

REWIRE: rehabilitacija po možganski kapi

Bernard Ženko
Institut Jožef Stefan

Sinapsin seminar, 19. februar 2015



Možganska kap (angl. stroke)

Wikipedija:

- Možganska kap je **izguba možganske funkcije** zaradi motnje v prekrvitvi možganov. Pojavi se zaradi ishemije (pomanjkanja prekrvitve) ali krvavitve.
- Posledica: **prizadeto možgansko področje ne deluje normalno**. Pojavi se nezmožnost gibanja ene ali obeh okončin na eni strani telesa, nezmožnost govornega sporazumevanja ali motnje vida na eni strani vidnega polja.
- **Zdravljenje izgubljenih funkcij je rehabilitacija po možganski kapi**; idealno v enoti za možgansko kap, in vključuje stokovnjake, kot so terapevti za jezik in govor, fizioterapevti in delovni terapevti.

"Klasična" rehabilitacija

- Začne se v bolnišnici takoj, ko se stanje pacienta stabilizira.
- Nadaljuje se v terapevtskih centrih ali bolnišnicah.
- Traja lahko več mesecev ali celo let – odvisno od poškodb.
- Pacient mora biti fizično prisoten v terapevtskem centru.
- Obvezna prisotnost terapevtov.
- S tem so povezani visoki stroški rehabilitacije, ki lahko vplivajo na to, da se rehabilitacija konča preden so doseženi optimalni rezultati.

Cilji projekta REWIRE

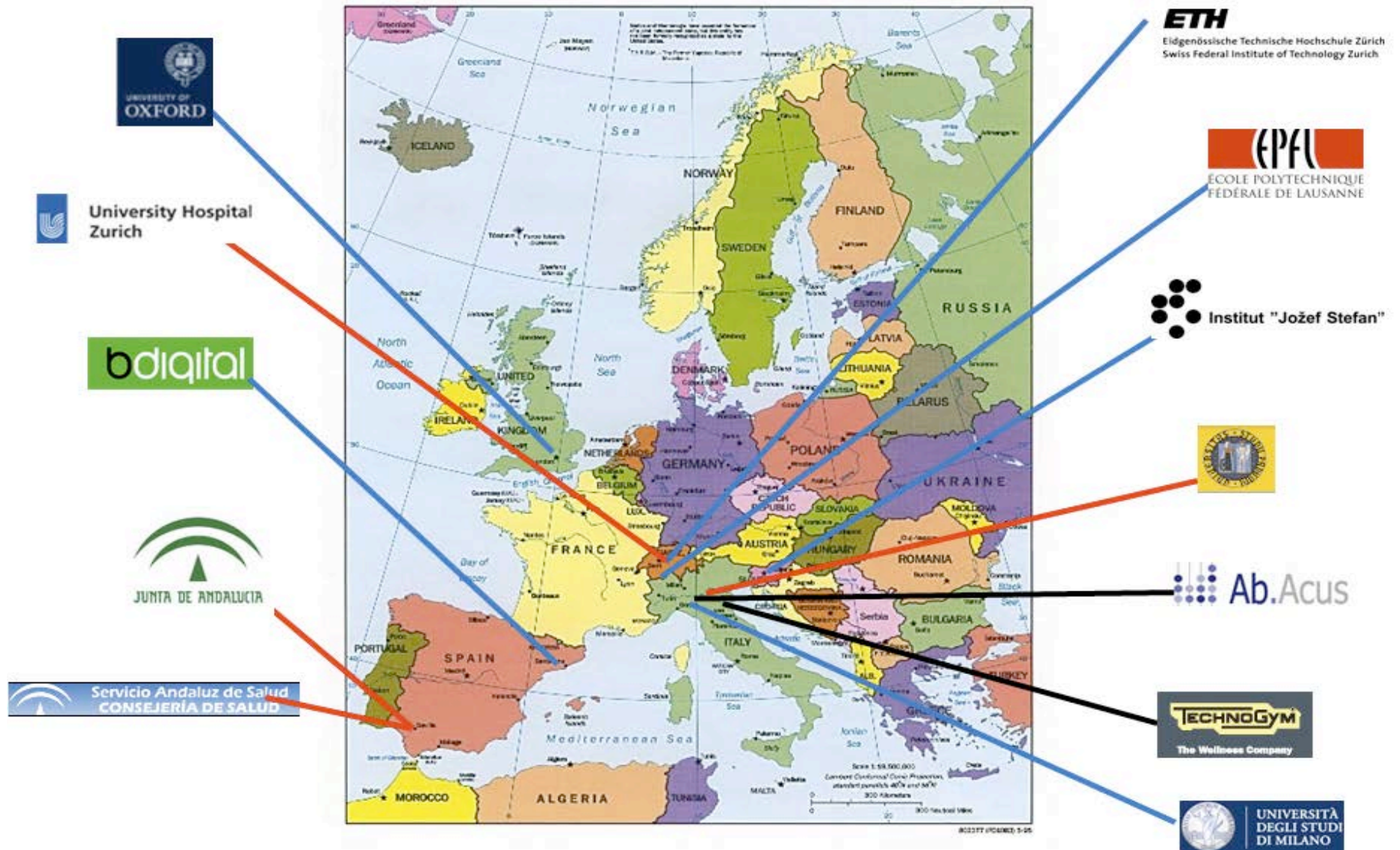
Zaradi staranja prebivalstva pogostost možganske kapi narašča in stroški rehabilitacije se povečujejo, zato se ta skrajšuje oz. izvaja izven terapevtskih centrov.

- Omogočiti rehabilitacijo pacienta na domu, brez neposredne prisotnosti in nadzora terapevta (po zaključeni osnovni rehabilitaciji).
- Zmanjšati stroške rehabilitacije.
- Izboljšati rezultate, zaradi posledično daljšega izvajanja rehabilitacije.
- Izboljšati postopke rehabilitacije na osnovi zbranih podatkov o množici pacientov, ki bi uporabljali REWIRE.

Projekt REWIRE

- ID: FP7-ICT-2011-7-287713
- Trajanje: oktober 2011 – december 2014
- Skupni stroški: 3,6 M EUR
- **Koordinator: prof. Alberto Borghese, Università degli Studi di Milano**
- **Partnerji:**
 - Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Švica
 - University of Oxford, Velika Britanija
 - Università degli studi di Padova, Italija
 - Eidgenössische Technische Hochschule Zurich (ETHZ), Švica
 - Ab.Acus Srl, Italija
 - Fundación Progreso y Salud, Španija
 - Technogym Spa, Italija
 - Fundació Privada Barcelona Digital Centre Tecnològic (BDIGITAL), Španija
 - Klinik für Neurologie. UniversitätsSpital Zürich, Švica
 - Virgen del Rocío, University Hospital by Andalusia Health Service, Španija
 - **Institut Jožef Stefan, Slovenija** (Sašo Džeroski, Ivica Slavkov, Bernard Ženko)

Partnerji REWIRE



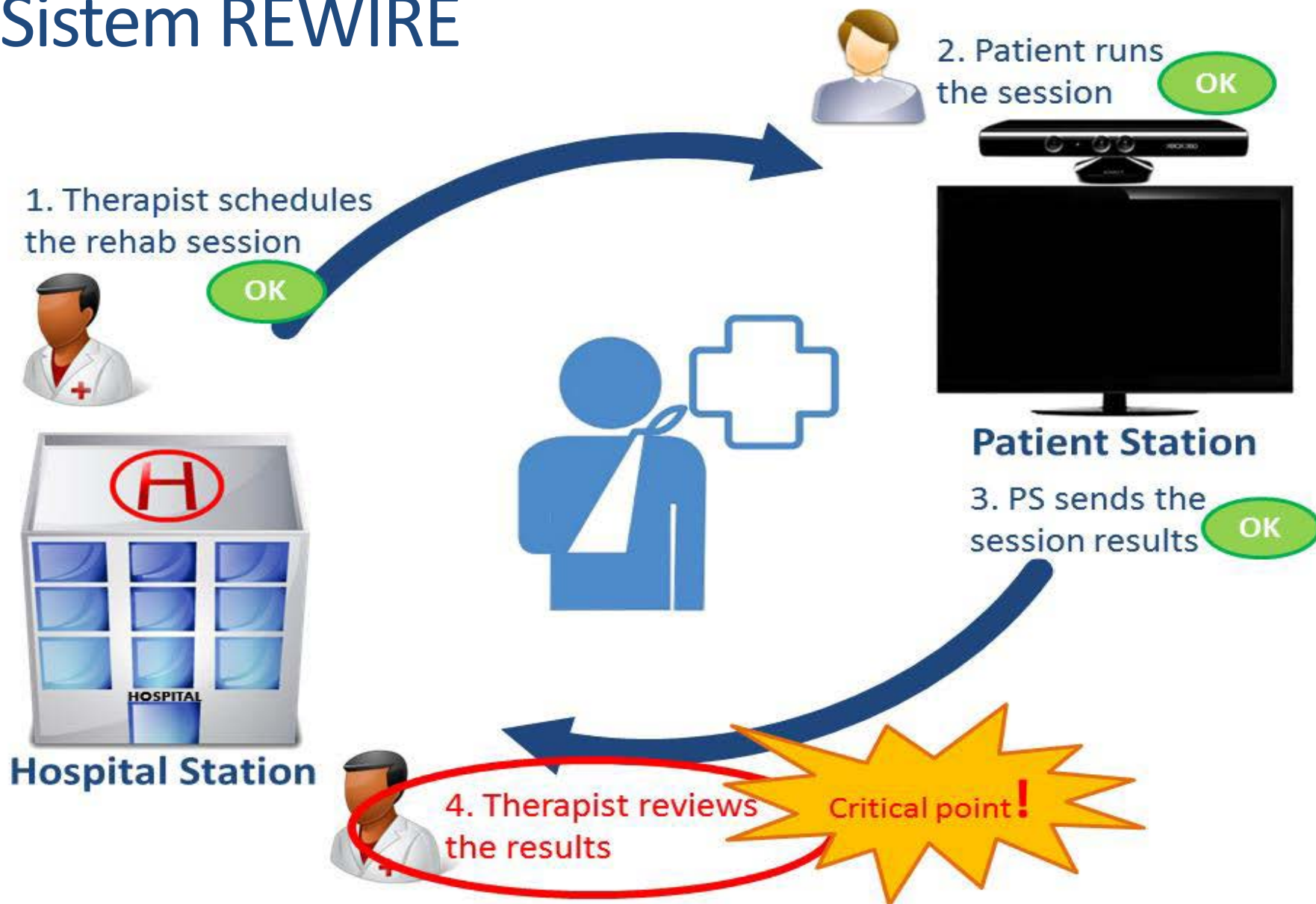
Predstavitveni video



Zasnova sistema REWIRE

- **Pacientova postaja** (Patient Station - PS)
 - Omogoča nadzorovano izvajanje rehabilitacijskih vaj na osnovi navidezne resničnosti ter spremljanje gibanja pacienta v vsakodnevnem življenju.
- **Bolnišnična postaja** (Hospital Station - HS)
 - Zbira podatke iz vseh PS in omogoča terapevtu, da prek spletne aplikacije spremlja napredek posameznega pacienta in mu na osnovi množice spremljanih parametrov in napovednih modelov načrtuje in sproti prilagaja rehabilitacijo.
 - Pacientom omogoča komunikacijo z drugimi pacienti in dostop do množice informacij povezanih z rehabilitacijo.
- **Omrežna postaja** (Networking Station - NS)
 - Omogoča epidemiološko analizo podatkov zbranih v vseh bolnišnicah, ki uporabljajo sistem REWIRE.
 - Tako razvite napovedne modele lahko enostavno vključimo v HS ter tako izboljšamo postopek rehabilitacije.

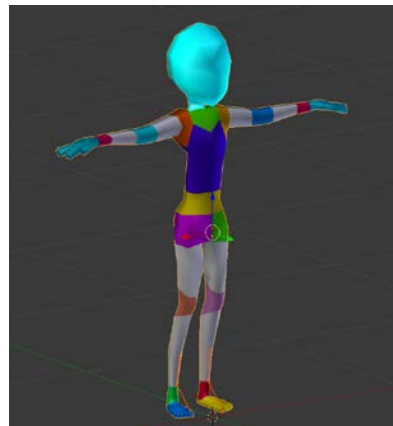
Sistem REWIRE



Pacientova postaja – PS: rehabilitacija



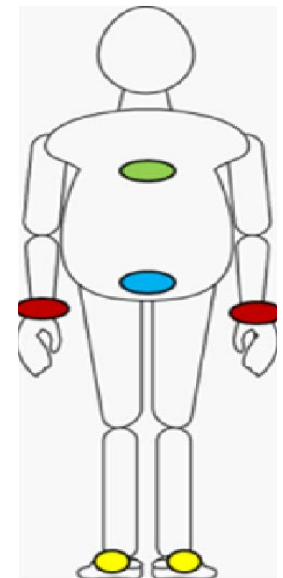
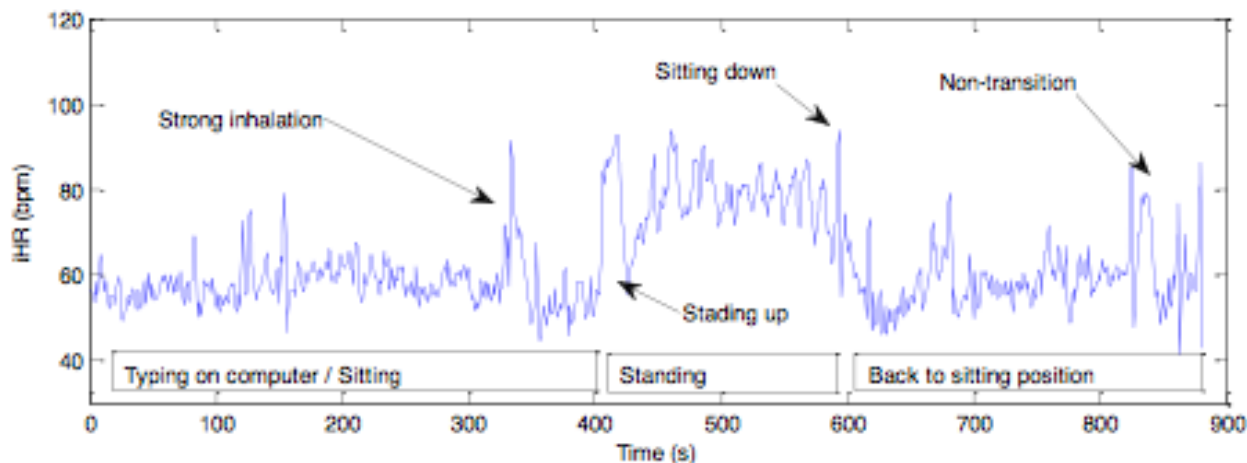
KINECT™
for XBOX 360.



Pacientova postaja – PS: spremljanje vsakodnevnih aktivnosti

- Nosljivi senzorji, ki merijo:

- Pospešek (3D)
- Lokacijo (3D žiroskop)
- Zračni tlak
- Temperaturo
- Vlažnost
- EKG



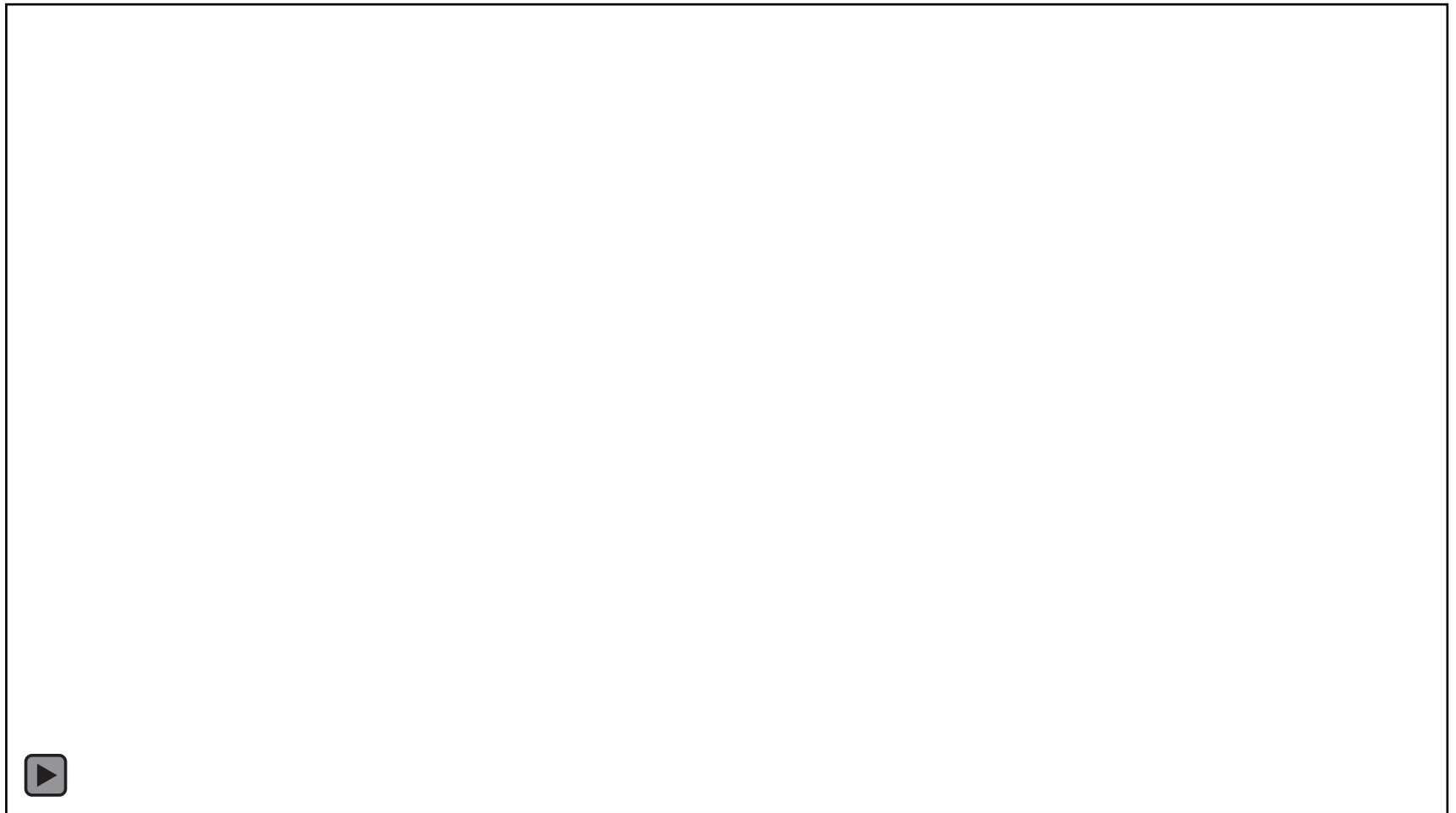
Gentilejeva taksonomija nalog

Gentile's Taxonomy of Motor Skills				
Action Function Envi- ronmental Context	Body Stability		Body Transport	
	No Object Manipulation	Object Manipulation	No Object Manipulation	Object Manipulation
Stationary Regulatory Conditions and No Intertrial Variability	1A Body stability No object Stationary regulatory conditions No intertrial variability - Standing alone in a room - Holding a yoga pose	1B Body stability Object Stationary regulatory conditions No intertrial variability - Brushing teeth alone at a sink every day - Shooting basketball free throws	1C Body transport No object Stationary regulatory conditions No intertrial variability - Climbing stairs - Running around an empty track	1D Body transport Object Stationary regulatory conditions No intertrial variability - Climbing stairs while holding a book - Practicing penalty shots without goalie
Stationary Regulatory Conditions and Intertrial Variability	2A Body stability No object Stationary regulatory conditions Intertrial variability - Standing on different surfaces - Doing handstands on different apparatus	2B Body stability Object Stationary regulatory conditions Intertrial variability - Washing dishes standing at a sink - Putting golf balls from var. locations	2C Body transport No object Stationary regulatory conditions Intertrial variability - Walking on different surfaces - Agility drills through diff. obstacle courses	2D Body transport Object Stationary regulatory conditions Intertrial variability - Walking on different surfaces carrying bags - Pole vaulting over bars set at diff. heights
In-Motion Regulatory Conditions and No Intertrial Variability	3A Body stability No object Regulatory conditions in motion No intertrial variability - Walking on treadmill at a constant speed - Riding a mechanical bull; constant motion	3B Body stability Object Regulatory conditions in motion No intertrial variability - Walking on treadmill at a constant speed while using iPhone - Catching a series of balls machine-thrown	3C Body transport No object Regulatory conditions in motion No intertrial variability - Standing on a moving escalator at a constant speed - Sprinting to top of an escalator.	3D Body transport Object Regulatory conditions in motion No intertrial variability - Standing on moving escalator holding a cup of water - Running to hit tennis ball machine-projected
In-Motion Regulatory Conditions and Intertrial Variability	4A Body stability No object Regulatory conditions in motion Intertrial variability - Walking on treadmill at different speeds - Cheerleader on a swaying teammate.	4B Body stability Object Regulatory conditions in motion Intertrial variability - Walking on treadmill, diff. speeds, reading - Catching softballs thrown by a teammate	4C Body transport No object Regulatory conditions in motion Intertrial variability - Walking in a crowded mall - Avoiding being caught in a game of tag	4D Body transport Object Regulatory conditions in motion Intertrial variability - Walking in crowded mall carrying a baby - Practicing soccer plays w. ball and defenders

Rehabilitacijske igre

Game	Focus	Exercise types	Taxonomy (related to focus)	Suitable Input Devices	Suitable Monitor Devices	Will be in pilot
Animal Feeder	Balance	Weight shift	1B-2B-3B-4B	Pressure boards	Pressure boards	
		Reaching	1D-2D-3D-4D	Kinect and Haptics	Kinect	
Animal Hurdler	Balance	Lift legs	3C-4C	Pressure boards	Pressure boards	X
		Lateral steps	1D-2D-3D-4D	Kinect	Kinect	
Balloon Popper	Balance	Weight shift	1A-2A-3A-4A	Pressure boards Kinect	Pressure boards Kinect	X
	Neglect	Explore Reaching	3A-3B-4A-4B	Haptics	Haptics	
Bubbles	Balance	Weight shift	1A-2A-3A-4A	Pressure boards Kinect	Pressure boards Kinect	X
	Neglect	Explore Reaching	1A-2A-3A-4A 1B-2B-3B-4B	Pressure boards Haptics	Pressure boards Haptics	
Dog Leash	Neglect	Explore Reaching Perturbation	3B-4B	Kinect , Haptics	Kinect , Haptics	
Faulty Pieces	Neglect	Explore	3A-4A	Kinect	Kinect	X
		Reaching	3B-4B	Haptics	Haptics	
Fire Fighter	Balance	Steps (any direction)	1C-2C-3C-4C	Kinect	Kinect	X
Fruit Catcher	Balance	Lift legs				X
		Weight shift Lateral steps	3A-4A 3C-4C	Pressure boards Kinect	Pressure boards Kinect	
Gathering Apples	Neglect	Explore	1A-2A	Kinect	Kinect	X
		Reaching	1B-2B	Haptics	Haptics	
Hay Collect	Balance	Weight shift	3A-4A	Pressure boards	Pressure boards	X
		Lateral steps	3C-4C	Kinect	Kinect	
Horse Runner	Balance	Sit-to-stand	3C-4C	Pressure boards Kinect	Pressure boards Kinect	X
Mistle C	Neglect	Explore	3A-3B	Kinect , Haptics	Kinect , Haptics	X

Primer igre: Fruit Catcher



Bolnišnična postaja – HS: načrtovanje rehabilitacije

Rewire demo

Selected patient: Anakin Skywalker

English Spanish clinician

SYSTEM

- List of patients
- List of therapists
- Available exercises

PATIENT

- Information
- Schedule
- Sessions results
- Monitoring results

COMMUNITY

- Community

Exercise's parameters

Available exercises (level 2B):

- Fruit catcher
- Scarecrow
- Body shaper
- Dodgeball
- Skiing
- Queen's guard

Session exercises:

- Fruit catcher
- Scarecrow
- Body shaper

Duration: 60 seconds

View: Mirroring

Accuracy of final posture: 80 %

Time intervals: 8 seconds

Pattern variations: disabled

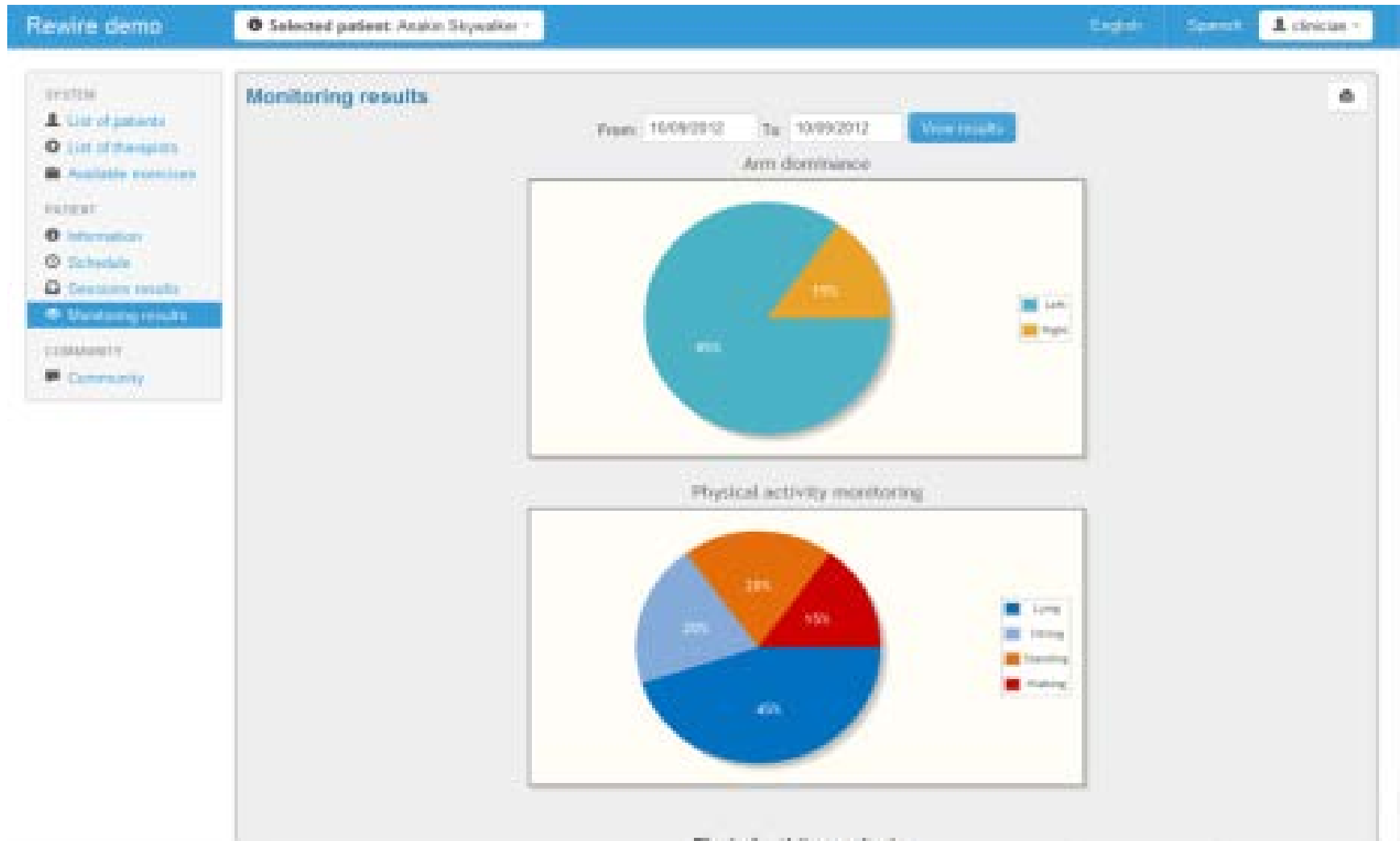
Delete from Session Repeat Block

Cancel Save Session

Bolnišnična postaja – HS: pregled celodnevne fizične aktivnosti



Bolnišnična postaja – HS: pregled celodnevne fizične aktivnosti



Podatkovno rudarjenje in strojno učenje

- Odkrivanje uporabnih informacij, vzorcev in povezav v množici podatkov.
- Običajno temelji na statističnih metodah ali metodah strojnega učenja (angl. machine learning – ML).
- Sinonimi: odkrivanje zakonitosti v podatkih, rudarjenje podatkov (angl. data mining – DM).

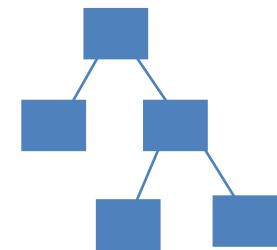
Naloga podatkovnega rudarjenja

Na osnovi podanih podatkov (podatkovna tabela, baza, besedila, spletne strani, ...) poišči model ali množico zanimivih vzorcev

Pacient	Starost	Slabovidnost	Astigmatizem	Solzenje	Leče
O1	mlad	kratkovidnost	ne	zmanjšano	ne
O2	mlad	kratkovidnost	ne	normalno	mehke
O3	mlad	kratkovidnost	da	zmanjšano	ne
O4	mlad	kratkovidnost	da	normalno	trde
O5	mlad	daljnovidnost	ne	zmanjšano	ne
O6 ... O13	...	...	...	...	...
O14	pred st. slabov.	daljnovidnost	ne	normalno	mehke
O15	pred st. slabov.	daljnovidnost	da	zmanjšano	ne
O16	pred st. slabov.	daljnovidnost	da	normalno	ne
O17	st. slabov.	kratkovidnost	ne	zmanjšano	ne
O18	st. slabov.	kratkovidnost	ne	normalno	ne
O19 ... O23	...	...	...	...	...
O24	st. slabov.	daljnovidnost	da	normalno	ne

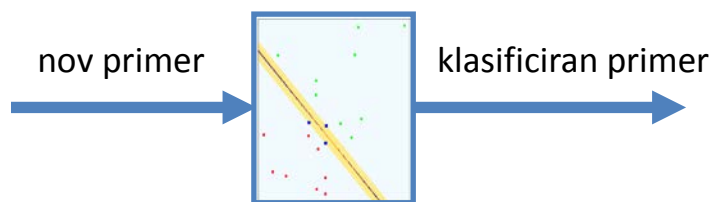
podatki

Podatkovno rudarjenje



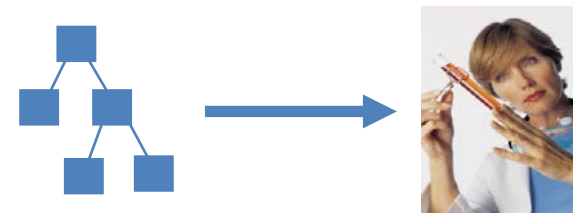
model, vzorci

Napovedovanje



model ("črna škatla" ali simboličen)

Odkrivanje znanja



simboličen model, vzorci

razlaga, znanje

Primer: kontaktne leče* – klasifikacija

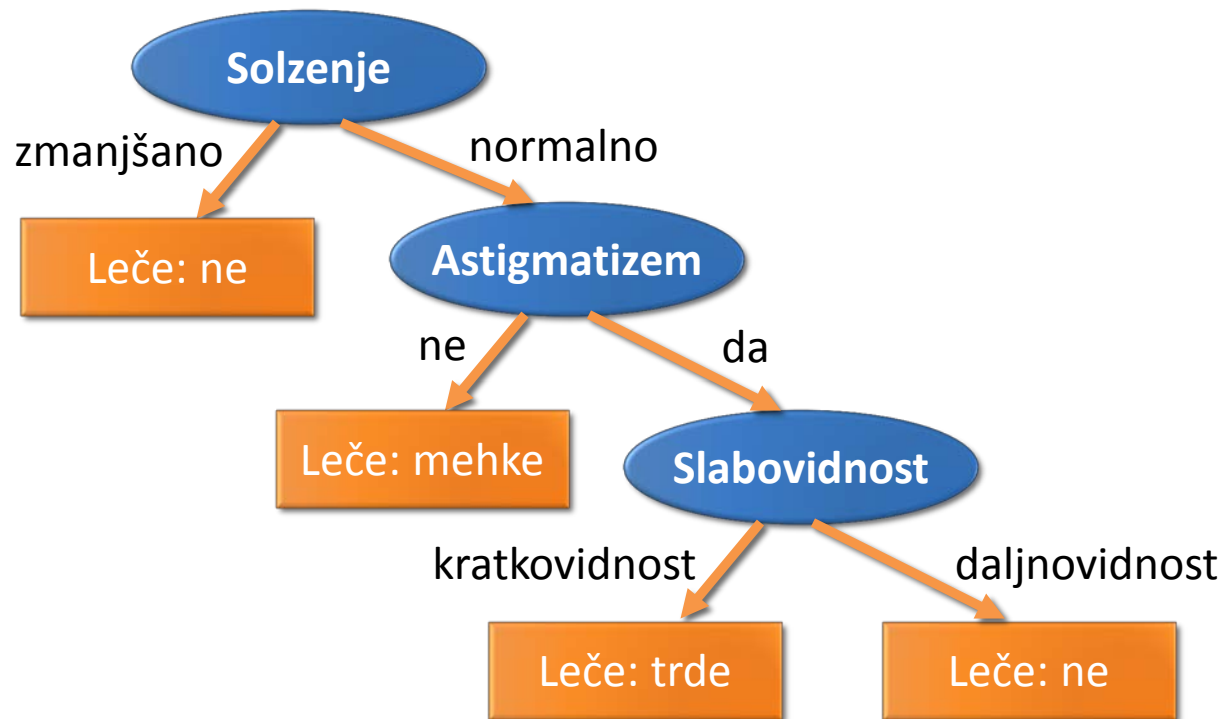
Kakšne leče naj zdravnik predpiše pacientu?

Pacient	Starost	Slabovidnost	Astigmatizem	Solzenje	Leče
O1	mlad	kratkovidnost	ne	zmanjšano	ne
O2	mlad	kratkovidnost	ne	normalno	mehke
O3	mlad	kratkovidnost	da	zmanjšano	ne
O4	mlad	kratkovidnost	da	normalno	trde
O5	mlad	daljnovidnost	ne	zmanjšano	ne
O6 ... O13	...	...	...	...	...
O14	pred st. slabov.	daljnovidnost	ne	normalno	mehke
O15	pred st. slabov.	daljnovidnost	da	zmanjšano	ne
O16	pred st. slabov.	daljnovidnost	da	normalno	ne
O17	st. slabov.	kratkovidnost	ne	zmanjšano	ne
O18	st. slabov.	kratkovidnost	ne	normalno	ne
O19 ... O23	...	...	...	...	...
O24	st. slabov.	daljnovidnost	da	normalno	ne

* Primer iz zbirke testnih problemov za strojno učenje UCI (Frank & Asuncion, 2010)

Kontaktne leče – model

Odločitveno (klasifikacijsko) drevo



Napovedovanje stanja pacienta po rehabilitaciji

- Sodelovanje z Univerzitetno bolnišnico Zurich (A. Luft, C. Globas, M. Branscheidt).
- Podatki zbrani v okviru projekta ZORRO (Zurich Observational Registry for Rehabilitation Outcomes).
- Okrog 60 pacientov, ki so bili spremljani skozi vse faze rehabilitacije.
- EBI (Extended Barthel Index) – funkcionalna neodvisnost
- SIS (Stroke Impact Scale) – kvaliteta življenja
- Kakšna je povezava z drugimi merami stanja pacientov po kapi?

Opisni podatki (akutna faza)

- Starost, spol, izobrazba
- Življenski stil pred kapjo (hobiji, šport, ...)
- Lastnosti kapi, lokacija, stran, ...
- NIH Stroke Scale (NIHSS) (resnost poškodb po kapi, 15 komponent)
- Modified Rankin Scale (mRS) (funkcionalna neodvisnost glede na stanje pred kapjo)
- Funkcionalne mere:
 - Modified Ashworth Scale (mišice)
 - 5 m in 6 min hoja
 - Berg Balance Scale (ravnotežje)
 - Fugl-Meyer Score (motorične funkcije, ravnotežje, delovanje sklepov, ...)

Ciljni spremenljivki (po enem letu)

- **EBI (Extended Barthel Index)** – objektivna ocena funkcionalne neodvisnosti, ki upošteva:
 - fizične vidike (prehranjevanje, pitje, urejanje, oblačenje, slačenje, kopanje, vstajanje iz postelje na stol, hoja, vzpenjanje in spuščanje po stopnicah, nadzor nad mehurjem in črevesjem) in
 - kognitivne vidike (izražanje, razumevanje, socialna interakcija, reševanje problemov, spomin/učenje, vid, hemispatial neglect).
- **SIS (Stroke Impact Scale)** – subjektivna ocena kvalitete življenja, ki upošteva:
 - fizične vidike (moč, delovanje rok, vsakodnevna aktivnost, mobilnost) in
 - kognitivne vidike (komunikacija, čustva, spomin, socialna vključenost).

Napovedovanje EBI po enem letu

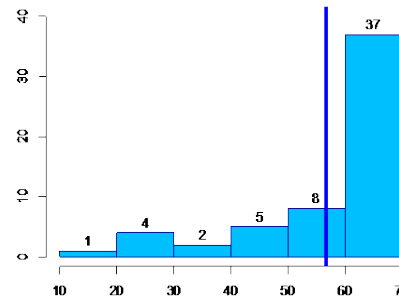
MRS pri
odpustitvi iz bolnišnice

≤ 3.5

> 3.5

LM 1 (31)

LM 2 (26)



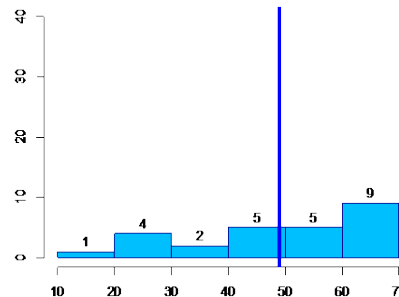
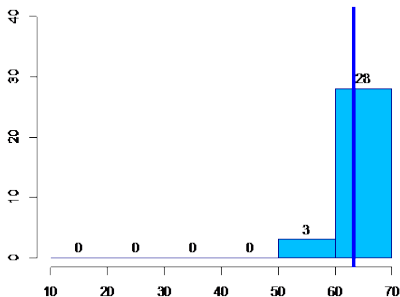
$R = 0.79, 0.65$

LM 1:

$$\begin{aligned} \text{EBI-12} = & -0.0685 * \text{starost} \\ & -0.2672 * \text{BMI} \\ & +0.0179 * \text{earlyBI_acute} \\ & +0.0616 * \text{Fugl-Mayer_acute} \\ & +71.1857 \end{aligned}$$

LM2:

$$\begin{aligned} \text{EBI-12} = & -0.4026 * \text{starost} \\ & -0.2998 * \text{BMI} \\ & +0.0904 * \text{earlyBI_acute} \\ & +0.0691 * \text{Fugl-Mayer_acute} \\ & +89.6067 \end{aligned}$$



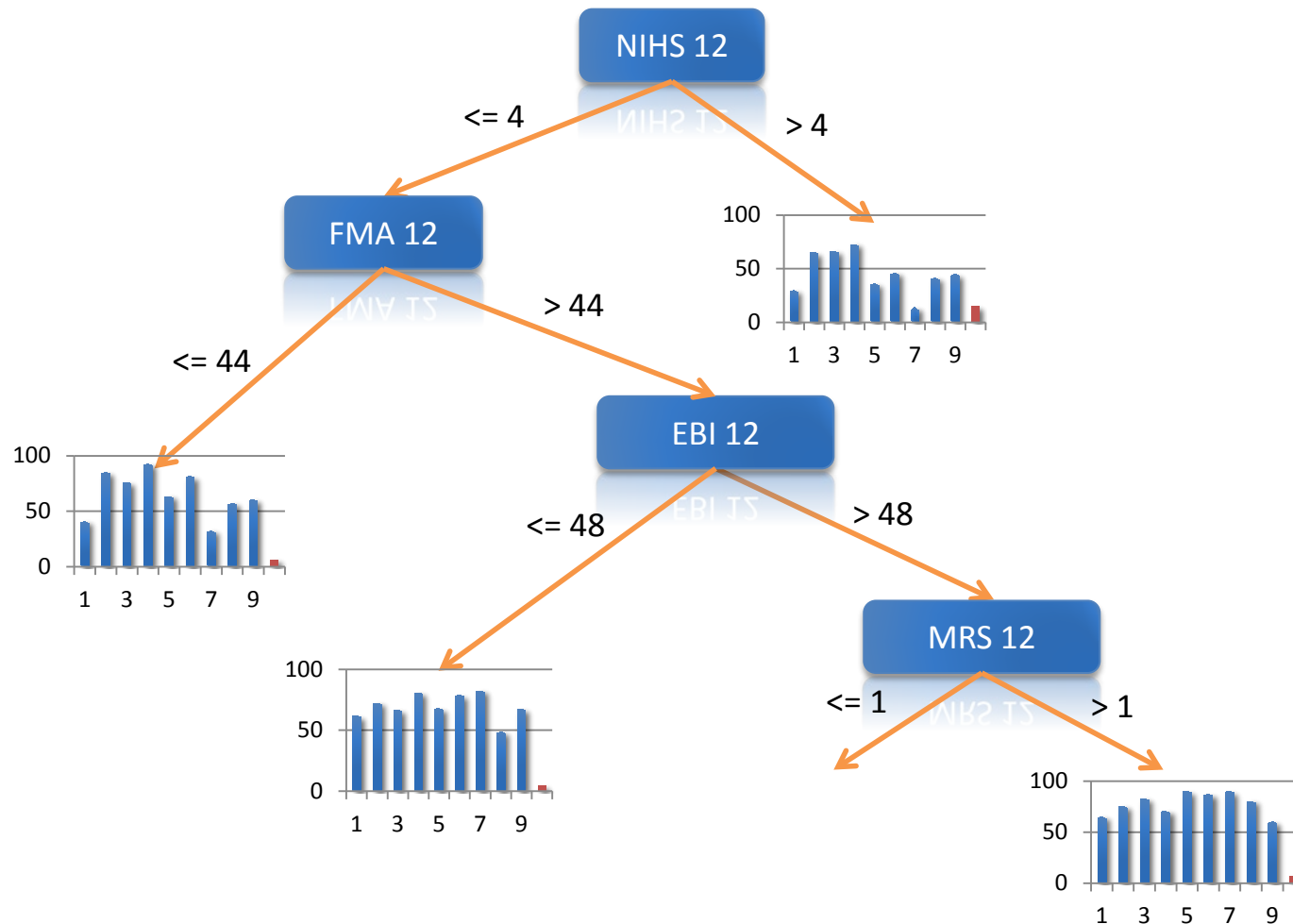
Napovedovanje SIS po enem letu

LM 1:

$$\begin{aligned} \text{SIS-12} = & - 2.4082 * \text{starost} \\ & - 17.3397 * \text{NIHSS_ob_odpustitvi} \\ & - 32.9054 * \text{MRS_ob_odpustitvi} \\ & + 967.2942 \end{aligned}$$

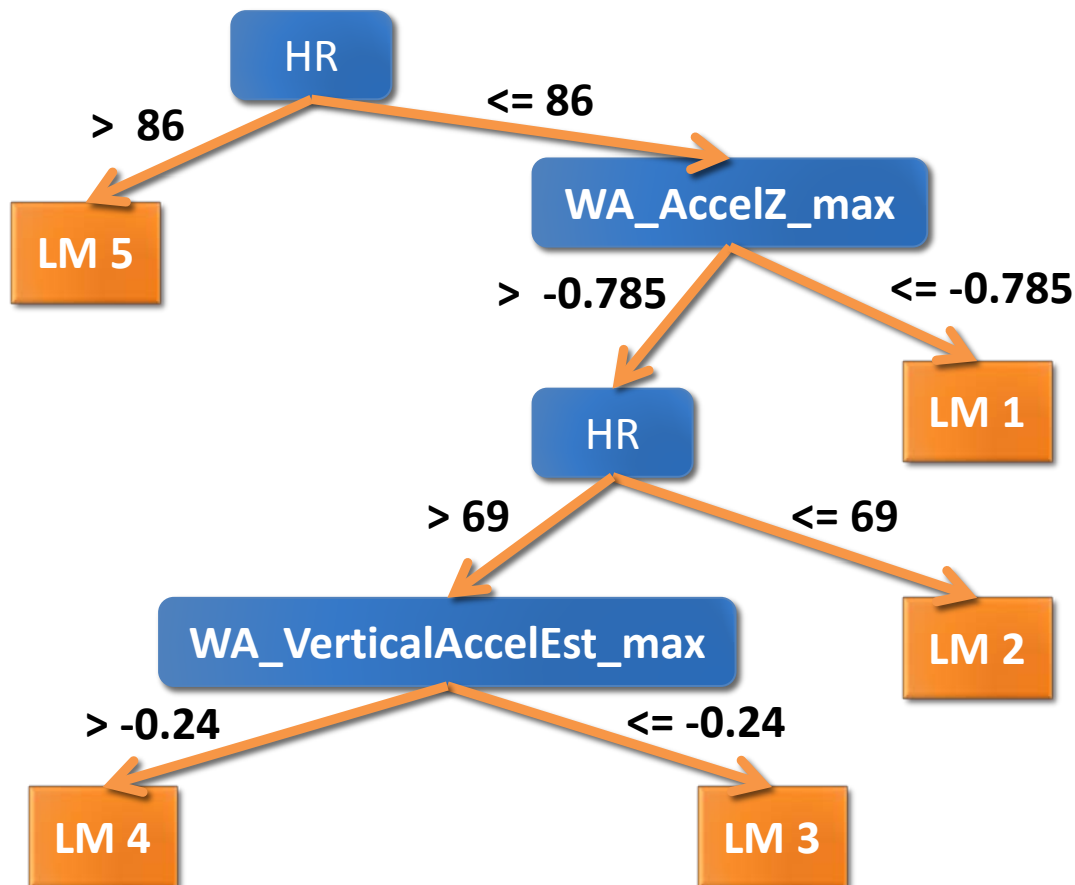
R = 0.80, 0.69

Napovedovanje vseh komponent SIS-12



Ocenjevanje porabe energije

- S pomočjo senzorjev želimo oceniti koliko energije porabi pacient med vsakodnevnimi aktivnostmi.



LM1:

$$\begin{aligned}
 EE = & 0.047 * LU_GvectZ_range \\
 & - 0.0099 * LU_GvectZ_max \\
 & + 0.0002 * LU_GyroZ_HFBSP \\
 & + 0.0802 * WA_AccZ_max \\
 & - 0.021 * WA_GvectZ_median \\
 & + 0.0273 * WA_VertAccEst_max \\
 & + 0.001 * HR \\
 & + 0.5437
 \end{aligned}$$

LM2:

...

Hvala za pozornost!