

Izvirni znanstveni članek ■

Spremljanje funkcijske neodvisnosti v rehabilitacijski bolnišnici: primer učinkovite uporabe preprostega modela zmesi porazdelitev

Monitoring Functional Independence in a Rehabilitation Hospital: an Example of Efficient Use of a Simple Mixture Distribution Model

Gaj Vidmar

Izvleček. Predstavljena je uporaba modela zmesi dveh omejenih normalnih porazdelitev na ocenah z Lestvico funkcijske neodvisnosti (FIM) ob sprejemu in odpustu pri pacientih na kompleksni bolnišnični rehabilitaciji. Čeprav je model preprost, ima pomembno pojasnjevalno in praktično vrednost.

Abstract. An application of a mixture-distribution model of two bounded Gaussians on data gathered by assessing patients undergoing complex inpatient rehabilitation using Functional Independence Measure (FIM) at admission and discharge is presented. Even though the model is simple, it has notable explanatory and practical value.

■ **Infor Med Slov:** 2009; 14(1-2): 19-23

Institucija avtorja: Univerzitetni rehabilitacijski inštitut
Republike Slovenije – Soča.

Kontaktna oseba: doc.dr. Gaj Vidmar, Univerzitetni
rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča,
Linhartova 51, 1000 Ljubljana. email: gaj.vidmar@ir-rs.si.

Uvod

Ocenjevalne lestvice so nepogrešljive mere izida na področju rehabilitacije tako pri vodenju obravnave pacientov kot pri raziskovalnem delu. Med najsplošnejše in najpogosteje uporabljane sodi Lestvica funkcijske neodvisnosti (Functional Independence Measure, FIM).¹⁻³ Zelo pomembna je tudi z vidika strukture primerov (*casemix*) v rehabilitacijskih bolnišnicah in na njej temelječega financiranja.⁴ Sestavljata jo motorična podlestvica s 13 postavkami in kognitivna podlestvica s 5 postavkami, pri čemer se vse postavke ocenjujejo z ocenami od 1 do 7, tako da je skupni dosežek na celotni lestvici med 18 in 126, na motorični oziroma kognitivni podlestvici pa med 13 in 91 oziroma med 5 in 35.

O uporabi FIM pri različnih pacientih za različne namene poročajo tisoči člankov, vključenih v bibliografsko podatkovno zbirko MEDLINE. FIM se največkrat uporablja za ocenjevanje zmanjšane zmožnosti po kapi⁵, nezgodni možganski poškodbi⁶, multipli sklerozii⁷, poškodbah^{8,9}, pri Parkinsonovi bolezni¹⁰ in drugih patologijah za namen ugotavljanja rehabilitacijskih potreb¹¹, dokazovanja učinkovitosti rehabilitacije^{7,12}, primerjanja rehabilitacijskih programov¹³ ter napovedovanja funkcijske neodvisnosti ob odpustu iz bolnišnice¹⁴ in na daljši rok⁹. Sprejemljiva zanesljivost FIM je potrjena za širok nabor okolij, ocenjevalcev in pacientov¹⁵. Pri ocenjevanju zmanjšane zmožnosti nevroloških pacientov se je v primerjavi z Indeksom Barthelove pokazal kot bolj veljaven in enako zanesljiv⁴. Zanesljivost, notranjo skladnost in diskriminativno veljavnost postavk so za FIM potrdili pri dvajsetih skupinah okvar.¹⁶

Uvedbo in uporabo FIM na Univerzitetnem rehabilitacijskem inštitutu Republike Slovenije – Soča (URIS; prej Inštitutu RS za rehabilitacijo, IRSR) ter širši pomen FIM v slovenskem prostoru je predstavil predhoni prispevek.¹⁷ Namen pričujočega prispevka je podrobneje predstaviti izbrani ožji problem v okviru analize podatkov, zbranih s FIM na URIS, ki dokazuje, da lahko že razmeroma preprosti verjetnostni oziroma

statistični modeli prinesejo pomembno novo vrednost v strokovnem in poslovnem upravljanju v zdravstvu.

Metode

Prispevek obravnava dosežke na FIM pri 1394 bolnišničnih primerih iz leta 2006, pri čemer je leto v skladu s prakso poročanja v zdravstvu definirano kot leto odpusta.

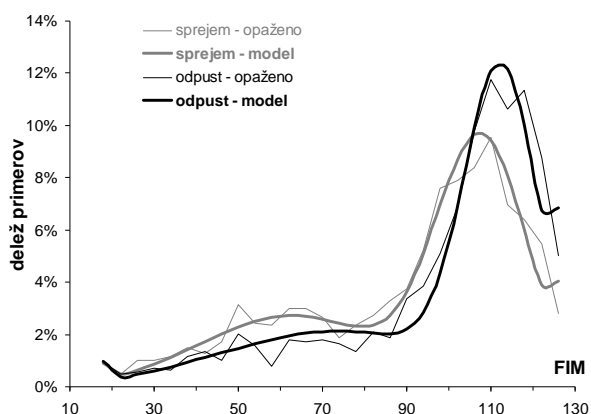
Uporabljeno je modeliranje zmesi porazdelitev, ki se je v zadnjih dveh desetletjih uveljavilo na številnih področjih, ki segajo od biomedicinskega inženiringa¹⁸ preko psihofizike in psihometrije¹⁹ do ekonomije.²⁰

Na podlagi opaženih porazdelitev (slika 1 in predhodne analize¹⁷), teoretičnih razlogov in strokovnih izkušenj smo se odločili za zmes dveh omejenih normalnih (*bounded Gaussian*) porazdelitev. Najprej smo z algoritmom EM (*expectation-maximisation*) določili parametre zmesi dveh normalnih porazdelitev ob sprejemu. Nato smo ocenjeni delež obeh komponent zmesi (za prvo komponento P , za drugo torej $1-P$) pustili konstanten ob sprejemu in odpustu, ocenjeni povprečji in standardna odklona uporabili kot dobre začetne približke ter ob sprejemu in ob odpustu ocenili parametre zmesi omejenih normalnih porazdelitev (v skladu z razponom FIM na razpon 18-126) po metodi največjega verjetja (*maximum likelihood*).

Za oba koraka je bilo uporabljeno prosto dostopno programje: za prvi korak program GMM,²¹ za drugi korak pa program FitDist.²² Oba programa delujeta v okolju Windows v ukaznem načinu tako, da izdelata izhodno besedilno datoteko na podlagi vhodne besedilne datoteke s podatki in besedilne datoteke z ukazi, ki vključujejo parametre modelov. Zaradi jasne dokumentacije in vzorčnih datotek sta oba programa preprosta za uporabo tudi za matematično in računalniško manj večje uporabnike.

Rezultati in razprava

Oblika porazdelitve dosežka na FIM ob sprejemu in odpustu (tudi za leta 2004-2005 in 2007-2009 je zelo podobna kot na sliki 1) kaže, da je zmes dveh unimodalnih porazdelitev primeren model opaženih vrednosti FIM. Z vidika neposredno neopazljivega konstrukta si lahko predstavljamo, da sta ti porazdelitvi normalni (kot pri preprosti obliki analize latentnih razredov – *latent class analysis*), pri čemer je zaradi omejenega razpona lestvice FIM (od 18 do 126) boljši model vsakega od razredov omejena normalna slučajna spremenljivka, torej taka, pri kateri se vse latentne vrednosti pod oziroma nad določeno mejo izrazijo kot minimalna oziroma maksimalna opažena vrednost. Na ta način model upošteva učinek stropa (*ceiling effect*) in tal (*floor effect*), ki pogosto nastopita pri uporabi tovrstnih lestvic. V skladu s tem pri obeh porazdelitvah, ki izhajata iz modela (debeli črti na sliki 1), opazimo zasuk navzgor pri najmanjši in največji možni vrednosti FIM.



Slika 1 Ujemanje opažene porazdelitve FIM ob sprejemu in odpustu z modelom zmesi dveh omejenih normalnih porazdelitev.

Ujemanje modela s podatki je tako ob sprejemu kot ob odpustu zelo dobro, dobljena rešitev pa je:

- $P_1=P=0,37$; $P_2=1-P=0,63$
- ob sprejemu: $\mu_1=60,64$; $\sigma_1=21,65$; $\mu_2=105,7$; $\sigma_2=10,63$
- ob odpustu: $\mu_1=71,7$; $\sigma_1=27,74$; $\mu_2=110,4$; $\sigma_2=8,574$

Na podlagi tega preprosto ocenimo pričakovano spremembo FIM za vsako od skupin kot razliko povprečij ter izračunamo varianco porazdelitve razlik kot vsoto varianc ob sprejemu in odpustu. Tako dobimo preprost poljudni povzetek modela (tabela 1), ki ima pojasnjevalno in praktično vrednost.

Velika standardna odklona jasno nakazujeta, da je pri določenem delu pacient pričakovati tudi znižanje FIM (pri čemer so parametri seveda ocenjeni tako, da se delež tovrstnih pacientov ujema z dejansko opaženim).

Tabela 1 Poljudni povzetek modela.

Paciente lahko uvrstimo v dve skupini;
1. skupina, v katero sodi približno 2/3 pacientov, ima povprečni dosežek na FIM ob sprejemu okoli 105,
2. skupina, v katero sodi približno 1/3 pacientov, pa okoli 60 (ločnica skupin je pri okoli 85);
v vsaki skupini je porazdelitev dosežkov na FIM in spremembe FIM približno normalna;
v 1. skupini pričakujemo izboljšanje za 5 točk (s standardnim odklonom 14 točk),
v 2. skupini pa pričakujemo izboljšanje za 11 točk (s standardnim odklonom 35 točk).

Zaključek

Obravnani model dokazuje, da se da smer in velikost sprememb skupne ocene na FIM oceniti in predvideti na podlagi preprostega modela zmesi dveh omejenih normalnih porazdelitev. Na ta način se da oceniti tudi predvideno uspešnost rehabilitacije ob morebitni spremembi strukture sprejetih pacientov. To je poleg podrobnega poznavanja značilnosti doslej sprejemanih pacientov pomembno za problematiko financiranja

dejavnosti URIS, pa tudi za celotno zdravstveno politiko v državi.

Poudarjana preprostost modela pomeni, da obstajajo številne zahtevnejše statistične metode, s katerimi bi se dalo zbrane podatke analizirati še bolj poglobljeno. Prvi korak bi lahko bil formalni statistični test bimodalnosti na podlagi razmerja verjetij.²⁰ Razpon možnosti za nadaljnje delo sega od zahtevnejšega modeliranja zmesi (npr. bayesovskega²³ ali večrazsežnega,²⁴ s katerim bi hkrati modelirali motorično in kognitivno podlestvico FIM) preko presečnih napovednih modelov (npr. s hierarhičnimi regresijskimi modeli z upoštevanjem zmesi porazdelitev²⁵) do najzahtevnejšega longitudinalnega modeliranja (npr. z modeli latentne rasti²⁶ ali semiparametričnimi mešanimi regresijskimi modeli²⁷).

Pred tovrstnimi poskusi pa moramo ocene na FIM preučiti z vidika teorije odgovora na postavko (Item Response Theory, IRT), zlasti politomnega Raschevega modela. S tem bi ugotovili, ali ocenjevalci uporabljajo celoten razpon ocen pri vseh postavkah, ter ali se težavnost oziroma občutljivost postavk razlikuje med diagnostičnimi skupini. Šele ob povezavi tovrstnih spoznanj z dosedanjimi bi nato lahko pristopili k izdelavi splošnejših napovednih modelov napredovanja funkcijskih sposobnosti pacientov po rehabilitaciji.

Literatura

- Hamilton BB, Granger CV, Sherwin FS, Zielezny M, Tasman JS: A uniform data system for medical rehabilitation. In: Fuhrer MJ (ed.) *Rehabilitation Outcomes: Analysis and measurement*. Baltimore: Brooks; 1987: 137-147.
- Kidd D, Stewart G, Baldry J, Johnson J, Rossiter D, Petrukevitch A, et al.: The Functional Independence Measure: a comparative validity and reliability study. *Disabil Rehabil* 1995; 17: 10-14.
- Cohen ME, Marino RJ: The tools of disability outcomes research: functional status measures. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81(12 Suppl 2): S21-S29.
- Brock KA, Vale SJ, Cotton SM: The effect of the introduction of a case-mix-based funding model of rehabilitation for severe stroke: an Australian experience. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 827-832.
- Bottemiller KL, Bieber PL, Basford JR, Harris M: FIM score, FIM efficiency, and discharge disposition following inpatient stroke rehabilitation. *Rehabil Nurs* 2006; 31: 22-25.
- Seel RT, Wright G, Wallace T, Newman S, Dennis L: The utility of the FIM+FAM for assessing traumatic brain injury day program outcomes. *J Head Trauma Rehabil* 2007; 22: 267-277.
- Khan F, Pallant JF, Brand C, Kilpatrick TJ: Effectiveness of rehabilitation intervention in persons with multiple sclerosis: a randomised control trial. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2008; 79: 1230-1235.
- Lieberman D, Friger M, Lieberman D: Rehabilitation outcome following hip fracture surgery in elderly diabetics: a prospective cohort study of 224 patients. *Disabil Rehabil* 2007; 339-345.
- Gabbe BJ, Simpson PM, Sutherland AM, Williamson OD, Judson R, Kossmann T, et al.: Functional measures at discharge: are they useful predictors of long term outcomes for trauma registries? *Ann Surg* 2008; 247: 854-849.
- Muslimovic D, Post B, Speelman JD, Schmand B, de Haan RJ, CARPA Study Group: Determinants of disability and quality of life in mild to moderate Parkinson disease. *Neurology* 2008; 70: 2241-2247.
- Oczkowski WJ, Barreca S: The Functional Independence Measure: its use to identify rehabilitation needs in stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74: 1291-1294.
- Lin KC, Wu CY, Wei TH, Gung C, Lee CY, Liu JS: Effects of modified constraint-induced movement therapy on reach-to-grasp movements and functional performance after chronic stroke: a randomised controlled study. *Clin Rehabil* 2007; 21: 1075-1086.
- Bowman M, Faux S, Wilson S: Rural inpatient rehabilitation by specialist outreach: comparison with a city unit. *Aust J Rural Health* 2008; 16: 237-240.
- Ostwald SK, Swank PR, Khan MM: Predictors of functional independence and stress level of stroke at discharge from inpatient rehabilitation. *J Cardiovasc Nurs* 2008; 23: 371-377.
- Ottenbacher KJ, Hsu Y, Granger CV, Fiedler RC: The reliability of the Functional Independence Measure: a quantitative review. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77: 1226-1232.

16. Stineman MG, Shea JA, Jette A, Tassoni CJ, Ottenbacher KJ, Fiedler R, et al.: The Functional Independence Measure: tests of scaling assumptions, structure, and reliability across 20 diverse impairment categories. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77: 1101-1108.
17. Vidmar G, Burger H, Marinček Č, Cugelj R: Analiza podatkov o ocenjevanju z Lestvico funkcijske neodvisnosti na Inštitutu Republike Slovenije za rehabilitacijo. *Infor Med Slov* 2008; 13: 21-32.
18. Chau T, Young S, Redekop S: Managing variability in the summary and comparison of gait data. *J Neuroengineering Rehabil* 2005; 2: 22.
19. Dolan CV, van der Maas HLJ, Molenaar PCM: A framework for ML estimation of parameters of (mixtures of) common reaction time distributions given optional truncation or censoring. *Behav Res Methods Instrum Comput* 2002; 34: 304-323.
20. Holzmann H, Vollmer S: A likelihood ratio test for bimodality in two-component mixtures with application to regional income distribution in the EU. *AStA Adv Stat Anal* 2008; 92: 57-69.
21. Cadez I: *Gaussian Mixture Modelling Software*. Irvine 1999: University of California, Irvine, Department of Information and Computer Science. <http://www.datalab.uci.edu/resources/gmm/>
22. Miller J: *FitDist: A Program to Fit Probability Distributions to Data Sets*. Dunedin 2005: University of Otago, Department of Psychology. <http://psy.otago.ac.nz/miller/progs/fitdist.htm>
23. Aitkin M: Likelihood and Bayesian analysis of mixtures. *Stat Model* 2001; 1: 287-304.
24. Dolan CV, Jansen BRJ, van der Maas HLJ: Constrained and unconstrained multivariate normal finite mixture modeling of Piagetian data. *Multivar Behav Res* 2004; 39: 69-98.
25. Ng SK, Yau KKW, Lee AH: Modelling inpatient length of stay by a hierarchical mixture regression via the EM algorithm. *Math Comput Model* 2003; 37: 365-375.
26. Peer JE, Spaulding WD: Heterogeneity in recovery of psychosocial functioning during psychiatric rehabilitation: An exploratory study using latent growth mixture modeling. *Schizophr Res* 2007; 93: 186-193.
27. Pfeifer C: Classification of longitudinal profiles based on semi-parametric regression with mixed effects. *Stat Model* 2004; 4: 314-323.