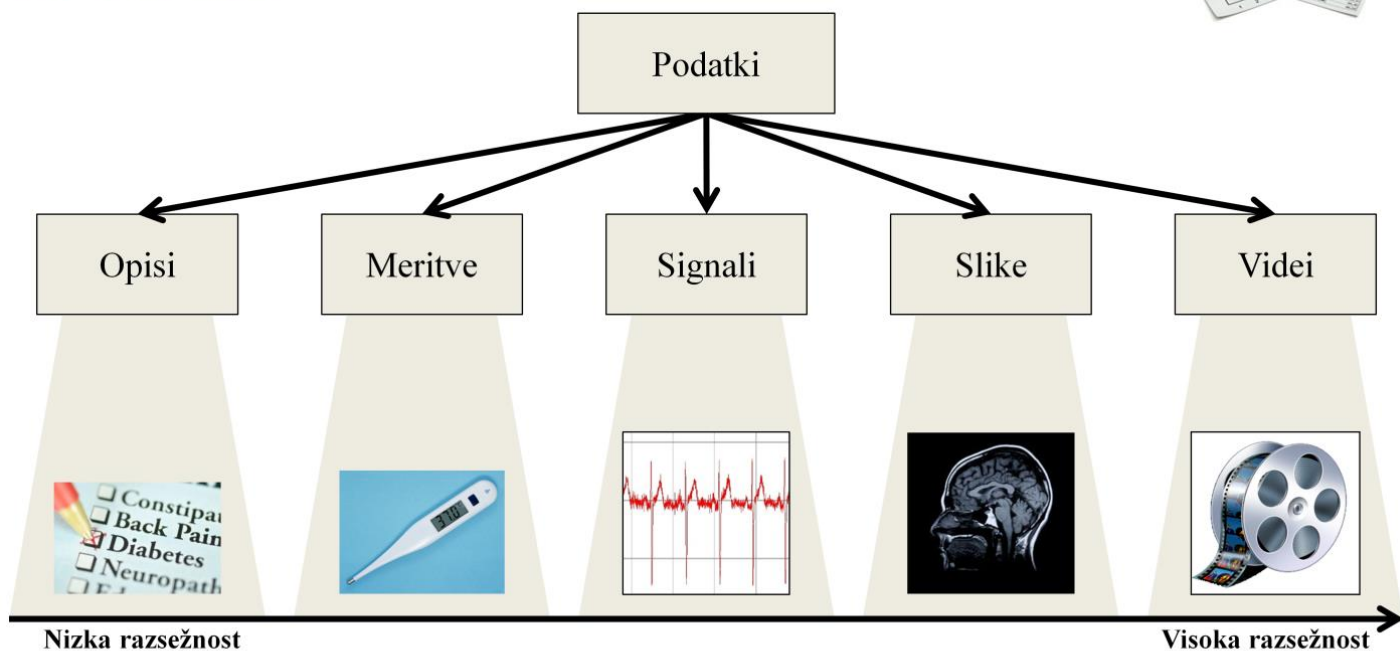
Izraz “**prekletstvo dimenzij**” se nanaša na različne pojave, ki nastopijo pri analizi in organizaciji visoko-dimenzionalnih prostorov (npr. šum, slabo vrednotenje), ki sicer niso prisotni v primeru nizko-dimenzionalnih prostorih.

Pomemben je torej tudi vidik razvoja in uporabe metod za **zmanjševanje razsežnosti** podatkov.

Vir: M. Krzywinski in dr.: *Circos: An information aesthetic for comparative genomics. Genome Research 19:1639-1645, 2009*

KLASIFIKACIJA PODATKOV

Glede na vrsto



VRSTA PODATKOV

Biomedicinski opisi

Biomedicinski opisi predstavljajo podatke, ki se običajno beležijo v tekstovni obliki ter so pridobljeni neposredno (npr. preko razgovora med zdravnikom in bolnikom):

- identifikacije
- opažanja
- diagnoze
- terapije
- zdravila
- cepljenja
- ...



NAPOTNICA	
ŠIFRA: 07863	ŠIFRA: 10201
IP RACE: _____	IP RACE: _____
1. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	2. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
3. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	4. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
5. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	6. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
7. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	8. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
9. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	10. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
11. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	12. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
13. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	14. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
15. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	16. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
17. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	18. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
19. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	20. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
21. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	22. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
23. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	24. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
25. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	26. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
27. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	28. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
29. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	30. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
31. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	32. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
33. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	34. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
35. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	36. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
37. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	38. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
39. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	40. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
41. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	42. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
43. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	44. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
45. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	46. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
47. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	48. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
49. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	50. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
51. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	52. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
53. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	54. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
55. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	56. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
57. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	58. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
59. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	60. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
61. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	62. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
63. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	64. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
65. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	66. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
67. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	68. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
69. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	70. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
71. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	72. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
73. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	74. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
75. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	76. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
77. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	78. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
79. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	80. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
81. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	82. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
83. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	84. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
85. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	86. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
87. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	88. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
89. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	90. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
91. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	92. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
93. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	94. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
95. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	96. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
97. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	98. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____
99. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____	100. ZDRAVNIK ŠIFRA: _____

VETERINARSKA NAPOTNICA ZA ŽIVALI	
Šifra: _____	Šifra: _____
IP RACE: _____	IP RACE: _____
1. ZDRAVNIK Šifra: _____	2. ZDRAVNIK Šifra: _____
3. ZDRAVNIK Šifra: _____	4. ZDRAVNIK Šifra: _____
5. ZDRAVNIK Šifra: _____	6. ZDRAVNIK Šifra: _____
7. ZDRAVNIK Šifra: _____	8. ZDRAVNIK Šifra: _____
9. ZDRAVNIK Šifra: _____	10. ZDRAVNIK Šifra: _____
11. ZDRAVNIK Šifra: _____	12. ZDRAVNIK Šifra: _____
13. ZDRAVNIK Šifra: _____	14. ZDRAVNIK Šifra: _____
15. ZDRAVNIK Šifra: _____	16. ZDRAVNIK Šifra: _____
17. ZDRAVNIK Šifra: _____	18. ZDRAVNIK Šifra: _____
19. ZDRAVNIK Šifra: _____	20. ZDRAVNIK Šifra: _____
21. ZDRAVNIK Šifra: _____	22. ZDRAVNIK Šifra: _____
23. ZDRAVNIK Šifra: _____	24. ZDRAVNIK Šifra: _____
25. ZDRAVNIK Šifra: _____	26. ZDRAVNIK Šifra: _____
27. ZDRAVNIK Šifra: _____	28. ZDRAVNIK Šifra: _____
29. ZDRAVNIK Šifra: _____	30. ZDRAVNIK Šifra: _____
31. ZDRAVNIK Šifra: _____	32. ZDRAVNIK Šifra: _____
33. ZDRAVNIK Šifra: _____	34. ZDRAVNIK Šifra: _____
35. ZDRAVNIK Šifra: _____	36. ZDRAVNIK Šifra: _____
37. ZDRAVNIK Šifra: _____	38. ZDRAVNIK Šifra: _____
39. ZDRAVNIK Šifra: _____	40. ZDRAVNIK Šifra: _____
41. ZDRAVNIK Šifra: _____	42. ZDRAVNIK Šifra: _____
43. ZDRAVNIK Šifra: _____	44. ZDRAVNIK Šifra: _____
45. ZDRAVNIK Šifra: _____	46. ZDRAVNIK Šifra: _____
47. ZDRAVNIK Šifra: _____	48. ZDRAVNIK Šifra: _____
49. ZDRAVNIK Šifra: _____	50. ZDRAVNIK Šifra: _____
51. ZDRAVNIK Šifra: _____	52. ZDRAVNIK Šifra: _____
53. ZDRAVNIK Šifra: _____	54. ZDRAVNIK Šifra: _____
55. ZDRAVNIK Šifra: _____	56. ZDRAVNIK Šifra: _____
57. ZDRAVNIK Šifra: _____	58. ZDRAVNIK Šifra: _____
59. ZDRAVNIK Šifra: _____	60. ZDRAVNIK Šifra: _____
61. ZDRAVNIK Šifra: _____	62. ZDRAVNIK Šifra: _____
63. ZDRAVNIK Šifra: _____	64. ZDRAVNIK Šifra: _____
65. ZDRAVNIK Šifra: _____	66. ZDRAVNIK Šifra: _____
67. ZDRAVNIK Šifra: _____	68. ZDRAVNIK Šifra: _____
69. ZDRAVNIK Šifra: _____	70. ZDRAVNIK Šifra: _____
71. ZDRAVNIK Šifra: _____	72. ZDRAVNIK Šifra: _____
73. ZDRAVNIK Šifra: _____	74. ZDRAVNIK Šifra: _____
75. ZDRAVNIK Šifra: _____	76. ZDRAVNIK Šifra: _____
77. ZDRAVNIK Šifra: _____	78. ZDRAVNIK Šifra: _____
79. ZDRAVNIK Šifra: _____	80. ZDRAVNIK Šifra: _____
81. ZDRAVNIK Šifra: _____	82. ZDRAVNIK Šifra: _____
83. ZDRAVNIK Šifra: _____	84. ZDRAVNIK Šifra: _____
85. ZDRAVNIK Šifra: _____	86. ZDRAVNIK Šifra: _____
87. ZDRAVNIK Šifra: _____	88. ZDRAVNIK Šifra: _____
89. ZDRAVNIK Šifra: _____	90. ZDRAVNIK Šifra: _____
91. ZDRAVNIK Šifra: _____	92. ZDRAVNIK Šifra: _____
93. ZDRAVNIK Šifra: _____	94. ZDRAVNIK Šifra: _____
95. ZDRAVNIK Šifra: _____	96. ZDRAVNIK Šifra: _____
97. ZDRAVNIK Šifra: _____	98. ZDRAVNIK Šifra: _____
99. ZDRAVNIK Šifra: _____	100. ZDRAVNIK Šifra: _____



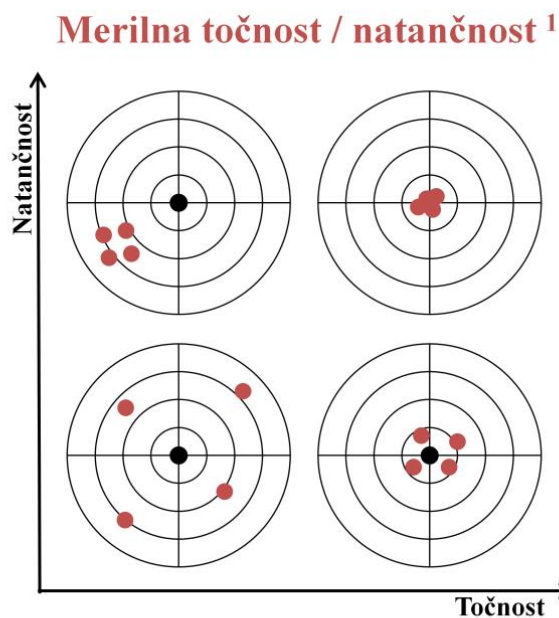
VRSTA PODATKOV

Biomedicinske meritve



Biomedicinske meritve predstavljajo eno numerično vrednost in pripadajočo enoto merjene količine, kot je npr.:

- temperatura (°C)
- srčni utrip (udarcev/sekundo)
- krvni tlak (mmHg)
- analiza krvi (mmol/l, mg/l)
- analiza urina (mmol/24h, mg/24h)
- telesna teža (kg)
- ...

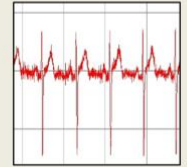


¹ točnost (*ang.* accuracy), natančnost (*ang.* precision)



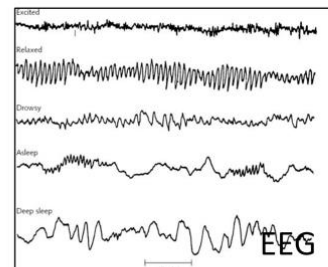
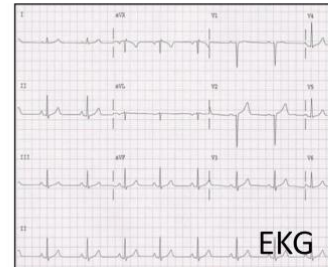
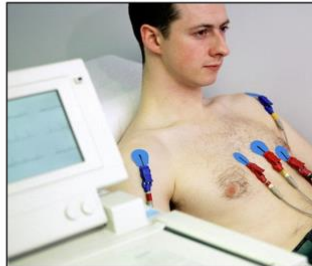
VRSTA PODATKOV

Biomedicinski signali



Signali so vrednosti meritev, podane kot funkcija časa (signale, ki so funkcija frekvence ali valovne dolžine, običajno imenujemo spektri). Najpogosteje jih pridobimo z merjenjem električnih, mehanskih, biokemičnih in drugih fizikalnih in kemičnih veličin, ki opisujejo bolnika oz. biološki proces:

- elektrokardiogram (EKG)
- elektroencefalogram (EEG)
- elektromiogram (EMG)
- spirogram
- zvok
- krvni tlak
- ...



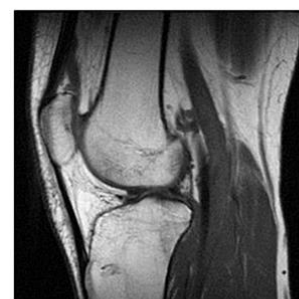
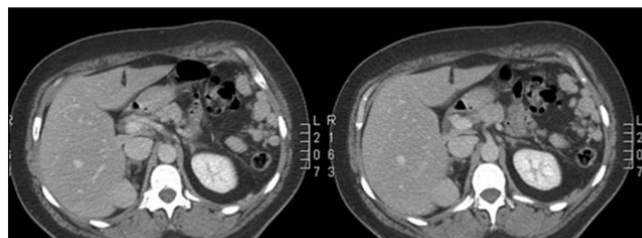
VRSTA PODATKOV

Biomedicinske slike



Slika je dvodimenzionalna (2D) ali tridimenzionalna (3D) meritev določene veličine, ki je predstavljena kot funkcija prostorskih koordinat. Omogoča opazovanje prostorskih lastnosti ter informacij o strukturi in zgradbi opazovanega objekta:

- mikroskopske slike
- rentgenske slike
- ultrazvočne slike
- računalniško tomografske (CT) slike
- magnetno resonančne (MR) slike
- ...



Slikovna informatika je področje biomedicinske informatike, ki se ukvarja z biomedicinskimi slikami.



VRSTA PODATKOV

Biomedicinski videi

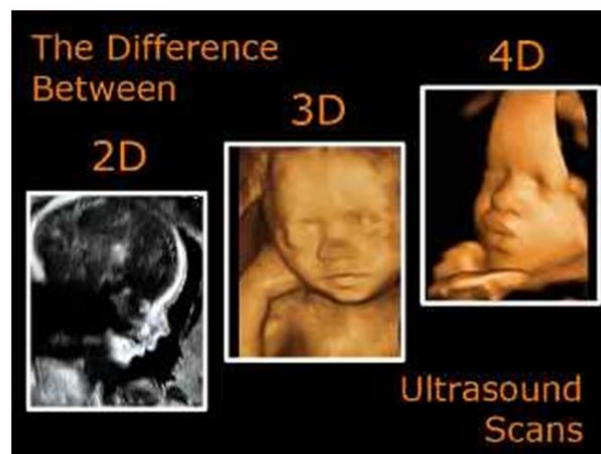


Video je tridimenzionalna (2D + čas) ali štiridimenzionalna (3D + čas) meritev določene veličine, ki je predstavljena kot funkcija prostorskih koordinat v času:

- ultrazvočni video
- CT/MR video
- ...

Dimenzija opazovanja je največkrat čas, lahko je pa tudi frekvenca, valovna dolžina ali druga spreminjajoča se veličina.

Ker lahko video pojmuje kot zaporedje 2D ali 3D slik, tudi področje biomedicinskih videov pokriva slikovna informatika.



ZBIRKE PODATKOV

Kaj so zbirke biomedicinskih podatkov?



Zbirke podatkov so organizirani sezname podatkov, ki modelirajo relevantne vidike resničnosti tako, da nudijo podporo procesom, ki te podatke potrebujejo.

Zbirke biomedicinskih podatkov so “knjižnice” podatkov znanosti o življenju, pridobljene na podlagi znanstvenih eksperimentov in računskih analiz.

V povezavi z zbirkami podatkov je ena izmed najpomembnejših operacij **priklic informacij** (*ang.* information retrieval), ki je sestavljena iz dveh elementov:

- indeksiranje podatkov (*ang.* indexing) na podlagi gesel (*ang.* terms), sestavljenih iz metapodatkov
- pridobivanje podatkov (*ang.* retrieval) na podlagi iskalnih nizov (*ang.* queries), razstavljenih na metapodatke



INFORMATION RETRIEVAL



ZBIRKE PODATKOV

Metapodatki



Metapodatki so strukturirane informacije o podatkih, ki omogočajo iskanje, identifikacijo, izbor ter dostopanje do teh podatkov, poleg tega pa pripomorejo tudi k organizaciji, indeksiranju, razporejanju in upravljanju s temi podatki.

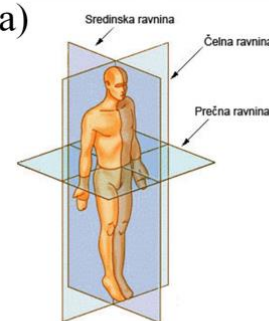


Lahko jih torej označimo kot “**podatke o podatkih**”, “**podatke o nosilcih podatkov**” oziroma “**podatke o vsebini podatkov**”.

- zemljepisna širina in dolžina (nista del Zemlje, a potrebni za določanje položaja)



- sredinska, čelna in prečna ravnina telesa (niso del telesa, a potrebne za določanje položaja)



ZBIRKE PODATKOV

Metapodatki (2)



Metapodatke delimo na:

- **opisne**, ki služijo za identifikacijo, iskanje in pridobivanje podatkov (npr. mednarodna klasifikacija bolezni na podlagi MKB-10¹ oznak)
- **strukturne**, ki služijo za opisovanje notranje (logične ter fizične) strukture podatkov ter povezav med posameznimi deli podatkov (npr. strukturna hierarhija pri klasifikaciji bolezni)
- **administrativne**, ki služijo za opisovanje tehničnih vidikov vira, povezanih z njegovo nadaljnjo uporabo, obdelavo in upravljanje (npr. določila o zaupnosti in varovanju podatkov o bolniku)

Namen metapodatkov je izboljšati **interoperabilnost** znotraj ter med informacijskimi sistemi, torej izboljšati zmožnost informacijskih sistemov in pripadajočih procesov, da izmenjujejo podatke, informacije ter znanja.

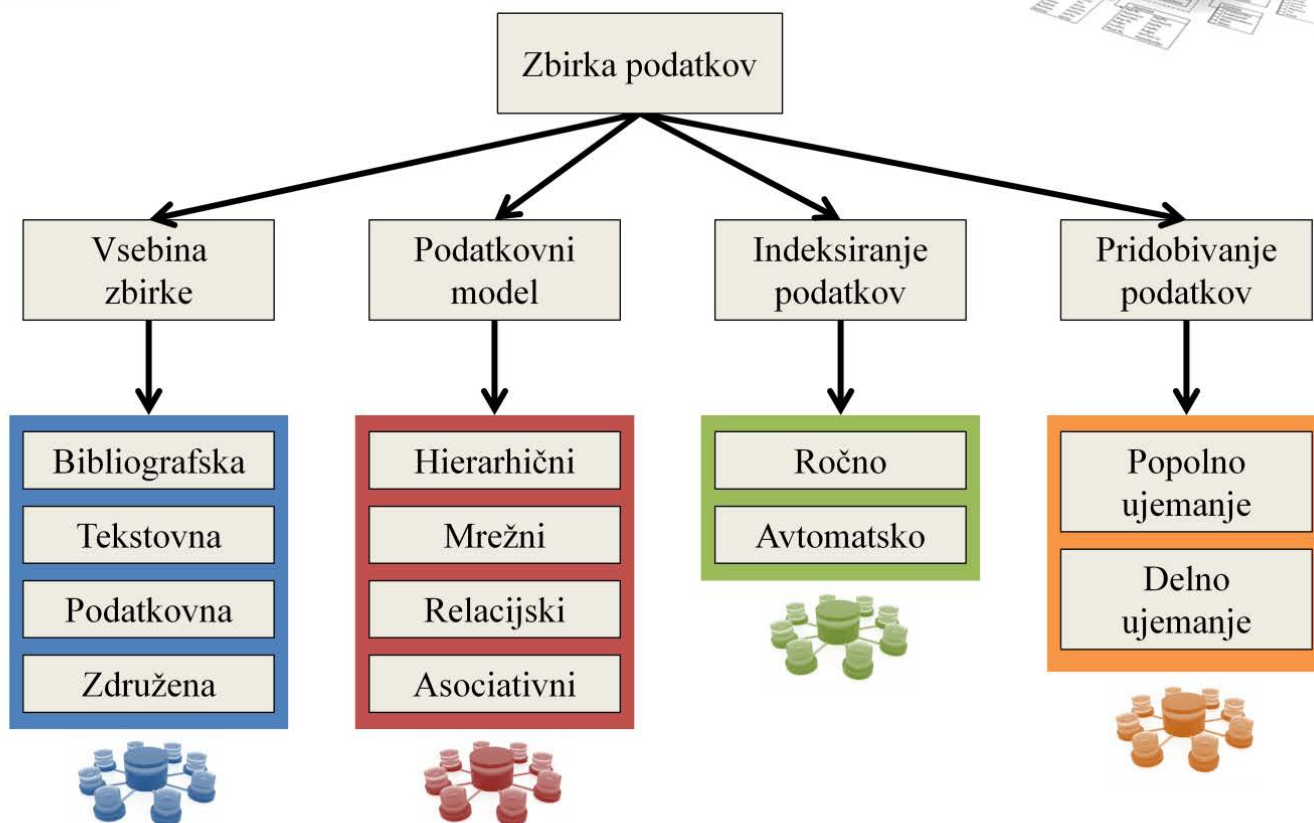


¹ ang. ICD-10; internetni dostop preko <http://sl.wikipedia.org/wiki/MKB-10> oziroma <http://apps.who.int/classifications/icd10/>



ZBIRKE PODATKOV

Lastnosti



VSEBINA ZBIRKE

Bibliografska vsebina



Bibliografska vsebina se nanaša na zbirke podatkov s povezavami na literaturo (znanstveni članki, knjige, itn.).

1. Bibliografske zbirke

Povezave v obliki citatov na medicinsko (in ostalo) literaturo.

- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - MEDLINE¹ http://www.pubmed.gov biomedicina > 5500 publikacij > 22 milijonov vpisov 1950 – danes | <ul style="list-style-type: none"> - EMBASE biomedicina > 7000 publikacij > 20 milijonov vpisov 1947 – danes | <ul style="list-style-type: none"> - CINAHL² zdravstvena nega > 3000 publikacij > 2.6 milijona vpisov 1937 – danes |
|--|--|---|



¹ Medical Literature Analysis and Retrieval System (MEDLARS) Online

² Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature

VSEBINA ZBIRKE

Bibliografska vsebina (2)



- **Web of Science**
<http://www.isiknowledge.com/WOS/>
 > 12000 publikacij
 > 40 milijonov vpisov
 1900 – danes
- **SciVerse Scopus**
<http://www.scopus.com>
 > 19000 publikacij
 > 47 milijonov vpisov
 1823 – danes
- **Google učenjak¹**
<http://scholar.google.si>
 >>> publikacij
 >>> vpisov
 (kontroverznost glede relevantnosti)



Te tri bibliografske zbirke (in še vrsto drugih) niso omejene samo na področje biomedicine in zdravstva.

¹ ang. Google Scholar

VSEBINA ZBIRKE

Bibliografska vsebina (3)



2. Spletni katalogi

Spletne strani, ki ne vključujejo dejanske vsebine ampak povezave na druge spletne strani.

- **HealthFinder**

<http://healthfinder.gov>



- **HON Select**

<http://www.hon.ch/HONselect/>



3. Specializirani sezname

To niso le povezave na literaturo in spletne strani, ampak je vsebina bolj raznolika.

- **National Guidelines Clearinghouse (NGC)**

<http://guideline.gov>



VSEBINA ZBIRKE

Tekstovna vsebina



Tekstovna vsebina se nanaša na zbirke podatkov, ki poleg povezav na literaturo ponujajo tudi dostop do besedila.

Vodilno vlogo imajo založniške hiše za biomedicinsko literaturo, ki ponujajo spletne vmesnike, preko katerih lahko v zameno za plačilo dostopamo do besedil (HTML ali PDF oblika) in ostalih vsebin (npr. multimedijjskih).

- **ScienceDirect**

Založba Elsevier

<http://www.sciencedirect.com>



- **Wiley Online Library**

Založba John Wiley & Sons

<http://onlinelibrary.wiley.com>



- **SpringerLink**

Založba Springer

<http://www.springerlink.com>



- **OvidSP**

Založba Wolters Kluwer

<http://ovidsp.ovid.com>



VSEBINA ZBIRKE

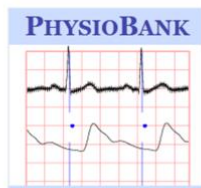
Podatkovna vsebina



Podatkovna vsebina se nanaša na zbirke podatkov, ki ne vsebujejo literature ampak podatke drugačne narave.

1. Signali

- PhysioBank
<http://www.physionet.org>

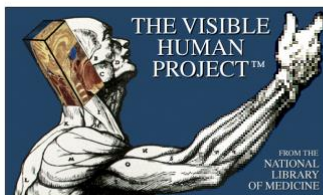


- SIESTA
<http://www.thesiestagroup.com>



2. Slike

- Visible Human Project
<http://www.nlm.nih.gov/research/visible/>



- Images.MD
<http://www.springerimages.com/ImagesMD/>



3. Genska zaporedja

- GenBank
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>



- Genomes On Line Database (GOLD)
<http://www.genomesonline.org>



VSEBINA ZBIRKE

Podatkovna vsebina (2)



4. Z dokazi podprta medicina (EBM¹)

- Cochrane Library

<http://www.cochrane.org>



- Clinical Evidence

<http://www.clinicalevidence.com>

ClinicalEvidence

- Essential Evidence Plus

<http://www.essentialevidenceplus.com>



5. Bibliografski citati

- Science Citation Index (SCI)

<http://ip-science.thomsonreuters.com>

- CiteSeerX

<http://citeseerx.ist.psu.edu>



6. Ostali podatki

- ClinicalTrials.gov

<http://clinicaltrials.gov>



¹ ang. Evidence-Based Medicine (EBM)

VSEBINA ZBIRKE

Združena vsebina



Združena vsebina opredeljuje elemente vseh treh kategorij: bibliografsko vsebino, tekstovno vsebino in podatkovno vsebino.

- MedlinePlus

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/>



- MedWeaver

<http://www.unboundmedicine.com>



- Merck Medicus

<http://www.merckmedicus.com>



- Generic Model Organism Database (GMOD)

<http://gmod.org>



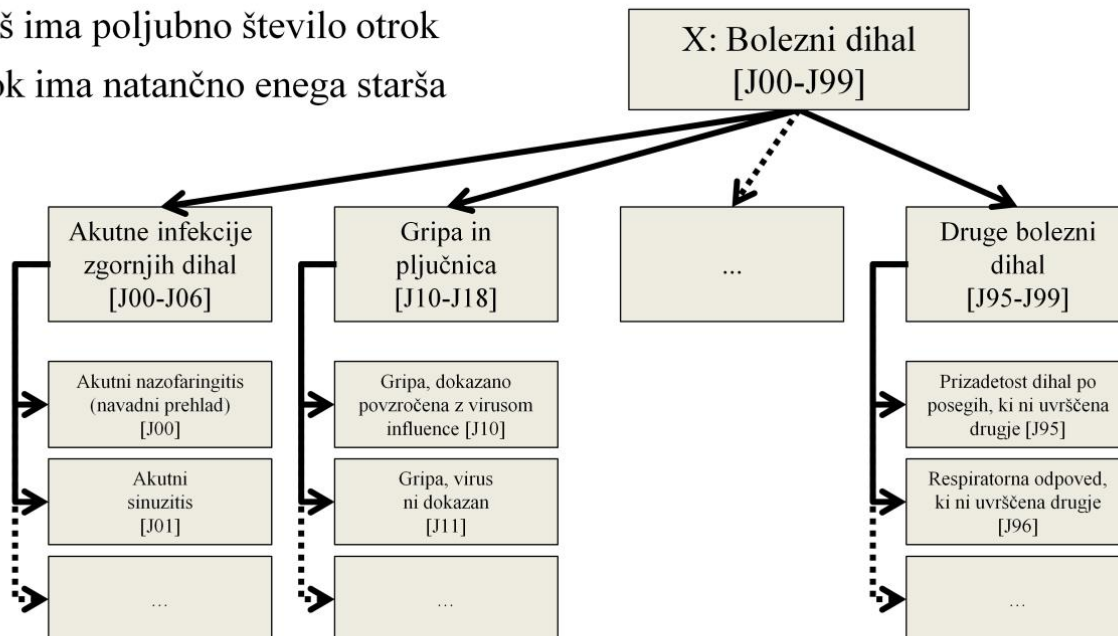
PODATKOVNI MODEL

Hierarhični model



Podatki so urejeni v obliki drevesne strukture, kar omogoča odnose starši/otroci, in sicer oblike 1-N:

- vsak starš ima poljubno število otrok
- vsak otrok ima natančno enega starša



Vir: Mednarodna statistična klasifikacija bolezni in sorodnih zdravstvenih problemov (MKB-10, ang. ICD-10)

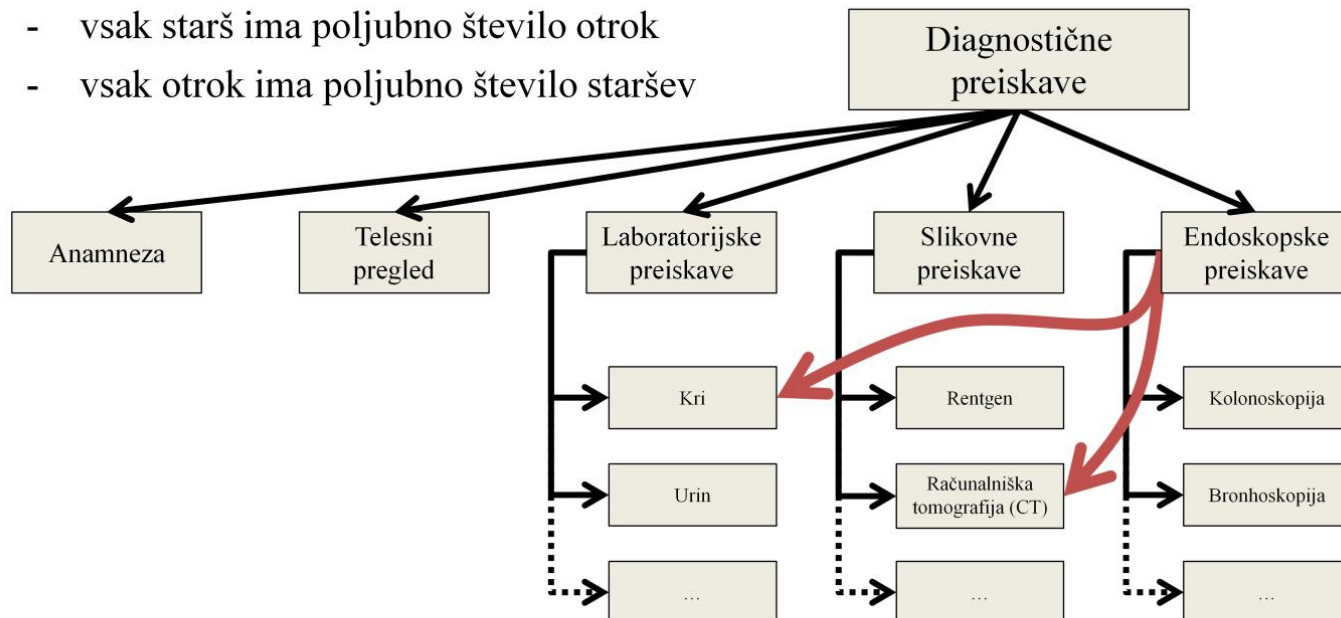
PODATKOVNI MODEL

Mrežni model



Podatki so urejeni v obliki drevesne strukture, kar omogoča odnose starši/otroci, in sicer oblike M-N:

- vsak starš ima poljubno število otrok
- vsak otrok ima poljubno število staršev



PODATKOVNI MODEL

Relacijski model



Podatki so urejeni v obliki tabel ter so med seboj povezani na podlagi “ključa”, ki predstavlja relacije oz. odnose med vsebino.

Tabela: Vrste diagnostičnih preiskav

Koda preiskave	Ime preiskave
1	Anamneza
2	Telesni pregled
3	Laboratorijske preiskave
4	Slikovne preiskave
5	Endoskopske preiskave

Ključ: Koda preiskave = 4

Tabela: Opravljene diagnostične preiskave

Koda storitve	Datum (LLLL-MM-DD)	Koda preiskave	Koda bolnika
067563	2011-10-01	1	04376
067564	2012-04-23	4	00249
067565	2012-07-11	5	08562
067566	2012-07-19	4	12765

Ključ: Koda preiskave = 4

Tabela: Rezultati

Ime preiskave	Koda storitve	Datum (LLLL-MM-DD)	Koda bolnika
Slikovne preiskave	067564	2012-04-23	00249
Slikovne preiskave	067566	2012-07-19	12765



PODATKOVNI MODEL

Asociativni model



Podatki so urejeni kot samostojni deli, povezave med njimi pa so določene v obliki asociacij.

Tabela: Predmeti

Koda	Opis
101	bolnik 00249
102	bolnik 08562
103	je opravil
104	ni opravil
105	uspešno
106	neuspešno
107	laboratorijska preiskava
108	slikovna preiskava
109	na
110	rentgen
111	računalniška tomografija

Tabela: Povezave

Koda	Izvor	Aktivnost	Ponor
201	101	103	108
202	201	109	111
203	202	000	105

Rezultati

201 = 101 + 103 + 108	[Bolnik 00249] [je opravil] [slikovno preslikavo].
202 = 201 + 109 + 111	[Bolnik 00249 je opravil slikovno preiskavo] [na] [računalniški tomografiji].
203 = 202 + 000 + 105	[Bolnik 00249 je opravil slikovno preiskavo na računalniški tomografiji] [] [uspešno].



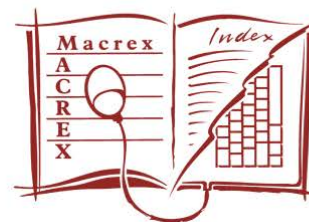
INDEKSIRANJE PODATKOV

Nadzorovana terminologija



Nadzorovana terminologija omogoča indeksiranje na podlagi zakladnice konceptov, gesel in ključev (metapodatki):

- **koncept** predstavlja idejo ali objekt, ki ga želimo opisati
- **geslo** je eden izmed možnih opisov koncepta (prednostno geslo je **kanonična oblika**, ostala so sopomenke)
- **ključ** predstavlja eno izmed različic gesla



Pomembni so vidiki **hierarhičnosti**, **sopomenskosti** in **povezanosti** terminologije.

Primeri:

- Medical Subject Headings (MeSH) <http://www.nlm.nih.gov/mesh/>
- Unified Medical Language System (ULMS) <http://www.nlm.nih.gov/research/umls/>

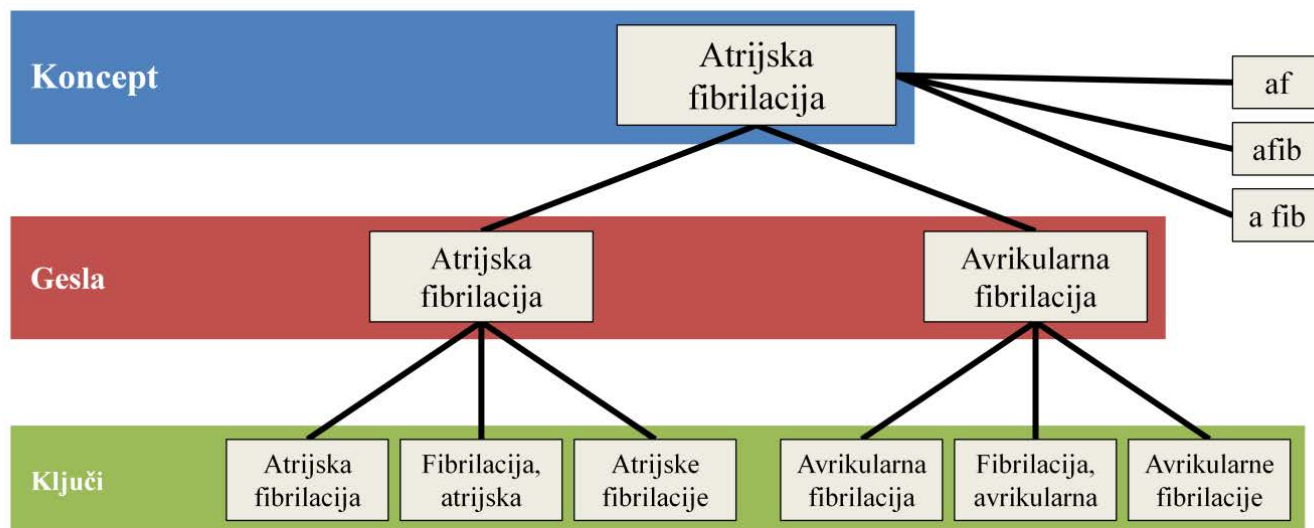


INDEKSIRANJE PODATKOV

Ročno indeksiranje



Ročno indeksiranje podatkov opravlja **človek** tako, da v skladu s predpisanim protokolom dodeljuje konceptom standardizirana gesla in ključe.



INDEKSIRANJE PODATKOV

Ročno indeksiranje (2)



Ročno indeksiranje je v zatonu, saj se soočamo z naslednjimi **problemi**:

- nekonsistenčnost
- časovna zamudnost

Ponekod se še vedno uporablja za indeksiranje bibliografskih zbirk, nadomešča ga pa polavtomatsko in predvsem avtomatsko indeksiranje.

- Dublin Core Metadata Initiative (DCMI)
<http://dublincore.org>



Dublin Core Metadata Initiative
Making it easier to find information

- Resource Description Framework (RDF)
<http://www.w3.org/RDF/>



R D F



INDEKSIRANJE PODATKOV

Avtomatsko indeksiranje



Avtomatsko indeksiranje podatkov opravlja **računalniški algoritem**:

- izločanje vseh alfa-numeričnih sekvenc iz gesla
- odstranjevanje praznih gesel (*ang.* stop words), kot jih določa negativni slovar
- določanje korena gesla

Tudi tu se soočamo z vrsto **problemov**:

- sopomenskost: enak pomen različnih gesel (npr. “hipertenzija” in “zvišan krvni tlak”)
- večpomenskost: različen pomen enega gesla (npr. “odvod” kot elektrokardiografski zapis ali kot matematična operacija)
- vsebina: podatki včasih ne odražajo dejanske tematike
- kontekst: spremenljiv pomen glede na bližino drugih podatkov
- morfolologija: spremenljiva oblika jezika (npr. koreni in končnice gesel)
- zrnatost: opisovanje pomena na različnih nivojih hierarhije



INDEKSIRANJE PODATKOV

Avtomatsko indeksiranje (2)



Metode na osnovi dodeljevanja uteži indeksirajo podatke glede na pogostnost pojavljanja gesla v podatkih:

$$\text{UTEŽ}(\text{geslo}, \text{podatek}) = \text{FG}(\text{geslo}, \text{podatek}) \times \text{IFP}(\text{geslo})$$



- **frekvenca gesla (FG):**

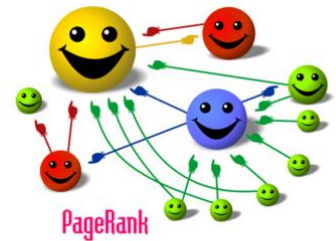
$$\text{FG}(\text{geslo}, \text{podatek}) = \text{frekvenca gesla v podatku}$$

- **inverzna frekvenca podatka (IFP):**

$$\text{IFP}(\text{geslo}) = \log \frac{\text{št. vseh podatkov v zbirki}}{\text{št. podatkov, ki vsebujejo geslo}} + 1$$

Metode na osnovi pogostnosti povezav indeksirajo podatke glede na pogostnost povezav med gesli in podatki:

- algoritem **PageRank (PR)**, ki ga uporablja spletni iskalnik Google, dodeli pomembnost spletnim stranem na podlagi pogostnosti povezav ostalih strani na izbrano stran



PRIDOBIVANJE PODATKOV

Na podlagi popolnega ujemanja

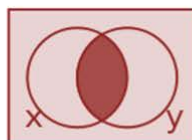


Rezultat pridobivanja podatkov **na podlagi popolnega ujemanja** so podatki, ki se popolnoma ujemajo s kriteriji v podanem iskalnem nizu.

Ker so podatki (npr. dokumenti) lahko predstavljeni kot množice elementov (npr. besed), se največkrat uporablja **model na osnovi teorije množic**.

Podobnost med podatki in iskalnim nizom se določi s pomočjo Booleovih logičnih operacij:

- konjunkcija (IN oz. \wedge)
- disjunkcija (ALI oz. \vee)
- negacija (NE oz. \neg)



$$x \wedge y$$



$$x \vee y$$



$$\neg x$$

Ta način se večinoma uporablja za pridobivanje podatkov iz bibliografskih vsebin. Za uspešno pridobivanje podatkov je potrebno poznati delovanje Booleovih operatorjev ter strukturo pripadajoče zbirke podatkov.



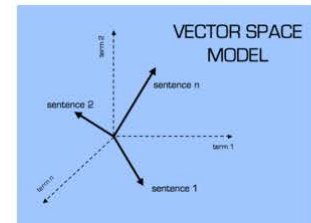
PRIDOBIVANJE PODATKOV

Na podlagi delnega ujemanja



Rezultat pridobivanja podatkov **na podlagi delnega ujemanja** so podatki, ki so po rangiranju glede na podani iskalni niz le-temu najbolj podobni.

- V primeru **algebrajskega modela** so tako podatki kot iskalni nizi predstavljeni v obliki vektorjev. V takem vektorskem prostoru je podobnost med podatki in iskalnim nizom predstavljena kot skalarna vrednost.
- V primeru **verjetnostnega modela** je podobnost med podatki in iskalnim nizom predstavljena kot relevantnost. Verjetnost, da je podatek relevanten za dani iskalni niz, se izračuna s pomočjo Bayesovega teorema ali drugega verjetnostnega modela.



$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)}$$

Ta način se večinoma uporablja za pridobivanje podatkov iz tekstovnih vsebin. Za uspešno pridobivanje podatkov specifično znanje ni potrebno, ravno tako ni potrebno poznati strukture pripadajoče zbirke podatkov.



PRIDOBIVANJE PODATKOV

Primerjava modelov



Model	Prednosti	Slabosti
Model na osnovi teorije množic	<ul style="list-style-type: none"> - enostaven za razumevanje - ekspresiven iskalni niz 	<ul style="list-style-type: none"> - brez delnega ujemanja - zapleten jezik iskanja - pridobljene podatke ni mogoče rangirati - ni natančne povezave s pomenom podatkov
Algebrajski model	<ul style="list-style-type: none"> - delno ujemanje - uteževanje gesel - rangiranje pridobljenih podatkov 	<ul style="list-style-type: none"> - večja zahtevnost za izračun podobnosti - ni natančne povezave s pomenom podatkov
Verjetnostni model	<ul style="list-style-type: none"> - delno ujemanje - uteževanje gesel - rangiranje pridobljenih podatkov po relevantnosti 	<ul style="list-style-type: none"> - uteževanje gesel je binarno (verjetnosti) - delitev podatkov na relevantne in nerelevantne

PRIDOBIVANJE PODATKOV

Vrednotenje uspešnosti



Uspešnost lahko vrednotimo kvalitativno na podlagi analiziranja vzorcev uporabe in odziva, ki je lahko:

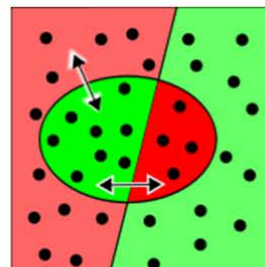
- **systemsko usmerjeno**, torej usmerjeno na sistem za pridobivanje podatkov
- **uporabniško usmerjeno**, torej usmerjeno na uporabnika sistema za pridobivanje podatkov

Uspešnost lahko vrednotimo kvantitativno na podlagi **mer vrednotenja**:

$$\text{priklic} = \frac{\text{relevantni podatki} \cap \text{pridobljeni podatki}}{\text{relevantni podatki}}$$

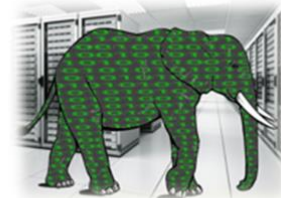
$$\text{natančnost} = \frac{\text{relevantni podatki} \cap \text{pridobljeni podatki}}{\text{pridobljeni podatki}}$$

$$\text{izpad} = \frac{\text{nerelevantni podatki} \cap \text{pridobljeni podatki}}{\text{nerelevantni podatki}}$$

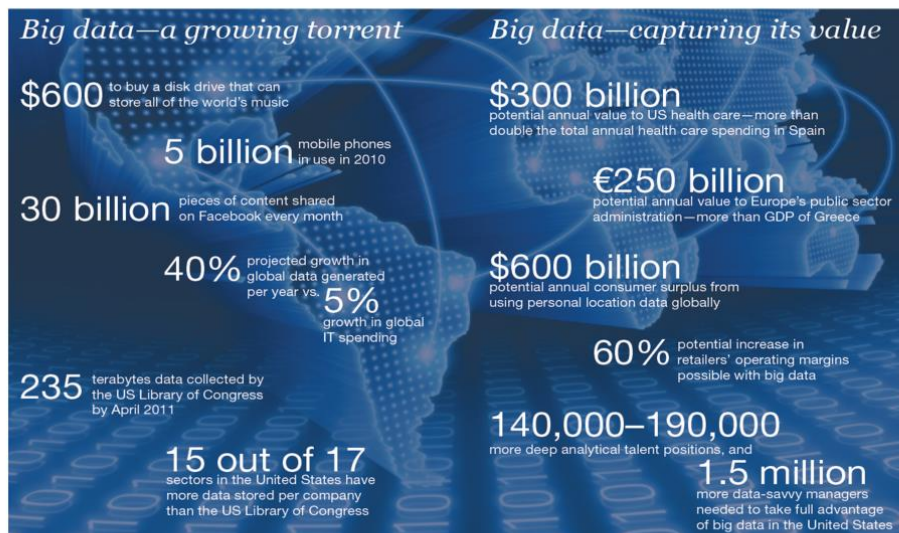


VELIKI PODATKI

Naslednji mejnik inovativnosti, konkurenčnosti in produktivnosti



“Veliki podatki” so tisti podatki, ki jih zaradi njihove velikosti in kompleksnosti ne zmoremo uspešno zajemati, shranjevati in analizirati ter jih ne zmoremo upravljati s pomočjo trenutno uveljavljenih sistemov za upravljanje z zbirkami podatkov.



Vir: J. Manyika in dr.: *Big data: the next frontier for innovation, competition, and productivity*. McKinsey Global Institute, 2011

ZAKLJUČEK

Razprava, komentarji, vprašanja...

- Podajte definicije za biomedicinske podatke ter za zbirke biomedicinskih podatkov.
- Opišite model DIKW.
- Podajte klasifikacijo podatkov glede na strukturo, razsežnost in vrsto. Podajte tudi primere.
- Kaj so metapodatki?
- Naštejte in opišite zbirke podatkov glede na njihovo vsebino.
- Naštejte in opišite vrste podatkovnih modelov.
- Naštejte in opišite načine indeksiranja podatkov.
- Naštejte in opišite modele pridobivanja podatkov.
- Ali je v primeru vrednotenja uspešnosti pridobivanja podatkov smiselno doseči 100% priklic? Ali je smiselno doseči 0% izpad? Obrazložite odgovor.





3. STANDARDI V BIOMEDICINSKI INFORMATIKI

Biomedicinska informatika

doc. dr. Tomaž Vrtovec

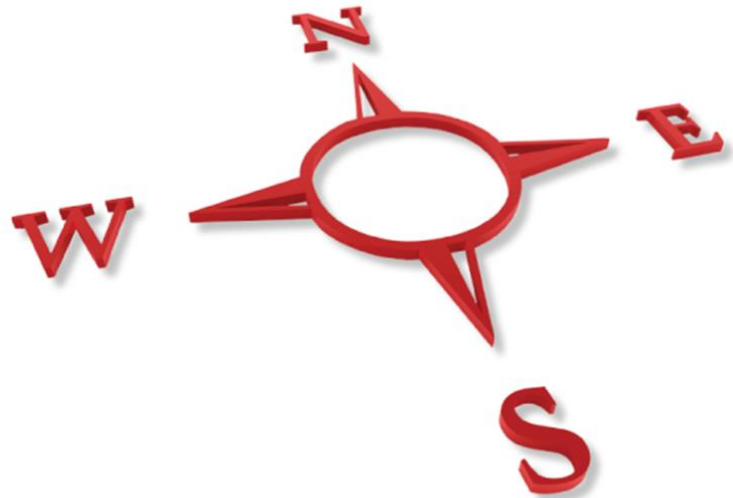


STANDARDI V BMI

Kaj je standard in zakaj jih potrebujemo?

Standard je nabor pravil in določil, ki opisujejo, kako opraviti neko aktivnost, izvajati nek proces, proizvajati nek produkt ali nuditi neko storitev.

Potrebujemo jih takrat, kadar prevelika raznolikost povzroča neučinkovitost ter onemogoča interoperabilnost.



STANDARDI V BMI

Definicija standarda



Definicija standarda, kot ga je podala **Mednarodna organizacija za standardizacijo** (*ang.* International Organization for Standardization, ISO):

- Katerakoli pomenljiva izmenjava izražanj, ki je odvisna od predhodnega obstoja dogovorjenih semantičnih in sintaktičnih pravil. Prejemniki takih izražanj morajo uporabljati samo ta pravila za njihovo interpretiranje, zato da njihov pomen ostane enak (ti. Helsinški principi).
- Dokument, ki je vpeljan na podlagi soglasja ter potrjen s strani prepoznavnega organa in ki priskrbi pravila, priporočila in značilnosti za uporabo določene aktivnosti in njenih rezultatov z namenom doseganja optimalne urejenosti znotraj danega konteksta.



International
Organization for
Standardization

Vir: <http://www.iso.org> – ISO TR 9007:1987 in ISO/IEC Guide 2:1996, definition 3.2



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

STANDARDI V BMI

Definicija standarda (2)



Definicija standarda, kot ga je podal **Evropski odbor za standardizacijo** (*ang.* European Committee for Standardization, CEN):

- Tehnični dokument, ki se uporablja kot pravilo, priporočilo ali določilo oz. kot način ponovljivega in soglasnega dela. Interesne skupine (proizvajalci, uporabniki, regulatorji) imajo od standardizacije korist preko povečane zanesljivosti, kakovosti in učinkovitosti izbranega produkta, procesa ali storitve.



European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

Vir: <http://www.cen.eu/cen/products/en/pages/default.aspx>



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

STANDARDI V BMI

Načini vpeljevanja standardov



Standard se lahko vpelje na štiri različne načine:

1. “Ad hoc” standard

Neformalni standard, s katerim se strinjajo interesne skupine (npr. standard DICOM za medicinske slikovne tehnike).

2. “De facto” standard

Prodajalec obvladuje večino trga in tako svoj produkt vpelje kot standard (npr. operacijski sistem Microsoft Windows).

3. Organizacijsko-pooblaščen standard

Standard vpeljejo državne organizacije, pri čemer tudi formalno in pravno uredijo njegovo uporabo.

4. Soglasno sprejeti standard

Posamezniki, ki zastopajo interesne skupine, vpeljejo standard v postopku odprte diskusije. Na ta način se vpelje večina standardov v zdravstvu (npr. standard HL7 za izmenjavo kliničnih podatkov).



STANDARDI V BMI

Stopnje vpeljevanja standardov



Vpeljava standarda poteka skozi naslednje stopnje:

1. Identifikacija

Obstoj potrebe po standardu, ki ga trenutna tehnologija omogoča.

2. Zasnova

Definicija značilnosti standarda in njegovega namena.

3. Diskusija

Oblikovanje standarda ter prednosti in slabosti različnih konceptov.

4. Zgodnja izvedba

Sprejem med uporabniki je v tej stopnji ključnega pomena.

5. Prilagajanje

Prihaja do sporazumov in zavez med uporabniki.

6. Potrjevanje

Nepristranski organ potrdi skladnost (certifikacija).



ORGANIZACIJE

Organizacije za standardizacijo



Organizacije za standardizacijo (*ang.* Standardization Organization, SO) so tiste organizacije, katerih primarna aktivnost je razvoj, koordiniranje, širjenje, pregledovanje, izboljševanje, izdajanje, interpretiranje, certificiranje ali kakršnokoli drugo vpeljevanje standardov za širšo množico uporabnikov.

Organizacije za standardizacijo delimo na:

- **Organizacije za vpeljavo standardov**
(*ang.* Standard Setting Organization, SSO)
- **Organizacije za razvoj standardov**
(*ang.* Standard Developing Organization, SDO)



ORGANIZACIJE

Mednarodna organizacija za standardizacijo



Mednarodna organizacija za standardizacijo

(*ang.* International Organization for Standardization, ISO)

<http://www.iso.org>

- ustanovljena leta 1947 s sedežem v Ženevi, Švica
- članice so pooblašene organizacije posameznih držav

▪ Tehnični odbor 215 – zdravstvena informatika

(*ang.* Technical Committee 215 – Health Informatics, ISO/TC 215)

<http://isotc.iso.org/livelink/livelink/open/tc215>

- ustanovljen leta 1989
- sestavljen iz devetih delovnih skupin (*ang.* Work Groups, WG)
- Slovenija je pridružena kot opazovalka



International
Organization for
Standardization



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ORGANIZACIJE

Evropski odbor za standardizacijo



Evropski odbor za standardizacijo

(ang. European Committee for Standardization, CEN)

<http://www.cen.eu>

- ustanovljen leta 1961 s sedežem v Bruslju, Belgija
- tesna povezanost z Evropsko unijo in njenimi članicami
- Dunajski sporazum iz leta 1991 med CEN in ISO za izogibanje podvajanju standardov (CEN je od takrat prevzel številne ISO standarde)

▪ Tehnični odbor 251 – zdravstvena informatika

(ang. Technical Committee 251 – Health Informatics, CEN/TC 251)

- ustanovljen leta 1991
- sestavljen iz sedmih delovnih skupin (ang. Work Groups, WG)



European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ORGANIZACIJE

Slovenski inštitut za standardizacijo



Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST)

<http://www.sist.si>

- ustanovljen leta 2000, pričetek delovanja leta 2001
- zastopa Slovenijo v mednarodnih (npr. ISO) in evropskih (npr. CEN) organizacijah, katerih polnopravni član je
- obstajajo tehnični odbori, ampak ne obsegajo zdravstvene ali biomedicinske informatike



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ORGANIZACIJE

Ministrstvo za zdravje



Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije (MZ RS)

<http://www.mz.gov.si>

▪ Svet za informatiko v zdravstvu (SIZ)

- zagotavljanje učinkovite uporabe informacijske in komunikacijske tehnologije (IKT) v zdravstvu in uresničevanje strategije eZdravje²⁰¹⁰
- področje dela obsega vse aktivnosti na področju zdravstvene informatike na nacionalni ravni, ki so skupne vsem službam in ustanovam v okviru zdravstvenega sistema, ne vključuje pa tistih aktivnosti s področja zdravstvene informatike, ki so lastne posamezni ustanovi

▪ Odbor za zdravstveno informacijske standarde (OZIS)

- odgovornost za oblikovanje in obvladovanje informacijskih standardov oz. drugih normativnih dokumentov v slovenskem zdravstvenem sistemu
- krovno strokovno telo na področju standardov v zdravstveni informatiki, ki SIZ-ju podaja priporočila glede standardizacije zdravstvene informatike



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ORGANIZACIJE

Ostale pomembne organizacije



- **Ameriški narodni inštitut za standarde**
(*ang.* American National Standards Institute, ANSI)
<http://www.ansi.org>

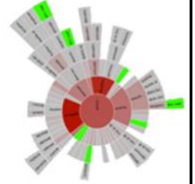
- **Ameriško združenje za testiranje in materiale**
(*ang.* American Society for Testing and Materials, ASTM)
<http://www.astm.org>
 - **Odbor E31 za zdravstveno informatiko**
(*ang.* Committee E31 on Healthcare Informatics, ASTM/C E31)
<http://www.astm.org/COMMITTEE/E31.htm>

- **Združenje za informatiko v zdravstvu**
(*ang.* Healthcare Information and Management Systems Society, HIMSS)
<http://www.himss.org>



ONTOLOGIJA

Kaj je ontologija?

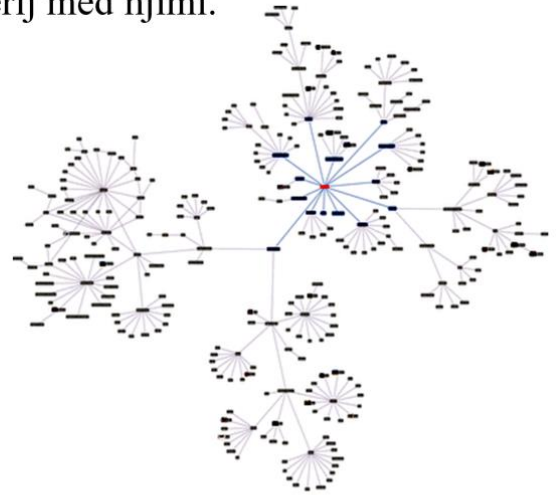


Nomenklatura je sistem principov in postopkov, ki se uporabljajo za imenovanje terminov, **slovar** je seznam terminov iz določenega področja, **terminologija** pa je študija o terminih (besedah in besednih zvezah), ki se uporabljajo v določenem kontekstu.

Ontologija je formalna predstavitev množice konceptov (in ne samo terminov) z nekega področja ter razmerij med njimi.

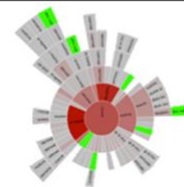
Osnovna vprašanja na področju ontologije so:

- Kaj obstaja?
- Kaj pomeni ta obstoj?
- Kateri so različni načini obstoja?
- V katero kategorijo spada?



ONTOLOGIJA

ICD



Mednarodna klasifikacija bolezni – MKB

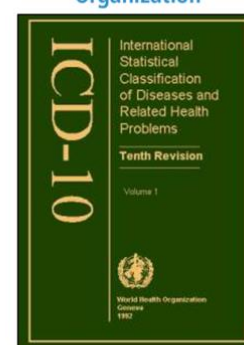
(*ang.* International Classification of Diseases, ICD)

<http://www.who.int/classifications/icd/en/> in <http://sl.wikipedia.org/wiki/MKB-10>

- klasifikacijo vzdržuje Svetovna zdravstvena organizacija (*ang.* World Health Organization, WHO)
- klasifikacija bolezni je sistem kategorij, v katerega so uvrščene bolezni in stanja v skladu z izbranimi merili
- uporablja se za statistične raziskave o razširjenosti bolezni in umrljivosti, za sisteme za povračilo stroškov zdravljenja ter za sisteme avtomatsko odločanje v zdravstvu
- od leta 1994 je v uporabi 10. različica (MKB-10), pripravlja se 11. različica (predvidoma leta 2015)
- na voljo v 6 uradnih jezikih (arabščina, kitajščina, angleščina, francoščina, ruščina in španščina) ter 36 prevodih, med njimi tudi slovenščina (v domeni Inštituta za socialno varstvo)

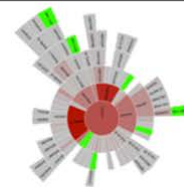


World Health
Organization



ONTOLOGIJA

ICD (2)



MKB-10 je sestavljena iz 22 **poglavij**, razdeljenih na **kategorije in kode**, npr.:

- I. Nekatere infekcijske in parazitske bolezni (A00-B99)
- II. Neoplazme (C00-D48)
- III. Bolezni krvi in krvotvornih organov ter imunskega sistema (D50-D89)
- IV. Endokrine, prehranske in presnovne bolezni (E00-E90)
- V. Duševne in vedenjske motnje (F00-F99)
- VI. Bolezni živčevja (G00-G99)
- VII. Bolezni očesa in adneksov (H00-H59)
- VIII. Bolezni ušesa in mastoida (H60-H95)
- IX. Bolezni obtočil (I00-I99)
- X. Bolezni dihal (J00-J99)
- XI. Bolezni prebavil (K00-K93)
- XII. Bolezni kože in podkožja (L00-L99)
- XIII. Bolezni mišično-skeletnega sistema in vezivnega tkiva (M00-M99)
- XIV. Bolezni sečil in spolovil (N00-N99)
- XV. Nosečnost, porod in poporodno obdobje (O00-O99)
- XVI. Nekatera stanja, ki izvirajo v obporodnem obdobju (P00-P96)
- XVII. Prirojene malformacije, deformacije in kromosomske nenormalnosti (Q00-Q99)
- XVIII. Simptomi, znaki in nenormalni klinični in laboratorijski izvidi (R00-R99)
- XIX. Poškodbe, zastrupitve in nekatere druge posledice zunanjih vzrokov (S00-T98)
- XX. Zunanji vzroki obolevnosti in umrljivosti (V01-Y98)
- XXI. Dejavniki, ki vplivajo na zdravstveno stanje in na stik z zdravstveno službo (Z00-Z99)
- XXII. Kode za posebno uporabo (U00-U99)

ICD-10 Version:2010

Search

- ICD-10 Version:2010
 - ▶ I Certain infectious and parasitic diseases
 - ▶ II Neoplasms
 - ▶ III Diseases of the blood and blood-forming organs and certain disorders involving the immune mechanism
 - ▶ IV Endocrine, nutritional and metabolic diseases
 - ▶ V Mental and behavioural disorders
 - ▶ VI Diseases of the nervous system
 - ▶ VII Diseases of the eye and adnexa
 - ▶ VIII Diseases of the ear and mastoid process
 - ▶ IX Diseases of the circulatory system
 - ▶ X Diseases of the respiratory system
 - ▶ XI Diseases of the digestive system
 - ▶ XII Diseases of the skin and subcutaneous tissue
 - ▶ XIII Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue
 - ▶ XIV Diseases of the genitourinary system
 - ▶ XV Pregnancy, childbirth and the puerperium
 - ▶ XVI Certain conditions originating in the perinatal period
 - ▶ XVII Congenital malformations, deformations and chromosomal abnormalities
 - ▶ XVIII Symptoms, signs and abnormal clinical and laboratory findings, not elsewhere classified
 - ▶ XIX Injury, poisoning and certain other consequences of external causes
 - ▶ XX External causes of morbidity and mortality
 - ▶ XXI Factors influencing health status and contact with health services
 - ▶ XXII Codes for special purposes

<http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2010/en>



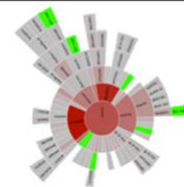
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ONTOLOGIJA

ICF



Mednarodna klasifikacija funkcioniranja, invalidnosti in zdravja

(*ang.* International Classification of Functioning, Disability and Health, ICF)

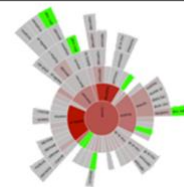
<http://www.who.int/classifications/icf/en/>

- klasifikacijo vzdržuje Svetovna zdravstvena organizacija (WHO)
- v uporabi od leta 1980, zadnja različica leta 2001
- vsebuje več kot 1400 kategorij (v splošnem 20% kategorij opiše 80% primerov v praksi)
- otroška in mladinska različica ICF-CY je bila izdana leta 2007 in vsebuje razvojne posebnosti, značilne za otroško in mladinsko populacijo



ONTOLOGIJA

ICF (2)



ICF je sestavljena iz 4 **poglavij**, razdeljenih na **kategorije in kode**, npr.:

- b. Funkcije telesa
 - b1. Funkcije duševnega in umskega sistema
 - b2. Funkcije čutil in bolečina
 - b3. Funkcije glasu in govora
 - b4. Funkcije kardiovaskularnega, hematološkega, imunskega in respiratornega sistema
 - b5. Funkcije prehranskih, presnovnih in endokrinih sistemov
 - b6. Funkcije sečil in splavil ter reproduktivnega sistema
 - b7. Funkcije mišično-skeletnega sistema ter gibanja
 - b8. Funkcije kože in pripadajočih struktur
- s. Strukture telesa
- d. Aktivnosti in sodelovanja
- e. Dejavniki okolja

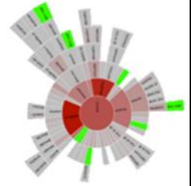
ICF Browser

- [-] ICF
 - [-] b BODY FUNCTIONS
 - [-] b1 CHAPTER 1 MENTAL FUNCTIONS
 - [-] b110-b139 Global mental functions (b110-b139)
 - [-] b140-b189 Specific mental functions (b140-b189)
 - [-] b198 Mental functions, other specified
 - [-] b199 Mental functions, unspecified
 - [-] b2 CHAPTER 2 SENSORY FUNCTIONS AND PAIN
 - [-] b3 CHAPTER 3 VOICE AND SPEECH FUNCTIONS
 - [-] b4 CHAPTER 4 FUNCTIONS OF THE CARDIOVASCULAR, HAEMATOLOGICAL, IMMUNOLOGICAL AND RESPIRATORY SYSTEMS
 - [-] b5 CHAPTER 5 FUNCTIONS OF THE DIGESTIVE, METABOLIC AND ENDOCRINE SYSTEMS
 - [-] b6 CHAPTER 6 GENITOURINARY AND REPRODUCTIVE FUNCTIONS
 - [-] b7 CHAPTER 7 NEUROMUSCULOSKELETAL AND MOVEMENT-RELATED FUNCTIONS
 - [-] b8 CHAPTER 8 FUNCTIONS OF THE SKIN AND RELATED STRUCTURES
 - [-] s BODY STRUCTURES
 - [-] d ACTIVITIES AND PARTICIPATION
 - [-] e ENVIRONMENTAL FACTORS

<http://apps.who.int/classifications/icfbrowser/>

ONTOLOGIJA

ICHI



Mednarodna klasifikacija zdravstvenih posegov

(*ang.* International Classification of Health Interventions, ICHI)

<http://www.who.int/classifications/ichi/en/>

- klasifikacijo vzdržuje Svetovna zdravstvena organizacija (WHO)
- še vedno v fazi razvoja
- namen je zamenjati Mednarodno klasifikacijo postopkov v medicini (*ang.* International Classification of Procedures in Medicine, ICMP) iz leta 1978



World Health
Organization



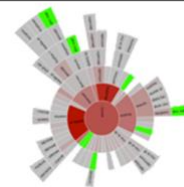
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ONTOLOGIJA

SNOMED

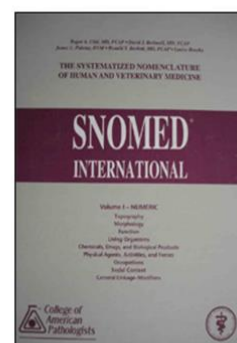


Sistematizirana medicinska nomenklatura

(ang. Systematized Nomenclature of Medicine, SNOMED)

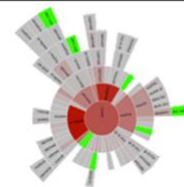
<http://www.snomed.org>

- vsebuje kode, termine, sinonime in določil za bolezni, dognanja, postopke, mikroorganizme, substance, itn.
- trenutna različica vsebuje 11 konceptov:
 - T (topografija) - D (diagnoza)
 - M (morfologija) - P (postopki)
 - L (živi organizmi) - A (vzroki in aktivnosti)
 - C (kemija) - S (družbeni kontekst)
 - F (funkcija) - G (splošno)
 - J (zaposlitev)
- preoblikovanje v ontologijo SNOMED CT (SNOMED Clinical Terms)



ONTOLOGIJA

SNOMED CT



Sistematizirana medicinska nomenklatura – klinični termini

(*ang.* Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms, SNOMED CT)

<http://www.ihtsdo.org/snomed-ct/>

- klasifikacijo vzdržuje Mednarodna organizacija za razvoj standardov terminologije v zdravstvu (*ang.* International Health Terminology Standards Development Organisation, IHTSDO) v Köbenhavnu na Danskem
- vsebuje več kot 311.000 konceptov, ki so povezani s približno 1.360.000 razmerji med njimi
- vseh držav članic je 19, Slovenija je članica od januarja 2010

INTERNATIONAL HEALTH TERMINOLOGY
STANDARDS DEVELOPMENT ORGANISATION



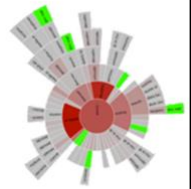
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ONTOLOGIJA

FMA



Osnovni model anatomije

(ang. Foundational Model of Anatomy, FMA)

<http://sig.biostr.washington.edu/projects/fm/>

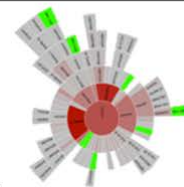
- klasifikacijo vzdržuje Univerza Washington v Seattlu, ZDA
- vsebuje več kot 75.000 konceptov ter 120.000 terminov, ki so povezani z več kot 2,1 milijona razmerji

- ✦ Body proper
- ✦ Upper limb
 - ✦ Right upper limb
 - ✦ Right pectoral girdle
 - ✦ Right free upper limb
 - ✦ Skin of right upper limb
 - ✦ Superficial fascia of right upper limb
 - ✦ Investing fascia of right upper limb
 - Vasculature of right upper limb
 - Neural network of right upper limb
 - ✦ Skeleton of right upper limb
 - ✦ Left upper limb
- ✦ Lower limb
 - ✦ Right lower limb
 - ✦ Left lower limb
- ✦ Integument
- ✦ Entire musculature
- ✦ Skeleton



ONTOLOGIJA

GALEN



Posplošena arhitektura za jezike, slovarje in nomenklature v medicini

(*ang.* Generalised Architecture for Languages, Encyclopaedias, and Nomenclatures in Medicine, GALEN)

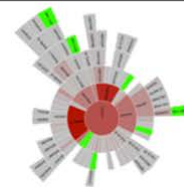
<http://www.opengalen.org>

- prosto dostopna medicinska terminologija
- projekt 3. in 4. okvirnega programa Evropske unije med leti 1992 in 1999
- leta 1999 sta Univerza v Manchesteru v Angliji ter Univerza v Nijmegnu na Nizozemskem ustanovili organizacijo OpenGALEN, ki nudi prost dostop do te terminologije
- OpenGALEN se ne več aktivno vzdržuje, ostaja pa prosto dostopno odložišče projektne vsebine



ONTOLOGIJA

LOINC



Logična imena in oznake za identifikacijo opazovanj

(ang. Logical Observation Identifiers Names and Codes, LOINC)

<http://loinc.org>

- ontologijo vzdržuje Inštitut Regenstrief v Indianapolisu, ZDA
- Vzpostavlja univerzalna imena in oznake za medicinsko terminologijo oz. za laboratorijska in klinična opazovanja, ki se uporabljajo v povezavi z elektronskimi zdravstvenimi zapisi

LOINC®
Logical Observation Identifiers Names and Codes

Search: pneumonia

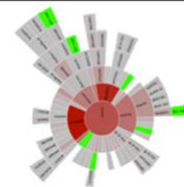
1 / 32

LOINC	LongName	Component	Property	Timing	System	Scale	Method
64183-7	At what age did you first have pneumonia PhenX	At what age did you first have pneumonia	Time	Pt	*Patient	On	PhenX
64181-1	Have you ever had pneumonia, include bronchopneumonia PhenX	Have you ever had pneumonia, include bronchopneumonia	Find	Pt	*Patient	Ord	PhenX
23328-8	Ovine progressive pneumonia virus Ab [Presence] in Milk	Ovine progressive pneumonia virus Ab	ACnc	Pt	Milk	Ord	



ONTOLOGIJA

MeSH



Medicinski stvarni naslovi

(*ang.* Medical Subject Headings, MeSH)

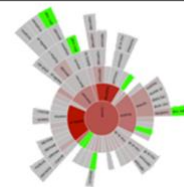
<http://www.nlm.nih.gov/mesh/>

- vzdržuje ga ameriška Narodna medicinska knjižnica (*ang.* National Library of Medicine)
- kategorije na najvišjem nivoju so:
 - [A] Anatomija
 - [B] Organizmi
 - [C] Bolezni
 - [D] Zdravila in učinkovine
 - [E] Diagnostični in terapevtski postopki in oprema
 - [F] Psihijatrija in psihologija
 - [G] Biologija
 - [H] Naravoslovje
 - [I] Antropologija, vzgoja in družboslovje
 - [J] Tehnologija v prehrani in pijači
 - [K] Humanistika
 - [L] Informacijske znanosti
 - [M] Osebe
 - [N] Zdravstvo
 - [V] Značilnosti objavljanja
 - [Z] Geografski položaj



ONTOLOGIJA

GO

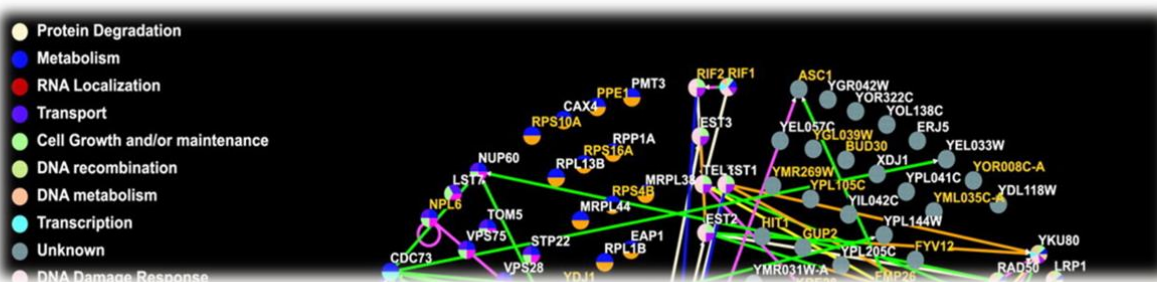


Genska ontologija

(ang. Gene Ontology, GO)

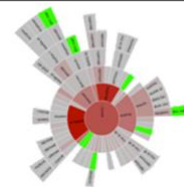
<http://www.geneontology.org>

- ontologija za poenotenje atributov, ki opisujejo gene in genske produkte
- vzdržuje jo GO konzorcij, ki ga sestavljajo različne organizacije in inštituti, ki se ukvarjajo z genomiko in bioinformatiko



ONTOLOGIJA

Oznake za zdravila



Slovar zdravil Svetovne zdravstvene organizacije

(ang. WHO Drug Dictionary)

<http://www.umc-products.com/DynPage.aspx?id=2829>



- vzdržuje ga Nadzorni center Uppsala (ang. Uppsala Monitoring Centre, UMC) v Uppsala na Švedskem

Narodne oznake zdravil

(ang. National Drug Codes, NDC)

<http://www.fda.gov/Drugs/InformationOnDrugs/ucm142438.htm>



- vzdržuje ga Ameriški vladni urad za prehrano in zdravila (ang. Food and Drug Administration, FDA)

Centralna baza zdravil (CBZ)

<http://www.cbz.si>

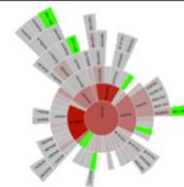
Centralna baza zdravil

- urejajo ga Ministrstvo za zdravje (MZ), Javna agencija za zdravila in medicinske pripomočke (JAZMP), Zavod za zdravstveno zavarovanje (ZZZS) in Inštitut za varovanje zdravja (IVZ)



ONTOLOGIJA

UMLS



Sistem za poenoteni medicinski jezik

(*ang.* Unified Medical Language System, UMLS)

<http://www.nlm.nih.gov/research/umls/>

- ni ontologija ampak sistem ontologij
- vzpostavljen leta 1986, vzdržuje ga ameriška Narodna medicinska knjižnica (*ang.* National Library of Medicine)
- osnova je ti. metabesednjak (*ang.* metathesaurus), ki vsebuje več kot 1 milijon biomedicinskih konceptov ter 5 milijonov poimenovanj konceptov, ki izhajajo iz več kot 100 vgrajenih ontologij, med njimi tudi:
 - ICD-10
 - MeSH
 - SNOMED CT
 - LOINC
 - GO



Unified Medical Language System® (UMLS®)



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

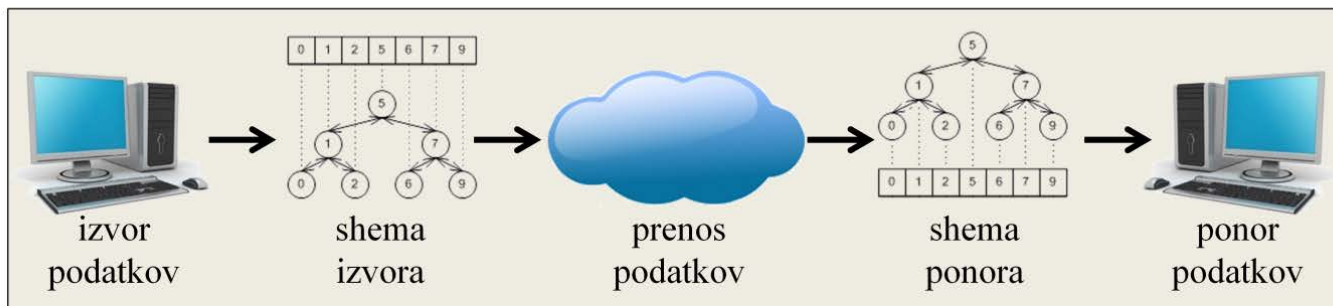
2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

IZMENJAVA PODATKOV

Standardi za izmenjavo podatkov



Izmenjava podatkov je proces oblikovanja podatkov v strukturo na podlagi sheme izvora (pošiljatelja) ter preoblikovanje te strukture nazaj v podatke na podlagi sheme ponora (prejemnika), tako da so podatki na strani ponora natančna predstavitev podatkov na strani izvora.



Standardi za izmenjavo podatkov omogočajo:

- istovetnost podatkov na strani ponora glede na izvor
- interoperabilnost sicer nepovezanih ali rahlo povezanih sistemov
- dostop do pravih informacij na pravem mestu ter ob pravem času



IZMENJAVA PODATKOV

DICOM



Digitalne slikovne tehnologije in komunikacija v medicini

(*ang.* Digital Imaging and Communications in Medicine, DICOM)

<http://dicom.nema.org>

**Več o standardu DICOM med pripravo na
laboratorijske vaje!**



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

IZMENJAVA PODATKOV

HL7



Health Level Seven (HL7)

<http://www.hl7.org>

- vzdržuje ga organizacija z istim imenom s sedežem v ZDA
- ime se nanaša na zadnjo, 7. plast ISO/OSI referenčnega komunikacijskega modela, imenovano tudi aplikacijska plast (vmesnik do uporabnika)
- različica 1.0 (1987 – 1988): določila namena in formata standarda
- različica 2.x (1988 – 2005):
 - v2.0 (1988): demonstracija izmenjave podatkov
 - v2.1 (1990): širša uporaba v ZDA
 - v2.2 (1994): potrjeno s strani ANSI
 - v2.3 (1997): dodana sporočila za upravljanje z bolniki, zaračunavanje storitev, itn.
 - v2.4 (2000): dodana sporočila za upravljanje z laboratoriji, aplikacijami in osebjem, itn.
 - v2.5 (2003): dodatno povečanje funkcionalnosti
- različica 3.0 (2005 – danes): objektno usmerjena določila



IZMENJAVA PODATKOV

HL7 (2)



Različice 2.x so bile namenjene bolj za specifično izmenjavo podatkov v bolnišnicah in drugih zdravstvenih ustanovah, medtem ko je različica 3.0 namenjena izmenjavi podatkov v vseh vidikih zdravstva.

Leta 2009 je bil HL7 v3.0 potrjen kot ISO standard:

- temelji na **razširljivem označevalnem jeziku** (*ang.* eXtensible Markup Language, XML)
- osnova je **referenčni informacijski model** (*ang.* Reference Information Model, RIM), ki predstavi podatkovno vsebino v specifičnem kliničnem ali administrativnem kontekstu ter priskrbi eksplicitno predstavitev semantičnih in sintaktičnih povezav med informacijami v sporočilih [ISO/HL7 21731]
- kodiranje, strukturo ter semantiko podatkov določa ti. **arhitektura kliničnega dokumenta** (*ang.* Clinical Document Architecture, CDA) [ISO/HL7 27932]



IZMENJAVA PODATKOV

Primer sporočila HL7 v2.4



Primer sporočila HL7 v formatu različice standarda 2.4:

```
MSH|^~\&|OG|SBGO|KIKKB|UKCLJ|200405110945||ORU^R01|CNTRL-
3456|P|2.4<cr>PID|||555-44-
3333||Novak^Janez|19600723|M|||Glavna^ulica^3^^5000^Nova^
Gorica||031654321|<cr>OBR|1|845439^KIKKB|1045813^OG|15545^GLUCOSE|||200405
110830|||555-55-5555^Zdravje^Marija^^^^DR^MED^^|F|||444-
444444^Delavec^ Jo\U(017E)e^^^^DR^MED|<cr>OBX|1|SN|1554-5^GLUCOSE^POST 12H
CFST:MCNC:PT:SER/PLAS:QN||^182|mg/dl|70_105|H||F<cr>
```



Sporočilo temelji na dogovorjenih oznakah in kodnih simbolih, npr.:

- simbol | za novi podatek
- simbol ^ za presledek
- simbola ^^ za novo vrstico
- oznaka <cr> za konec segmenta
- itn.



IZMENJAVA PODATKOV

Primer sporočila HL7 v2.4 (2)



```
MSH|^~\&|OG|SBGO|KIKKB|UKCLJ|200705110945||ORU^R01|CNTRL-3456|P|2.4<cr>
```

Začetni segment **glave sporočila MSH** (*ang.* Message Header) vsebuje:

- vrsto sporočila (ORU^R01 – koda za laboratorijske preiskave)
- pošiljatelja (OG – Oddelek za ginekologijo na SBGO – Splošna bolnišnica Nova Gorica)
- prejemnika (KIKKB - Klinični inštitut za klinično kemijo in biokemijo na UKCLJ – Univerzitetni klinični center Ljubljana)
- datum in čas pošiljanja (200705110945 – 11.5.2007 ob 9:45)
- verzijo sporočila (2.4)

```
PID|||555-44-3333||Novak^Janez|19600723|M|||Glavna^ulica^3^^5000^Nova^Gorica||031654321|<cr>
```



Segment **identifikacije bolnika PID** (*ang.* Patient Identification) vsebuje:

- bolnišnično oznako (555-44-3333)
- ime (Novak^Janez – Janez Novak)
- datum rojstva (19600723 – 23.7.1960)
- spol (M - moški)
- naslov (Glavna^ulica^3^^5000^Nova^Gorica)
- telefonsko številko (031654321)



IZMENJAVA PODATKOV

Primer sporočila HL7 v2.4 (3)



```
OBR|1|845439^KIKKB|1045813^OG|15545^GLUCOSE|||200705110830|||555-55-5555^Zdravje^Marija^^^^DR^MED^|F||||444-444444^Delavec^Jo\U(017E)e^^^^DR^MED|<cr>
```



Segment **zahtevka po opazovanju** OBR (*ang.* Observation Request) vsebuje:

- vrsto zahtevanega opazovanja (15545^GLUCOSE) – test sladkorja v krvi)
- datum in čas zahtevka (200705110830 – 11.5.2007 ob 8:30)
- oznako naročnika opazovanja (555-55-5555)
- ime naročnika opazovanja (Zdravje^Marija^^^^DR^MED – Marija Zdravje, dr. med.)
- oznako izvajalca opazovanja (444-444444)
- ime izvajalca opazovanja (Delavec^Jo\U(017E)e^^^^DR^MED – Jože Delavec, dr. med.)

```
OBX|1|SN|1554-5^GLUCOSE^POST 12H  
CFST:MCNC:PT:SER/PLAS:QN|^182|mg/dl|70_105|H||F<cr>
```



Segment **opazovanj** OBX (*ang.* Observation) vsebuje:

- vrednost rezultata opazovanj (182)
- mersko enoto rezultata opazovanj (mg/dl)

IZMENJAVA PODATKOV

Primer sporočila HL7 v3.0



Primer sporočila HL7 v formatu različice standarda 3.0:

```
<POLB_IN224200 ITSVersion="XML_1.0" xmlns="urn:hl7-org:v3"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <id root="2.16.840.1.113883.19.1122.7" extension="CNTRL-3456"/>
  <creationTime value="200705110945-0400"/>
  ...
  <!-- Različica RIM v mesecu maju leta 2006 -->
  <versionCode code="2006-05"/>
  <interactionId root="2.16.840.1.113883.1.6" extension="POLB_IN224200"/>
  <processingCode code="P"/>
  <processingModeCode nullFlavor="OTH"/>
  <acceptAckCode code="ER"/>
  <receiver typeCode="RCV"> ... </receiver>
  <sender typeCode="SND"> ... </sender>
</POLB_IN224200>
```



Sporočilo temelji jeziku XML in predhodno določenih identifikatorjih objektov (*ang.* Object Identifiers, OI):

- npr. 2.16.840.1.113883.1.6 določa kodni sistem
- npr. 2.16.840.1.113883.19.1122.7 določa aktivnost pošiljatelja



IZMENJAVA PODATKOV

Primer sporočila HL7 v3.0 (2)



```
<receiver typeCode="RCV">
  <device classCode="DEV" determinerCode="INSTANCE">
    <id extension="OG" root="2.16.840.1.113883.19.1122.1"/>
    <asLocatedEntity classCode="LOCE"><location classCode="PLC"
      determinerCode="INSTANCE"><id root="2.16.840.1.113883.19.1122.2"
        extension="SBG0"/></location></asLocatedEntity>
  </device>
</receiver>
<sender typeCode="SND">
  <device classCode="DEV" determinerCode="INSTANCE">
    <id extension="KIKKB" root="2.16.840.1.113883.19.1122.1"/>
    <asLocatedEntity classCode="LOCE"><location classCode="PLC"
      determinerCode="INSTANCE"><id root="2.16.840.1.113883.19.1122.2"
        extension="UKCLJ"/></location></asLocatedEntity>
  </device>
</sender>
```



Prejemnik sporočila je znotraj značke <receiver>, pošiljatelj pa znotraj značke <sender>.



IZMENJAVA PODATKOV

Primer sporočila HL7 v3.0 (3)



```

<observationEvent>
  <id root="2.16.840.1.113883.19.1122.4" extension="1045813"
    assigningAuthorityName="OG"/>
  <code code="1554-5" codeSystem="2.16.840.1.113883.6.1"
    displayName="GLUCOSE^POST 12H CFST:MCNC:PT:SER/PLAS:QN"/>
  <statusCode code="completed"/><effectiveTime value="200705110830"/>
  <priorityCode code="R"/>
  <confidentialityCode code="N" codeSystem="2.16.840.1.113883.5.25"/>
  <value xsi:type="PQ" value="182" unit="mg/dL"/>
  <interpretationCode code="H"/>
  <referenceRange>
    <interpretationRange><value xsi:type="IVL_PQ"><low value="70"
      unit="mg/dL"/><high value="105" unit="mg/dL"/></value>
      <interpretationCode code="N"/>
    </interpretationRange>
  </referenceRange>
  ...

```



Zahtevano opazovanje in rezultati so znotraj značke <observationEvent>.



IZMENJAVA PODATKOV

Primer sporočila HL7 v3.0 (4)



```
<observationEvent>
...
<author>
  <time value="200705110830"/><modeCode code="WRITTEN"/>
  <signatureCode code="S"/>
  <assignedEntity>
    <id root="2.16.840.1.113883.19.1122.3" extension="444-444444"/>
    <assignedPerson>
      <name>
        <given>Jože</given>
        <family>Delavec</family>
        <suffix qualifier="AC">DR MED</suffix>
      </name>
    </assignedPerson>
  </assignedEntity>
</author>
...
```



Znotraj značke <observationEvent> je tudi izvajalec opazovanja, in sicer pod značko <author>.



IZMENJAVA PODATKOV

Primer sporočila HL7 v3.0 (5)



```
<observationEvent>
...
<recordTarget>
  <patientClinical>
    <id root="2.16.840.1.113883.19.1122.5" extension="444-22-2222"
      assigningAuthorityName="OG oznake bolnikov"/>
    <statusCode code="active"/>
    <patientPerson>
      <name use="L"><given>Janez</given><family>Novak</family></name>
      <asOtherIDs>
        <id extension="AC555443333" assigningAuthorityName="SSN"
          root="2.16.840.1.113883.4.1"/>
      </asOtherIDs>
    </patientPerson>
  </patientClinical>
</recordTarget>
</observationEvent>
```



Znotraj značke <observationEvent> je tudi identifikacija bolnika, in sicer pod značko <recordTarget> in <patientPerson>.



IZMENJAVA PODATKOV

ASC X12



Pooblaščen odbor za standarde X12

(ang. Accredited Standards Committee X12, ASC X12)

<http://www.x12.org>

- odbor je namensko ustanovil Ameriški narodni inštitut za standarde (ANSI) leta 1979
- standard X12 se uporablja se za finančne transakcije (npr. med zdravstvenimi zavarovalnicami in bolnišnicami) ter za različne, pretežno administrativne aktivnosti
- podoben princip in format sporočila kot pri HL7 v2.x

ASC X12



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

IZMENJAVA PODATKOV

Primer sporočila ASC X12



```

ST*835*0001<n/1>
BPR*X*3685*C*ACH*CTX*01*122000065*DA*296006596*IDNUM
BER*SUPPLECODE*01*124999883*DA*867869899*940116<n/1>
TRN*1*45116*IDNUMBER<n/1>
DTM*009*940104<n/1>
N1*PR*HEALTHY INSURANCE COMPANY<n/1>
N3*1002 WEST MAIN STREET<n/1>
N4*DURHAN*NC*27001<n/1>
N1*PE*DUKE MEDICAL CENTER<n/1>
N3*2001 ERWIN ROAD<n/1>
N4*DURHAN*NC*27710<n/1>
CLP*078189203*1*6530*4895*CIN<n/1>
CAS*PR*1*150<n/1>
CAS*PR*2*550<n/1>
NM1*15*IAM*A*PATIENT<n/1>
REF*1K*942238493<n/1>
DTM*232*940101<n/1>
DTM*233*940131<n/1>
SE*22*0001<n/1>

```

Segmente določajo
oznake, npr:

- ST – začetek transakcije
- BPR – začetek plačila
- DTM – datum
- N1 ... N4 – naslov
- SE – konec transakcije

Za ločevanje med
segmenti se uporablja
oznaka <n/1>.

Vir: *Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine*. E.H. Shortliffe (ur.), založba Springer, 3. izdaja, 2006

 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

IZMENJAVA PODATKOV

CEN ISO/IEEE 11073



CEN ISO/IEEE 11073 Zdravstvena informatika

(*ang.* CEN ISO/IEEE 11073 Health informatics)

<http://standards.ieee.org/findstds/standard/11073-10103-2012.html>

- vzdržuje ga Inštitut inženirjev elektrotehnike in elektronike (*ang.* Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) s sedežem, v New Yorku, ZDA
- uporablja se za komunikacijo med medicinskimi napravami ter zunanjimi računalniškimi sistemi



IZMENJAVA PODATKOV

Primer sporočila CEN ISO/IEEE 11073



```
NOM_ATTR_NU_VAL_OBS(2384)
NOM_RESP_RATE(20490)
NOM_DIM_RESP_PER_MIN(2784)
value=4.5 RPM
```

```
NOM_ATTR_TIME_STAMP_REL(2449)
NOM_ATTR_NU_VAL_OBS(2384)
NOM_TIME_PD_INSP(61458)
NOM_DIM_SEC(2176)
value=3.0 seconds
```

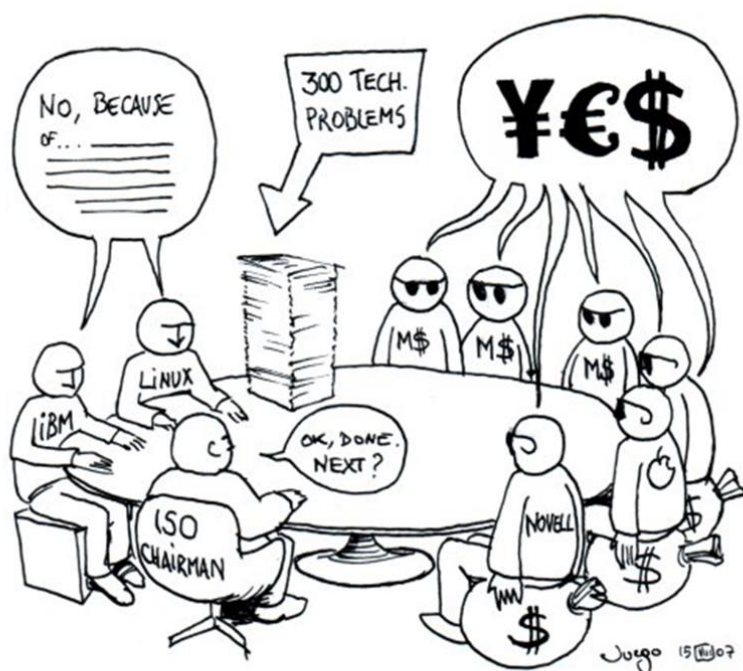


Sporočilo posreduje frekvenco dihanja `NOM_RESP_RATE` (v vdihih na minuto) ter čas vdihavanja `NOM_TIME_PD_INSP` (v sekundah) pri napravi za pomoč pri dihanju (npr. oksigenator).



ZAKLJUČEK

Postopki sprejemanja standardov...



ZAKLJUČEK

Razprava, komentarji, vprašanja...



- Kaj je standard?
- Navedite načine in stopnje vpeljevanja standardov.
- Kaj je glavna naloga organizacij za standardizacijo?
- Opišite nekaj za BMI najpomembnejših organizacij za standardizacijo.
- Kaj je ontologija?
- Opišite nekaj za BMI najpomembnejših ontologij.
- Kaj je izmenjava podatkov?
- Opišite nekaj za BMI najpomembnejših standardov za izmenjavo podatkov.
- Na čim temelji standard HL7? Naštejte nekaj segmentov takega sporočila.





4. ZAŠČITA, ZASEBNOST IN ZAUPNOST BIOMEDICINSKIH PODATKOV

Biomedicinska informatika

doc. dr. Tomaž Vrtovec



ZAŠČITA, ZASEBNOST, ZAUPNOST

Kaj predstavljajo?



Definicije zaščite, zasebnosti in zaupnosti podatkov:

- **zaščita podatkov** (*ang.* data security) predstavlja varovanje podatkov pred destruktivnimi silami ter nezaželenimi aktivnostmi neavtoriziranih uporabnikov
- **zasebnost podatkov** (*ang.* data privacy) predstavlja razmerje med pridobivanjem in razširjanjem podatkov glede na javno mnenje, pravna določila ter politične vidike
- **zaupnost podatkov** (*ang.* data confidentiality) predstavlja etični princip diskretnosti in privilegiranosti komunikacije med stranko in strokovnjakom (npr. med bolnikom in zdravnikom)



Med področji ni enolične razmejitev, ampak prihaja do prepletanja mehanizmov zagotavljanja zaščite, zasebnosti in zaupnosti podatkov.



ZAŠČITA PODATKOV

Kaj je zaščita podatkov?



Zaščita podatkov (*ang.* data security) predstavlja varovanje podatkov pred destruktivnimi silami ter nezaželenimi aktivnostmi neavtoriziranih uporabnikov.

Ključni koncepti zaščite podatkov morajo zagotavljati:

- **celovitost podatkov** (*ang.* data integrity) v smislu da podatki ne morejo biti neopazno spremenjeni
- **dostopnost podatkov** (*ang.* data accesibility) v smislu da so podatki na voljo takrat, ko jih potrebujemo
- **pristnost podatkov** (*ang.* data authenticity) v smislu da podatki dejansko predstavljajo pričakovano vsebino

Koncepte uveljavljamo z **mehanizmi zaščite** podatkov v kombinaciji z **upravljanjem s tveganji** ter **kontrolno dostopa** do podatkov.



ZAŠČITA PODATKOV

Mehanizmi zaščite podatkov



Glede na čas delovanja se mehanizmi zaščite podatkov delijo na:

- mehanizme za **preprečevanje nevarnosti**
- mehanizme za **razkrivanje dogodkov**
- mehanizme za **vzpostavitev delovanja**

Glede na vrsto delovanja se mehanizmi zaščite podatkov delijo na:

- **fizične** mehanizme (npr. vrata, ključavnice, ...)
- **procesne** mehanizme (npr. nadzor, osveščanje, ...)
- **tehnične** mehanizme (npr. gesla, programska oprema, ...)
- **pravne** mehanizme (npr. zakoni, predpisi, ...)



ZAŠČITA PODATKOV

Upravljanje s tveganji



Upravljanje s tveganji (*ang.* risk management) je proces, pri katerem opredelimo ranljivosti in nevarnosti, ki ogrožajo tako podatke kot tudi podatkovne vire. Poleg tega pa izberemo tudi protiukrepe, ki omogočajo zmanjšanje tveganj na neko zadovoljivo stopnjo, določeno glede na vrednost podatkov in podatkovnih virov.

- **Tveganje** je verjetnost, da bo prišlo do nastopa destruktivnih sil ali nezaželenih aktivnosti.
- **Ranljivost** je pomanjkljivost, ki se jo lahko izrabi za uporabo destruktivnih sil ali nezaželenih aktivnosti.
- **Nevarnost** je nekaj, kar ima veliko verjetnost povzročanja destruktivnih sil ali nezaželenih aktivnosti.

Upravljanje s tveganji je stalni in ponavljajoči se proces, običajno pa so izhajajoči protiukrepi kompromis med njihovo produktivnostjo, ceno in učinkovitostjo.

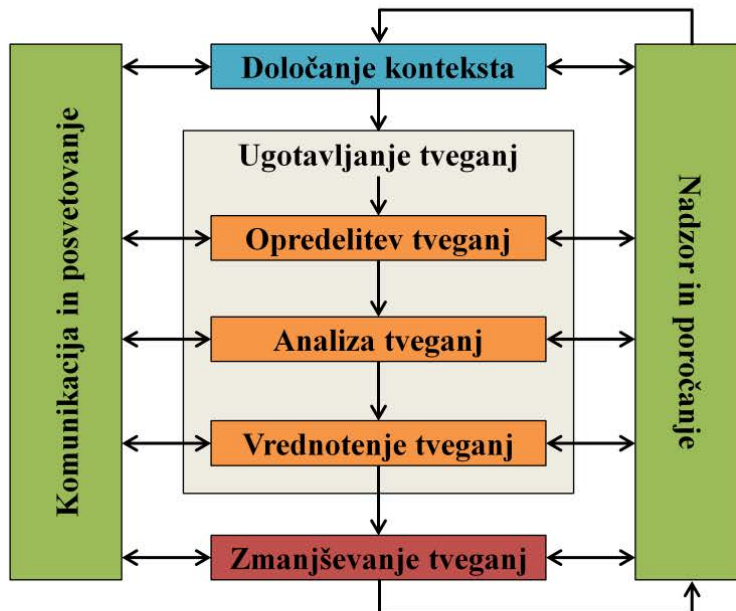


ZAŠČITA PODATKOV

Upravljanje s tveganji (2)



Standard **ISO 31000** – “Upravljanje s tveganji: principi in priporočila” opisuje naslednje korake v procesu upravljanja s tveganji:



Vir: ISO 31000 – Risk Management: Principles and Guidelines, International Organization for Standardization, 2009

ZAŠČITA PODATKOV

Kontrola dostopa



Kontrola dostopa (*ang.* access control) ima dve stopnji:

- **overovitev** ali **avtentikacija** (*ang.* authentication) se nanaša na dodeljevanje pravic dostopa določenemu uporabniku do izbranih podatkov, temelji pa na preverjanju identitete uporabnika
- **odobritev** ali **avtorizacija** (*ang.* authorization) se nanaša na omejevanje aktivnosti predhodno avtenticiranih uporabnikov

Na podlagi kontrole dostopa do podatkov naj bi bilo uporabniku, ki ni uspešno prestal avtentikacije in/ali avtorizacije, onemogočeno pridobivanje kakršnih koli informacij o podatkih.

To naj bi veljalo tudi v primeru, ko ta uporabnik poseduje predhodno znanje, pridobljeno iz drugih virov.



Vir: M. Stamp: *Information Security – Principles and Practice*. Založba Wiley, 2006



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

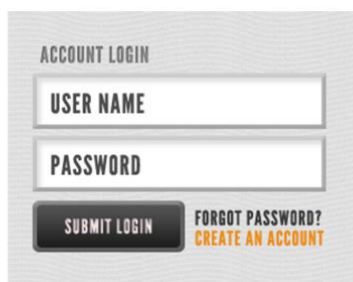
ZAŠČITA PODATKOV

Kontrola dostopa: avtentikacija




Avtentikacija poteka na podlagi:

- nečesa, kar uporabnik ve (npr. geslo)
- nečesa, kar uporabnik ima (npr. pametna kartica)
- nečesa, kar uporabnik je (npr. prstni odtis)



Vir: M. Stamp: *Information Security – Principles and Practice*. Založba Wiley, 2006

 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZAŠČITA PODATKOV

Kontrola dostopa: avtentikacija (2)

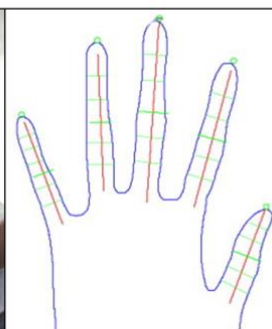


Biometrična avtentikacija mora:

- biti uporabna za kogarkoli (**univerzalnost**)
- z gotovostjo ločiti med uporabniki (**razlikovalnost**)
- meriti nespremenljive lastnosti (**trajnost**)
- biti enostavna in nenevarna (**uporabnost**)
- delovati v resničnem okolju (**zanesljivost in robustnost**)
- biti uporabna v vsakdanjem življenju (**uporabniku prijazna**)

Primeri:

- prstni odtis
- geometrija dlani
- prepoznavanje obraza
- slika šarenice (*ang. iris*)
- prepoznavanje govora



Vir: M. Stamp: *Information Security – Principles and Practice*. Založba Wiley, 2006



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZAŠČITA PODATKOV

Kontrola dostopa: avtorizacija



Avtorizacija običajno poteka na podlagi pravil, ki so zapisana v **matriki za kontrolo dostopa** (*ang.* access control matrix, ACM).

ACM lahko razdelimo na:

- **sezname kontrole dostopa** (*ang.* access control lists, ACLs)
- **sezname možnosti** (*ang.* capability lists, C-lists)

	ACM	Operacijski sistem	Program za vpis podatkov	Oznaka bolnika	Ime bolnika	Diagnoza bolnika
C-list →	Andrej	r - x	r - x	r	-	-
	Brane	r - x	r - x	r	r - w	r - w
	Samo	r - w - x	r - w - x	r	r - w	r - w
	Program za vpis podatkov	r - x	r - x	r - w	r - w	r

r ... branje podatkov; w ... pisanje podatkov; x ... izvajanje operacij

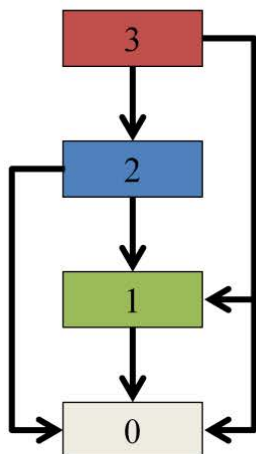
Vir: M. Stamp: *Information Security – Principles and Practice*. Založba Wiley, 2006

ZAŠČITA PODATKOV

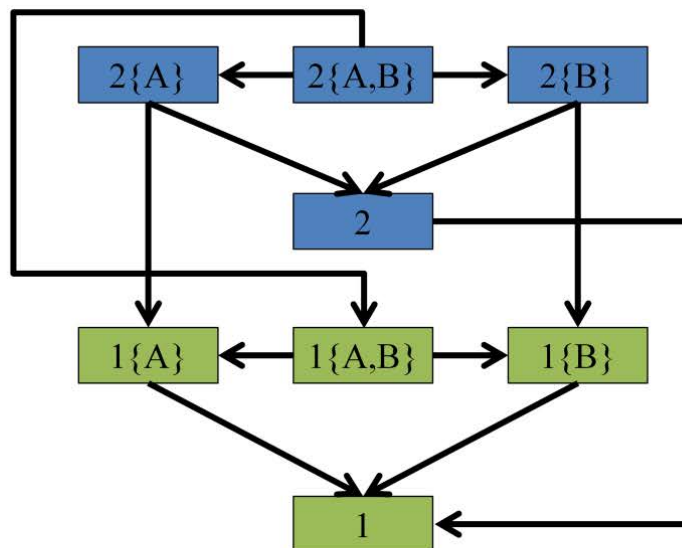
Kontrola dostopa: avtorizacija (2)



Večstopenjska avtorizacija deluje na principu višine stopenj. Avtorizacija na višji stopnji pomeni dostop do podatkov na vseh nižjih stopnjah.



Večkategorialna avtorizacija določa na vsaki stopnji dodatne kategorije dostopa.



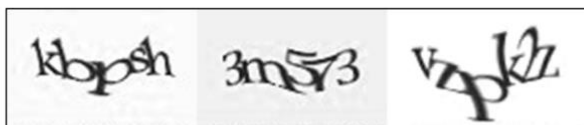
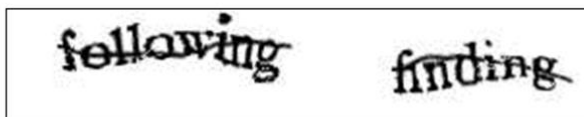
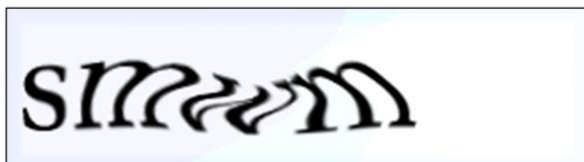
Vir: M. Stamp: *Information Security – Principles and Practice*. Založba Wiley, 2006

ZAŠČITA PODATKOV

Kontrola dostopa: avtorizacija (3)



Popolnoma avtomatski javni Turingov preizkus za ločevanje med računalniki in ljudmi (*ang.* completely automated public Turing test to tell computers and humans apart, CAPTCHA) je dovolj enostaven, da ga večino ljudi uspešno prestane, ampak toliko zapleten, da ga računalniki ne morejo prestati.



Just to prove you are a human, please answer the following math challenge.

Q: Calculate:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[2 \cdot \cos \left(5 \cdot x + \frac{\pi}{2} \right) \right] \Bigg|_{x=2\pi}$$

A:

mandatory

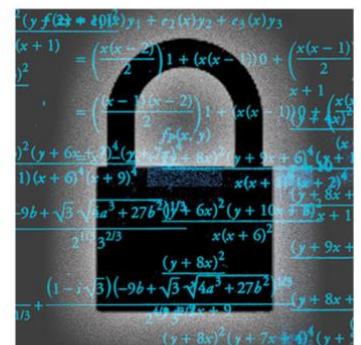
ZAŠČITA PODATKOV

Šifriranje podatkov



Šifriranje podatkov oz. kriptografija je znanstvena veda o skrivnem pisanju sporočil in njihovem razkrivanju.

Več o šifriranju podatkov med pripravo na laboratorijske vaje!



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZASEBNOST PODATKOV

Kaj je zasebnost podatkov?



Zasebnost podatkov (*ang.* data privacy) predstavlja razmerje med pridobivanjem in razširjanjem podatkov glede na javno mnenje, pravna določila ter politične vidike.

To razmerje določata predvsem:

- **lastnik podatkov**, ki podatke objavi, vendar želi ohraniti zasebnost
- **uporabnik podatkov**, ki želi podatke analizirati
 - če ima uporabnik slabe namene in želi neupravičeno dostopati do podatkov, ga označimo kot **napadalca** na zasebnost lastnika podatkov



Vir: B.C.M. Fung in dr.: *Introduction to Privacy-Preserving Data Publishing: Concepts and Techniques*. Založba CRC, 2010



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

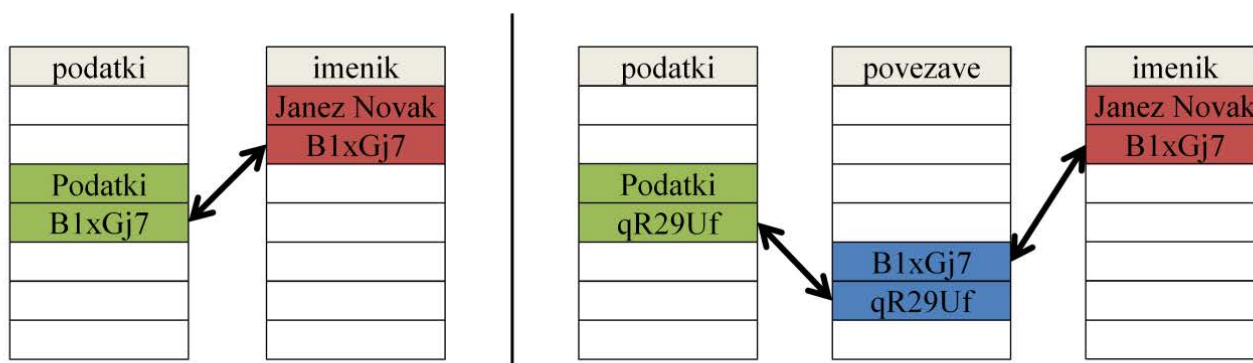
ZASEBNOST PODATKOV

Struktura podatkov



Podatke, ki se posredujejo med lastnikom in uporabnikom, sestavljajo:

- **eksplicitni opisi** (*ang.* explicit identifiers, EID) so podatkovni atributi, ki neposredno in enolično določajo imetnika podatkov ter so običajno iz zasebnih podatkov odstranjeni
- **kvazi-opisi** (*ang.* quasi-identifiers, QID) so kombinacija podatkovnih atributov, ki samostojno sicer ne enolično določajo lastnika, v kombinaciji z drugimi pa izbor omejijo na enega ali na majhno število lastnikov podatkov



Vir: B.C.M. Fung in dr.: *Introduction to Privacy-Preserving Data Publishing: Concepts and Techniques*. Založba CRC, 2010



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZASEBNOST PODATKOV

Modeli napadov na zasebnost



Napadalec izvede napad na zasebnost lastnika podatkov tako, da pozna objavljene podatke lastnika ter njegov kvazi-opis, ki ga pridobi na osnovi opazovanja.

Modeli napadov temeljijo na:

- **informativnem principu**, kadar napadalec pozna nekatere podatkovne attribute:
 - povezovanje zapisov (*ang.* record linkage)
 - povezovanje atributov (*ang.* attribute linkage)
 - povezovanje seznamov (*ang.* table linkage)
- **brezinformativnem principu**, kadar napadalec ne pozna nikakršnih podatkovnih atributov:
 - verjetnostno povezovanje (*ang.* probabilistic linkage)



Vir: B.C.M. Fung in dr.: *Introduction to Privacy-Preserving Data Publishing: Concepts and Techniques*. Založba CRC, 2010

ZASEBNOST PODATKOV

Model napada: povezovanje zapisov



V modelu napada, imenovanem “povezovanje zapisov”, se izbrano vrednost poveže s skupino zapisov v podatkih. V primeru, da je ta skupina zapisov majhna, je lahko verjetnost razkritja podatkov velika, v kombinaciji z dodatnim znanjem pa se lahko to skupino zapisov skrči.

Podatki o bolnikih

Poklic	Spol	Starost	Bolezen
Inženir	Moški	35	Hepatitis
Inženir	Moški	38	Hepatitis
Pravnik	Moški	38	Angina
Pisatelj	Ženska	30	Gripa
Pisatelj	Ženska	30	Angina
Plesalec	Ženska	30	Angina
Plesalec	Ženska	30	Angina

Objavljeni podatki

Ime	Poklic	Spol	Starost
Anja	Pisatelj	Ženska	30
Brane	Inženir	Moški	35
Cirila	Pisatelj	Ženska	30
Dejan	Pravnik	Moški	38
Eva	Plesalec	Ženska	30
Franc	Inženir	Moški	38
Gabrijela	Plesalec	Ženska	30
Horacij	Pravnik	Moški	39
Irena	Plesalec	Ženska	32

Dejan ima angino.

Vir: B.C.M. Fung in dr.: *Introduction to Privacy-Preserving Data Publishing: Concepts and Techniques*. Založba CRC, 2010



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZASEBNOST PODATKOV

Model zasebnosti: *k*-anonimnost



Model zasebnosti *k*-anonimnost (*ang. k-anonymity*) je le eden izmed modelov za obrambo proti napadu povezovanja zapisov.

Sistem je ***k*-anonimen**, če vsak zapis ni mogoče razločiti od vsaj $k - 1$ drugih podatkovnih zapisov. Če ima torej izbrani zapis določen atribut, potem ima $k - 1$ drugih zapisov enak atribut in je verjetnost povezave z imetnikom kvečjemu $1/k$.

3-anonimni podatki o bolnikih

Poklic	Spol	Starost	Bolezen
Strokovnjak	Moški	[35-40)	Hepatitis
Strokovnjak	Moški	[35-40)	Hepatitis
Strokovnjak	Moški	[35-40)	Angina
Umetnik	Ženska	[30-35)	Gripa
Umetnik	Ženska	[30-35)	Angina
Umetnik	Ženska	[30-35)	Angina
Umetnik	Ženska	[30-35)	Angina



4-anonimni objavljeni podatki

Ime	Poklic	Spol	Starost
Anja	Umetnik	Ženska	[30-35)
Brane	Strokovnjak	Moški	[35-40)
Cirila	Umetnik	Ženska	[30-35)
Dejan	Strokovnjak	Moški	[35-40)
Eva	Umetnik	Ženska	[30-35)
Franc	Strokovnjak	Moški	[35-40)
Gabrijela	Umetnik	Ženska	[30-35)
Horacij	Strokovnjak	Moški	[35-40)
Irena	Umetnik	Ženska	[30-35)

Vir: B.C.M. Fung in dr.: *Introduction to Privacy-Preserving Data Publishing: Concepts and Techniques*. Založba CRC, 2010



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZASEBNOST PODATKOV

Model napada: povezovanje atributov



V modelu napada, imenovanem “**povezovanje atributov**”, se izbranega zapisa ne more natančno določiti, lahko pa se na podlagi podatkovnih atributov skupine zapisov, katerim izbrani zapis pripada, izlušči določene zasebne podatke.

3-anonimni podatki o bolnikih

Poklic	Spol	Starost	Bolezen
Strokovnjak	Moški	[35-40)	Hepatitis
Strokovnjak	Moški	[35-40)	Hepatitis
Strokovnjak	Moški	[35-40)	Angina
Umetnik	Ženska	[30-35)	Gripa
Umetnik	Ženska	[30-35)	Angina
Umetnik	Ženska	[30-35)	Angina
Umetnik	Ženska	[30-35)	Angina

4-anonimni objavljeni podatki

Ime	Poklic	Spol	Starost
Anja	Umetnik	Ženska	[30-35)
Brane	Strokovnjak	Moški	[35-40)
Cirila	Umetnik	Ženska	[30-35)
Dejan	Strokovnjak	Moški	[35-40)
Eva	Umetnik	Ženska	[30-35)
Franc	Strokovnjak	Moški	[35-40)
Gabrijela	Umetnik	Ženska	[30-35)
Horacij	Strokovnjak	Moški	[35-40)
Irena	Umetnik	Ženska	[30-35)

Verjetnost, da ima **Eva** ima **angino**, je $3/4 = 75\%$.

Verjetnost, da ima **Eva** ima **gripo**, je $1/4 = 25\%$.

Vir: B.C.M. Fung in dr.: *Introduction to Privacy-Preserving Data Publishing: Concepts and Techniques*. Založba CRC, 2010



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZASEBNOST PODATKOV

Model zasebnosti: l -raznolikost



Model zasebnosti l -raznolikost (*ang. l -diversity*) je le eden izmed modelov za obrambo proti napadu povezovanja atributov.

Sistem je **l -raznolik**, kadar vsaka skupina zapisov vsebuje vsaj l raznolikih vrednosti. Seznam podatkov je **entropijsko l -raznolik**, kadar za vsako skupino velja:

$$-\sum_{s \in S} p(G, s) \log(p(G, s)) \geq \log(l),$$

kjer je S skupina atributov, $p(G, s)$ pa verjetnost, da izbrani atribut zavzema vrednost s v skupini zapisov G .

Skupina {Strokovnjak, Moški, [35-40)}:

$$-\frac{2}{3} \log \frac{2}{3} - \frac{1}{3} \log \frac{1}{3} \approx \log(1.9)$$

Skupina {Umetnik, Ženska, [30-35)}:

$$-\frac{3}{4} \log \frac{3}{4} - \frac{1}{4} \log \frac{1}{4} \approx \log(1.8)$$

Seznam podatkov torej zadosti **entropijski 1.8-raznolikosti**.

Vir: B.C.M. Fung in dr.: *Introduction to Privacy-Preserving Data Publishing: Concepts and Techniques*. Založba CRC, 2010



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZASEBNOST PODATKOV

Model napada: povezovanje seznamov



V modelu napada, imenovanem “povezovanje seznamov”, lahko napadalec z veliko gotovostjo sklepa o prisotnosti ali odsotnosti izbranega zapisa v objavljenih podatkih ter posledično sklepa o prisotnosti ali odsotnosti zapisa v zasebnih podatkih.

3-anonimni podatki o bolnikih

Poklic	Spol	Starost	Bolezen
Strokovnjak	Moški	[35-40)	Hepatitis
Strokovnjak	Moški	[35-40)	Hepatitis
Strokovnjak	Moški	[35-40)	Angina
Umetnik	Ženska	[30-35)	Gripa
Umetnik	Ženska	[30-35)	Angina
Umetnik	Ženska	[30-35)	Angina
Umetnik	Ženska	[30-35)	Angina



4-anonimni objavljeni podatki

Ime	Poklic	Spol	Starost
Anja	Umetnik	Ženska	[30-35)
Brane	Strokovnjak	Moški	[35-40)
Cirila	Umetnik	Ženska	[30-35)
Dejan	Strokovnjak	Moški	[35-40)
Eva	Umetnik	Ženska	[30-35)
Franc	Strokovnjak	Moški	[35-40)
Gabrijela	Umetnik	Ženska	[30-35)
Horacij	Strokovnjak	Moški	[35-40)
Irena	Umetnik	Ženska	[30-35)

Verjetnost, da je **Eva** prisotna v seznamu podatkov o bolnikih, je $4/5 = 80\%$.

Vir: B.C.M. Fung in dr.: *Introduction to Privacy-Preserving Data Publishing: Concepts and Techniques*. Založba CRC, 2010



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZASEBNOST PODATKOV

Model zasebnosti: δ -navzočnost



Model zasebnosti δ -navzočnost (*ang.* δ -presence) je le eden izmed modelov za obrambo proti napadu povezovanja seznamov.

Sistem je **δ -navzočen**, kadar omejimo verjetnost sklepanja napadalca na navzočnost poljubnega podatkovnega zapisa v objavljenih podatkih na območje $\delta = (\delta_{\min}, \delta_{\max})$:

$$\delta_{\min} \leq p(s \in S) \leq \delta_{\max} ,$$

kjer je S skupina atributov, s pa vrednost izbranega atributa.

Kadar napadalec sklepa z $\delta\%$ gotovostjo o navzočnosti zapisa v objavljenih podatkih, potem je verjetnost uspešnega povezovanja do zapisa v zasebnih podatkih tudi kvečjemu $\delta\%$.



Vir: B.C.M. Fung in dr.: *Introduction to Privacy-Preserving Data Publishing: Concepts and Techniques*. Založba CRC, 2010

ZASEBNOST PODATKOV

Model napada: verjetnostno povezovanje



V modelu napada, poimenovanem “**verjetnostno povezovanje**”, se predpostavi, da napadalec nima nobene predhodne informacije o lastniku podatkov, ter zato napad ne temelji na podatkovnih zapisih, atributih in seznamih, ki bi lahko podatke povezali z njihovim lastnikom.

Pri brezinformativnih principih je pomembno zagotavljati, da je razlika med vnaprejšnjimi (deduktivnimi oz. *a priori*) in izkustvenimi (empiričnimi oz. *a posteriori*) informacijami o lastniku podatkov čim manjša.



Vir: B.C.M. Fung in dr.: *Introduction to Privacy-Preserving Data Publishing: Concepts and Techniques*. Založba CRC, 2010

ZASEBNOST PODATKOV

Model zasebnosti: ϵ -razlikovalnost



Model zasebnosti ϵ -razlikovalnost (*ang.* ϵ -differential privacy) je le eden izmed modelov za obrambo proti napadu verjetnostnega povezovanja.

Sistem je **ϵ -razlikovalen**, kadar dodajanje ali odvzemanje poljubnega zapisa v objavljenih podatkih ne pomembno vpliva oz. povečuje tveganja razkritja podatkov lastnika:

$$\left| \ln \frac{p(F(T_1) = s)}{p(F(T_2) = s)} \right| \leq \epsilon; \forall s \in S,$$

kjer je S skupina atributov, s vrednost izbranega atributa, T_1 in T_2 sta seznama podatkov, ki se razlikujeta kvečjemu za en zapis, F pa je naključna funkcija.

Lastnik podatkov lahko z ϵ -gotovostjo predpostavi, da z odločitvijo, da izbrani podatkovni zapis objavi, ne bo razkrito nič (ali skoraj nič) v primerjavi z odločitvijo, da zapis ne objavi.



ZAUPNOST PODATKOV

Kaj je zaupnost podatkov?



Zaupnost podatkov (*ang.* data confidentiality) predstavlja etični princip diskretnosti in privilegiranosti komunikacije med stranko in strokovnjakom (npr. med bolnikom in zdravnikom).

Vsako razkritje zaupnih oz. občutljivih podatkov lahko povzroči **izgubo ali škodo**, kot je npr.:

- kraja identitete
- pravne tožbe
- izguba poslovanja
- kazenski pregon



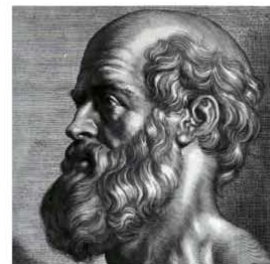
ZAUPNOST PODATKOV

Hipokratova prisega in Ženevska deklaracija



Hipokratova prisega je prisega zdravnikov, ki jo izrečejo ob koncu izobraževanja. Prisega med drugim določa:¹

... “da bom molčal o vsem, kar bom pri izvrševanju prakse ali tudi izven nje videl ali slišal o življenju in vedenju ljudi in česar ne gre obešati na veliki zvon, ker sem mnenja, da je take reči treba ohraniti zase kot (poklicno) skrivnost.”



Ženevska deklaracija, ki jo je sprejelo Svetovno zdravniško združenje (*ang.* World Medical Association, WMA), se šteje za revizijo Hipokratove prisega. Deklaracija med drugim določa:

... “spoštoval bom skrivnosti, ki mi jih je bolnik zaupal, tudi po njegovi smrti.”



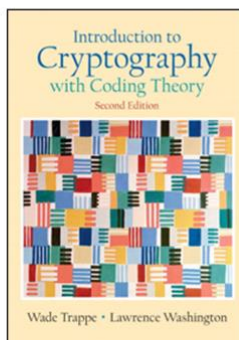
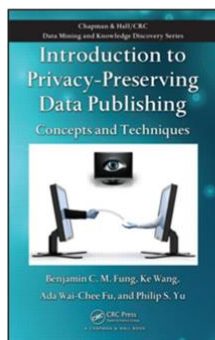
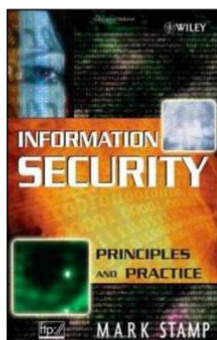
¹ Prevod: *akad. prof. Anton Sovre*

ZAKLJUČEK

Literatura

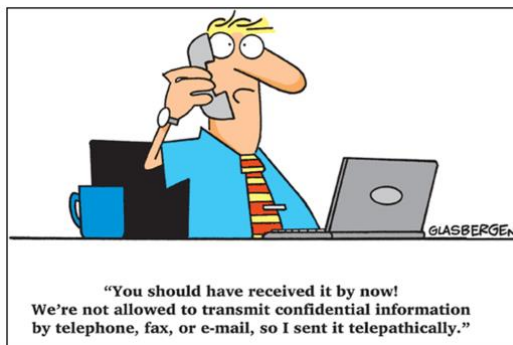


- M. Stamp: Information Security – Principles and Practice (založba Wiley, 2006)
- B.C.M. Fung in dr.: Introduction to Privacy-Preserving Data Publishing: Concepts and Techniques (založba CRC, 2010)
- W. Trappe in L.C. Washington: Introduction to Cryptography with Coding Theory (založba Pearson, 2. izdaja, 2005)



ZAKLJUČEK

Zagotavljanje varnosti, zasebnosti, zaupnosti...



ZAKLJUČEK

Razprava, komentarji, vprašanja...



- Kaj je zaščita, kaj je zasebnost in kaj je zaupnost podatkov?
- Kateri so ključni koncepti in mehanizmi zaščite podatkov?
- Opišite upravljanje s tveganji.
- Podajte razliko med avtentikacijo in avtorizacijo v smislu kontrole dostopa.
- Kakšne vrste avtentikacije poznamo?
- Opišite lastnosti biometrične avtentikacije.
- Kakšne vrste avtorizacije poznamo?
- Opišite večstopenjsko in večkategorialno avtorizacijo.
- Naštejte in opišite nekaj modelov napadov na zasebnost podatkov.
- Naštejte in opišite nekaj modelov zasebnosti.

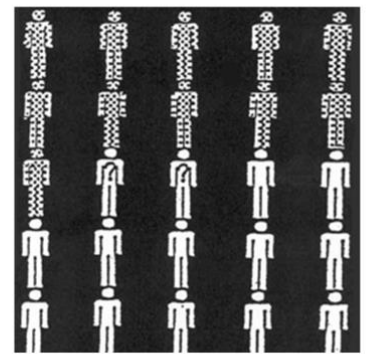
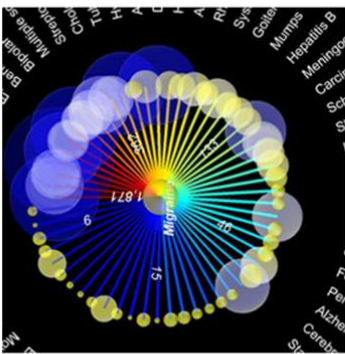




5. ZDRAVSTVENA INFORMATIKA

Biomedicinska informatika

doc. dr. Tomaž Vrtovec



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

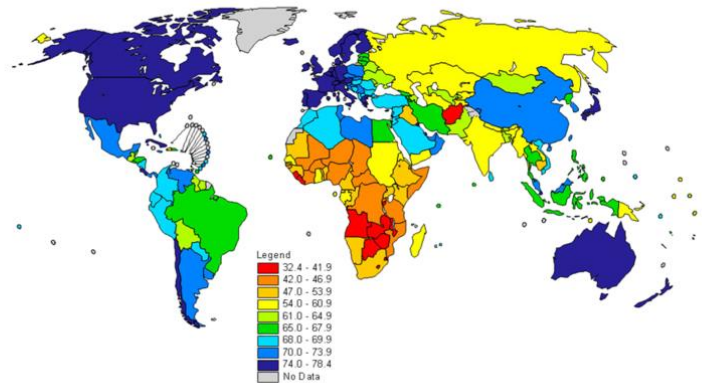
ZDRAVSTVENA INFORMATIKA

Kaj je zdravstvena informatika?



Zdravstvena informatika (*ang.* public health informatics) obravnava aplikacije in storitve, namenjene populaciji (in ne posameznemu bolniku). Informacijske znanosti in tehnologije se torej uporabljajo v funkciji sistemov javnega zdravja.

- zbiranje, shranjevanje in analiza podatkov o javnem zdravju
- načrtovanje in gospodarjenje z zbirkami podatkov
- nadzor dogodkov, ki vplivajo na zdravje
- preventiva, načini odziva in vrednotenje primerov epidemij, endemij in pandemij
- promocija zdravja



Vir: A. Friede in dr.: *Public health informatics: how information-age technology can strengthen public health.*
Annual Review of Public Health, 16:239-252, 1995



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
 Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
 doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
 1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZDRAVSTVENA INFORMATIKA

Javno zdravje



Javno zdravje (*ang.* public health) obsega preprečevanje bolezni, podaljševanje življenja in krepitev zdravja na podlagi organiziranih ter informacijsko podprtih odločitev na nivoju družbe, organizacij ali skupnosti.

Tri funkcije javnega zdravja so:

- **vrednotenje “zdravja”** (nadzor nad stanjem zdravja, raziskovanje zdravstvenih problemov, ocenjevanje učinkovitosti storitev, itn.)
- **priporočanje “zdravja”** (načrtovanje izboljšav pri stanju zdravja, vpeljava zakonov za zaščito zdravja in zagotavljanja varnosti, itn.)
- **zagotavljanje “zdravja”** (povezovanje ljudi z zdravstvenimi storitvami, izobraževanje o zdravju, itn.)

Med interdisciplinarna področja, ki spadajo pod javno zdravje in so povezana z biomedicinsko informatiko, spadata predvsem **epidemiologija** in **biostatistika**.



EPIDEMIOLOGIJA

Kaj je epidemiologija?



Epidemiologija (*ang.* epidemiology) je veda o vzorcih, vzrokih in učinkih stanj, povezanih z zdravjem v izbranih populacijah, ter uporaba znanj za preučevanje, preprečevanje in zdravljenje bolezenskih stanj.

Področje epidemiologije obsega:

- etiologijo bolezni
- raziskovanje izbruhov bolezni
- nadzor bolezni
- primerjavo učinkov zdravljenja

Epidemiologija se opira na različne vede:

- biologija
(za boljše razumevanje bolezenskih procesov)
- statistika
(za boljše razumevanje in uporabo podatkov)
- družboslovne vede
(za boljše razumevanje posrednih dejavnikov)



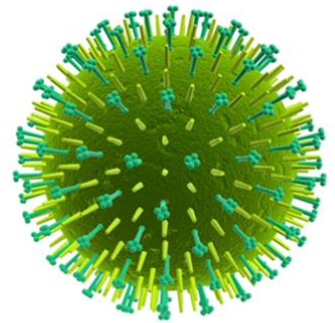
EPIDEMIOLOGIJA

Bolezenska stanja



Bolezenska stanja, ki jih epidemiologija obravnava, so:

- **epidemija** (*ang.* epidemic) je prekomerna navzočnost primera (bolezni ali dogodka) v primerjavi z normalnimi pričakovanji v določeni populaciji ter v določenem časovnem obdobju
- **endemija** (*ang.* endemic) pomeni neprestano prisotnost primera (bolezni ali dogodka) v določeni populaciji ali na določenem prostoru
- **pandemija** (*ang.* pandemic) je epidemija primera, ki prizadene populacijo na večjem prostoru (npr. regiji, državi ali celini)
- **sindemija** (*ang.* syndemic) pomeni navzočnost dveh ali več primerov (bolezni ali dogodkov) v določeni populaciji, ki na podlagi medsebojnega vpliva povečajo negativne učinke na zdravje v tej populaciji v primerjavi z učinki, ki bi jih povzročila navzočnost enega samega primera (bolezni ali dogodka)



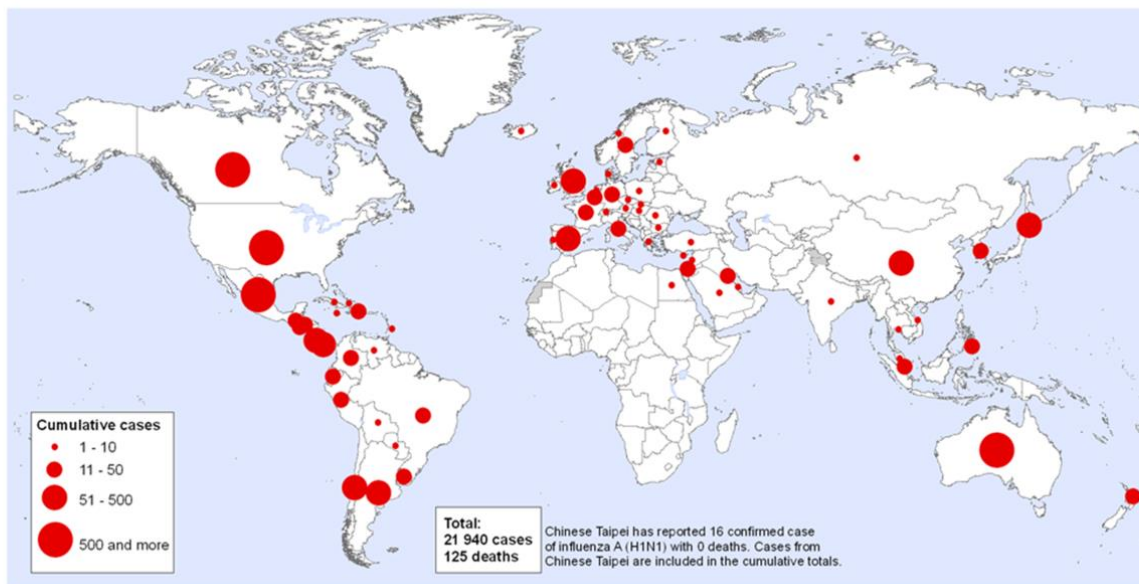
EPIDEMIOLOGIJA

Bolezenska stanja: primer



New Influenza A (H1N1),
Number of laboratory confirmed cases as reported to WHO

Status as of 05 June 2009
06:00 GMT



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Map produced: 05 June 2009 08:10 GMT

Data Source: World Health Organization
Map Production: Public Health Information
and Geographic Information Systems (GIS)
World Health Organization



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

EPIDEMIOLOGIJA

Kazalci zdravstvenega stanja: incidenca



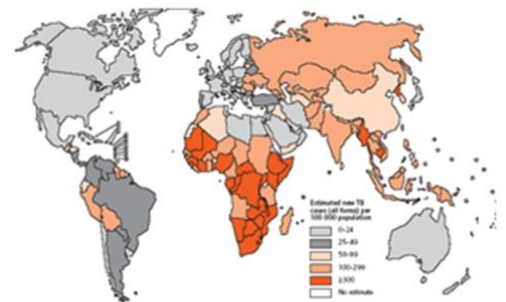
Incidenca ali **pojavnost** (*ang.* incidence) predstavlja število novih primerov (bolezni ali dogodkov), ki se pojavijo v določenem časovnem obdobju ter na določenem prostoru.

Incidenca = število novih primerov v določenem obdobju

$$\text{Stopnja incidence} = \frac{\text{število novih primerov v določenem obdobju}}{\text{število vseh ogroženih v določenem obdobju}} \times 10^k$$

Incidenca je osnovni kazalec dinamike pojava (naraščanje, upadanje oz. nespremenljivost) in opisuje tveganje nastopa bolezni pri posamezniku.

Specifične stopnje incidence (npr. starostno specifična stopnja) upošteva poleg velikosti skupin tudi njihove druge značilnosti (npr. starost).



EPIDEMIOLOGIJA

Kazalci zdravstvenega stanja: prevalenca



Prevalenca ali **razširjenost** (*ang.* prevalence) predstavlja število vseh primerov (bolezni ali dogodkov), ki so prisotni v določenem časovnem trenutku ter na določenem prostoru.

Prevalenca = število vseh primerov v določenem trenutku

$$\text{Stopnja prevalence} = \frac{\text{število vseh primerov v določenem trenutku}}{\text{število vseh ogroženih v določenem trenutku}} \times 10^k$$

Na povečanje prevalence vpliva:

- priseljevanje bolnih oseb
- priseljevanje dovzetnih oseb
- odseljevanje zdravih oseb
- izboljšanje diagnostičnih metod
- podaljšana življenjska bolnih oseb
- povečana incidenca

Na zmanjšanje prevalence vpliva:

- priseljevanje zdravih oseb
- krajše trajanje bolezni
- odseljevanje bolnih oseb
- izboljšanje ozdravljivosti bolezni
- visoka smrtnost
- znižana incidenca



EPIDEMIOLOGIJA

Kazalci zdravstvenega stanja: primer



	2003			2008		
	moški	ženske	skupaj	moški	ženske	skupaj
Število prebivalcev v RS dne 30.6.	977.436	1.019.337	1.996.773	1.012.277	1.027.122	2.039.399
Incidenca	5.026	4.971	9.997	6.472	5.708	12.180
Stopnja incidence (na 100.000 prebivalcev)	514,2	487,7	500,7	639,4	555,7	597,2
Prevalenca	22.382	34.726	57.108	31.307	44.191	75.498
Stopnja prevalence (na 100.000 prebivalcev)	2.289,9	3.406,7	2.860,0	3.092,7	4.302,4	3.702,0

Breme raka v Sloveniji v letih 2003 in 2008

Vir: Statistične informacije z dne 3.12.2003 (št. 312/7) in 15.12.2008 (št. 52/3). Statistični urad Republike Slovenije, internetni dostop preko <http://www.stat.si> • Incidenca raka v Sloveniji 2003. Onkološki inštitut Ljubljana, Register raka za Slovenijo, 2006 • Rak v Sloveniji 2008. Onkološki inštitut Ljubljana, Register raka Republike Slovenije, 2011.


 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
 Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
 doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
 1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

BIOSTATISTIKA

Kaj je biostatistika?



Statistika je veda, ki se ukvarja s preučevanjem množičnih pojavov, njen namen pa je zmanjševanje podatkov, tako da jih predstavimo z vrednostmi, ki opisujejo celoto oz. informacije o celoti.

Statistika je torej veda, ki s kvantitativnim preučevanjem množičnih pojavov ter z lastnimi metodami odkriva zakonitosti množičnega pojavljanja in podaja kvalitativno analizo množičnih pojavov.

Biostatistika predstavlja načrtovanje in izvajanje eksperimentov ter zbiranje, analiziranje in interpretiranje rezultatov teh eksperimentov s pomočjo statističnih postopkov in metod na področju biologije, veterine, medicine, itn.



BIOSTATISTIKA

Povprečna vrednost



Najpogostejše povprečne vrednosti so naslednje:

- **modus** (najpogostejša vrednost)
- **mediana** (sredinska vrednost)
- **aritmetična sredina** (srednja vrednost)

$$\bar{x}_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

- **geometrična sredina**

$$\bar{x}_G = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i} = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}$$

- **harmonična sredina**

$$\bar{x}_H = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^{-1} \right)^{-1} = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}}$$



BIOSTATISTIKA

Primer



Z avtomobilom prevozimo 100 km s hitrostjo 100 km/h, nato pa prevozimo še pot nazaj s hitrostjo 50 km/h. Kolikšna je povprečna hitrost na celotni poti?

- aritmetična sredina: $\bar{x}_A = \frac{100 \frac{\text{km}}{\text{h}} + 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{2} = 75 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
- geometrična sredina: $\bar{x}_G = \sqrt{100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 70,7 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
- harmonična sredina: $\bar{x}_H = \frac{2}{\frac{1}{100 \frac{\text{km}}{\text{h}}} + \frac{1}{50 \frac{\text{km}}{\text{h}}}} = 66,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



Za pot tja porabimo 1 uro, saj 100 km prevozimo s hitrostjo 100 km/h. Za pot nazaj porabimo 2 uri, saj 100 km prevozimo s hitrostjo 50 km/h. Ker za pot 200 km porabimo 3 ure, je povprečna hitrost torej $200 \text{ km} / 3 \text{ h} = 66,6 \text{ km/h}$, kar ustreza harmonični sredini.

Harmonična sredina se torej uporablja za razmerja (oz. deleže).



BIOSTATISTIKA

Standardni odklon



Standardni odklon predstavlja razpršenost vrednosti okoli povprečne vrednosti:

- **standardni odklon aritmetične sredine**

$$s_A = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_A)^2}$$

- **standardni odklon geometrične sredine**

$$s_G = e^{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \ln \bar{x}_G)^2}}$$

- **standardni odklon harmonične sredine**

$$s_H = [\dots]$$

S



BIOSTATISTIKA

Centralni limitni teorem



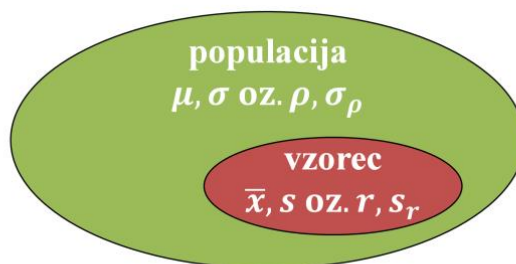
Centralni limitni teorem (*ang.* central limit theorem, CLT) določa, da je povprečje dovolj velikega števila neodvisnih naključnih spremenljivk porazdeljeno približno normalno, pri čemer ima vsaka spremenljivka končno povprečje in končno varianco.

- če so vzorci pridobljeni na podlagi naključnega procesa ter populacije z normalno porazdelitvijo, potem je porazdelitev povprečij teh vzorcev tudi normalno porazdeljena
- povprečje porazdelitve vzorcev je enaka povprečju porazdelitve populacije, iz katere so vzorci pridobljeni
- čim večje je število populacije, tem ožja je razpršitev porazdelitve povprečij vzorcev



BIOSTATISTIKA

Populacija in vzorec populacije



Veličina	Zapis	
	Populacija	Vzorec
Povprečna vrednost	μ	\bar{x}
Standardni odklon	σ	s
Povprečno razmerje (delež)	ρ	r
Standardni odklon razmerja (deleža)	σ_ρ	s_r



BIOSTATISTIKA

Ocena parametrov vzorca na podlagi populacije



Kadar je vzorec populacije dovolj velik (v praksi pri $n \geq 25$), v skladu s centralnim limitnim teoremom velja naslednje:

- v primeru **števne populacije** s povprečno vrednostjo μ in standardnim odklonom σ je vzorec n -tih primerov iz take populacije približno normalno porazdeljen s povprečno vrednostjo \bar{x} in standardnim odklonom s :

$$\bar{x} = \mu \quad \text{in} \quad s = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \left(s^2 = \frac{\sigma^2}{n} \right)$$

- v primeru **razmernostne populacije** s povprečno vrednostjo ρ je vzorec n -tih primerov iz take populacije približno normalno porazdeljen s povprečnim razmerjem r in standardnim odklonom s_r :

$$r = \rho \quad \text{in} \quad s_r = \sqrt{\frac{\rho(1-\rho)}{n}}$$



BIOSTATISTIKA

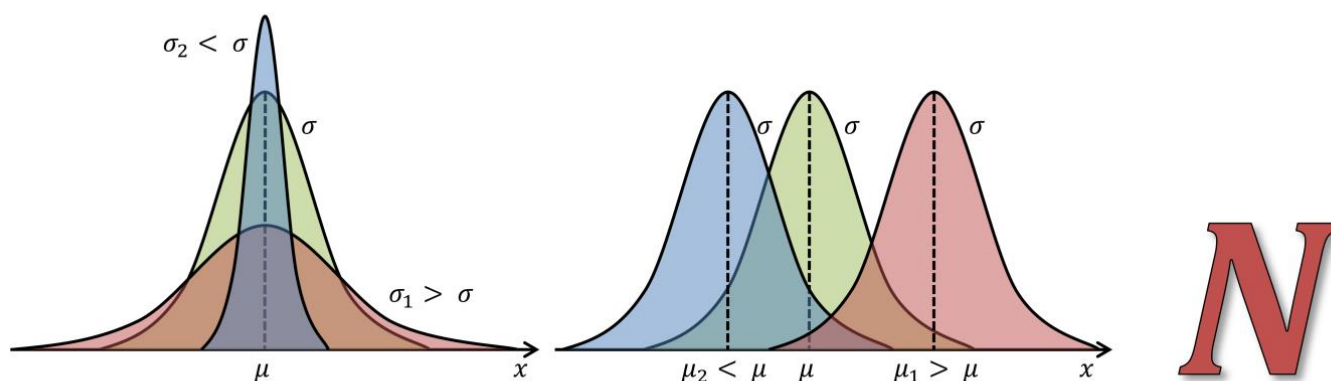
Gaussova (normalna) N porazdelitev



Gaussova (normalna) N porazdelitev je določena kot:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

kjer je μ povprečna vrednost in σ standardni odklon. Normalna porazdelitev se pogosto uporablja kot prvi približek za opisovanje vrednosti naključnih spremenljivk, ki so razpršene okoli povprečne vrednosti.



BIOSTATISTIKA

Standardna N porazdelitev

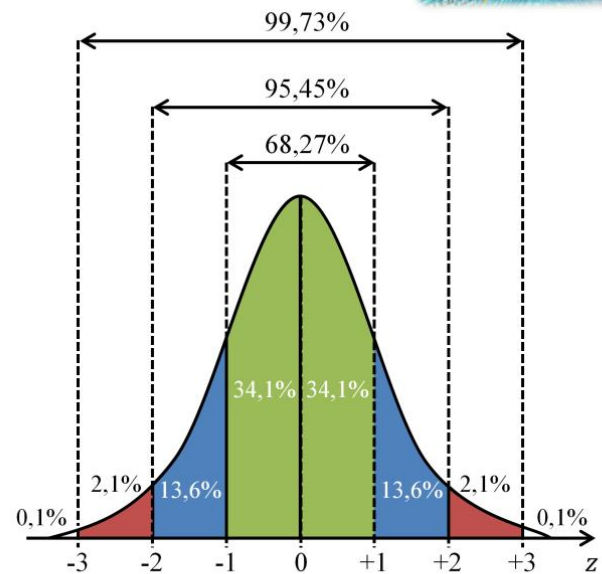


Standardna N porazdelitev je normalna porazdelitev s povprečno vrednostjo $\mu = 0$ in standardnim odklonom $\sigma = 1$. Poljubno normalno porazdelitev lahko prevedemo v standardno normalno porazdelitev z uvedbo nove spremenljivke z :

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Verjetnost, da vrednost leži na:

- intervalu $\pm 1\sigma$ od povprečne vrednosti:
 $P(\mu - 1\sigma \leq x \leq \mu + 1\sigma) \approx 0,6827$ oz. $P(-1 \leq z \leq +1) \approx 0,6827$
- intervalu $\pm 2\sigma$ od povprečne vrednosti:
 $P(\mu - 2\sigma \leq x \leq \mu + 2\sigma) \approx 0,9545$ oz. $P(-2 \leq z \leq +2) \approx 0,9545$
- intervalu $\pm 3\sigma$ od povprečne vrednosti:
 $P(\mu - 3\sigma \leq x \leq \mu + 3\sigma) \approx 0,9973$ oz. $P(-3 \leq z \leq +3) \approx 0,9973$



N

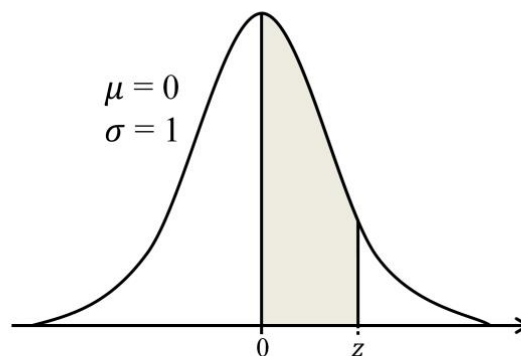


BIOSTATISTIKA

Površina pod krivuljo standardne N porazdelitve



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0753
.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
.6	.2257	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2518	.2549
.7	.2580	.2612	.2642	.2673	.2704	.2734	.2764	.2794	.2823	.2852
.8	.2881	.2910	.2939	.2967	.2995	.3023	.3051	.3078	.3106	.3133
.9	.3159	.3186	.3212	.3238	.3264	.3289	.3315	.3340	.3365	.3389
1.0	.3413	.3438	.3461	.3485	.3508	.3531	.3554	.3577	.3599	.3621
1.1	.3643	.3654	.3686	.3708	.3729	.3749	.3770	.3790	.3810	.3830
1.2	.3849	.3869	.3888	.3907	.3925	.3944	.3962	.3980	.3997	.4015
1.3	.4032	.4049	.4066	.4082	.4099	.4115	.4131	.4147	.4162	.4177
1.4	.4192	.4207	.4222	.4236	.4251	.4265	.4279	.4292	.4306	.4319
1.5	.4332	.4345	.4357	.4370	.4382	.4394	.4406	.4418	.4429	.4441
1.6	.4452	.4463	.4474	.4484	.4495	.4505	.4515	.4525	.4535	.4545
1.7	.4554	.4564	.4573	.4582	.4591	.4599	.4608	.4616	.4625	.4633
1.8	.4641	.4649	.4656	.4664	.4671	.4678	.4686	.4693	.4699	.4706
1.9	.4713	.4719	.4726	.4732	.4738	.4744	.4750	.4756	.4761	.4767
2.0	.4772	.4778	.4783	.4788	.4793	.4798	.4803	.4808	.4812	.4817
2.1	.4821	.4826	.4830	.4834	.4838	.4842	.4846	.4850	.4854	.4857
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4896	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4946	.4948	.4949	.4951	.4942
2.6	.4953	.4955	.4956	.4957	.4959	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964
2.7	.4965	.4966	.4967	.4968	.4969	.4970	.4971	.4972	.4973	.4974
2.8	.4974	.4975	.4976	.4977	.4977	.4978	.4979	.4979	.4980	.4981
2.9	.4981	.4982	.4982	.4983	.4984	.4984	.4985	.4985	.4986	.4986
3.0	.4986	.4987	.4987	.4988	.4988	.4989	.4989	.4989	.4990	.4990



Primer:

- površina pod krivuljo med $z = 0$ in $z = 1,25$ je enaka 0,3944 (verjetnost $P = 39,44\%$)
- površina pod krivuljo pri $z \geq 1,25$ je enaka $0,5 - 0,3944 = 0,1056$ (verjetnost $P = 10,56\%$)

N



BIOSTATISTIKA

Intervali standardne N porazdelitve



Interval ($\pm z \cdot \sigma$)	Znotraj intervala (%)	Zunaj intervala (%)	Frekvenca zunaj intervala	Frekvenca zunaj intervala za dnevni dogodek
$\pm 1,0 \cdot \sigma$	68,2689492137086	31,7310507862914	1 od 3	2 \times tedensko
$\pm 1,5 \cdot \sigma$	86,6385597462284	13,3614402537716	1 od 7	1 \times tedensko
$\pm 2,0 \cdot \sigma$	95,4499736103642	4,5500263896358	1 od 22	1 \times v treh tednih
$\pm 2,5 \cdot \sigma$	98,7580669348448	1,2419330651551	1 od 81	1 \times v trimesečju
$\pm 3,0 \cdot \sigma$	99,7300203936740	0,2699796063260	1 od 370	1 \times letno
$\pm 3,5 \cdot \sigma$	99,9534741841929	0,0465258158071	1 od 2.149	1 \times v šestih letih
$\pm 4,0 \cdot \sigma$	99,9936657516334	0,0063342483665	1 od 15.787	1 \times v 43 letih (2 \times v življenju)
$\pm 4,5 \cdot \sigma$	99,9993204653751	0,0006795346248	1 od 147.160	1 \times v 403 letih
$\pm 5,0 \cdot \sigma$	99,9999426696856	0,0000573303144	1 od 1.744.278	1 \times v 4.776 letih (1 \times v zgodovini)
$\pm 5,5 \cdot \sigma$	99,9999962020875	0,0000037979125	1 od 26.330.254	1 \times v 72.090 letih
$\pm 6,0 \cdot \sigma$	99,9999998026825	0,0000001973175	1 od 506.797.346	1 \times v 1.34 milijona let
$\pm 6,5 \cdot \sigma$	99,9999999919680	0,0000000080320	1 od 12.450.197.393	1 \times v 34 milijonih let
$\pm 7,0 \cdot \sigma$	99,9999999997440	0,0000000002560	1 od 390.682.215.445	1 \times v 1 milijardi let

BIOSTATISTIKA

Primer: verjetnost glede na N porazdelitev



Recimo, da je vrednost holesterola za določeno populacijo približno normalno porazdeljena okoli $\mu = 200$ (mg/100 ml) s standardnim odklonom $\sigma = 20$ (mg/100 ml).

Kolikšna je verjetnost, da ima naključno izbrana oseba iz te populacije vrednost holesterola večjo od $x_1 = 240$ (mg/100 ml)?

$$P(x \geq x_1) = P\left(\frac{x - \mu}{\sigma} \geq \frac{x_1 - \mu}{\sigma}\right)$$

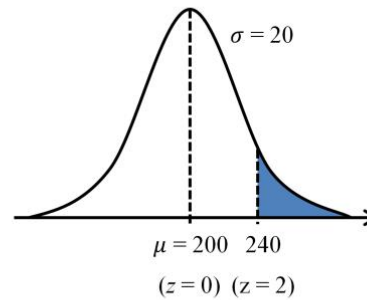
$$P(x \geq 240) = P\left(\frac{x - 200}{20} \geq \frac{240 - 200}{20}\right)$$

$$P(x \geq 240) = P(z \geq 2,00)$$

$$P(x \geq 240) = 0,5 - P(0 \leq z \leq 2,00)$$

$$P(x \geq 240) = 0,5 - 0,4722$$

$$P(x \geq 240) = 0.0228 = 2.28\%$$



z	.00	.01
.0	.0000	.004
.1	.0398	.043
.2	.0793	.083
.3	.1179	.121
.4	.1554	.159
.5	.1915	.195
.6	.2257	.229
.7	.2580	.261
.8	.2881	.291
.9	.3159	.318
1.0	.3413	.343
1.1	.3643	.365
1.2	.3849	.386
1.3	.4032	.404
1.4	.4192	.420
1.5	.4332	.434
1.6	.4452	.446
1.7	.4554	.456
1.8	.4641	.464
1.9	.4713	.471
2.0	.4772	.477
2.1	.4821	.482
2.2	.4861	.486
2.3	.4898	.489

BIOSTATISTIKA

Interval zaupanja



Interval zaupanja *CI* (*ang.* confidence interval, CI) za povprečno vrednost je določen s **stopnjo zaupanja** *d* (*ang.* confidence level):

- za števne vrednosti kot:

$$CI_d = \bar{x} \pm z \cdot s = \mu \pm z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

- za razmerja kot:

$$CI_d = r \pm z \cdot s_r = \rho \pm z \sqrt{\frac{\rho(1 - \rho)}{n}}$$

Stopnja zaupanja <i>d</i>	Koeficient <i>z</i>	Izračun koeficienta <i>z</i>
99%	2,576	$0,99 = 2 \cdot 0,495 = P(-2,576 \leq z \leq +2,576)$
95%	1,960	$0,95 = 2 \cdot 0,475 = P(-1,960 \leq z \leq +1,960)$
90%	1,645	$0,90 = 2 \cdot 0,450 = P(-1,645 \leq z \leq +1,645)$
80%	1,282	$0,80 = 2 \cdot 0,400 = P(-1,282 \leq z \leq +1,282)$

CI

BIOSTATISTIKA

Hipoteza



Hipoteza je oblika raziskovalnega vprašanja, s statističnega vidika pa je trditev o določeni porazdelitvi in njenih parametrih.

- **ničelna hipoteza H_0** je običajno pritrdilna in podaja dejstvo, da ni razlike med opazovanimi porazdelitvami ali njihovimi parametri
- **alternativna hipoteza H_A** je običajno nikalna in zavrača ničelno hipotezo s podajanjem dejstva, da obstaja razlika med opazovanimi porazdelitvami ali njihovimi parametri

Hipotezo testiramo tako, da jo poskušamo **zavreči ali potrditi**. Ničelna hipoteza je zavrnjena samo takrat, kadar obstajajo dovolj močni dokazi, ki podpirajo alternativno hipotezo.

H_0



BIOSTATISTIKA

Statistična pomembnost



Glede na odločitev in dejansko stanje lahko testiranje hipoteze zapišemo kot:

Dejansko stanje	Odločitev	
	H_0 je potrjena	H_0 je zavrnjena
H_0 je resnična	pravilna odločitev	napaka vrste I
H_0 je neresnična	napaka vrste II	pravilna odločitev

- **Vrednost α** je verjetnost zavrnitve ničelne hipoteze H_0 , ki dejansko drži (verjetnost, da pride do napake vrste I, oziroma $1 - \text{specifičnost}$). Vrednost običajno nastavimo glede na želeno **stopnjo značilnosti** oz. **pomembnosti** (*ang.* level of significance), npr. $\alpha = 0,01$ (1%), $\alpha = 0,05$ (5%) ali $\alpha = 0,10$ (10%).
- **Vrednost β** je verjetnost potrditve ničelne hipoteze H_0 , ki dejansko ne drži (verjetnost, da pride do napake vrste II, oziroma $1 - \text{občutljivost}$). Vrednost je odvisna od **velikosti vzorca**, ki smo ga vzeli iz populacije.

α

β

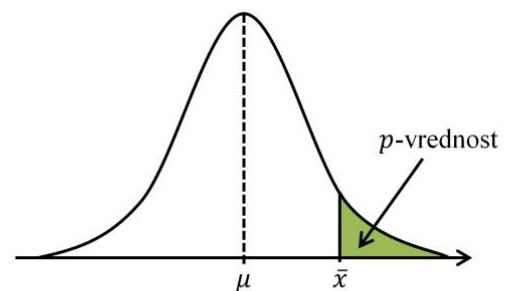
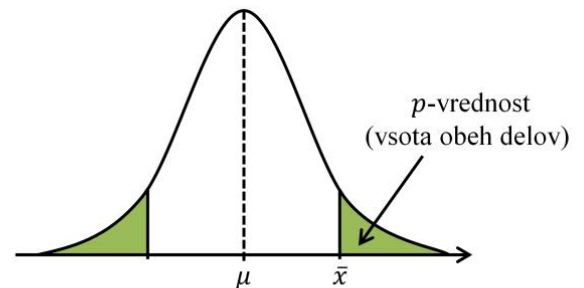
BIOSTATISTIKA

Statistični test pomembnosti



Da lahko hipotezo preverimo, opravimo **statistični test pomembnosti**:

- **dvostranski test** (*ang.* two-sided test, two-tailed test) odgovori na vprašanje, ali je povprečna vrednost vzorca \bar{x} pomembno drugačna od povprečne vrednosti populacije μ
- **enostranski test** (*ang.* one-sided test, one-tailed test) odgovori na vprašanje, ali je povprečna vrednost vzorca \bar{x} pomembno večja od povprečne vrednosti populacije μ (oz. pomembno manjša od μ)



BIOSTATISTIKA

Statistični test pomembnosti in p -vrednost



Namesto podajanja dejstva, ali je rezultat testa statistično pomemben, se podaja kar **p -vrednost**, ki predstavlja verjetnost, da dobimo takšne ali še bolj skrajne (večje ali manjše) rezultate kot v primeru, če bi držala ničelna hipoteza.

Kriterij p -vrednosti:

- $p < \alpha \Rightarrow$ ničelna hipoteza H_0 je zavrnjena na stopnji pomembnosti α
- $p \geq \alpha \Rightarrow$ ničelna hipoteza H_0 je potrjena na stopnji pomembnosti α

p -vrednost	Statistična interpretacija
$0,10 < p$	Rezultat ni pomemben.
$0,05 < p < 0,10$	Rezultat je mejno pomemben.
$0,01 < p < 0,05$	Rezultat je pomemben.
$p < 0,01$	Rezultat je zelo pomemben.

p

BIOSTATISTIKA

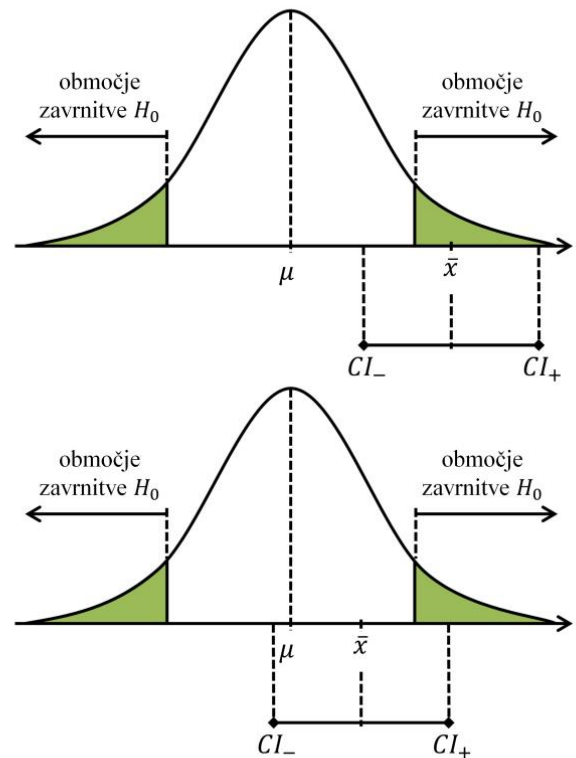
Statistični test pomembnosti in interval zaupanja



Predpostavimo naslednjo ničelno hipotezo:

$$H_0 \Rightarrow \bar{x} = \mu$$

- če **μ ni vključena** v interval zaupanja (CI) s stopnjo d , potem je ničelna hipoteza H_0 lahko zavrnjena na $\alpha = (1 - d)$ stopnji pomembnosti
- če **je μ vključena** v interval zaupanja (CI) s stopnjo d , potem je ničelna hipoteza H_0 lahko potrjena na $\alpha = (1 - d)$ stopnji pomembnosti



BIOSTATISTIKA

Primer: ničelna hipoteza in vrednost α



Recimo, da želimo določiti delež kadilcev ρ v regiji, pri čemer vemo, da je delež kadilcev na državni ravni enak 25%. **Ničelna hipoteza** naj torej pravi, da je delež kadilcev v regiji enak deležu kadilcev na državni ravni:

$$H_0 \Rightarrow \rho = 0,25$$

Iz regije vzamemo vzorec velikosti $n = 100$ oseb, za katerega je delež kadilcev enak r , ter predpostavimo, da ničelno hipotezo H_0 zavrnemo pri $r \leq 0,20$.

Glede na **centralni limitni teorem** je porazdelitev vzorca približno normalna s povprečno vrednostjo r in standardnim odklonom s_r :

$$r = \rho = 0,25 \quad \text{in} \quad s_r = \sqrt{\frac{\rho(1-\rho)}{n}} = \sqrt{\frac{0,25(1-0,25)}{100}} = 0,043$$

Vrednost α predstavlja verjetnost, da zavrnemo ničelno hipotezo H_0 , ki dejansko drži:

$$\alpha = P(r \leq 0,20) = P\left(z \leq \frac{0,20 - r}{s_r}\right) = P\left(z \leq \frac{0,20 - 0,25}{0,043}\right)$$

$$\alpha = P(z \leq -1,16) = 0,123 = 12,3\%$$



BIOSTATISTIKA

Primer: alternativna hipoteza in vrednost β



Predpostavimo, da je delež kadilcev na državni ravni dejansko enak 15% in da zato drži **alternativna hipoteza**:

$$H_A \Rightarrow \rho = 0,15$$

Iz regije vzamemo vzorec velikosti $n = 100$ oseb, za katerega je delež kadilcev enak r , ter predpostavimo, da alternativno hipotezo H_A zavrnamo pri $r \geq 0,20$.

Glede na **centralni limitni teorem** je porazdelitev vzorca približno normalna s povprečno vrednostjo r in standardnim odklonom s_r :

$$r = \rho = 0,15 \quad \text{in} \quad s_r = \sqrt{\frac{\rho(1-\rho)}{n}} = \sqrt{\frac{0,15(1-0,15)}{100}} = 0,036$$

Vrednost β predstavlja verjetnost da ne zavrnamo ničelne hipotezo H_0 , ki dejansko ne drži:

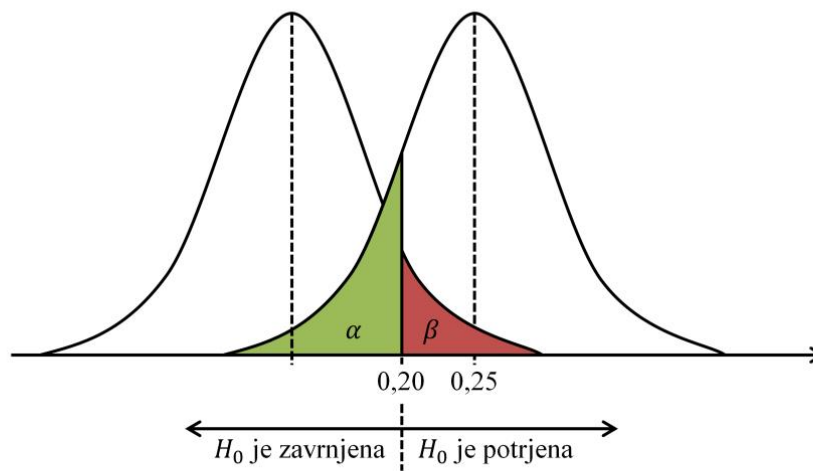
$$\beta = P(r \geq 0,20) = P\left(z \geq \frac{0,20 - r}{s_r}\right) = P\left(z \geq \frac{0,20 - 0,15}{0,036}\right)$$

$$\beta = P(z \geq 1,39) = 0,082 = 8,2\%$$



BIOSTATISTIKA

Primer: porazdelitev vrednosti



BIOSTATISTIKA

Primer: statistični test pomembnosti



Predpostavimo, da je delež kadilcev na državni ravni dejansko enak $\rho = 25\%$ in da smo pri vzorcu $n = 100$ oseb iz regije ugotovili, da je kadilcev dejansko $m = 15$, kar predstavlja $r = 15\%$ delež.

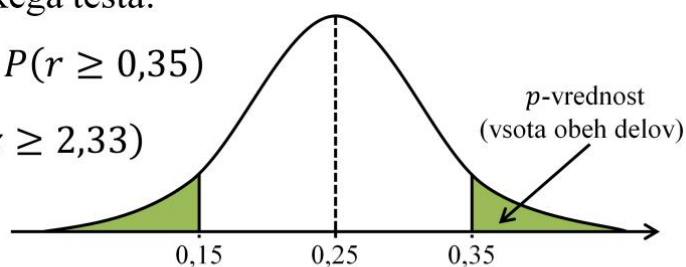
Ali je razlika med deležem v regiji in deležem na državni ravni **statistično pomembna**?

Izračun p -vrednosti na podlagi dvostranskega testa:

$$p = P(r \leq 0,15) + P(r \geq 0,35) = 2 \cdot P(r \geq 0,35)$$

$$p = 2 \cdot P\left(z \geq \frac{0,35 - 0,25}{0,043}\right) = 2 \cdot P(z \geq 2,33)$$

$$p = 2 \cdot (0,5 - 0,4901) \approx 0,02$$



Rezultat dvostranskega testa pove, da je razlika med deležem v regiji in deležem na državni ravni statistično pomembna ($p < 0,05$).



BIOSTATISTIKA

Študentova¹ *t* porazdelitev



Študentova *t* porazdelitev je določena kot:

$$f(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\sqrt{\nu\pi}\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} \left(1 + \frac{x^2}{\nu}\right)^{-\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}$$

Spremenljivka ν označuje **prostorske stopnje** (*ang.* degrees of freedom), ki predstavljajo količino informacije, ki se jo lahko uporabi za izračun standardnega odklona: $\nu = n - 1$.

Funkcija $\Gamma(\cdot)$ predstavlja gama funkcijo:

$$\frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\sqrt{\nu\pi}\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} = \begin{cases} \frac{(\nu-1) \cdot (\nu-3) \cdot \dots \cdot 5 \cdot 3}{2 \cdot \sqrt{\nu} \cdot (\nu-2) \cdot (\nu-4) \cdot \dots \cdot 4 \cdot 2} & \text{kadar je } \nu \text{ sodo} \\ \frac{(\nu-1) \cdot (\nu-3) \cdot \dots \cdot 4 \cdot 2}{\pi \cdot \sqrt{\nu} \cdot (\nu-2) \cdot (\nu-4) \cdot \dots \cdot 5 \cdot 3} & \text{kadar je } \nu \text{ liho} \end{cases}$$

t

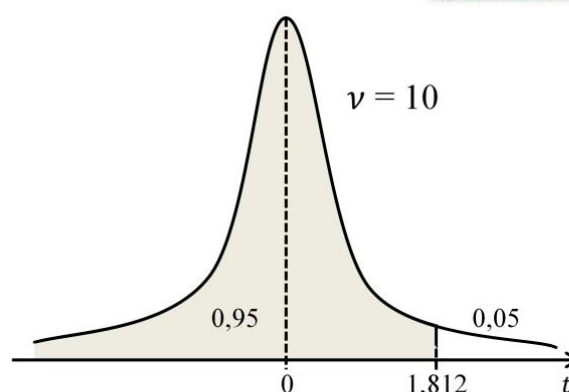
¹ psevdonim angleškega statistika W.S. Gosseta

BIOSTATISTIKA

Površina pod krivuljo Študentove t porazdelitve



Degrees of Freedom	Area in Upper Tail				
	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576



Primer:

- pri številu prostorskih stopenj $\nu = 10$ in površino zgornjega repa 0,05 (površina brez zgornjega repa je torej 0,95) je vrednost spremenljivke enaka $t = 1,812$

t

BIOSTATISTIKA

Eno-vzorčni statistični t test za zvezne podatke



Eno-vzorčni statistični t test za zvezne podatke (*ang.* one-sample t test) opravimo za preverjanje ničelne hipoteze, ki trdi, da je povprečna vrednost vzorca velikosti n enaka povprečni vrednosti populacije:

$$H_0: \bar{x} = \mu$$

Postopek:

1. Glede na vrsto problema izberemo:
 - **enostranski test** (alternativna hipoteza $H_A: \bar{x} < \mu$ ali $H_A: \bar{x} > \mu$)
 - **dvostranski test** (alternativna hipoteza $H_A: \bar{x} \neq \mu$)
2. Izberemo **stopnjo pomembnosti α** (običajna izbira je $\alpha = 0,05$ oz. 5%)
3. Izračunamo **vrednost t** :

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{SE(\bar{x})} = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

BIOSTATISTIKA

Eno-vzorčni statistični t test za zvezne podatke (2)



4. Na podlagi tabele za t porazdelitev z $(n - 1)$ prostorskimi stopnjami in stopnjo pomembnosti α določimo **pogoj za zavrnitev ničelne hipoteze**:

- za **enostranski test** uporabimo stolpec, ki ustreza α (npr. $\alpha = 0,05$):

$$t \leq - \text{tabelna vrednost pri } H_A: \bar{x} < \mu$$

oz.

$$t \geq + \text{tabelna vrednost pri } H_A: \bar{x} > \mu$$

- za **dvostranski test** uporabimo stolpec, ki ustreza $\frac{\alpha}{2}$ (npr. $\frac{\alpha}{2} = 0,025$):

$$t \leq - \text{tabelna vrednost pri } H_A: \bar{x} \neq \mu$$

ali

$$t \geq + \text{tabelna vrednost pri } H_A: \bar{x} \neq \mu$$



BIOSTATISTIKA

Primer: eno-vzorčni statistični t test za zvezne podatke



Recimo, da imajo dečki določene starosti povprečno telesno težo $\mu = 38,5$ kg, pri opazovanju vseh $n = 25$ dečkov iz neke mestne četrti pa smo izmerili povprečno težo $\bar{x} = 36,7$ kg in standardni odklon $s = 5,3$ kg.

Ničelna hipoteza naj pravi, da dečki v tej mestni četrti niso podhranjeni in da torej ni razlik v povprečni vrednosti telesne teže oz. $H_0: \bar{x} = \mu$.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{SE(\bar{x})} = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} = \frac{36,6 - 38,5}{5,3/\sqrt{25}}$$

$$t = -1,79 \Rightarrow t < -1,71 = -t_{v=24}(\alpha = 0,05)$$

Degrees of Freedom	A	
	0.10	0.05
1	3.078	6.314
2	1.886	2.920
3	1.638	2.353
4	1.533	2.132
5	1.476	2.015
6	1.440	1.943
7	1.415	1.895
8	1.397	1.860
9	1.383	1.833
10	1.372	1.812
11	1.363	1.796
12	1.356	1.782
13	1.350	1.771
14	1.345	1.761
15	1.341	1.753
16	1.337	1.746
17	1.333	1.740
18	1.330	1.734
19	1.328	1.729
20	1.325	1.725
21	1.323	1.721
22	1.321	1.717
23	1.319	1.714
24	1.318	1.711
25	1.316	1.708
26	1.315	1.706

Ničelno hipotezo lahko zavrnamo z enostranskim testom na stopnji pomembnosti 0,05 oz. 5%, saj je dovolj dokazov, ki podpirajo alternativno hipotezo ($H_A: \bar{x} < \mu$).

BIOSTATISTIKA

Eno-vzorčni statistični t test za parne podatke



Eno-vzorčni statistični t test za parne podatke opravimo za preverjanje ničelne hipoteze, ki trdi, da je povprečna vrednost razlike med dvema vzorcema enake velikosti n enaka nič:

$$H_0: \bar{d} = 0$$

Postopek:

1. Glede na vrsto problema izberemo:
 - **enostranski test** (alternativna hipoteza $H_A: \bar{d} < 0$ ali $H_A: \bar{d} > 0$)
 - **dvostranski test** (alternativna hipoteza $H_A: \bar{d} \neq 0$)
2. Izberemo **stopnjo pomembnosti α** (običajna izbira je $\alpha = 0,05$ oz. 5%)
3. Izračunamo **vrednost t** :

$$t = \frac{\bar{d} - 0}{SE(\bar{d})} = \frac{\bar{d}}{s_d/\sqrt{n}}$$



BIOSTATISTIKA

Eno-vzorčni statistični t test za parne podatke (2)



4. Na podlagi tabele za t porazdelitev z $(n - 1)$ prostorskimi stopnjami in stopnjo pomembnosti α določimo **pogoj za zavrnitev ničelne hipoteze**:

- za **enostranski test** uporabimo stolpec, ki ustreza α (npr. $\alpha = 0,05$):

$$t \leq - \text{tabelna vrednost pri } H_A: \bar{d} < 0$$

oz.

$$t \geq + \text{tabelna vrednost pri } H_A: \bar{d} > 0$$

- za **dvostranski test** uporabimo stolpec, ki ustreza $\frac{\alpha}{2}$ (npr. $\frac{\alpha}{2} = 0,025$):

$$t \leq - \text{tabelna vrednost pri } H_A: \bar{d} \neq 0$$

ali

$$t \geq + \text{tabelna vrednost pri } H_A: \bar{d} \neq 0$$



BIOSTATISTIKA

Primer: eno-vzorčni statistični t test za parne podatke



Recimo, da merimo koncentracije cinka v vodi na dnu in na površini reke, in sicer na $n = 6$ različnih mestih.

Ničelna hipoteza naj pravi, da ni razlik v povprečni koncentraciji cinka na dnu in na površini reke oz. $H_0: \bar{d} = 0$.

Mesto i	Dno (mg/l)	Površina(mg/l)	Razlika d_i (mg/l)
1	0,430	0,415	0,015
2	0,266	0,238	0,028
3	0,567	0,390	0,177
4	0,531	0,410	0,121
5	0,707	0,605	0,102
6	0,716	0,609	0,107

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} = \frac{0,550}{6} = 0,0917$$

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0184}{5}} = 0,0607$$

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d/\sqrt{n}} = \frac{0,0917}{0,0607/\sqrt{6}} = 3,70 \Rightarrow t > 2,571 = t_{\nu=5}(\alpha = 0,025)$$

Degrees of Freedom	Area in Upper T		
	0.10	0.05	0.025
1	3.078	6.314	12.706
2	1.886	2.920	4.303
3	1.638	2.353	3.182
4	1.533	2.132	2.776
5	1.476	2.015	2.571
6	1.440	1.943	2.447
7	1.415	1.895	2.365

Ničelno hipotezo lahko zavrnamo z dvostranskim testom na stopnji pomembnosti 0,05 oz. 5%, saj je dovolj dokazov, ki podpirajo alternativno hipotezo ($H_A: \bar{d} \neq 0$).

BIOSTATISTIKA

Dvo-vzorčni statistični t test za primerjavo povprečij



Dvo-vzorčni statistični t test za primerjavo povprečij (*ang.* two-sample t test) opravimo za preverjanje ničelne hipoteze, ki trdi, da sta povprečni vrednosti dveh neodvisnih vzorcev velikosti n_1 in n_2 enaki:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

Postopek:

1. Glede na vrsto problema izberemo:
 - **enostranski test** (alternativna hipoteza $H_A: \mu_2 < \mu_1$ ali $H_A: \mu_1 < \mu_2$)
 - **dvostranski test** (alternativna hipoteza $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$)
2. Izberemo **stopnjo pomembnosti α** (običajna izbira je $\alpha = 0,05$ oz. 5%)
3. Izračunamo **vrednost t** :

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{SE(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}; \quad SE(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = \sqrt{\left(\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\right) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}$$



BIOSTATISTIKA

Dvo-vzorčni statistični t test za primerjavo povprečij



4. Na podlagi tabele za t porazdelitev z $(n_1 + n_2 - 2)$ prostorskimi stopnjami in stopnjo pomembnosti α določimo **pogoj za zavrnitev ničelne hipoteze**:

- za **enostranski test** uporabimo stolpec, ki ustreza α (npr. $\alpha = 0,05$):

$$t \leq - \text{tabelna vrednost pri } H_A: \mu_1 < \mu_2$$

oz.

$$t \geq + \text{tabelna vrednost pri } H_A: \mu_1 > \mu_2$$

- za **dvostranski test** uporabimo stolpec, ki ustreza $\frac{\alpha}{2}$ (npr. $\frac{\alpha}{2} = 0,025$):

$$t \leq - \text{tabelna vrednost pri } H_A: \mu_1 \neq \mu_2$$

ali

$$t \geq + \text{tabelna vrednost pri } H_A: \mu_1 \neq \mu_2$$



BIOSTATISTIKA

Primer: dvo-vzorčni statistični t test za primerjavo povprečij



Recimo, da merimo ostrino vida pri različnih rasnih skupinah v avstralski moški populaciji.

Ničelna hipoteza naj pravi, da je povprečna ostrina vida med skupinami enaka oz.

$$H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2.$$

Ostrina vida (v log skali)	n_i	\bar{x}_i	s_i
Moški evropskih korenin	89	-0,20	0,18
Moški aboriginskih korenin	107	-0,26	0,13

$$SE(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = \sqrt{\left(\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\right)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}$$

$$SE(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = \sqrt{\left(\frac{88 \cdot 0,0324 + 106 \cdot 0,0169}{89 + 107 - 2}\right)\left(\frac{1}{89} + \frac{1}{107}\right)} = 0,0222$$

Degrees of Freedom	
	0.005
30	2.750
40	2.704
60	2.660
120	2.617
∞	2.576

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{SE(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)} = \frac{(-0,20) - (-0,26)}{0,0222} = 2,70 \Rightarrow t > 2,576 = t_{v=194} (\alpha = 0,005)$$

Ničelno hipotezo lahko zavrnemo z dvostranskim testom na stopnji pomembnosti 0,01 oz. 1%, saj je dovolj dokazov, ki podpirajo alternativno hipotezo ($H_A: \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$).

BIOSTATISTIKA

Fisher-Snedecor-jeva F porazdelitev



F porazdelitev je za $x \geq 0$ določena kot:

$$f(x) = \frac{1}{\beta\left(\frac{d_1}{2}, \frac{d_2}{2}\right)} \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^{\frac{d_1}{2}} x^{\frac{d_1}{2}-1} \left(1 + \frac{d_1}{d_2} x\right)^{-\frac{d_1+d_2}{2}}$$

Spremenljivki d_1 in d_2 označujeta **prostorske stopnje**, funkcija $\beta(\cdot)$ predstavlja beta funkcijo (Eulerjev integral):

$$\beta(x, y) = \int_0^1 t^{x-1} (1-t)^{y-1} dt = \frac{\Gamma(x)\Gamma(y)}{\Gamma(x+y)}$$

F

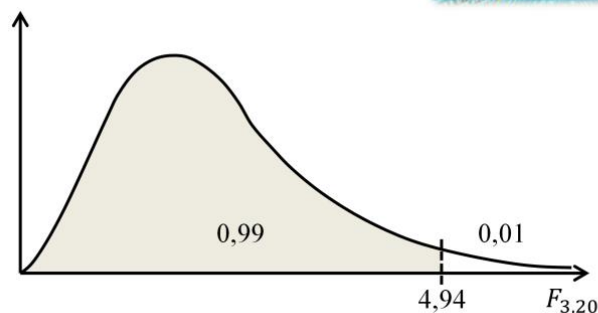


BIOSTATISTIKA

Površina pod krivuljo F porazdelitve

 (d_1, α)


Denominator Degrees of Freedom	(Numerator Degrees of Freedom, Area in Upper Tail)							
	(2, .05)	(2, .01)	(3, .05)	(3, .01)	(4, .05)	(4, .01)	(5, .05)	(5, .01)
5	5.79	13.27	5.41	12.06	5.19	11.39	4.82	10.97
6	5.14	10.92	4.76	9.78	4.53	9.15	4.39	8.75
7	4.74	9.55	4.35	8.45	4.12	7.85	3.97	7.46
8	4.46	8.65	4.07	7.59	3.84	7.01	3.69	6.63
9	4.26	8.02	3.86	6.99	3.63	6.42	3.48	6.06
10	4.10	7.56	3.71	6.55	3.48	5.99	3.33	5.64
11	3.98	7.21	3.59	6.22	3.36	5.67	3.20	5.32
12	3.89	6.93	3.49	5.95	3.26	5.41	3.11	5.06
13	3.81	6.70	3.41	5.74	3.18	5.21	3.03	4.86
14	3.74	6.51	3.34	5.56	3.11	5.24	2.96	4.69
15	3.68	6.36	3.29	5.42	3.06	4.89	2.90	4.56
16	3.63	6.23	3.24	5.29	3.01	4.77	2.85	4.44
17	3.59	6.11	3.20	5.18	2.96	4.67	2.81	4.34
18	3.55	6.01	3.16	5.09	2.93	4.58	2.77	4.25
19	3.52	5.93	3.13	5.01	2.90	4.50	2.74	4.17
20	3.49	5.85	3.10	4.94	2.87	4.43	2.71	4.10
21	3.47	5.78	3.07	4.87	2.84	4.37	2.68	4.04
22	3.44	5.72	3.05	4.82	2.82	4.31	2.66	3.99
23	3.42	5.66	3.03	4.76	2.80	4.26	2.64	3.94
24	3.40	5.61	3.01	4.72	2.78	4.22	2.62	3.90
25	3.39	5.57	2.99	4.68	2.76	4.18	2.60	3.85
26	3.37	5.53	2.98	4.64	2.74	4.14	2.59	3.82
27	3.35	5.49	2.96	4.60	2.73	4.11	2.57	3.78
28	3.34	5.45	2.95	4.57	2.71	4.07	2.56	3.75
29	3.33	5.42	2.93	4.54	2.70	4.04	2.55	3.73
30	3.32	5.39	2.92	4.51	2.69	4.02	2.53	3.70
35	3.27	5.27	2.87	4.40	2.64	3.91	2.49	3.59
40	3.23	5.18	2.84	4.31	2.61	3.83	2.45	3.51
50	3.18	5.06	2.79	4.20	2.56	3.72	2.40	3.41
60	3.15	4.98	2.76	4.13	2.53	3.65	2.37	3.34
80	3.11	4.88	2.72	4.04	2.49	3.56	2.33	3.26
100	3.09	4.82	2.70	3.98	2.46	3.51	2.31	3.21
120	3.07	4.79	2.68	3.95	2.45	3.48	2.29	3.17
∞	3.00	4.61	2.60	3.78	2.37	3.32	2.21	3.02



Primer:

- pri številu prostorskih stopenj $d_1 = 3$ in $d_2 = 20$ ter pri površini zgornjega repa 0,01 (površina brez zgornjega repa je torej 0,99) je vrednost spremenljivke enaka $F = 4,94$

F



BIOSTATISTIKA

Statistični F test – analiza variance



Statistični F test oz. enosmerno analizo variance ANOVA (ang. one-way analysis of variance) opravimo za preverjanje ničelne hipoteze, ki trdi, da ni razlik med povprečnimi vrednostmi k skupin vzorcev poljubnih velikosti:

$$H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2 = \dots = \bar{x}_i = \dots = \bar{x}_k$$

Skupina	1	2	...	i	...	k
Velikost vzorca	n_1	n_2	...	n_i	...	n_k
Povprečna vrednost	\bar{x}_1	\bar{x}_2	...	\bar{x}_i	...	\bar{x}_k
Varianca	s_1^2	s_2^2	...	s_i^2	...	s_k^2

$$n = \sum_{i=1}^k n_i \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i \bar{x}_i}{n} \quad s^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2 = SST$$

BIOSTATISTIKA

Statistični F test – analiza variance (2)



Postopek:

1. Izračunamo **varianco znotraj skupin SSW** (*ang.* within sum of squares) ter **varianco med skupinami SSB** (*ang.* between sum of squares):

$$SSW = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 = \sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2 \quad \left(s_i^2 = \frac{1}{n_i - 1} \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \right)$$

$$SSB = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2 \quad \left(\sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2 \right)$$

pri čemer upoštevamo, da je skupna varianca enaka $s^2 = SST = SSW + SSB$:

- SST ima **$(n - 1)$ prostorskih stopenj**, ki opisujejo razlike med n vzorci
- SSB ima **$(k - 1)$ prostorskih stopenj**, ki opisujejo razlike med k skupinami
- SSW ima preostalih **$((n - 1) - (k - 1)) = (n - k)$ prostorskih stopenj**



BIOSTATISTIKA

Statistični F test – analiza variance (3)



2. Izračunamo **povprečno variacijo znotraj povprečij MSW** (*ang.* within mean square) ter **povprečno variacijo med povprečji MSB** (*ang.* between mean square):

$$MSW = \frac{SSW}{n - k} \quad \text{in} \quad MSB = \frac{SSB}{k - 1}$$

3. Izberemo **stopnjo pomembnosti α** (običajna izbira je $\alpha = 0,05$ oz. 5%)

4. Izračunamo **vrednost F** :

$$F = \frac{MSB}{MSW}$$

5. Na podlagi tabele za F porazdelitev z $d_1 = k - 1$ in $d_2 = n - k$ prostorskimi stopnjami in stopnjo pomembnosti α določimo **pogoj za zavrnitev ničelne hipoteze**:

$$F \geq \text{tabelna vrednost pri } H_A: \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2 \neq \dots \neq \bar{x}_i \neq \dots \neq \bar{x}_k$$



BIOSTATISTIKA

Statistični F test – analiza variance (4)



6. Rezultate zberemo v ANOVA tabeli:

Variacije	SS	Prostorske stopnje	MS	F	p -vrednost
Med skupinami (B)	SSB	$k - 1$	MSB	F	p
Znotraj skupin (W)	SSW	$n - k$	MSW		
Skupaj (T)	SST	$n - 1$			

Na podlagi ANOVA je p -vrednost težko izračunljiva, predstavlja pa površino pod krivuljo F porazdelitve od dejansko dobljene vrednosti F naprej.

Opomba:

Kadar imamo dve skupini ($k = 2$), velja $F = t^2$ in je torej ANOVA enakovredna dvostranskemu dvo-vzorčnemu t testu.



BIOSTATISTIKA

Primer: analiza variance



Recimo, da merimo ostrino vida pri različnih rasnih skupinah in spolih v avstralski populaciji.

Ničelna hipoteza naj pravi, da med skupinami ni razlik pri povprečni ostrini vida oz.:

$$H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2 = \bar{x}_3 = \bar{x}_4.$$

Ostrina vida (v log skali)	n_i	\bar{x}_i	s_i
Moški evropskih korenin	89	-0,20	0,18
Moški aboriginskih korenin	107	-0,26	0,13
Ženske evropskih korenin	63	-0,13	0,17
Ženske aboriginskih korenin	54	-0,24	0,18

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{(89)(-0,20) + (107)(-0,26) + (63)(-0,13) + (54)(-0,24)}{89 + 107 + 63 + 54} = -0,213$$

$$SSW = \sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2$$

$$SSW = (88)(0,18)^2 + (106)(0,13)^2 + (62)(0,17)^2 + (53)(0,18)^2 = 8,1516$$

$$MSW = \frac{SSW}{n - k} = \frac{8,1516}{313 - 4} = 0,0264$$

$$SSB = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$$

$$SSB = (89)(-0,20 + 0,213)^2 + (107)(-0,26 + 0,213)^2 + (63)(-0,13 + 0,213)^2 + (54)(-0,24 + 0,213)^2 = 0,7248$$

$$MSB = \frac{SSB}{k - 1} = \frac{0,7248}{4 - 1} = 0,2416$$



BIOSTATISTIKA

Primer: analiza variance (2)



$$F = \frac{MSB}{MSW} = \frac{0,2416}{0,0264} = 9,152$$

$$d_1 = k - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$d_2 = n - k = 313 - 4 = 309$$

$$\Rightarrow F > 2,60 = F_{3,\infty} (\alpha = 0,05)$$

$$\Rightarrow F > 3,78 = F_{3,\infty} (\alpha = 0,01)$$

Denominator Degrees of Freedom	(Numerator Degrees of Freedom, Area in Upper Tail)							
	(2, .05)	(2, .01)	(3, .05)	(3, .01)	(4, .05)	(4, .01)	(5, .05)	(5, .01)
80	3.11	4.88	2.72	4.04	2.49	3.56	2.33	3.26
100	3.09	4.82	2.70	3.98	2.46	3.51	2.31	3.21
120	3.07	4.79	2.68	3.95	2.45	3.48	2.29	3.17
∞	3.00	4.61	2.60	3.78	2.37	3.32	2.21	3.02

Ničelno hipotezo lahko zavrnamo na podlagi analize variance na stopnji pomembnosti 0,05 oz. 5% kot tudi 0,01 oz. 1%, saj je dovolj dokazov, ki podpirajo alternativno hipotezo ($H_A: \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2 \neq \bar{x}_3 \neq \bar{x}_4$).

Variacije	SS	Prostorske stopnje	MS	F	p-vrednost
Med skupinami (B)	0,7248	3	0,2416	9,152	< 0,00001
Znotraj skupin (W)	8,1516	309	0,0264		
Skupaj (T)	8,8764	312			

BIOSTATISTIKA

Binomska porazdelitev



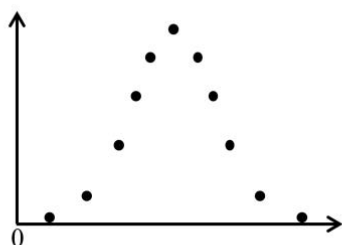
Binomska porazdelitev je za določena kot verjetnost, da bo vrednost naključne spremenljivke X v n poskusih enaka x :

$$f(x) = P(X = x) = \binom{n}{x} (r)^x (1 - r)^{n-x}$$

kjer je r verjetnost uspešnega poskusa, število kombinacij x iz množice n pa je enako:

$$\binom{n}{x} = \frac{n!}{x! (n - x)!}$$

Porazdelitev se uporablja za dihotomične pojave, kjer nas zanima prisotnost oz. odsotnost izbranega pojava oz. lastnosti.



Kadar je število poskusov n dovolj veliko (v praksi npr. $n > 25$), je dober približek binomske porazdelitve kar normalna porazdelitev.

B



BIOSTATISTIKA

Primer: binomska porazdelitev



Recimo, da stranski učinki za neko novo zdravilo nastopijo pri $r = 10\%$ oseb. V primeru, da štiri ($n = 4$) osebe zaužijejo zdravilo, kolikšna je verjetnost, da se bodo stranski učinki pojavili pri treh ali več osebah ($X \geq 3$) ?

Stanje vsake osebe označimo kot "S" - s stranskimi učinki ali "B" - brez stranskih učinkov ($k = 2$). Število vseh možnih kombinacij je torej $k^n = 2^4 = 16$, velja pa binomska porazdelitev:

$$P(X = x) = \binom{n}{x} (r)^x (1 - r)^{n-x}$$

Verjetnost, da se bodo stranski učinki pojavili pri treh ali več osebah, je enaka:

$$P = P(X = 3) + P(X = 4)$$

$$P = \binom{4}{3} 0,1^3 (1 - 0,1)^{4-3} + \binom{4}{4} 0,1^4 (1 - 0,1)^{4-4}$$

$$P = 4 \cdot (0,1)^3 (0,9)^1 + 1 \cdot (0,1)^4 (0,9)^0 = 0,0037 = 0,37\%$$

Rezultat				Verjetnost	Število s stranskimi učinki
1	2	3	4		
S	S	S	S	$(0,1)^4(0,9)^0$	4
S	S	S	B	$(0,1)^3(0,9)^1$	3
S	S	B	S	$(0,1)^3(0,9)^1$	3
S	S	B	B	$(0,1)^2(0,9)^2$	2
S	B	S	S	$(0,1)^3(0,9)^1$	3
S	B	S	B	$(0,1)^2(0,9)^2$	2
S	B	B	S	$(0,1)^2(0,9)^2$	2
S	B	B	B	$(0,1)^1(0,9)^3$	1
B	S	S	S	$(0,1)^3(0,9)^1$	3
B	S	S	B	$(0,1)^2(0,9)^2$	2
B	S	B	S	$(0,1)^2(0,9)^2$	2
B	S	B	B	$(0,1)^1(0,9)^3$	1
B	B	S	S	$(0,1)^2(0,9)^2$	2
B	B	S	B	$(0,1)^1(0,9)^3$	1
B	B	B	S	$(0,1)^1(0,9)^3$	1
B	B	B	B	$(0,1)^0(0,9)^4$	0

BIOSTATISTIKA

Razvrščanje vzorcev



Razvrščanje vzorcev pomeni uvrščanje vzorcev v dva ali več razredov na osnovi ene ali več odločitev:

- dva razreda (binarno ali binomsko razvrščanje)
- več razredov

Več o binarnem razvrščanju med pripravo na laboratorijske vaje!

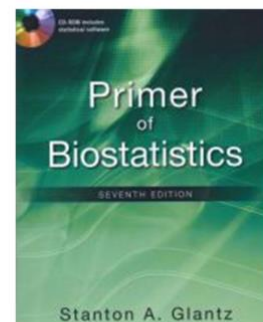
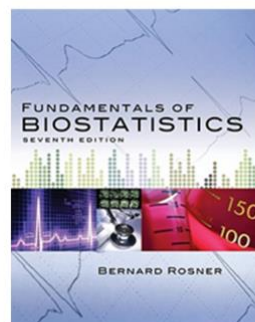
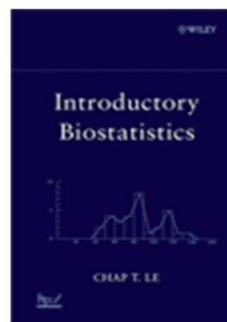
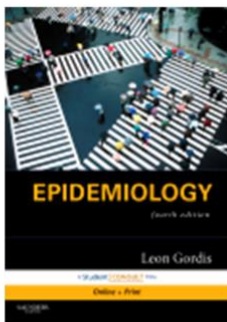


ZAKLJUČEK

Literatura



- L. Gordis: Epidemiology
(založba Saunders, 4. izdaja, 2008)
- C.T. Lee: Introductory Biostatistics
(založba Wiley-Interscience, 2003)
- B. Rosner: Fundamentals of Biostatistics
(založba Duxbury Press, 7. izdaja, 2010)
- S. Glantz: Primer of Biostatistics
(založba McGraw-Hill Medical, 7. izdaja, 2011)



ZAKLJUČEK

Razprava, komentarji, vprašanja...



- Kaj je javno zdravje in katere so najpomembnejše funkcije javnega zdravja?
- Kaj je epidemiologija ter s katerimi bolezenskimi stanji se ukvarja?
- Opišite dva najbolj pomembna kazalca zdravstvenega stanja v povezavi z epidemiologijo.
- Kaj je biostatistika?
- Opišite različne definicije povprečnih vrednosti ter pripadajočih standardnih odklonov.
- Kaj je centralni limitni teorem in kaj določa?
- Opišite normalno porazdelitev ter z njo povezano verjetnost nastopa dogodkov.
- Kaj je interval zaupanja in s čim je določen?



ZAKLJUČEK

Razprava, komentarji, vprašanja... (2)



- Kaj je hipoteza in katere vrste hipotez poznamo?
- Kaj predstavlja vrednost α in kaj vrednost β v povezavi s statistično pomembnostjo?
- Opišite vrste statističnih testov pomembnosti ter pomen p -vrednosti.
- Kdaj uporabljamo statistični t test namesto testa, ki je osnovan na podlagi normalne porazdelitve?
- Opišite razlike med eno-vzorčnim statističnim t testom za zvezne podatke in eno-vzorčnim statističnim t testom za parne podatke.
- Kdaj uporabimo dvo-vzorčni statistični t test za primerjavo povprečij?
- Kdaj uporabljamo statistični F test (analizo variance) namesto t testa?
- V katerem primeru uporabljamo binomsko porazdelitev?





6. KLINIČNA INFORMATIKA

Biomedicinska informatika

doc. dr. Tomaž Vrtovec



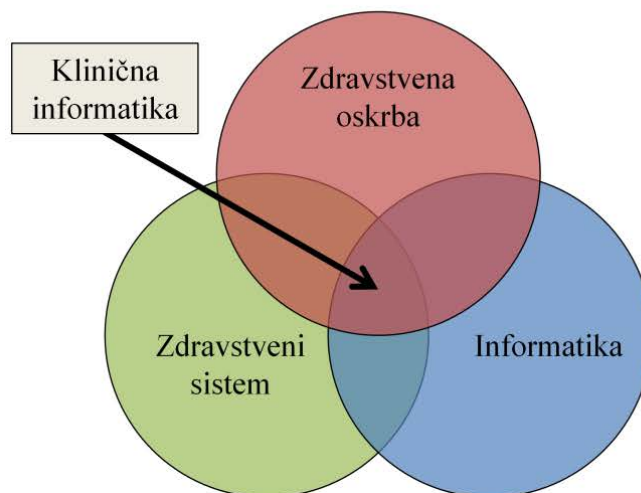
KLINIČNA INFORMATIKA

Kaj je klinična informatika?



Klinična informatika (*ang.* clinical informatics) je najstarejše področje biomedicinske informatike, izvira pa iz zdravljenja in zdravstvene oskrbe, kjer so v ospredju predvsem aplikacije in storitve, namenjene bolnikom.

- vrednotenje potreb bolnikov in delavcev v zdravstveni oskrbi
- opredeljevanje, vrednotenje in izboljševanje kliničnih procesov
- razvoj, uporaba in izboljševanje kliničnih sistemov za podporo odločitvam
- pridobivanje, razvoj, uporaba, gospodarjenje ter izboljševanje kliničnih informacijskih sistemov



Vir: R.M. Gardner: *Core content for the subspecialty of clinical informatics. JAMIA, 16(2):153-157, 2009*

KLINIČNA INFORMATIKA

Zdravstvena oskrba



Zdravstvena oskrba (*ang.* health care) obsega diagnozo, zdravljenje in preprečevanje bolezni, obolenj, poškodb ter ostalih fizičnih in duševnih motenj pri ljudeh.

Zdravstveno oskrbo nudijo usposobljeni delavci na področju medicine, zobozdravstva, bolniške nege, farmacije, itn., na različnih stopnjah:

- **primarna zdravstvena oskrba**

Predstavlja stopnjo oskrbe, ki omogoča hiter in neposreden stik bolnika s sistemom zdravstvene oskrbe (zdravstveni domovi, zasebni zdravstveni delavci s koncesijo, socialno-varstveni zavodi).

- **sekundarna zdravstvena oskrba**

Predstavlja stopnjo oskrbe, na katero je bolnik s primarne stopnje napoten za nadaljnjo obravnavo pri ustreznem specialistu (bolnišnice, zdravilišča, zasebni specializirani zdravniki).

- **terciarna zdravstvena oskrba**

Predstavlja stopnjo oskrbe, na kateri se opravljajo najzahtevnejše zdravstvene storitve (specialistične klinike, inštituti, zavodi).



KLINIČNA INFORMATIKA

Sistemi zdravstvene oskrbe



Sistemi zdravstvene oskrbe se med državami razlikujejo zaradi **zgodovine, politike, gospodarstva in vrednot**, ki so v posamezni državi prisotne.

Sistemi si delijo nekatere skupne principe, ki izhajajo iz prvega odstavka 25. člena **Splošne deklaracije človekovih pravic**, sprejete na zasedanju Generalne skupščine Združenih narodov 10. decembra 1948:



“Vsakdo ima pravico do takšne življenjske ravni, ki zagotavlja njemu in njegovi družini zdravje in blaginjo, vključno s hrano, obleko, stanovanjem, **zdravniško oskrbo** in potrebnimi socialnimi storitvami; pravico do varstva v primeru brezposelnosti, bolezni, delovne nezmožnosti, vdovstva ter starosti ali druge nezmožnosti pridobivanja življenjskih sredstev zaradi okoliščin, neodvisnih od njegove volje.”

Modeli sistemov zdravstvene oskrbe:

- Bismarckov model
- komercialni model
- Beveridgeov model
- Semaškov model



KLINIČNA INFORMATIKA

Bismarckov model sistema zdravstvene oskrbe



Bismarckov model opisuje sistem obveznega, z zakonom predpisanega javnega zdravstvenega zavarovanja:

- imenovan po nemškem kanclerju Ottu von Bismarcku (1815 – 1898), ki je prvi uvedel programe socialnega zavarovanja (pokojnine, zavarovanja za nesreče, zdravstvena oskrba, zavarovanje za brezposelnost) in tako postavil temelje sodobne socialne blaginje
- prispevke plačujejo delodajalci in delojemalci (obstaja mehanizem solidarnosti za osebe, ki nimajo dohodkov)
- za zdravstveno blagajno skrbi zdravstvena zavarovalnica, država ima pri tem manjšo (arbitrarno) vlogo
- Avstrija, Belgija, Francija, Luksemburg, Nizozemska, Nemčija, Slovenija



KLINIČNA INFORMATIKA

Beveridgeov model sistema zdravstvene oskrbe



Beveridgeov model opisuje sistem nacionalnega zdravstvenega varstva:

- imenovan po britanskemu ekonomistu Williamu H. Beveridgeu (1879 – 1963), ki je leta 1948 v Veliki Britaniji uvedel univerzalno zdravstveno službo
- država vsem državljanom zagotavlja celotno socialno in zdravstveno varstvo preko davkov, ki sestavljajo državni proračun
- za zdravstveno zavarovalnico skrbi vlada v okviru zakonodaje in pravilnikov
- privatni sektor je lahko vključen v sistem
- Anglija, Danska, Finska, Italija, Kanada, Kuba, Španija, Švedska



KLINIČNA INFORMATIKA

Komercialni model sistema zdravstvene oskrbe



Komercialni model opisuje profitno naravnani sistem zdravstvenega varstva:

- deluje po načelu ponudbe in povpraševanja
- zdravstvene zavarovalnice so lahko zasebne
- vrednotenje ogroženosti in računanje specifičnih premij za vsakega posameznika posebej
- plačevanje premij, izbor programov ter rizikov, ki jih zavarovanje pokrije
- ZDA (spremembe v 2010)



KLINIČNA INFORMATIKA

Semaškov model sistema zdravstvene oskrbe



Semaškov model opisuje sistem socialistične zdravstvene službe:

- nastal v Sovjetski zvezi in prevzel lastnosti Bismarckovega in Beveridgeovega modela, pri čemer se je ideološko razlikoval glede na socialistična načela
- socialistična družba je preko svojih državnih inštitucij dolžna zagotoviti vse dobrine povezane z zdravjem
- bistvena razlika z obstoječimi sistemi je bila ta, da zasebna praksa ni bila dovoljena in da je obstajal le en (državni) sklad zdravstvenega zavarovanja
- Sovjetska zveza, socialistične države, prvine tudi v Jugoslaviji



INFORMACIJSKI SISTEMI

Zdravstveni informacijski sistem

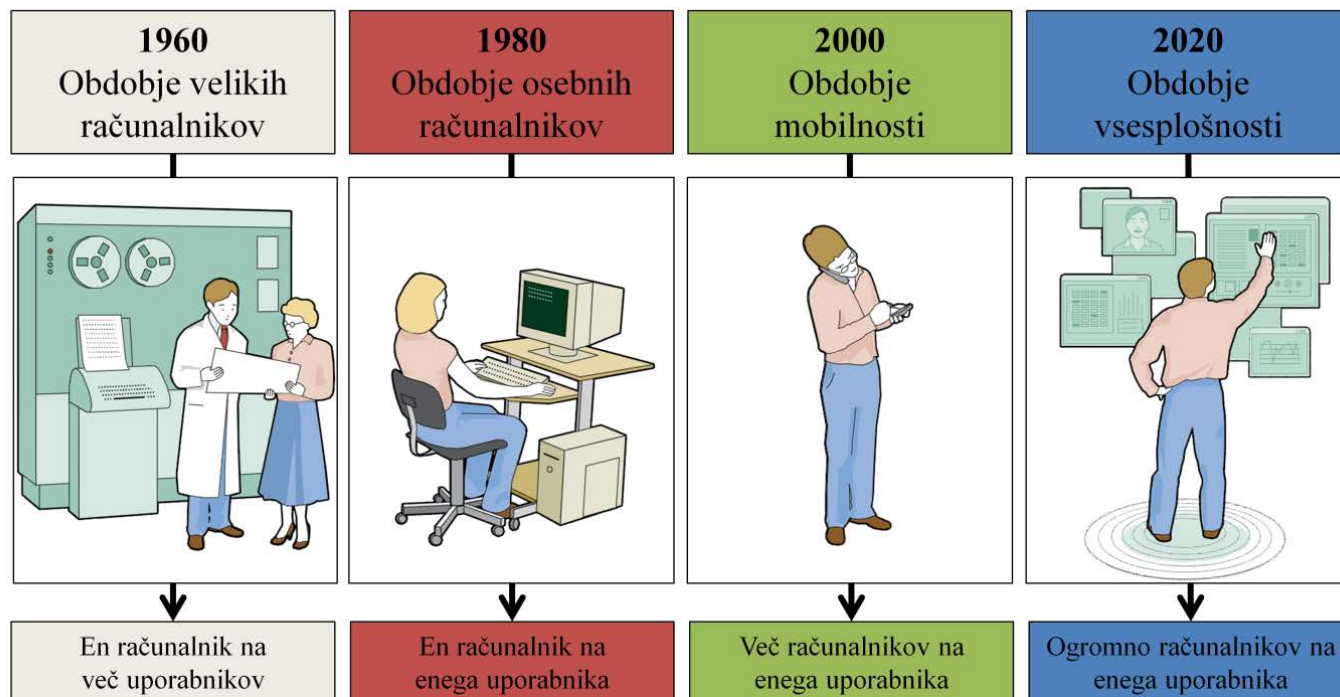


Zdravstveni informacijski sistem – ZIS (*ang.* healthcare information system, HCIS) je integrirani informacijski sistem, načrtovan za upravljanje z medicinskimi, administrativnimi, finančnimi in pravnimi vidiki določene zdravstvene ustanove (bolnišnice, zdravstvenega doma, inštituta, ...).



INFORMACIJSKI SISTEMI

Štiri obdobja razvoja računalnikov



Vir: R. Harper in dr. Being Human: Human-Computer Interaction in the Year 2020. Microsoft Research (Cambridge, England), 2008

 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

INFORMACIJSKI SISTEMI

Bolnišnični informacijski sistem

Bolnišnični informacijski sistem – BIS (*ang.* hospital information system, HIS) je računalniški sistem, načrtovan za ravnanje z vsemi bolnišničnimi zdravstvenimi in administrativnimi podatki z namenom učinkovitega in uspešnega zagotavljanja zdravstvene oskrbe.

- razvijati so se začeli po letu 1960 in so najprej vodili poslovne (ekonomske) podatke o bolnišnicah ter bolnikih ter bolnišnični inventar
- danes so namenjeni integraciji vseh kliničnih, poslovnih in administrativnih procesov v bolnišnici oz. drugi zdravstveni organizaciji, zato jih včasih naslavljamo tudi kot **integrirani bolnišnični informacijski procesni sistemi – IBIPS** (*ang.* integrated hospital information processing systems, IHIPS)
- postopek integracije je bistveno olajšan z uporabo naprednih računalniških tehnologij ter standardov za izmenjavo informacij
- uporaba BIS je lahko uspešna le takrat, kadar pridobi polno udeležbo uporabnikov, zato je potrebno upoštevati tudi človeške in družbene faktorje pri načrtovanju takih sistemov ter zagotoviti ustrezno izobraževanje



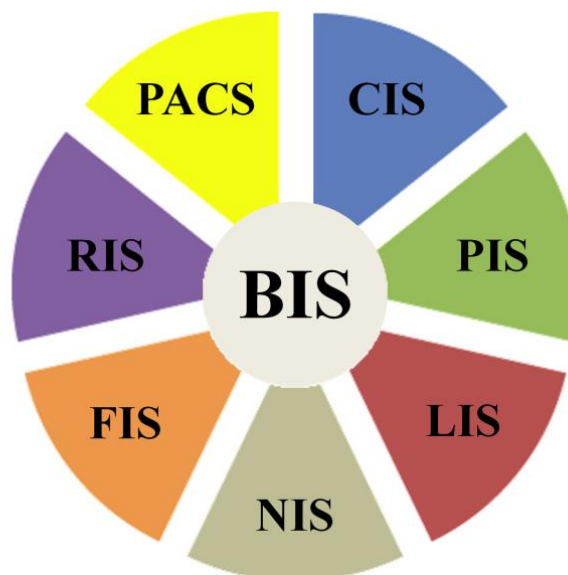
INFORMACIJSKI SISTEMI

Bolnišnični informacijski sistem (2)



Bolnišnični informacijski sistem – BIS sestoji iz ene ali več komponent:

- **Klinični informacijski sistem – CIS**
(*ang.* clinical information system, CIS)
- **Poslovni informacijski sistem – PIS**
(*ang.* financial information system, FIS)
- **Laboratorijski informacijski sistem – LIS**
(*ang.* laboratory information system, LIS)
- **Negovalni informacijski sistem – NIS**
(*ang.* nursing information system, NIS)
- **Farmacevtski informacijski sistem – FIS**
(*ang.* pharmacy information system, PIS)
- **Radiološki informacijski sistem – RIS**
(*ang.* radiologic information system, RIS)
- **Sistem za arhiviranje in prenos slik – PACS**
(*ang.* picture archiving and communication system, PACS)



INFORMACIJSKI SISTEMI

Klinični informacijski sistem



Klinični informacijski sistem – CIS (*ang.* clinical information system, CIS) je računalniški sistem za zbiranje, shranjevanje in ravnanje s kliničnimi podatki.

Priskrbi odložišče za klinične podatke, kot so zgodovina bolezenskih stanj bolnika ter zdravljenja, ki pomagajo zdravstvenemu osebju pri določitvah glede bolnikovega stanja, vrste nadaljnjega zdravljenja ter druge informacije, pomembne za sprejemanje takih odločitev.

- podpora sprejemanju kliničnih odločitev
- elektronski zdravstveni zapis
- izobraževanje in raziskovanje

Prednosti:

- enostaven dostop do bolnikovih podatkov
- strukturirane informacije
- izboljšana varnost bolnikov

Ovire:

- visoka cena vpeljave
- zasebnost in varnost
- odpor uporabnikov
- integracija uveljavljenih sistemov



INFORMACIJSKI SISTEMI

Klinični informacijski sistem (2)



Osnovni koncept kliničnega informacijskega sistema je **elektronski zdravstveni zapis** – **EZZ** (*ang.* electronic health record, EHR).

Več o elektronskem zdravstvenem zapisu med pripravo na laboratorijske vaje!



INFORMACIJSKI SISTEMI

Poslovni informacijski sistem



Poslovni informacijski sistem – PIS (*ang.* financial information system, FIS) je računalniški sistem za ravnanje s poslovnimi, finančnimi in tržnimi vidiki zdravstvenih organizacij, kamor spada tudi nabava materiala in plače zaposlenih.

Značilnosti so:

- stroški zdravljenja
- poslovna knjiga: natančen in hiter vpogled v trenutno finančno stanje
- regulativni organi (skladnost z zakoni, predpisi, standardi, priporočili)
- upravljanje s premoženjem (inventar, nabava, servis)
- upravljanje s človeškimi viri (zaposlovanje, izobraževanje)
- upravljanje z zahtevki zdravstvenih zavarovalnic
- upravljanje s plačili (osebni dohodki, pogodbene vrednosti)
- poslovna poročila in strategije poslovanja



INFORMACIJSKI SISTEMI

Poslovni informacijski sistem (2)



Stroški zdravljenja

Description	Check Number	Date	Account Number	Amount	Trx
Gas Bill	12811	01/01/07	889	41.99	-
Electric Bill	12812	01/01/07	889	23.64	-
Water Bill	12813	01/01/07	889	127.13	-
Telephone Bill	12814	01/01/07	889	66.37	-
Owner Withdrawal	12815	01/01/07	476	1369.00	-
Purchases	12816	01/01/07	611	144.61	-
Accounting Fee	12817	01/01/07	744	125.00	-
Owner Withdrawal	12818	01/01/07	476	1100.00	-
Utility - Other	12819	01/01/07	776	127.23	-
Deposits	12820	01/01/07	65	66.91	-
Gas/Range Bill	12821	01/01/07	889	17.88	-
Landscape Fee	12822	01/01/07	876	33.60	-
Owner Withdrawal	12823	01/01/07	476	1100.00	-
Interest	12824	01/01/07	876	46.60	-
Purchases	12825	01/01/07	611	344.91	-
Total				22.71	
Insert				Check 12826	68.85

Knjigovodstvo



Upravljanje s premoženjem



Upravljanje s človeškimi viri



Upravljanje s plačili



Upravljanje z zahtevki zdravstvenih zavarovalnic



PIS



Regulativni organi



Poslovna poročila in strategije poslovanja

INFORMACIJSKI SISTEMI

Laboratorijski informacijski sistem



Laboratorijski informacijski sistem – LIS (*ang.* laboratory information system, LIS) je računalniški sistem za ravnanje z laboratorijskimi podatki za vse laboratorijske discipline, kot so:

- hematologija
- klinična kemija
- imunologija
- patologija
- citologija in citopatologija
- mikrobiologija

Značilnosti:

- ravnanje z bolniki
- podpora odločitvam
- sledenje bolnikom
- zagotavljanje kakovosti



INFORMACIJSKI SISTEMI

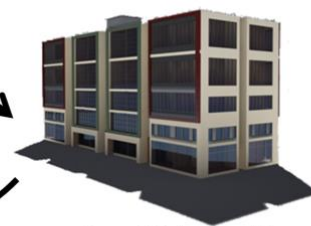
Laboratorijski informacijski sistem (2)



Naročilo
laboratorijske
preiskave



LIS



Zunanji laboratoriji



Poročanje o rezultatih



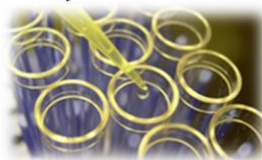
Laboratorijske
preiskave



Klinična kemija



Hematologija



Imunologija



Patologija



Citologija



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

INFORMACIJSKI SISTEMI

Negovalni informacijski sistem



Negovalni informacijski sistem – NIS (*ang.* nursing information system, NIS) je računalniški sistem za ravnanje s kliničnimi podatki, ki so predvsem pomembni na področju zdravstvene nege.

Značilnosti:

- zapis trenutnega stanja bolnika
- usklajevanje urnikov osebja
- integracija kliničnih podatkov za načrtovanje zdravstvene nege
- podpora odločitvam

Prednosti so:

- izboljšanje funkcionalnosti
- izboljšano načrtovanje zdravstvene nege
- izboljšano predpisovanje zdravil



INFORMACIJSKI SISTEMI

Farmaceutski informacijski sistem



Farmaceutski informacijski sistem – FIS (*ang.* pharmacy information system, PIS) je računalniški sistem za ravnanje s farmacevtskimi podatki.

Značilnosti:

- nadzor zdravil (medsebojno vplivanje zdravil, alergije na zdravila, itn.)
- nadzor nad recepti
- upravljanje z inventarjem
- farmacevtsko profiliranje bolnikov
- povezava s centralno bazo zdravil



INFORMACIJSKI SISTEMI

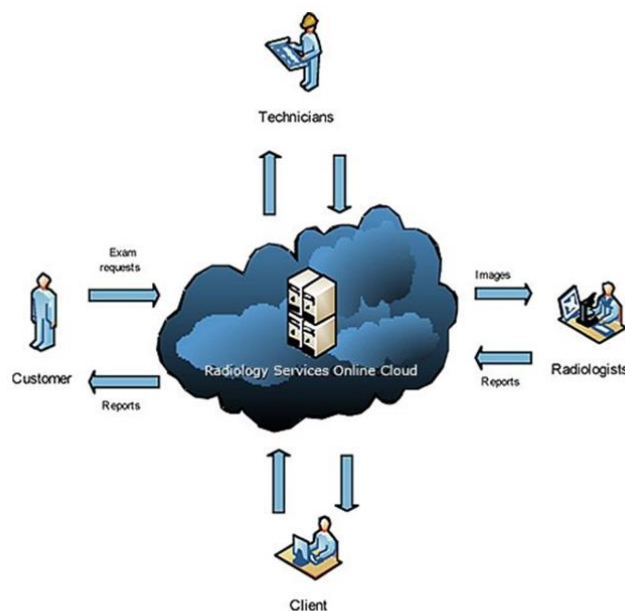
Radiološki informacijski sistem



Radiološki informacijski sistem – RIS (*ang.* radiology information system, RIS) je računalniški sistem, načrtovan za shranjevanje, pridobivanje in ravnanje s podatki v radiologiji.

Značilnosti:

- upravljanje z bolniki
- razporejanje
- sledenje bolnikom



INFORMACIJSKI SISTEMI

Radiološki informacijski sistem (2)



Sprejem
bolnikov



Sledenje
inventarju



Podpora pri
odločanju



Računovodska
opravila



Poročanje
o preiskavah



RIS



RIS
strežnik



PACS

INFORMACIJSKI SISTEMI

Sistem za arhiviranje in prenos slik



Sistem za arhiviranje in prenos slik – PACS (*ang.* picture archiving and communication system, PACS) je računalniški sistem, načrtovan za arhiviranje, obdelavo in prikazovanje digitalnih medicinskih slik ter pripadajočih informacij.

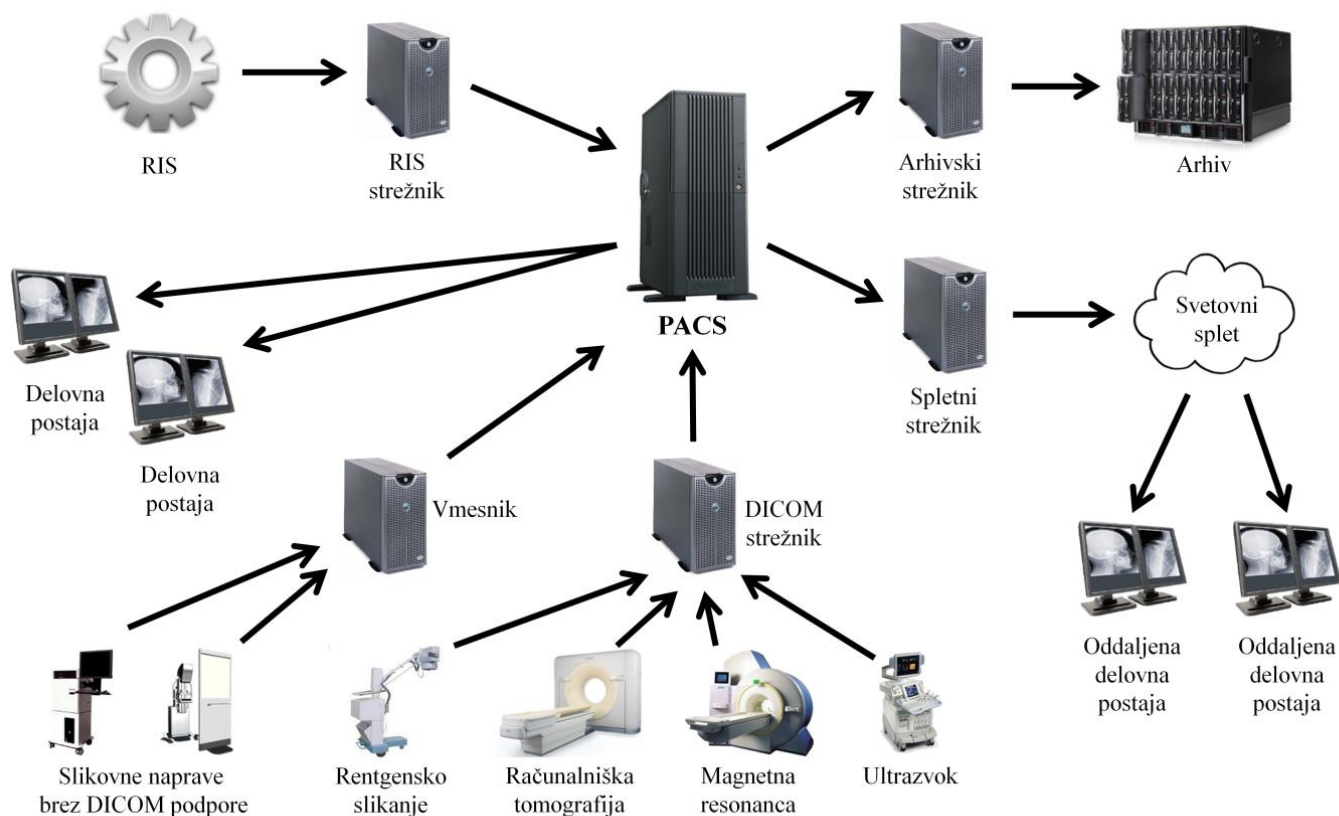
Prednosti:

- hiter dostop do informacij (pomembno predvsem na urgenci)
- odpis filmov, ravnanje z njimi in shranjevanje
- enostavna izmenjava slik med različnimi specialisti



INFORMACIJSKI SISTEMI

Sistem za arhiviranje in prenos slik (2)



PRIMERI ZIS

BIRPIS21 – Opis



BIRPIS21 (bolnišnični integrirani računalniško podprt informacijski sistem) je programska oprema podjetja SRC Infonet d.o.o., namenjena pokrivanju vseh informacijskih potreb v bolnišnični dejavnosti.

- omogoča spremljanje vseh dogodkov v zvezi z bolnikom v različnih enotah bolnišnice oziroma dejavnostih, ki jih določena bolnišnica opravlja
- vsebuje vse module, ki so potrebni za učinkovito delovanje katerekoli bolnišnice, vključno z administrativnimi funkcijami na eni strani in visoko tehnološko zahtevnimi strokovnimi medicinskimi funkcijami na drugi strani
- bolnik je v sistemu obravnavan kot centralna entiteta
- izpolnjuje vse kriterije, ki jih za bolnišnične informacijske sisteme določa Evropski inštitut za zdravstvene zapise EuroRec (*ang.* European Institute for Health Records), ki spodbuja uporabo visoko kakovostnih elektronskih zdravstvenih sistemov

Vir: Spletna stran podjetja SRC Infonet d.o.o., <http://www.infonet.si/products/birpis21>



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PRIMERI ZIS

BIRPIS21 – Funkcionalnost



Glavne **funkcionalnosti** informacijskega sistema BIRPIS21 so:

- podpora celotnemu procesu zdravljenja
- enostavna izmenjava dokumentacije z drugimi ustanovami
- priprava analiz medicinskih podatkov in kazalnikov kakovosti opravljenega dela
- dostopnost podatkov iz vsake lokacije
- optimalni nadzor nad porabo zdravil in materiala
- povratna povezava z laboratorijskim informacijskim sistemom z elektronskim naročanjem in vpogledom v izvide
- povezljivost ali popolna integracija z različnimi sistemi in napravami
- avtomatizirani administrativni procesi
- enostavno in hitro izračunavanje cen opravljenega dela z izdelavo računov
- največja varnost podatkov, shranjenih v zanesljivih in stabilnih relacijskih bazah
- najširši izbor modulov, prilagojen uporabi v vseh vrstah bolnišnic

Vir: Spletna stran podjetja SRC Infonet d.o.o., <http://www.infonet.si/products/birpis21>

PRIMERI ZIS

BIRPIS21 – Moduli



BIRPIS21 skupaj s specializiranimi rešitvami tvori **celovito informacijsko rešitev**:

- za mikrobiološki laboratorij – rešitev MBL
- za lekarne – rešitev LIRPIS21
- za obračun in fakturiranje – rešitev RAF
- za sprotno analitično obdelavo podatkov – rešitev K22
- z možnostjo povezav z drugimi informacijskimi sistemi (npr. z informacijskim sistemom za laboratorij L@b-IS® podjetja Fin-Pro)
- za podporo delu v funkcionalni diagnostiki in pri integraciji digitalnih naprav z BIRPIS21/ ISOZ21 – rešitev iRIS21
- za vpogled v vse za zdravljenje najpomembnejše podatke neposredno ob bolnikovi postelji – rešitev eTTL oz. elektronski temperaturno-terapevtski list

Vir: Spletna stran podjetja SRC Infonet d.o.o., <http://www.infonet.si/products/birpis21>

 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PRIMERI ZIS

BIRPIS21 – Uporaba



Informacijski sistem BIRPIS21 oz. module med drugim uporabljajo:

- **Univerzitetni klinični center Ljubljana**
(Infekcijska klinika; Ortopedska klinika; Kirurgija)
- **Splošne bolnišnice**
(Brežice; Celje; Izola; Jesenice; Novo mesto; Trbovlje; Slovenj Gradec; Šempeter pri Novi Gorici; Murska Sobota)
- **Ostale bolnišnice**
(Bolnišnica Golnik; Ortopedska bolnišnica Valdoltra; Bolnišnica za ginekologijo in porodništvo Kranj; Psihiatrična klinika Ljubljana; Psihiatrična bolnišnica Idrija; Psihiatrična bolnišnica Begunje; Psihiatrična bolnišnica Ormož; Psihiatrična bolnišnica Vojnik; Bolnišnica Topolšica; Diagnostični center Bled; Medicinski center Medicor d.d.; Center za zdravljenje bolezni otrok Šentvid pri Stični)
- **Ostale zdravstvene ustanove**
(Zdravilišče Rogaška; Mladinsko klimatsko zdravilišče Rakitna)
- **Zdravstvene ustanove v tujini**
(Institut za onkologijo Vojvodine, Sremska Kamenica, Srbija; Klinična bolnišnica Sistina, Skopje, Makedonija; Splošna bolnišnica Re-Medika, Skopje, Makedonija)

Vir: Spletna stran podjetja SRC Infonet d.o.o., <http://www.infonet.si/products/birpis21>



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PRIMERI ZIS

eZdravje – Opis projekta



Projekt **eZdravje** predstavlja enega večjih projektov informatizacije javnih storitev v Sloveniji pod taktirko Ministrstva za zdravje:

- združuje aktivnosti za vpeljavo komunikacijskih in informacijskih sredstev na področju zdravstva, s katerimi bo mogoče zagotoviti učinkovitejše javno-zdravstvene storitve
- rezultati projekta bodo omogočili, da se lahko zdravstvena obravnava bolje prilagodi posameznikom, olajša mobilnost in varnost pacientov, zmanjšuje stroške zdravstvenih storitev ter podpre interoperabilnost v državi in prek meja
- uvodne aktivnosti projekta so se začele v septembru 2008, predvideno trajanje je do junija 2015, aktivnosti pa do leta 2023
- ocenjena vrednost projekta je 67 milijonov evrov, do 2015 je na voljo tudi 27 milijonov evrov evropskih sredstev, do leta 2023 pa naj bi stroški znašali okoli 130 milijonov evrov

Vir: Spletna stran Ministrstva za zdravje, http://www.mz.gov.si/si/za_izvajalce_zdrav_storitev/ezdravje/, in spletna stran <http://www.ezdrav.si>



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PRIMERI ZIS

eZdravje – Obseg projekta



Obseg projekta eZdravje:

- povečati kakovost in učinkovitost zdravstvenega sistema, kar vključuje lažje načrtovanje in upravljanje zdravstvene organizacije oziroma zdravstvenega sistema kot celote na podlagi kakovostnih in verodostojnih ekonomskih, administrativnih in kliničnih podatkov zdravstvenega sistema
- mobilizirati ustrezne vire za področje informatike in celovite kakovosti v zdravstvu
- izboljšati dostopnost zdravstvenih storitev za tiste skupine posameznikov, ki bi bili sicer zaradi svojih zmanjšanih zmožnosti, starosti ali drugih razlogov izključeni
- uveljaviti e-poslovanje kot običajen način dela v slovenskem zdravstvu

Vir: Spletna stran Ministrstva za zdravje, http://www.mz.gov.si/si/za_izvajalce_zdrav_storitev/ezdravje/, in spletna stran <http://www.ezdrav.si>

 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PRIMERI ZIS

eZdravje – Struktura projekta



Sklopi projekta eZdravje:

- **SKLOP 1**

Vzpostavitev nacionalnega zdravstvenega informacijskega sistema (eZIS) z njegovimi komponentami zNET (zdravstveno omrežje), zVEM (zdravstveni portal) in EZZ (elektronski zdravstveni zapis).


- **SKLOP 2**

Vzpostavitev in delovanje Centra za informatiko v zdravstvu (CIZ), ki bo prevzel centralno vlogo obvladovanja in upravljanja eZIS ter vzdrževanja in nadaljnega razvoja projekta eZdravje po zaključku investicije.

- **SKLOP 3**

Izboljšanje zdravstvenih procesov in dostopnosti zdravstvenih storitev z izobraževanjem in usposabljanjem ter ozaveščanjem različnih ciljnih skupin.

Vir: Spletna stran Ministrstva za zdravje, http://www.mz.gov.si/si/za_izvajalce_zdrav_storitev/ezdravje/, in spletna stran <http://www.ezdrav.si>

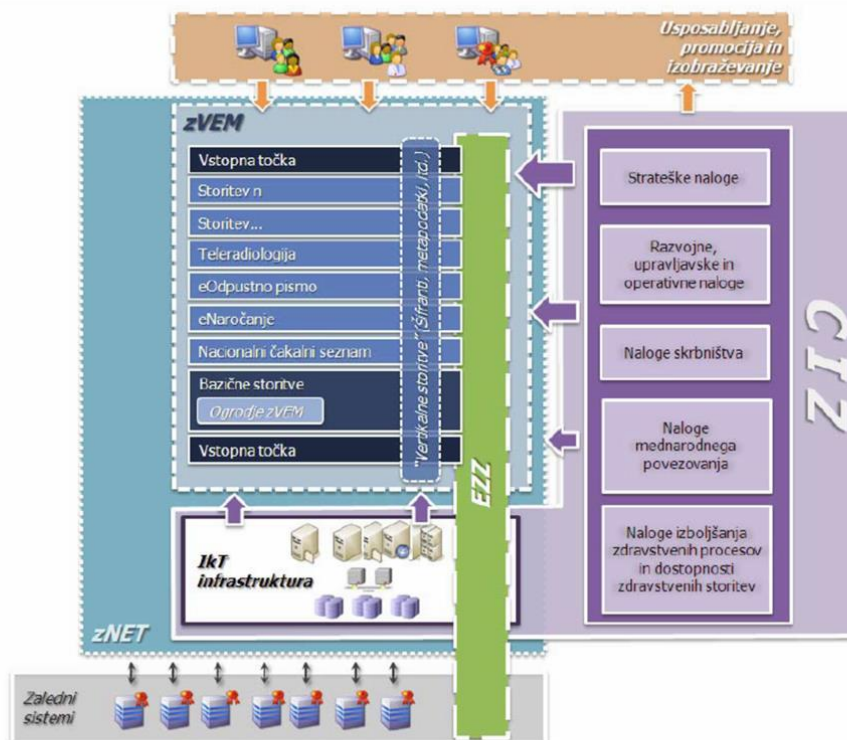
 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PRIMERI ZIS

eZdravje – Struktura projekta (2)



Vir: Spletna stran Ministrstva za zdravje, http://www.mz.gov.si/si/za_izvajalce_zdrav_storitev/ezdravje/, in spletna stran <http://www.ezdrav.si>

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

Konkretni podprojekti eZdravja so naslednji:

- eRecept

Rešitev elektronskega predpisovanja in elektronske izdaje zdravil bo podprla celoten proces predpisovanja in izdaje zdravil na zelenem in belem receptu, ki se trenutno izvaja v papirni obliki. Rešitev bo zdravniku omogočila izdelavo elektronskega recepta, ki bo elektronsko podpisan in po varni poti poslan v sistem, od koder ga bo pridobila lekarna ob izdaji zdravila na zahtevo pacienta.

- eReferenčne ambulatne

Vzpostavitev in vzdrževanje centralne informacijske podpore za vodenje in spremljanje referenčnih ambulant, za spremljanje napredka in vrednotenja kakovostnega dela posameznih referenčnih ambulant ter vodenja celotnega nacionalnega projekta.

- Lab poštar

Vzorčna rešitev varne izmenjave digitalne dokumentacije med izvajalci zdravstvene dejavnosti (bolnišnicami) in mikrobiološkimi laboratoriji.

Vir: Spletna stran Ministrstva za zdravje, http://www.mz.gov.si/si/za_izvajalce_zdrav_storitev/ezdravje/, in spletna stran <http://www.ezdrav.si>

PRIMERI ZIS

eZdravje – Podprojekti (2)



- Interoperabilna hrbtnica IS eZdravje

Vzpostavitev tistega dela informacijske infrastrukture, ki bo omogočila povezovanje različnih zdravstvenih izvajalcev z različnimi informacijskimi sistemi v Sloveniji in tako bistveno povečala dostopnost do zdravstvenih podatkov pacienta ter omogočala bistveno učinkovitejšo izmenjavo zdravstvene dokumentacije med različnimi izvajalci zdravstvenih storitev (bolnišnice, zdravstveni domovi, zavarovalnice, lekarne, itn.).

- zNET

Vzpostavitev zdravstvenega omrežja zNET kot sodobne komunikacijske infrastrukture tako za centralizirane IT storitve nacionalnega pomena kakor tudi za storitve IT, ki jih bodo zagotavljali posamezni akterji v zdravstvu prek certificiranih točk. Omrežje zNET bo zagotavljalo varne in zanesljive povezave med vstopno točko, drugimi certificiranimi točkami in ključnimi akterji v zdravstvu.

Vir: Spletna stran Ministrstva za zdravje, http://www.mz.gov.si/si/za_izvajalce_zdrav_storitev/ezdravje/, in spletna stran <http://www.ezdrav.si>

 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PRIMERI ZIS

eZdravje – Podprojekti (3)



- **Sistem za upravljanje z informacijsko varnostjo – SUVI**

Sistem je nabor organizacijskih postopkov, odločitev in tehničnih ukrepov, ki jih izvaja organizacija zaradi varovanja podatkov in informacij (osebni, občutljivi, interni), in sicer tako v elektronski obliki kakor tudi v drugih materialnih oblikah (npr. na papirju).

- **Teleradiologija**

Vzpostavitev in vzdrževanje informacijskega sistema “Teleradiološke povezave slovenskih bolnišnic”, ki bo omogočal varno izmenjavo radioloških informacij med bolnišnicami, ki imajo lastne sisteme PACS, in med bolnišnicami ter drugimi ustanovami, ki teh sistemov nimajo.

- **eTriaža**

Rešitev, ki bo zagotavljala informacijsko podporo za triažni postopek (razvrščanje poškodovancev in bolnikov po skupinah glede na nujnost zdravniške pomoči) v zdravstvenih domovih ter bolnišnicah in bo zmanjševala klinična tveganja za bolnike v primerih, ko zaradi velikega števila bolnikov zdravstveno osebje ne zmore sprotne obravnave vseh pacientov.

Vir: Spletna stran Ministrstva za zdravje, http://www.mz.gov.si/si/za_izvajalce_zdrav_storitev/ezdravje/, in spletna stran <http://www.ezdrav.si>



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PRIMERI ZIS

eZdravje – Podprojekti (4)



- eRCO

Vzpostavitev elektronskega registra cepljenih oseb s ciljem zagotavljanja pravočasne in kakovostne podatke o opravljenih cepljenjih, na osnovi katerih se izračunavajo nekateri bistveni indikatorji, kot sta popolnost in pravočasnost cepljenja proti posamezni nalezljivi bolezni ter iz njiju izhajajoči kazalec precepljenosti.

- eNaročanje

Informacijska rešitev, ki bo zagotavljala informacijsko podporo procesu elektronske napotitve in naročanja pacientov na zdravstvene storitve.

- eKomunikacije

Razvoj in vzpostavitev nadgradnje vseh bolnišničnih informacijskih sistemov v Sloveniji, ki v svojem programu vsebujejo kirurško urgenco, za namene elektronske komunikacije z Generalno policijsko upravo za obrazce “Obvestilo o telesni poškodbi” ter “Sum o prometni nesreči”. S tem se bo odpravilo nepotrebno podvajanje vnašanja podatkov, fizična prisotnost policistov ter prekinitve delovnega procesa v urgentnem oddelku bolnišnice.

Vir: Spletna stran Ministrstva za zdravje, http://www.mz.gov.si/si/za_izvajalce_zdrav_storitev/ezdravje/, in spletna stran <http://www.ezdrav.si>



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec


2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZAKLJUČEK

Informacijski sistemi v praksi



Vir: Revija "žurnal24", 21.9.2012

 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

ZAKLJUČEK

Razprava, komentarji, vprašanja...



- Kaj je zdravstvena oskrba in na katerih stopnjah je prisotna?
- Opišite nekaj najbolj znanih modelov sistemov zdravstvene oskrbe.
- Kaj je zdravstveni informacijski sistem?
- Kaj je bolnišnični informacijski sistem?
- Katere so komponente bolnišničnega informacijskega sistema?
- Opišite značilnosti posamezne komponente bolnišničnega informacijskega sistema.
- Podajte primere bolnišničnega informacijskega sistema, ki se uporablja v Sloveniji.
- Opišite projekt eZdravje.

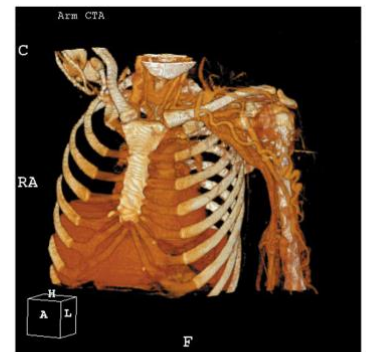




7. SLIKOVNA INFORMATIKA

Biomedicinska informatika

doc. dr. Tomaž Vrtovec



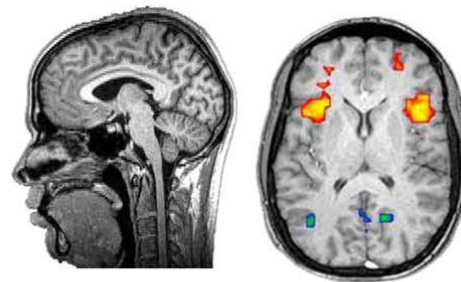
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

SLIKOVNA INFORMATIKA

Kaj je slikovna informatika?

Slikovna informatika (*ang.* imaging informatics) se ukvarja z izboljšanjem učinkovitosti, natančnosti, uporabnosti in zanesljivosti storitev na področju medicinskih slikovnih tehnologij.



- slikovno-podprti elektronski zdravstveni zapisi
- radiološki informacijski sistemi (*ang.* radiology information systems, RIS)
- sistemi za arhiviranje in prenos slik (*ang.* picture archiving and communication systems, PACS)
- pridobivanje, obdelava, analiza in prikazovanje digitalnih medicinskih slik
- standardi zapisa medicinskih slik (npr. DICOM, HL7, ...)
- rudarjenje podatkov iz zbirk medicinskih slik
- računalniško-podprta diagnoza (*ang.* computer-aided diagnosis, CAD)
- slikovno-vodena kirurgija (*ang.* image-guided surgery, IGS)
- slikovno-vodeno obsevanje (*ang.* image-guided radiation therapy, IGRT)

Vir: B.F. Branstetter IV.: *Basics of imaging informatics: part 1. Radiology, 243(3):656-667, 2007*

B.F. Branstetter IV.: *Basics of imaging informatics: part 2. Radiology, 244(1):78-84, 2007*



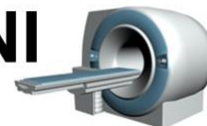
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

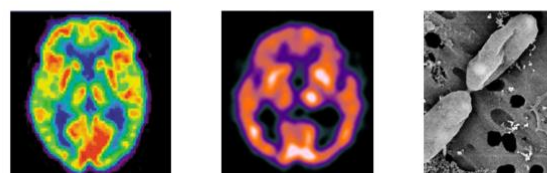
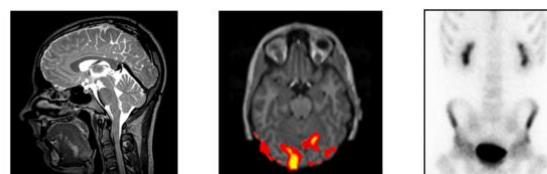
SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

Običajne slikovne tehnike



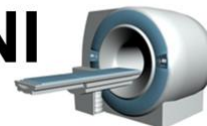
V biomedicini se najpogosteje srečujemo z naslednjimi slikovnimi tehnikami:

- rentgensko slikanje
- ultrazvok
- računalniška tomografija (CT)
- magnetna resonanca (MR)
- funkcionalna magnetna resonanca (fMRI)
- scintigrafija
- pozitronska emisijska tomografija (PET)
- enofotonska emitivna računalniška tomografija (SPECT)
- mikroskopija



SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

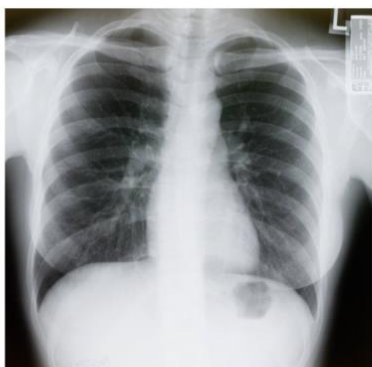
Rentgensko slikanje



Rentgensko slikanje (*ang.* radiography, X-ray imaging) temelji na dejstvu, da strukture z različno gostoto različno absorbirajo oz. prepuščajo rentgenske žarke.



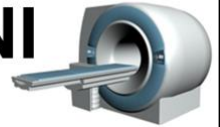
Tipična količina radiacije, ki jo prejmemo pri rentgenskem slikanju, je približno $1 \mu\text{Sv}^1$ za okončine, $100 \mu\text{Sv}$ za prsni koš in 1mSv za hrbtenico (primerjava: približno 3mSv na leto zaradi bližine radioaktivnih materialov in kozmičnega sevanja; približno $40 \mu\text{Sv}$ za vsak čezoceanski let).



¹ "Sievert", enota za sevanje

SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

Ultrazvok



Diagnostična sonografija ali **ultrazvok** (*ang.* diagnostic sonography, ultrasound) temelji na zaznavanju odbojev ultrazvočnih valov od opazovanih struktur (učinkovita je predvsem za mehka tkiva).

Uporabljajo se frekvence med 2 in 18 MHz, ki zagotavljajo ustrezno prostorsko ločljivost slike ter globino slikanja (z nižjimi frekvencami dobimo nižjo ločljivost, a večjo globino slikanja).



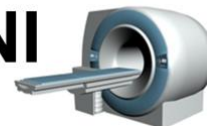
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

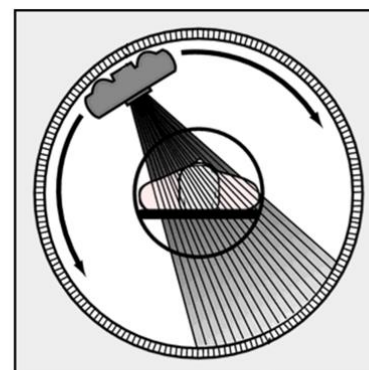
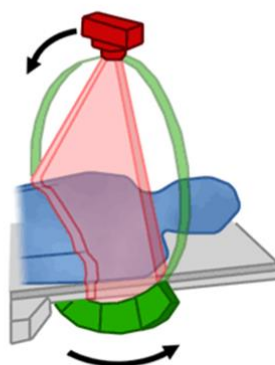
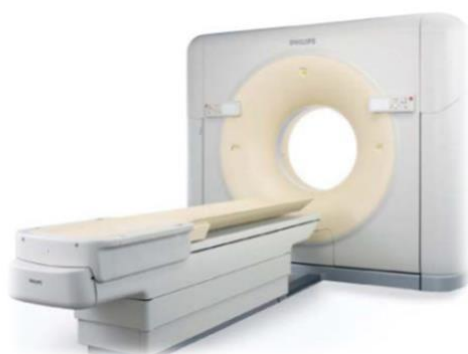
Računalniška tomografija



Računalniška tomografija¹ – CT (*ang.* computed tomography) temelji na računalniški rekonstrukciji velikega števila rentgenskih slik, pridobljenih pri različnih kotih slikanja.



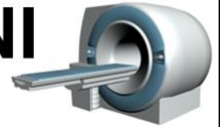
Tipična količina radiacije, ki jo prejmemo pri CT slikanju, je približno 2 mSv za glavo, 7 mSv za prsni koš in 10 mSv za abdomen ter medenico.



¹ *gr.* tomos = prostornina, *gr.* grafo = pisati

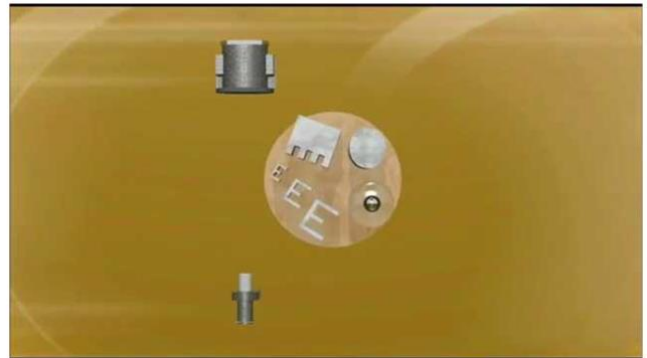
SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

Računalniška tomografija (2)



Zajem CT slik

- zajemanje rentgenskih slik pod različnimi koti
- namesto, da vrtimo slikani objekt, vrtimo izvor rentgenskih žarkov ter detektor



Rekonstrukcija CT slik

- rekonstrukcijo opravi računalnik na podlagi nabora zajetih slik
- uporablja se metoda filtriranega vzvratnega projiciranja (*ang.* filtered back-projection)



Vir: Spletna stran "Mission of Daytona State College Public Broadcasting", <http://www.wdsctv.org>



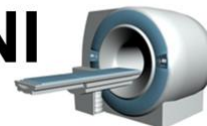
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

Računalniška tomografija (3)



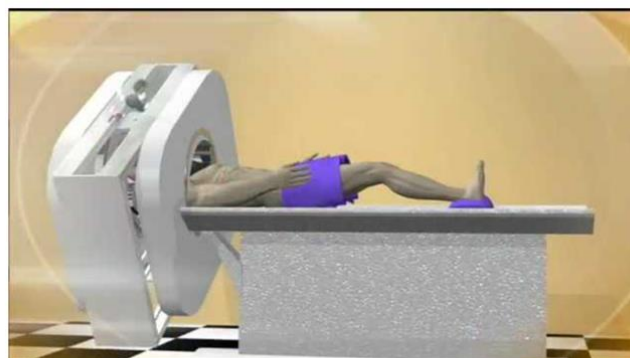
1. generacija CT (~ 1970)

- izvor v obliki žarka (en detektor)
- mehanizem rotacije in translacije (160 vzorcev vzdolž 180° z razmikom 1°)
- prepočasni za slikanje premikajočih se organov, zato samo za slikanje možganov (čas zajema enega prereza 5 minut + rekonstrukcija)




2. generacija CT naprav (~ 1974)

- izvor v obliki pahljače (10°), več detektorjev
- mehanizem rotacije in translacije
- čas zajema enega prereza 20 sekund



Vir: Spletna stran "Mission of Daytona State College Public Broadcasting", <http://www.wdsctv.org>

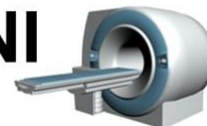
 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

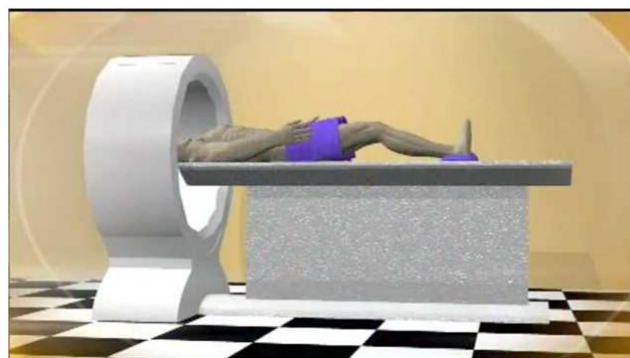
SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

Računalniška tomografija (4)



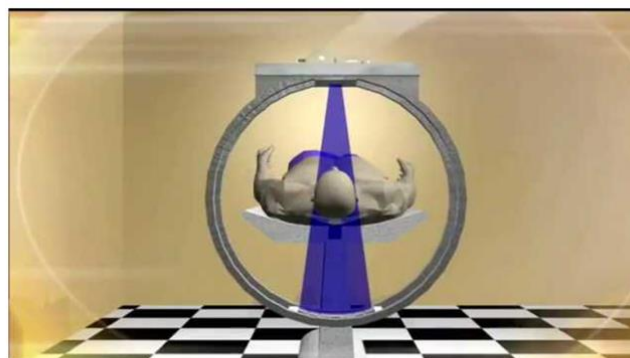
3. generacija CT (~ 1976)

- izvor v obliki pahljače (10°), 500-1000 detektorjev
- mehanizem rotacije (180°)
- zajem enega prereza v 1 s, mogoče slikanje telesa, artefakti pri rekonstrukciji



4. Spiralni + večpoljni CT (~ 1990) (ang. helical + multislice CT)

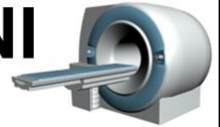
- mehanizem neprestane rotacije (360°)
- izvor v obliki stožca (ang. cone-beam), (>> detektorjev)
- slikanje enega prereza v manj kot 1 s, celotnega telesa pa v manj kot 1 min



Vir: Spletna stran "Mission of Daytona State College Public Broadcasting", <http://www.wdsctv.org>

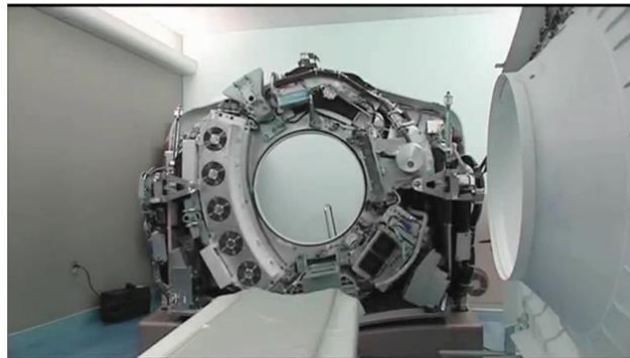
SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

Računalniška tomografija (5)



Lastnosti :

- ni superponiranja anatomskih struktur
- ločevanje med tkivi, ki imajo tudi do 1% različno gostoto
- pregledovanje v prečnih, stranskih ali čelnih ravninah s pomočjo ti. večravninskega preoblikovanja (*ang.* multiplanar reformation)
- artefakti zaradi premikanja bolnika, kovinskih implantatov, šuma na detektorjih, ...



Vir: Spletna stran "Mission of Daytona State College Public Broadcasting", <http://www.wdsctv.org>



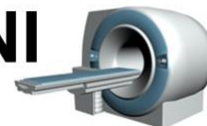
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

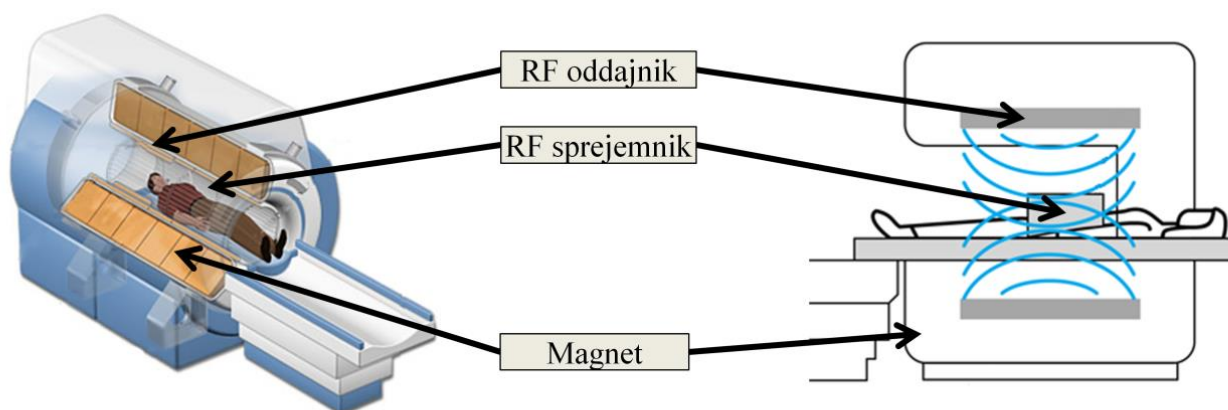
Magnetna resonanca



Magnetna resonanca – MR (*ang.* magnetic resonance imaging) temelji na vzbujanju protonov vodika v atomih telesa z radijskimi frekvencami, pri čemer smo te protone predhodno usmerili z močnim magnetnim poljem.



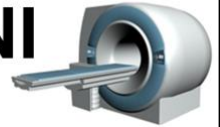
Največkrat se uporabljajo se magneti z gostoto magnetnega polja 1,5T¹ in 3,0T, raziskujejo pa tudi uporabo magnetov z 7,0T.



¹ "Tesla", enota za gostoto magnetnega polja

SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

Magnetna resonanca (2)



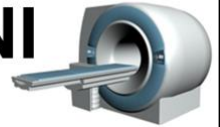
Lastnosti :

- v primerjavi s CT ni ioniziranega sevanja
- boljši kontrast v primerjavi s CT, zato je mogoče opazovati tudi mehka tkiva
- ogromno število sekvenc slikanja, ki jih določimo s časom odmeva T_E (*ang.* echo time) in časom ponavljanja T_R (*ang.* repetition time)
- standardne sekvence so T_1 -uteženo, T_2 -uteženo ter SD-uteženo slikanje



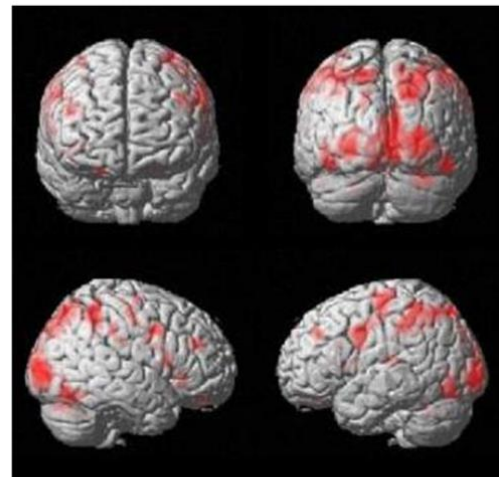
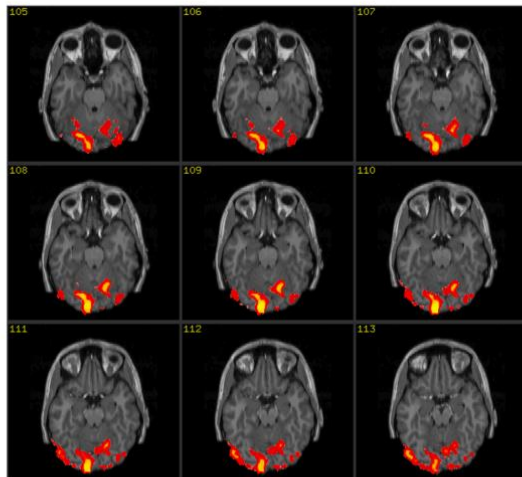
SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

Funkcionalna magnetna resonanca



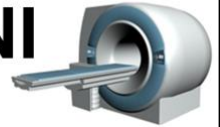
Funkcionalna magnetna resonanca – fMRI (*ang.* functional magnetic resonance imaging) temelji na merjenju možganske aktivnosti na podlagi sprememb v pretoku krvi.

Postopek je podoben MR, vendar izrablja spremembo v magnetizaciji tiste krvi, ki je bogata s kisikom, ter krvi, ki vsebuje manj kisika.

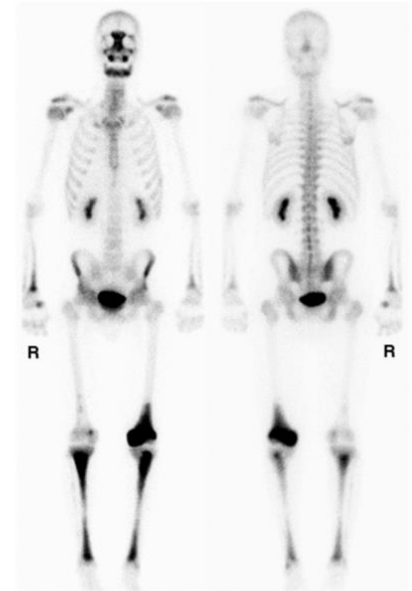
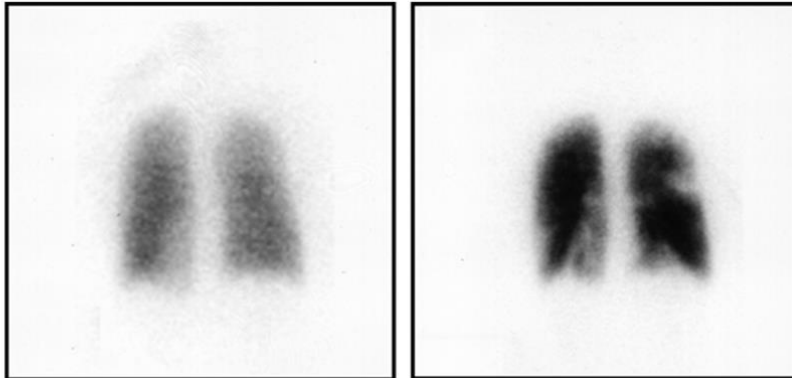


SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

Scintigrafija

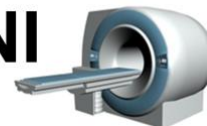


Scintigrafija (*ang.* scintigraphy) temelji na zaznavanju gama sevanja z gama kamero, pri čemer radioizotop vnesemo v telo opazovanega subjekta s pomočjo biološko aktivne molekule, rezultat so pa 2D slike oz. projekcije.



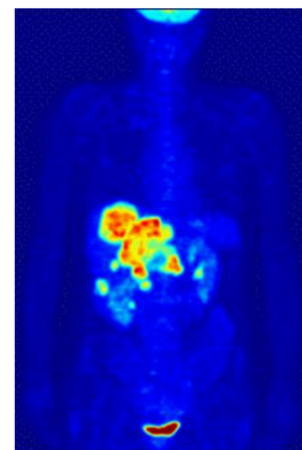
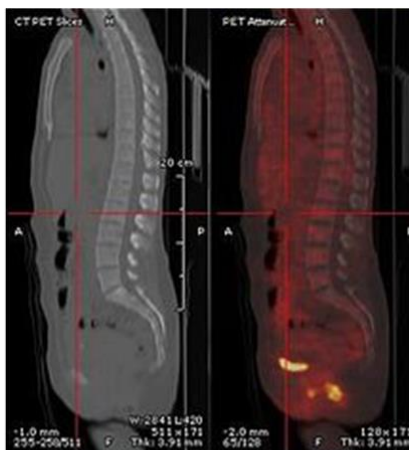
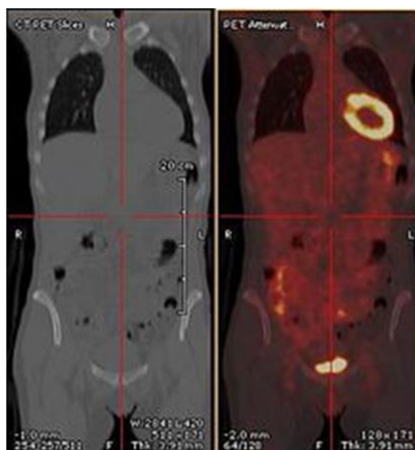
SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

Pozitronska emisijska tomografija



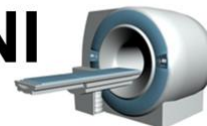
Pozitronska emisijska tomografija – PET (*ang.* positron emission tomography) temelji na zaznavanju gama sevanja z gama kamero, pri čemer radioizotop vnesemo v telo opazovanega subjekta s pomočjo biološko aktivne molekule, rezultat so pa 3D slike oz. prerezi.

Sliko je mogoče zajeti s CT napravo istočasno med zajemanjem CT slike, kar omogoča “fuzijo” CT in PET slik.



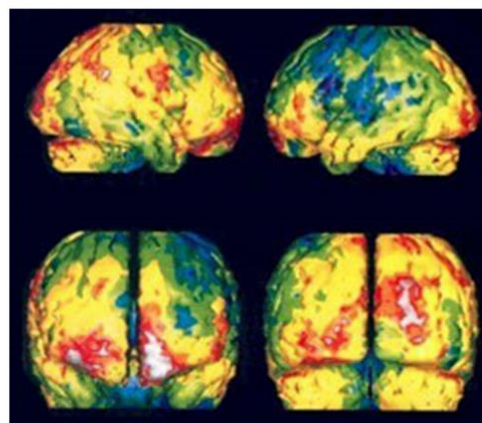
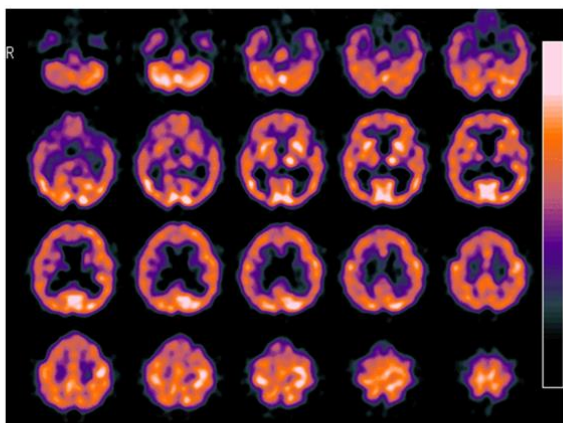
SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

Enofotonska emitivna računalniška tomografija



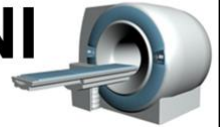
Enofotonska emitivna računalniška tomografija – SPECT (*ang.* single-photon emission computed tomography) temelji na zaznavanju gama sevanja z gama kamero. Radioizotop (npr. galij), ki oddaja gama sevanje, je običajno vbrizgan v krvni obtok opazovanega subjekta.

Tehnika se uporablja predvsem za opazovanje aktivnosti (prekrvavitve) v različnih predelih možganov.



SLIKOVNE TEHNIKE V BIOMEDICINI

Mikroskopija



Mikroskopija (*ang.* microscopy) temelji na povečavi objektov in opazovanju vzorcev, ki jih ne moremo zaznati z očesom.

- svetlobni mikroskop uporablja vidno svetlobo in doseže do približno 1000-kratno povečavo

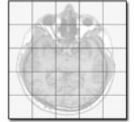


- elektronski mikroskop uporablja žarek elektronov in doseže do približno 10.000.000-kratno povečavo

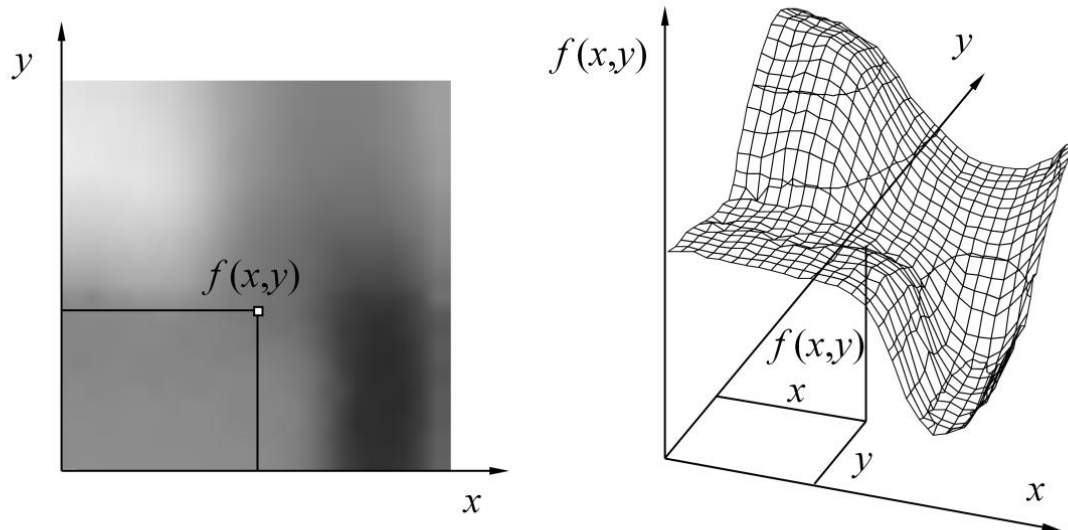


BIOMEDICINSKE SLIKE

Definicija

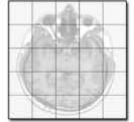


Biomedicinske slike predstavljajo odziv biološkega tkiva na vzbujanje z izbranim signalom (rentgenski žarki, ultrazvok, ...), pri čemer količino odziva predstavimo s sivinskimi vrednostmi (f) v odvisnosti od prostorskih koordinat (x, y, \dots).

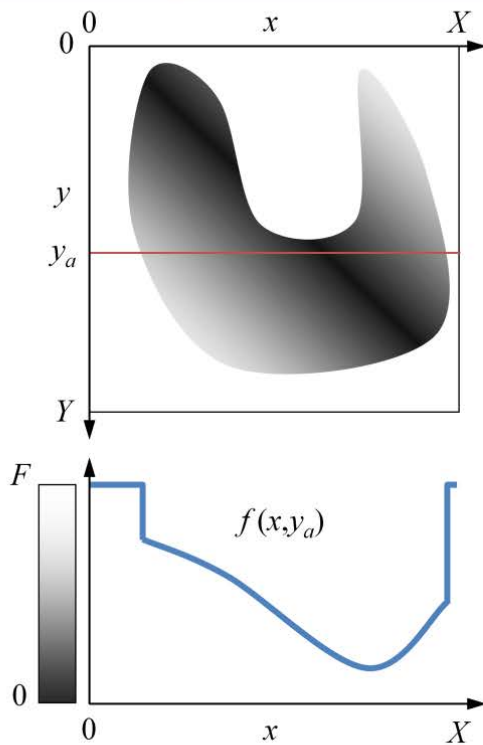


BIOMEDICINSKE SLIKE

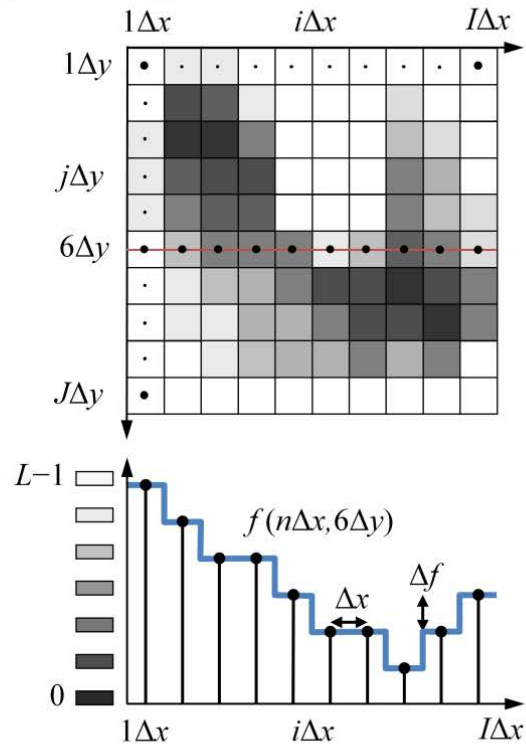
Analogne in digitalne sivinske slike



Analogna sivinska slika

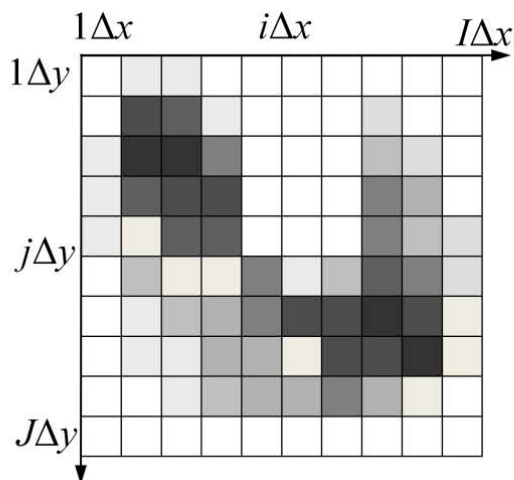
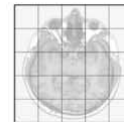


Digitalna sivinska slika



BIOMEDICINSKE SLIKE

Matrični zapis



$$f(i, j) = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(2,1) & \cdots & f(I,1) \\ f(1,2) & f(2,2) & \cdots & f(I,2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(1,J) & f(2,J) & \cdots & f(I,J) \end{bmatrix}$$

Opomba:

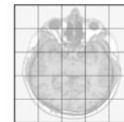
V programskem okolju Matlab vrstice matrike predstavljajo y os, stolpci matrike pa x os, zato je zapis v obliki $f(y,x)$ oz. $f(j,i)$.

$$f(j,i) = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \cdots & f(1,I) \\ f(2,1) & f(2,2) & \cdots & f(2,I) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(J,1) & f(J,2) & \cdots & f(J,I) \end{bmatrix}$$



BIOMEDICINSKE SLIKE

Prostorska ločljivost



256 × 256 pikslov



128 × 128 mm

0,5 × 0,5 mm

128 × 128 pikslov



128 × 128 mm

1,0 × 1,0 mm

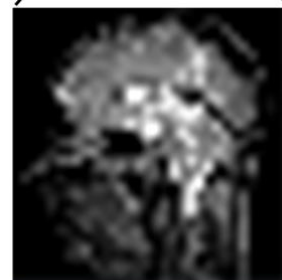
64 × 64 pikslov



128 × 128 mm

2,0 × 2,0 mm

32 × 32 pikslov



128 × 128 mm

4,0 × 4,0 mm



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

BIOMEDICINSKE SLIKE

Sivinska ločljivost



8 bitov

 $2^8 = 256$ vrednosti

7 bitov

 $2^7 = 128$ vrednosti

6 bitov

 $2^6 = 64$ vrednosti

5 bitov

 $2^5 = 32$ vrednosti

4 biti

 $2^4 = 16$ vrednosti

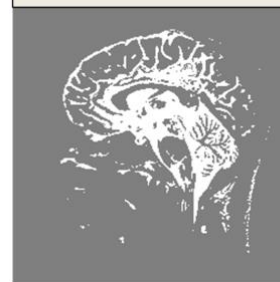
3 biti

 $2^3 = 8$ vrednosti

2 bita

 $2^2 = 4$ vrednosti

1 bit

 $2^1 = 2$ vrednosti

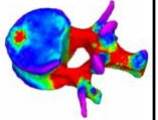
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PRIKAZ BIOMEDICINSKIH SLIK

Osnovni načini prikaza



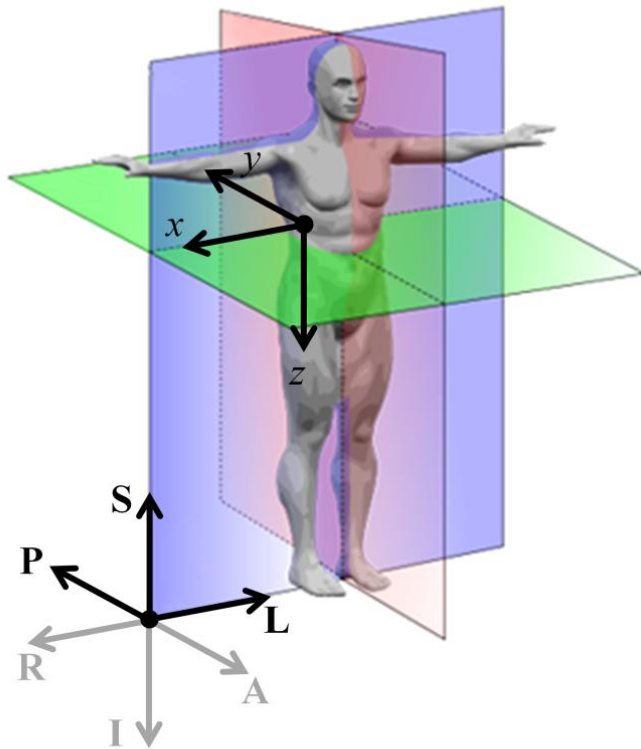
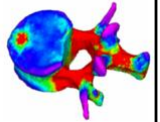
Osnovni načini prikaza biomedicinskih slik so:

- **prerezi**
(*ang.* cross-sections)
- **projekcije**
(*ang.* projections)
- **upodabljanje površine**
(*ang.* surface rendering)
- **upodabljanje prostornine**
(*ang.* volume rendering)



PRIKAZ BIOMEDICINSKIH SLIK

Anatomski koordinatni sistem



$-x$ L ... levo (*ang.* left)

$+x$ R ... desno (*ang.* right)

$-y$ A ... naprej (*ang.* anterior)

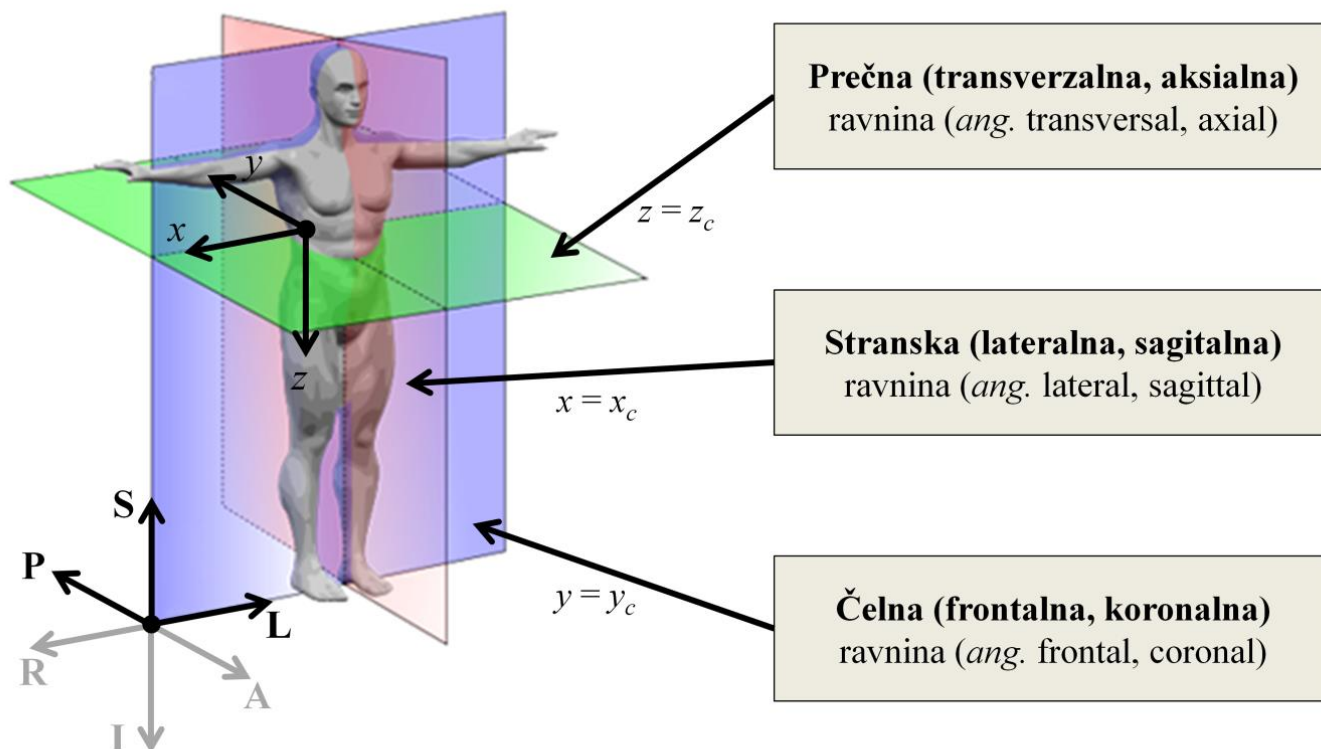
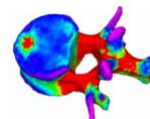
$+y$ P ... nazaj (*ang.* posterior)

$-z$ S ... navzgor (*ang.* superior)

$+z$ I ... navzdol (*ang.* inferior)

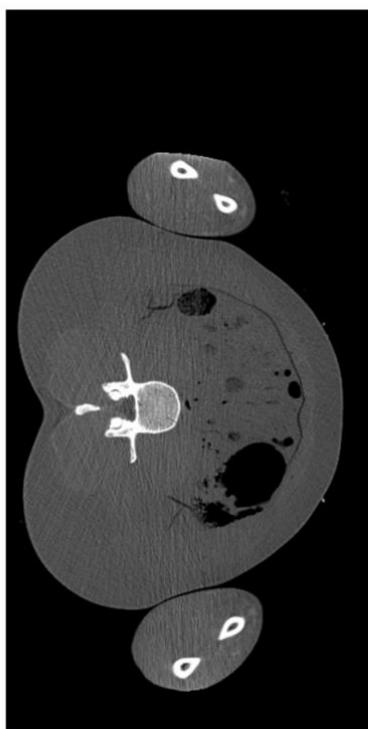
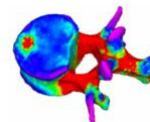
PRIKAZ BIOMEDICINSKIH SLIK

Anatomski koordinatni sistem



PRIKAZ BIOMEDICINSKIH SLIK

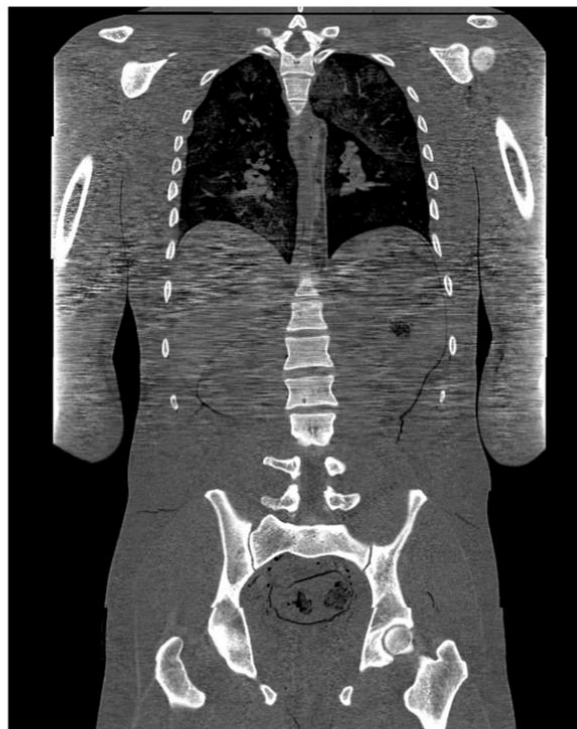
Osnovni ravninski prerezi



Prečni prerez



Stranski prerez



Čelni prerez



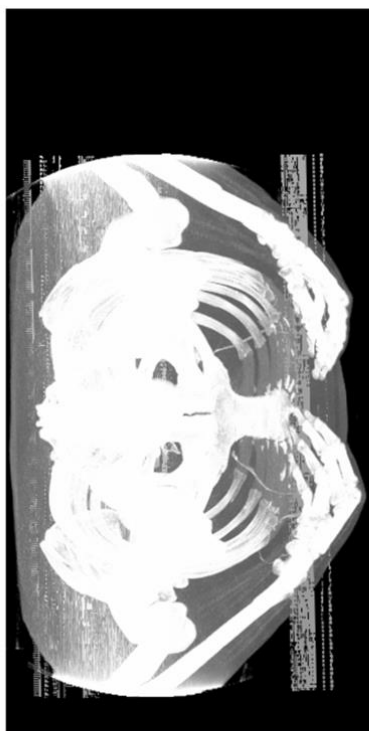
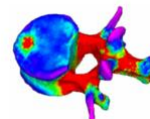
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PRIKAZ BIOMEDICINSKIH SLIK

Osnovne ravninske projekcije



Prečna projekcija



Stranska projekcija



Čelna projekcija



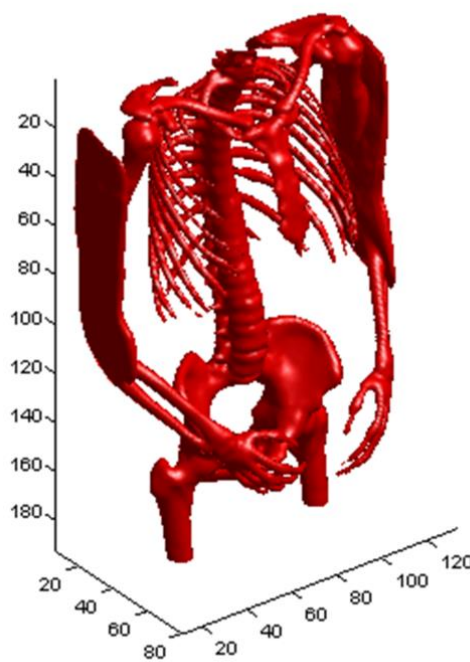
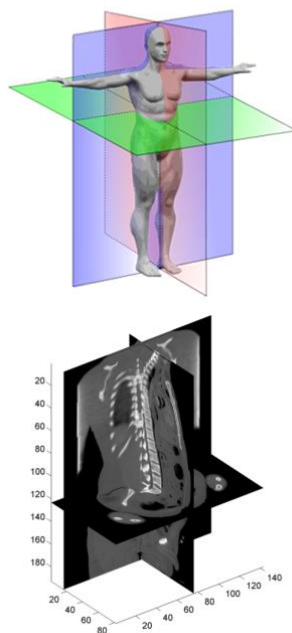
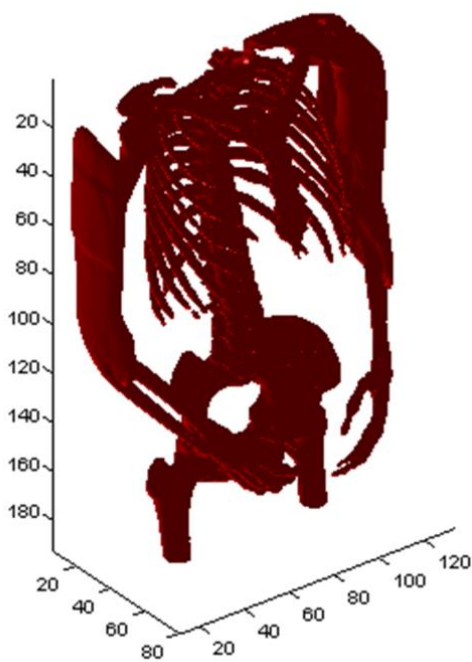
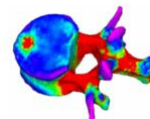
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

PRIKAZ BIOMEDICINSKIH SLIK

Upodabljanje površine



0,1%

0,5%

1%

5%

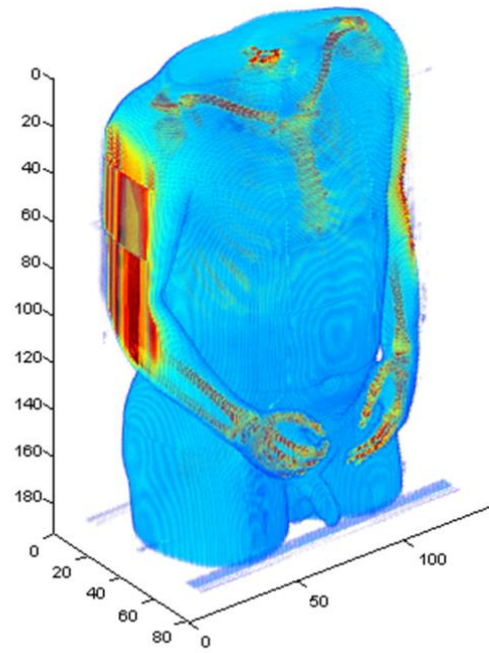
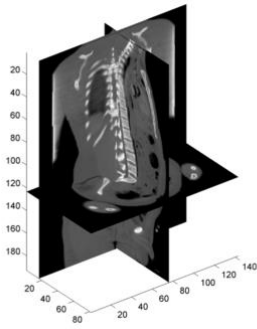
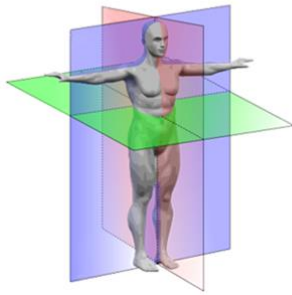
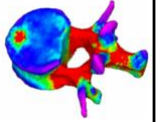
10%

50%

100%

PRIKAZ BIOMEDICINSKIH SLIK

Upodabljanje prostornine



1%

2,5%

5%

10%

25%

50%

100%



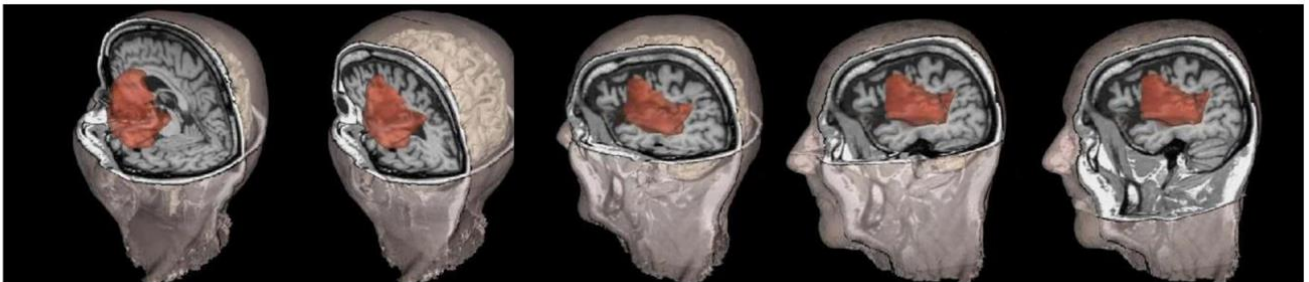
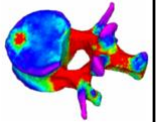
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

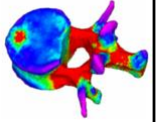
PRIKAZ BIOMEDICINSKIH SLIK

Kombiniran prikaz

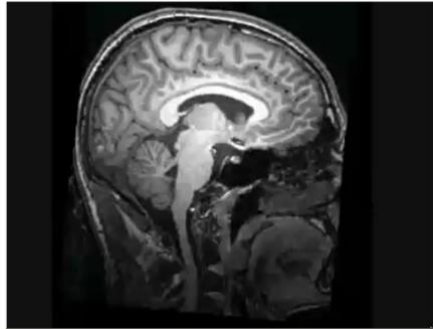


PRIKAZ BIOMEDICINSKIH SLIK

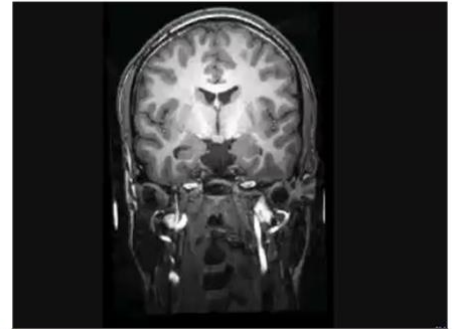
Primeri



Prečni prerez



Stranski prerez



Čelni prerez



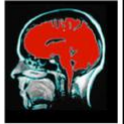
Upodabljanje površine/prostornine



Kombiniran prikaz

ANALIZA BIOMEDICINSKIH SLIK

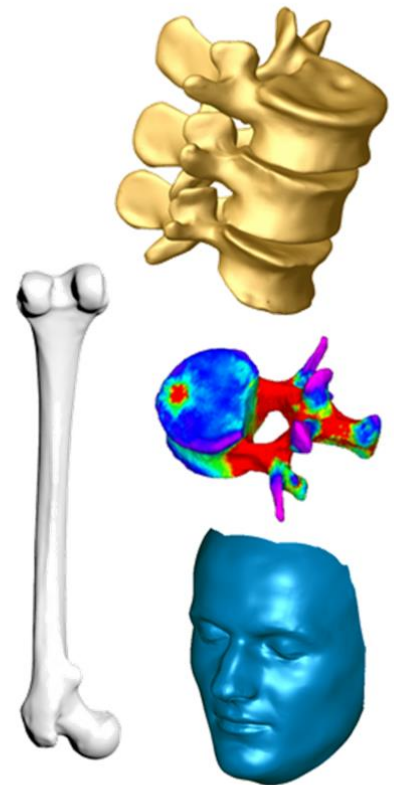
Področja analize slik



Analiza slik je predstavlja izluščevanje uporabne informacije iz slik.

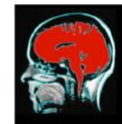
Poglavitna področja analize biomedicinskih slik so:

- **obnova slik**
(*ang.* image restoration)
- **poravnava slik**
(*ang.* image registration)
- **razgradnja slik**
(*ang.* image segmentation)
- **kvantitativna analiza slik**
(*ang.* quantitative image analysis)

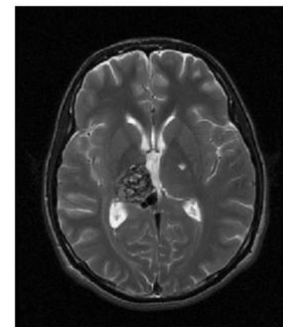


ANALIZA BIOMEDICINSKIH SLIK

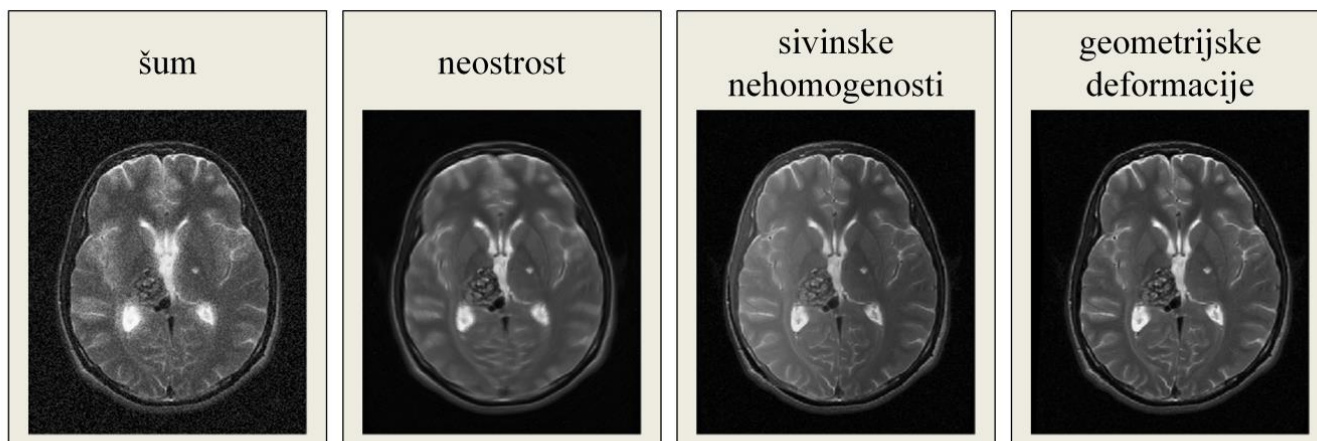
Obnova slik



Obnova slik (*ang.* image restoration) je postopek izničevanja neželenih pojavov, ki so posledica nepopolnosti in nepravilnosti zajemanja slik ter negativno vplivajo na nadaljnje postopke analize slik.

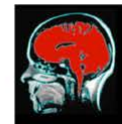


Med neželene pojave oz. degradacijo slik spadajo npr.:



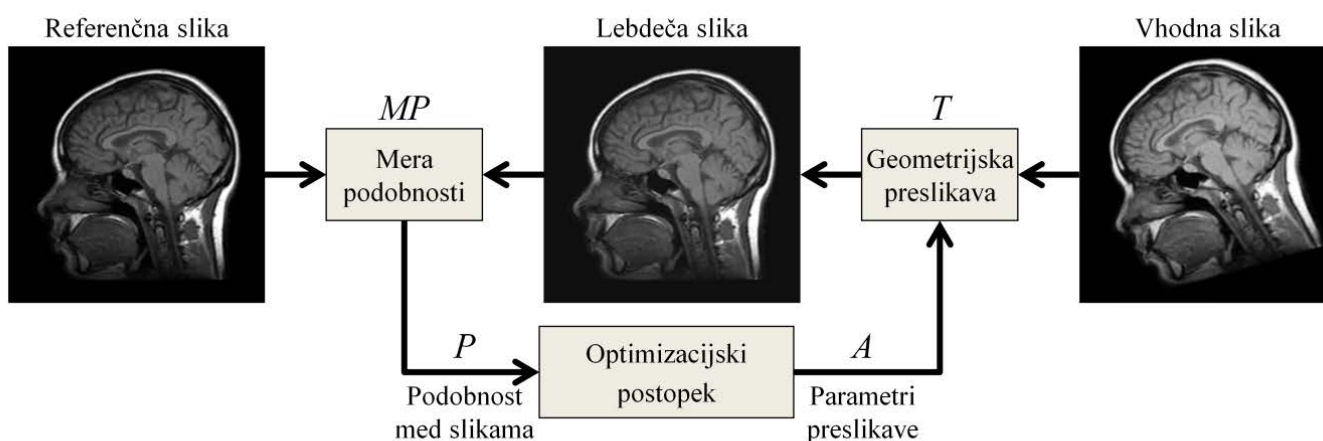
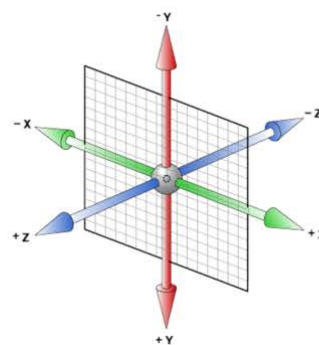
ANALIZA BIOMEDICINSKIH SLIK

Poravnava slik



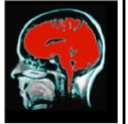
Poravnava slik (*ang.* image registration) je postopek iskanja optimalne geometrijske preslikave, ki bo dve sliki poravnala tako, da se bodo po poravnavi iste strukture nahajale na enakih položajih.

Običajno eno ali več **vhodnih slik** poravnavamo na eno **referenčno sliko**:

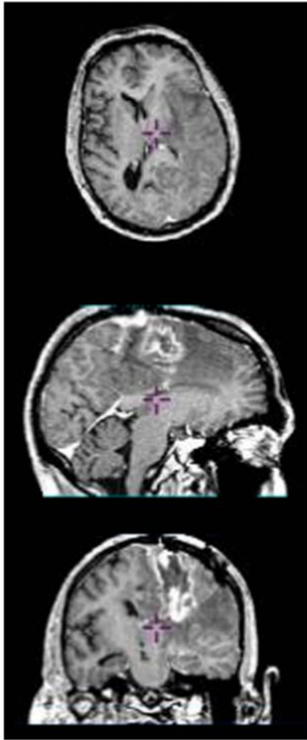


ANALIZA BIOMEDICINSKIH SLIK

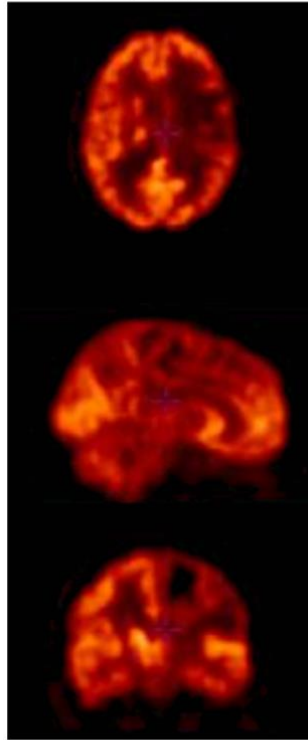
Primer poravnave slik



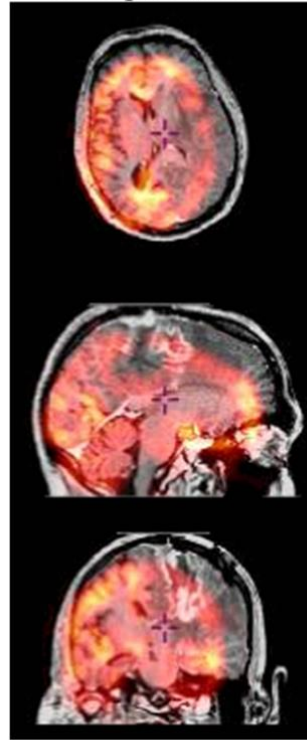
MR slika



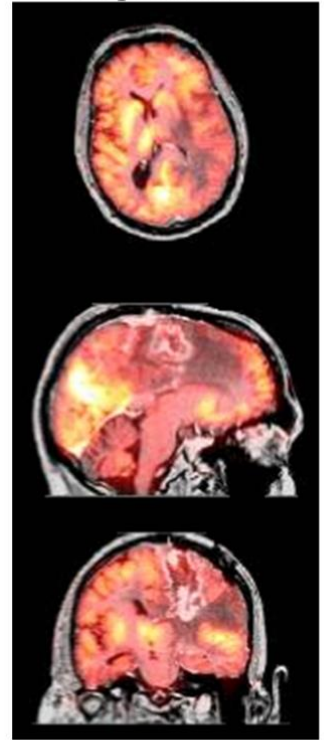
PET slika



Pred poravnavo



Po poravnavi



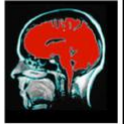
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

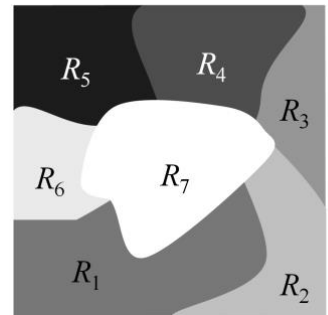
ANALIZA BIOMEDICINSKIH SLIK

Razgradnja slik



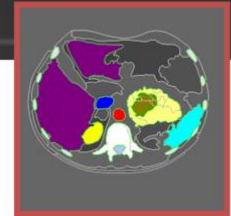
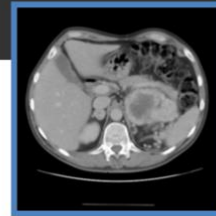
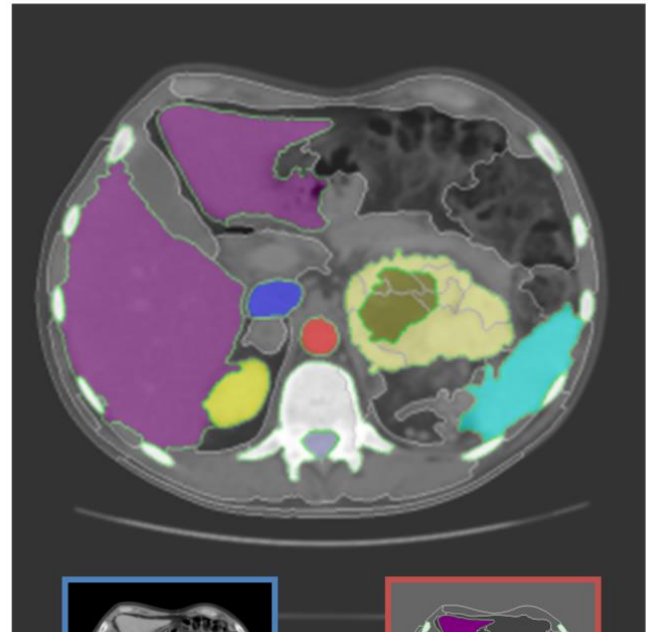
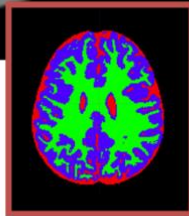
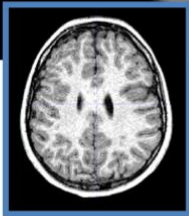
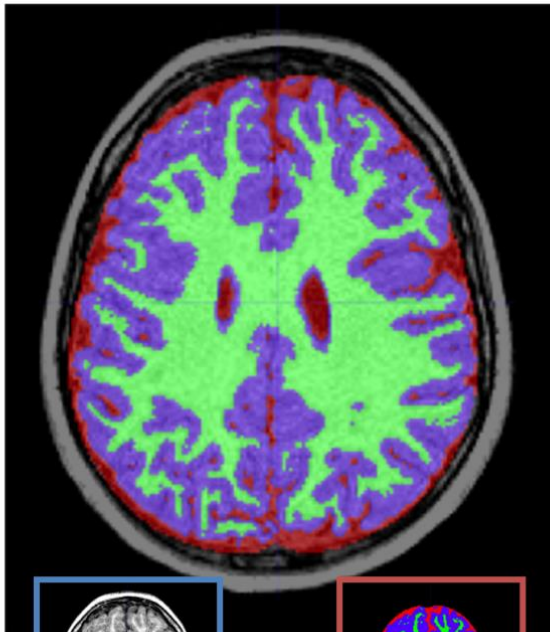
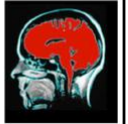
Razgradnja slik (*ang.* image segmentation) je postopek, s katerim sliko razdelimo na osnovna področja oz. strukture.

Predstavlja enega najbolj zahtevnih postopkov analize slik, saj je omejen z vsebino in kakovostjo slik (ločljivost, šum, kontrast, nehomogenosti, ...) ter odvisen od namena nadaljnje uporabe.



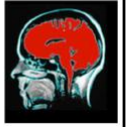
ANALIZA BIOMEDICINSKIH SLIK

Primer razgradnje slik

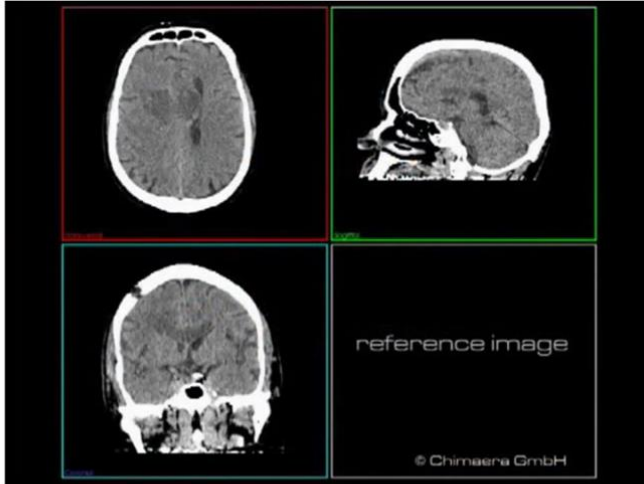


ANALIZA BIOMEDICINSKIH SLIK

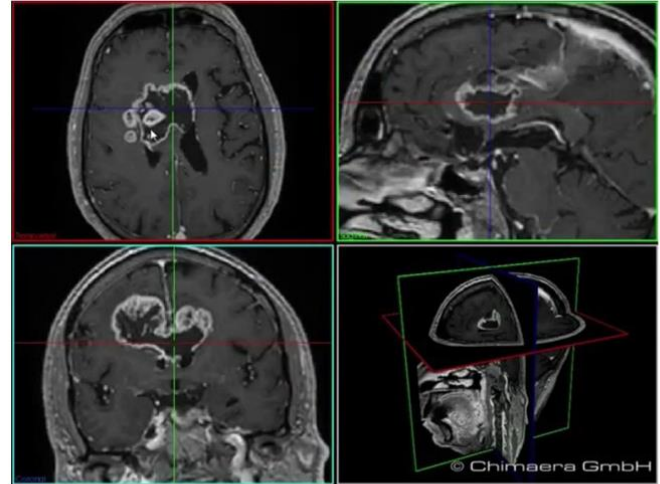
Primer poravnave in razgradnje slik



Poravnava slik

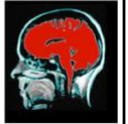


Razgradnja slik



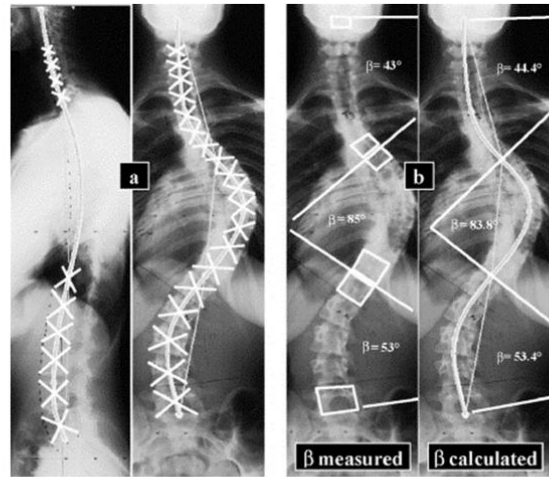
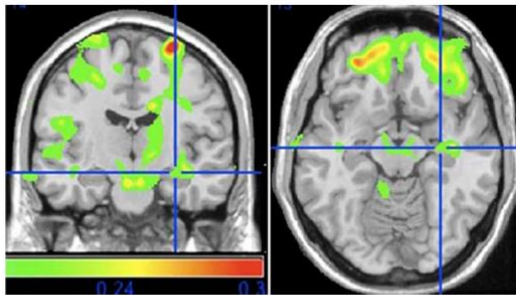
ANALIZA BIOMEDICINSKIH SLIK

Kvantitativna analiza slik



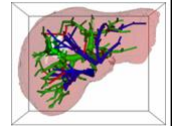
Kvantitativna analiza slik (*ang.* quantitative image analysis) združuje postopke določanja oz. merjenja geometrijskih, teksturnih in ostalih parametrov, ki opisujejo strukture zanimanja na sliki.

- površina strukture
- prostornina strukture
- povprečna sivinska vrednost strukture
- ...

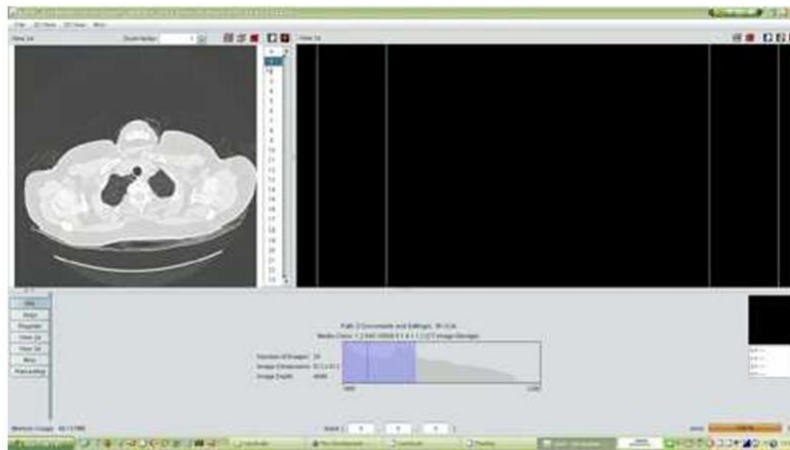
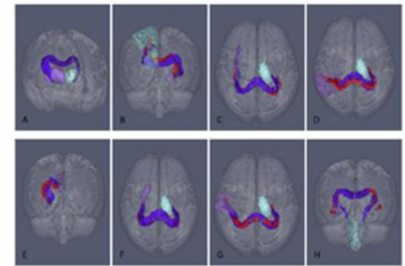


SLIKOVNO-PODPRTI POSTOPKI

Računalniško-podprta diagnoza

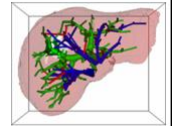


Računalniško-podprta diagnoza – CAD (*ang.* computer-aided diagnosis) združuje računalniške postopke, ki pomagajo pri interpretaciji medicinskih slik z namenom postavljanja diagnoze ali načrtovanja zdravljenja.

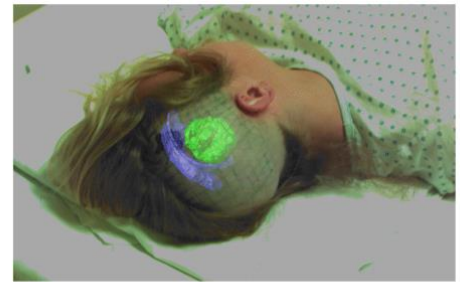


SLIKOVNO-PODPRTI POSTOPKI

Slikovno vodena kirurgija

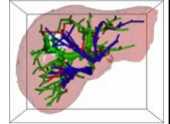


Slikovno vodena kirurgija – IGS (*ang.* image-guided surgery) je postopek sledenja kirurških instrumentov v povezavi s slikami, pridobljenimi pred operacijo (predoperativne slike), ter slikami, pridobljenimi med operacijo (medoperativne slike).

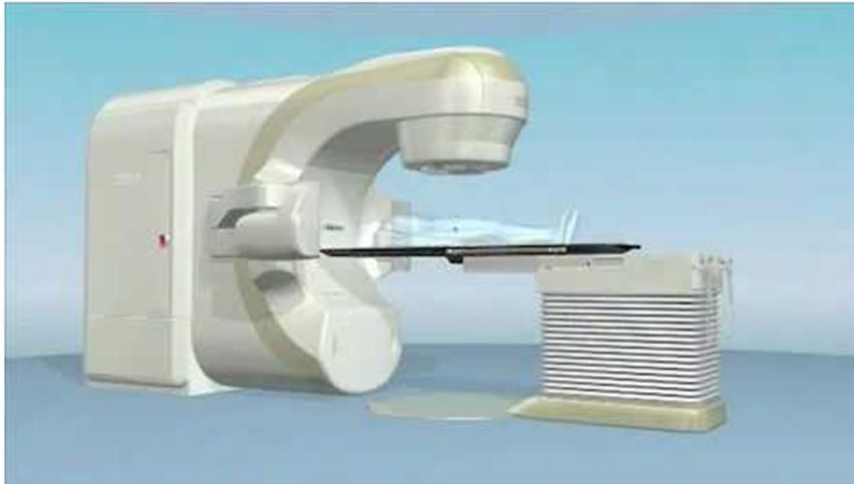
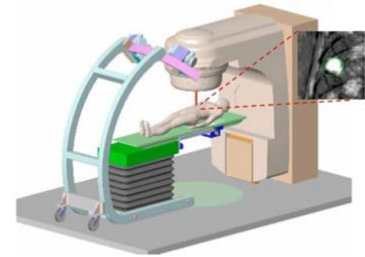


SLIKOVNO-PODPRTI POSTOPKI

Slikovno-vodeno obsevanje



Slikovno-vodeno obsevanje – IGRT (*ang.* image guided radiation therapy) je postopek usmerjanja obsevalne terapije, običajno na podlagi 2D slik, pridobljenih med zdravljenjem, ter 3D slik, pridobljenih pred zdravljenjem.



ZAKLJUČEK

Razprava, komentarji, vprašanja...



- Naštejte najpogosteje uporabljane slikovne tehnike v biomedicini ter opišite osnovne principe delovanja.
- Opišite strukturo biomedicinskih slik ter definirajte prostorsko in sivinsko ločljivost slik.
- Naštejte in opišite osnovne načine prikaza biomedicinskih slik.
- Naštejte in opišite poglobljena področja analize biomedicinskih slik.
- Naštejte in opišite nekatera področja slikovno podprtih postopkov.

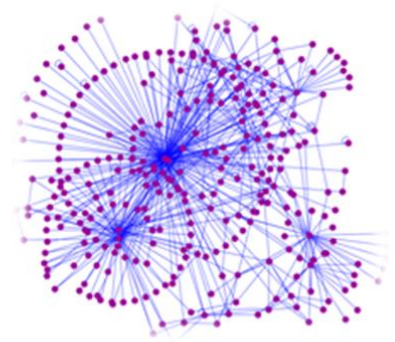
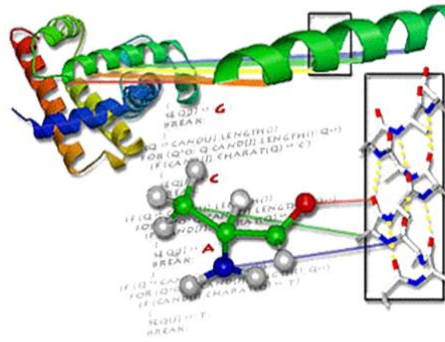
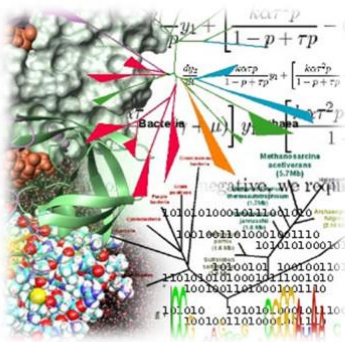




8. BIOINFORMATIKA

Biomedicinska informatika

doc. dr. Tomaž Vrtovec



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

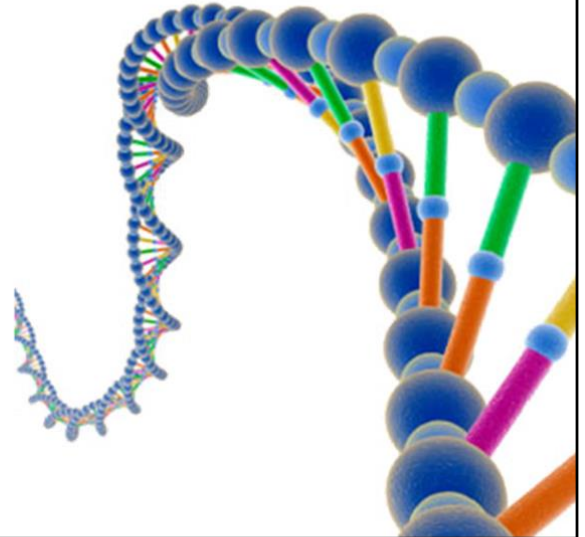
BIOINFORMATIKA

Kaj je bioinformatika?



Bioinformatika (*ang.* bioinformatics) je rastoče področje biomedicinske informatike, namenjeno aplikacijam molekularne biologije, pri čemer se informacijski postopki uporabljajo za pridobivanje, shranjevanje, analizo in razumevanje bioloških podatkov in informacij o molekulah in celicah.

- analiza sekvenc genov in beljakovin
- analiza in mapiranje genoma
- evolucijska biologija
- primerjalna genomika
- modeliranje bioloških sistemov
- strukturna bioinformatika
- načrtovanje zdravil
- filogenetika



Vir: *N.M. Luscombe in dr.: What is bioinformatics? An introduction and overview. Yearbook of Medical Informatics, 89-99, 2001*



Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

MOLEKULARNA BIOLOGIJA

DNK in RNK

Deoksiribonukleinska kislina – DNK (*ang.* deoxyribonucleic acid, DNA) je molekula v značilni obliki dvojne vijačnice, ki shranjuje genetsko informacijo.

DNK je sestavljena iz parov nukleotidnih baz oz. nukleotidov:

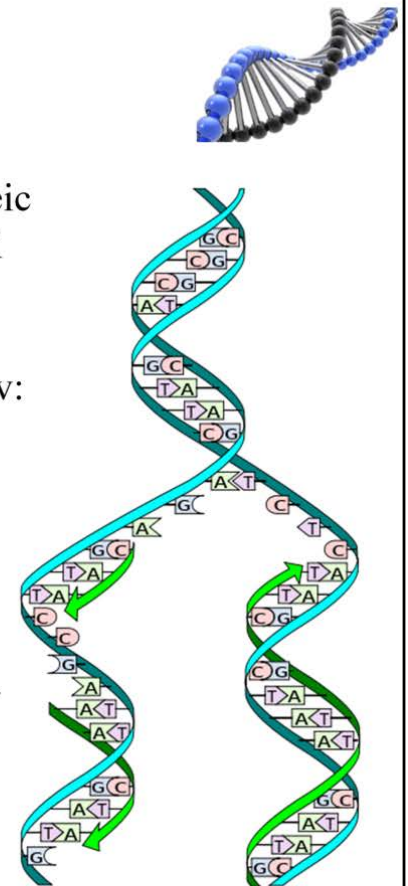
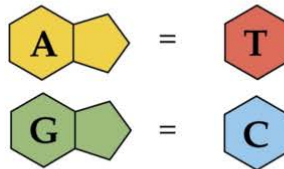
- **adenin (A)**
- **gvanin (G)**
- **citozin (C)**
- **timin (T)**

V ribonukleinski kislini – RNK timin (T) zamenja uracil (U).

Stabilnost vezi tvorijo pari:

- **adenin (A) – timin (T)**

- **gvanin (G) – citozin (C)**



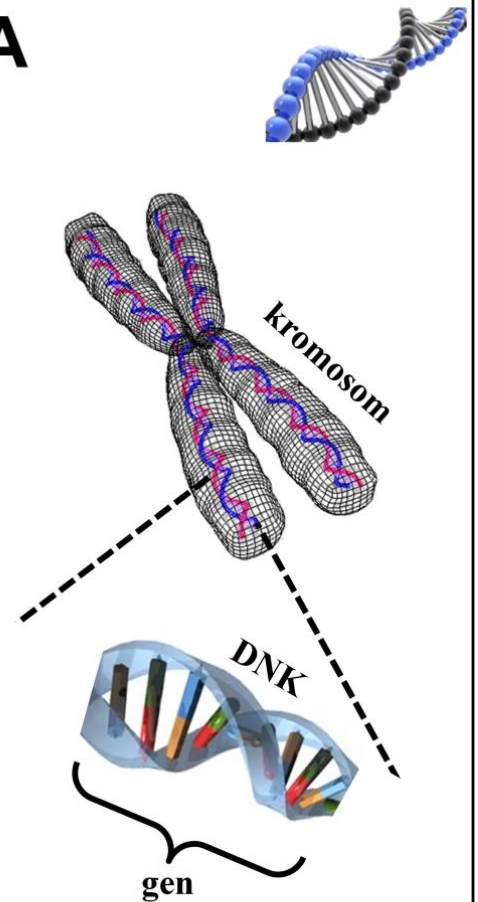
MOLEKULARNA BIOLOGIJA

Gen in genetika

Gen (*ang.* gene) je osnovna materialna enota dedovanja oz. nosilec dedne lastnosti.

- Gen je na molekularni ravni del molekule DNK, ki se prepisuje v molekulo RNK in dalje sodeluje pri tvorjenju beljakovin kot osnovnih sestavin organizma.
- Geni z medsebojno interakcijo vplivajo na razvoj organizma.

Genetika (*ang.* genetics) je znanost o preučevanju dedovanja ter lastnosti in funkcij posameznih genov.



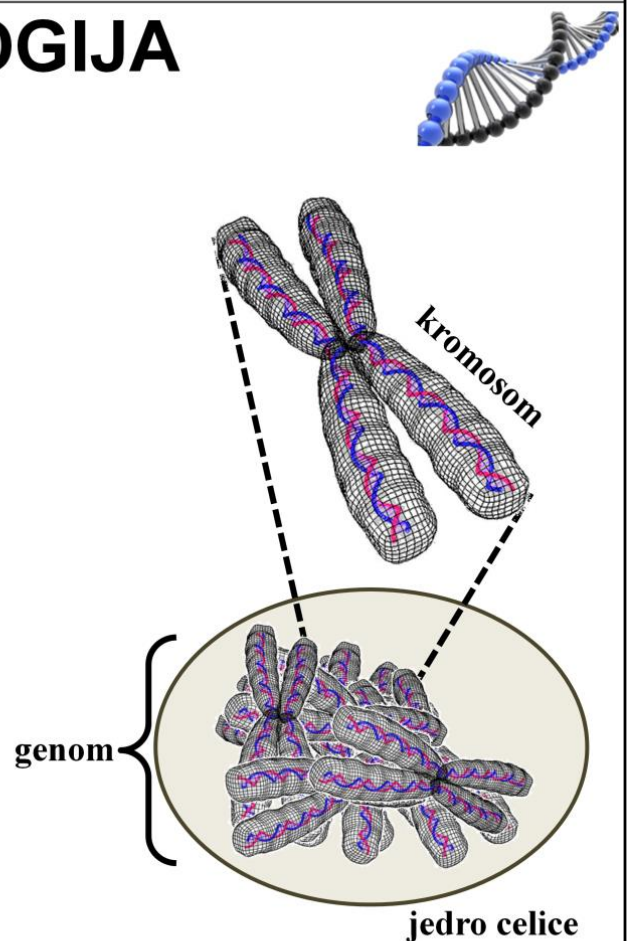
MOLEKULARNA BIOLOGIJA

Genom in genomika

Genom ali **dednina** (*ang.* genom) je celota dednih informacij nekega organizma.

- Genom vsebuje vsaka celica organizma v svojem jedru v obliki DNK (pri nekaterih virusih tudi v obliki RNK).
- Genom je celotno DNK zaporedje enega kompleta kromosomov (ter zaporedje mitohondrijske DNK).

Genomika (*ang.* genomics) je znanost o preučevanju genoma oz. celotnega nabora genov ter njihovega medsebojnega vpliva pri različnih organizmov.



MOLEKULARNA BIOLOGIJA

Protein in proteomika

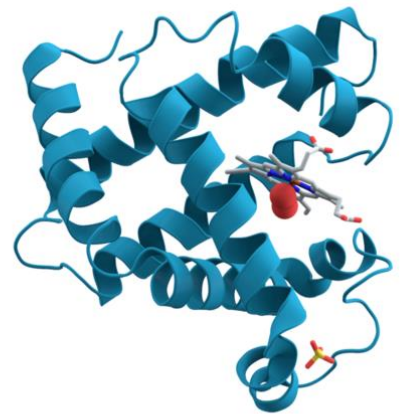


Protein ali **beljakovina** (*ang.* protein) je velika molekula, sestavljena iz ene ali več verig aminokislin. Beljakovine opravljajo številne funkcije v živih organizmih (npr. katalizacija kemičnih reakcij).

Beljakovine se med seboj razlikujejo predvsem po zaporedju sestavljajočih aminokislin, ki jih določajo zaporedja DNK v genih.

Proteomika (*ang.* proteomics) je znanost o preučevanju beljakovin, predvsem njihovih struktur in funkcij.

V primerjavi z genomiko je proteomika veliko bolj kompleksna, saj je genom relativno konstantna entiteta, medtem ko se beljakovine razlikujejo od celice do celice ter se neprestano spreminjajo glede na biokemične reakcije z genomom, okolico in starostjo organizma.



MOLEKULARNA BIOLOGIJA

Aminokislinae



Aminokislinae (*ang.* amino acids) so osnovni gradniki beljakovin. Aminokislinae, ki so kodirane v standardnem genetskem kodu, se imenujejo beljakovintvorne aminokislinae, katerih poznamo 20.

Različne kombinacije teh aminokislin tvorijo vse beljakovine, ki jih telo sintetizira.

Ime	Oznaka	Ime	Oznaka
alanin	A	metionin	M
cistein	C	aspargin	N
asparaginska kislina	D	prolin	P
glutaminska kislina	E	glutamin	Q
fenilalanin	F	arginin	R
glicin	G	serin	S
histidin	H	treonin	T
izolevcin	I	valin	V
lizin	K	triptofan	W
levcin	L	tirozin	Y



MOLEKULARNA BIOLOGIJA

Človeški genom



Človeški genom (*ang.* human genome) je popolni nabor človeške genetske informacije, ki je shranjena v DNK zaporedjih znotraj 23 parov kromosomov v jedrih celic in manjši DNK molekuli znotraj mitohondrija.

- Projekt človeški genom (*ang.* Human Genome Project) je leta 2003 objavil kompleten človeški genom, katerega DNK obsega okoli 3 milijarde baznih parov v približno 20.000 – 25.000 genih.
- Velikost genoma organizmov je povezana z njihovo kompleksnostjo. Največji poznani genom pripada enocelični amebi “*Amoeba dubia*” in vsebuje več kot 6 milijard baznih parov.
- Doslej so opredelili že okoli 1500 genov, odgovornih za različne bolezni. Glavna težava pri odkrivanju povezave med geni in boleznimi je ta, da običajno na eno bolezen vpliva več genov.
- Genom vsakega posameznika je edinstven (razen pri enojajčnih dvojčkih), zato je potrebno ugotavljati tudi zaporedja različnih variacij posameznih genov.



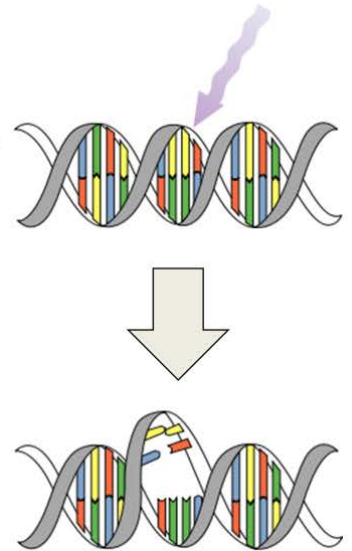
MOLEKULARNA BIOLOGIJA

Mutacije



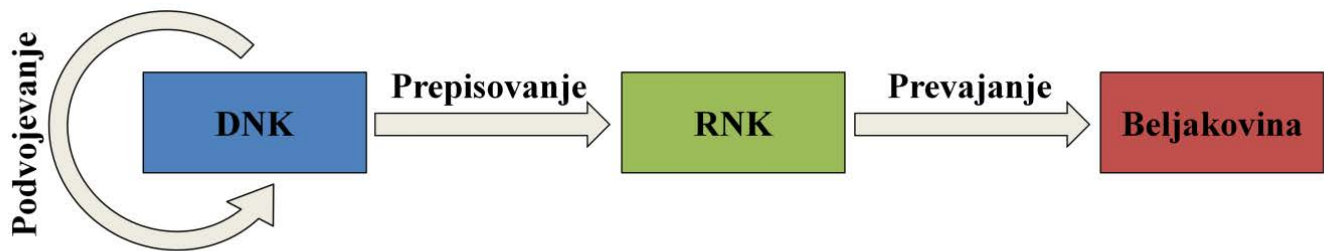
Mutacije (genske, kromosomske ali genomske) so trajne dedne spremembe genoma, ki jih povzročijo različni dejavniki in do katerih večinoma pride pri podvojevanju molekule DNK.

- V splošnem je mutacija vsaka sprememba nukleotidnega zaporedja v molekuli DNK. Mnogi mutirani geni lahko še vedno normalno delujejo zaradi redundance genskega koda.
- Najbolj znana kromosomska mutacija je Downov sindrom oz. trisomija 21. kromosoma, pri katerem nastanejo v vsakem jedru tri kopije 21. kromosoma (vsako jedro človeške celice vsebuje 46 kromosomov oz. 23 parov).
- Glede na evolucijski pomen lahko na mutirano zaporedje, ki se prenese na potomce, deluje pozitivna ali negativna selekcija. Če je gen mutiran, telo ne more vedno izdelati snovi, ki jo potrebuje. Ker so geni v dveh kopijah, je v večini primerov (recesivne mutacije) organizem prizadet samo takrat, ko sta obe kopiji nekega gena nefunkcionalni.



MOLEKULARNA BIOLOGIJA

Osrednja dogma molekularne biologije



1. **Podvojevanje DNK** ali **replikacija** (*ang.* replication) je proces, pri katerem se ena molekula DNK prekopira v dve molekuli DNK, poteka pa pri vsaki delitvi celice oz. celičnega jedra.
2. **Gensko prepisovanje** ali **transkripcija** (*ang.* transcription) je proces pretvorbe informacije iz molekule DNK v molekulo RNK na osnovi komplementarnosti baznih parov.
3. **Gensko prevajanje** ali **translacija** (*ang.* translation) je proces, v katerem se določeno zaporedje baz v molekuli RNK med sintezo beljakovine prevede v zaporedje aminokislin.

Vir: F. Crick: *Central dogma of molecular biology. Nature, 227(5258):561–563, 1970.*



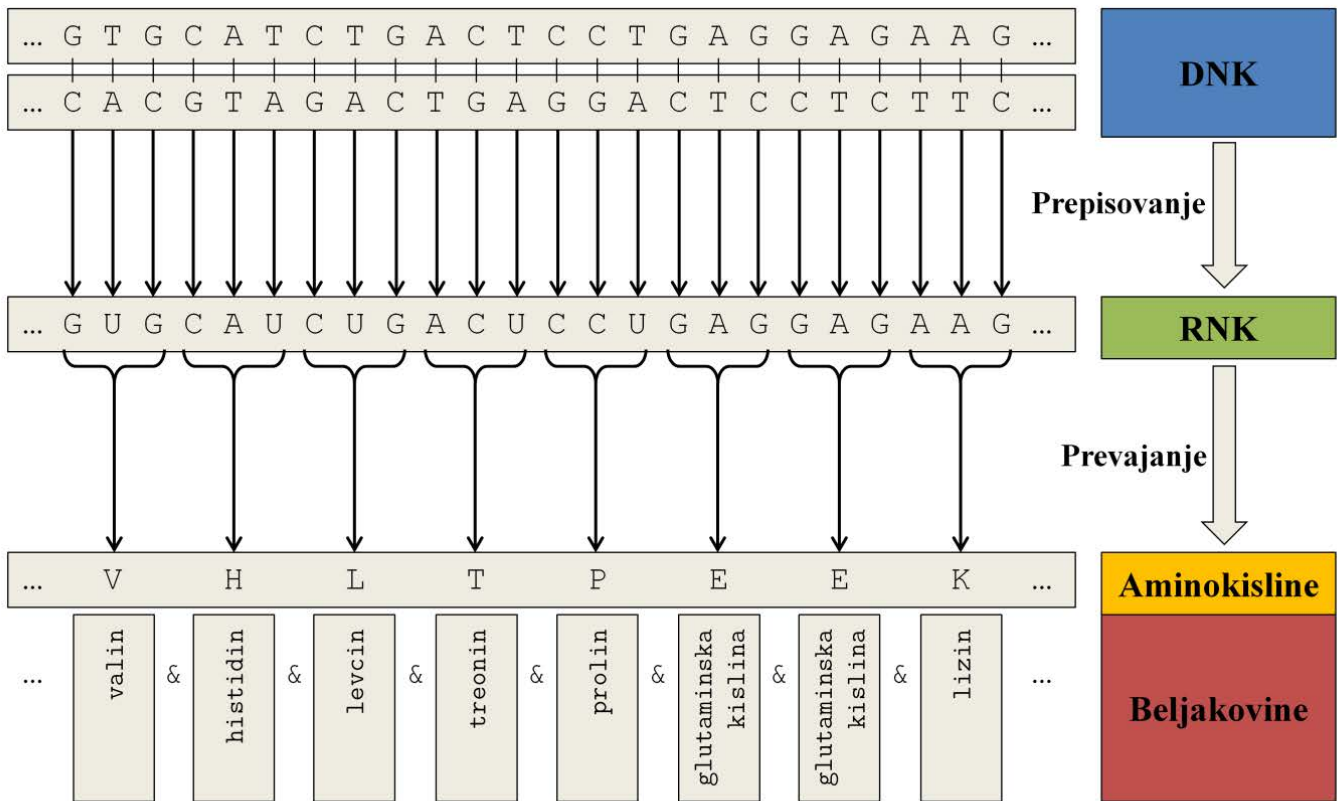
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za slikovne tehnologije

BIOMEDICINSKA INFORMATIKA
doc. dr. Tomaž Vrtovec

2. stopnja UN študija Elektrotehnika
1. letnik smeri Biomedicinska tehnika

MOLEKULARNA BIOLOGIJA

Osrednja dogma molekularne biologije (2)



MOLEKULARNA BIOLOGIJA

Osrednja dogma molekularne biologije (3)



DNK besedo *s* lahko predstavimo kot:

$$s = [\text{< začetek > } \mid n \times \text{< trojček > } \mid \text{< konec > }]$$

- Nekateri trojčki za prevajanje DNK v aminokislino:

A – alanin	GCU, GCC, GCA, GCG
L – levcin	UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG
R – arginin	CGU, CGC, CGA, CGG, AGA, AGG
K – lizin	AAA, AAG
N – asparagin	AAU, AAC
M – metionin	AUG
D – asparaginska kislina	GAU, GAC
F – fenilalanin	UUU, UUC
C – cistein	UGU, UGC
P – prolin	CCU, CCC, CCA, CCG

- Obstajajo fiksne kode za začetek in konec besede:

začetek	AUG, GUG
konec	UAG, UGA, UAA



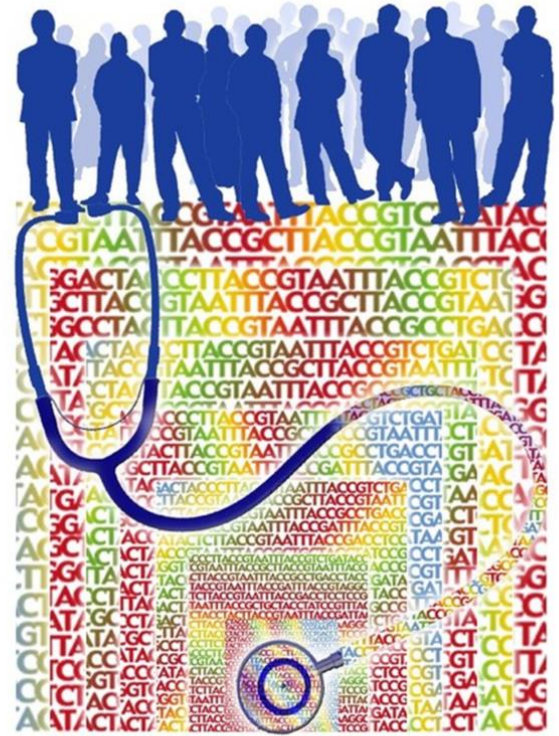
PODROČJA BIOINFORMATIKE

Nekatera glavna področja raziskav



Nekatera **glavna področja raziskav** v bioinformatiki so:

- analiza zaporedij,
- določanje funkcije genoma,
- (računalniška) evolucijska biologija,
- analiza genskega izražanja,
- primerjalna genomika,
- farmakogenomika,
- proteomika.

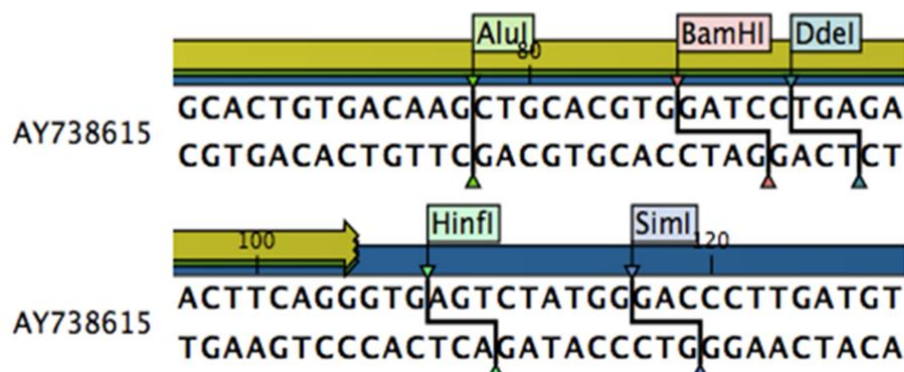


PODROČJA BIOINFORMATIKE

Analiza zaporedij



Analiza zaporedij (*ang.* sequence analysis) obsega primerjavo zaporedij ter ujemanje zaporedij DNK, RNK ali aminokislin.



Več o analizi zaporedij med pripravo na laboratorijske vaje!



PODROČJA BIOINFORMATIKE

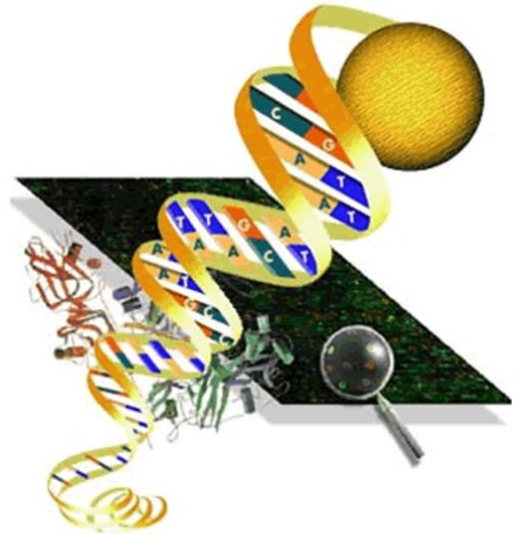
Določanje funkcije genoma



Določanje funkcije genoma (*ang.* genome annotation) je proces identifikacije biološke informacije, ki pripada izbranemu zaporedju genoma.

Proces sestoji iz:

- določanja **strukturnih elementov** genoma, ki prispevajo k sintezi beljakovin,
- določanja **biološke funkcije**, ki jih pripišemo strukturnim elementom.



PODROČJA BIOINFORMATIKE

(Računalniška) evlucijska biologija



Evlucijska biologija (*ang.* evolutionary biology) je znanost o evlucijskih procesih, ki so prispevali k raznolikosti življenja na Zemlji. Še posebej se osredotoča na izvor obstoječih vrst, njihovo spreminjanje skozi čas ter nastanek novih vrst.

Informacijske tehnologije pripomorejo pri ti. računalniški evlucijski biologiji:

- hkratno **sledenje evluciji** večjega števila organizmov na podlagi merjenja sprememb v njihovi DNK,
- **primerjava celotnih genomov** med organizmi, kar omogoča opazovanje bolj kompleksnih evlucijskih dogodkov (npr. podvojevanje genov, prenos genov, itn.),
- izdelava **kompleksnih računskih modelov** populacije za napovedovanje sprememb.



PODROČJA BIOINFORMATIKE

Analiza genskega izražanja



Gensko izražanje (ang. gene expression) je proces, pri katerem se v skladu z osrednjo dogmo molekularne biologije v genih zapisani podatki pretvarjajo v strukture in funkcije celice – običajno so to beljakovine.

Gensko izražanje lahko pojmujeemo tudi kot proces, ki genotip spremeni v fenotip – ti. **funkcijska genomika**.

- **Genotip** (ang. genotype) je del genoma, ki vsebuje navodila za izbrane lastnosti.
- **Fenotip** (ang. phenotype) je dejansko izražanje izbranih lastnosti v organizmu, ki jih lahko opazujemo in merimo.

Kljub enakemu genotipu je fenotip lahko drugačen, saj nanj vpliva okolje ter razvojni dejavniki. Podobno je lahko kljub enakemu fenotipu tudi genotip drugačen.



Fenotip: modre oči

Genotip: mm

(m – recesiven)



Fenotip: rjave oči

Genotip: Rm ali RR

(R – dominanten)



PODROČJA BIOINFORMATIKE

Primerjalna genomika



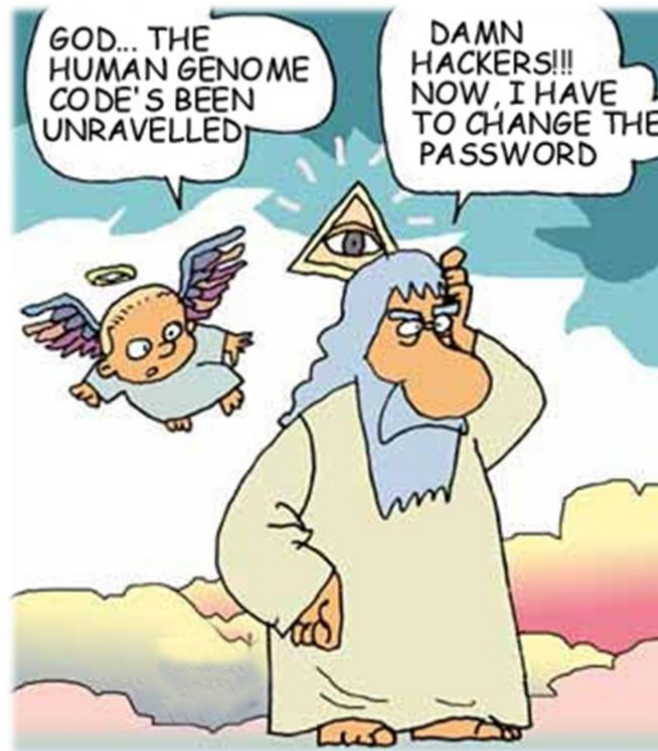
Primerjalna genomika (*ang.* comparative genomics) je študija o povezavi med strukturo genoma in funkcijo genoma pri različnih bioloških vrstah. Ukvarja se tudi z določanjem evolucijskih odnosov med vrstami in ugotavljanjem evolucijskih poti po skupinah organizmov.

- Lastnosti genov pri človeku lahko raziskujemo s pomočjo primerjalnih študij na drugih organizmih.
- Miš je npr. uporabna kot primerjalni organizem za človeka, saj sta vrsti genetsko podobni, vendar je miš mogoče opazovati z agresivnimi pristopi (npr. kloniranje).
- Na podlagi predhodnega znanja lastnosti beljakovin lahko podobnim DNK zaporedjem pripišemo verjetno vlogo v nekem organizmu.



ZAKLJUČEK

Bioinformatika



ZAKLJUČEK

Razprava, komentarji, vprašanja...



- Kaj je bioinformatika?
- Na kratko opišite DNK, RNK, gen, genom, protein in aminokislino ter povezave med njimi.
- Kaj je genetika, kaj genomika in kaj proteomika. Kakšne so bistvene razlike med navedenimi znanostmi?
- Predstavite nekaj lastnosti človeškega genoma.
- Opišite mutacije genov.
- Kaj je to “osrednja dogma molekularne biologije”? Opišite procese, ki jih ta dogma zagovarja.
- Naštejte nekaj glavnih področij raziskav bioinformatike.





© 2012 Tomaž Vrtovec

<http://lit.fe.uni-lj.si/BMI/>

<http://lit.fe.uni-lj.si/gradivo/BMI-Predavanja-slo.pdf>