

Računalniška simulacija naključnih posnetkov v delovnih sistemih

Zvone Balantič, Tomi Curk

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kidričeva cesta 55a, 4000 Kranj, Slovenija

Človek s svojo delovno silo opravlja delo, vendar različna dela zahtevajo tudi različno velike vloške človekove energije, kar moramo predvidevati in upoštevati pri planiranju dela. Na poti do zelenega cilja nam lahko pomaga t.i. računalniška simulacija naključnih posnetkov (RSNP). Simulacija se s pomočjo naključnih kratkih opazovanj loteva ugotavljanja pogostnosti dogovorjenih vrst dela v delovnih sistemih. Interaktivno orodje nam olajša pot do spoznavanja same metode in nazorno prikaže načine uporabe v praksi. RSNP je uporabniško prijazen in prilagodljiv pedagoški pripomoček, ki s podporo statističnih metod simulira različne modele delovnih procesov.

Ključne besede: merjenje dela, naključni posnetki, računalniška simulacija, software

1. Uvod

Z metodo naključnih posnetkov ugotavljamo pogostnost vnaprej definiranih vrst dela v enem ali več delovnih sistemih in sicer s pomočjo naključno opravljenih kratkotrajnih opazovanj.

Metodo lahko uporabimo pri proučevanju najrazličnejših delovnih sistemov, znotraj katerih tečejo različne dejavnosti. Nprekinjeno opazovanje dela sicer daje analogno sliko neke dejavnosti, vendar je za dovolj natančno reprodukcijo različnega spektra dejavnosti dovolj že ustrezni izbor naključnih opazovanj.

Razvoj metode sega daleč v zgodovino, saj jo je prvi uporabil Kohlweiler že davnega leta 1925. V tistem času je avtor proučeval čas delovanja žarilne peči. Kasneje se je s pomočjo širše uporabe ta metoda razvila, tako, da jo danes pogosto uporabimo pri študiju dela (Mikeln, 1973).

Metoda daje elegantne odgovore na vprašanja v smislu deležev posameznih časovnih intervalov, katere proučujemo. Z metodo naključnih posnetkov se izognemo stalnemu sledenju delovnemu postopku, kar nadomestimo z ustreznim številom opazovanj. Izbor števila in pogostnost opazovanj, sta odvisni od dinamike dela, od predvidenega števila posameznih opazovanih dejavnosti in od števila delavcev. Opazovalec mora poleg poznavanja metode biti spreten pri beleženju in obdelavi zbranih podatkov. Prav v ta namen smo se lotili razvoja računalniškega orodja, ki bi čim bolj nazorno simuliralo dejansko stanje v določeni dejavnosti, kjer bi lahko uporabili omenjeno metodo.

2. Metodologija

Kot je znano, dela ne moremo meriti, če sledimo le za delo potrebnem času. Za merjenje dela potrebujemo podatek o izmerjenem času, ki ga delavec resnično porabi za opravljanje

opazovanega dela. Ugotoviti je potrebno tudi kako intenzivno delavec dela in kako spreten je pri svojem delu. Če pri vseh teh splošnih spremenljivkah dela poskušamo zagotoviti enako izurjenost (z intenzivnostjo in spretnostjo) opazovanih delavcev, potem lahko operiramo s podatki o izmerjenih časih, ki postanejo mera za količino nekega dela. Opravljanje dela torej večinoma merimo s tehniko snemanja časa. Za ugotavljanje količine časa, ki ga delavec porabi za neko efektivno delo, za pripravo na to delo, za nedelo in morda celo za odsotnost z delovnega mesta je potrebna objektivna ocena. To oceno lahko pridobimo s kontinuiranim opazovanjem (npr. z uporabo video tehnike), ki bi sicer dalo zelo natančne rezultate, vendar je taka analiza utrudljiva in praktično težko izvedljiva. Posnetek delovnega dneva nam pove kaj in kako je delavec v opazovanem dnevu delal. Delovni dan je sestavljen iz časovnih intervalov, ki so namenjeni delu, pripravi za delo, počitku, odsotnosti... Količina zvrsti ni omejena, pač pa je potrebno poudariti, da le dovolj kratki intervali dajejo zadovoljivo enoličnost dogajanja znotraj opazovanega intervala (Balantič, 2000). Če opazovani delovni čas razdelimo na dovolj kratke, od dinamike dela odvisne intervale ($D t = 1s - 1 min.$), postane delovni čas vsota enako dolgih časovnih intervalov z enolično dejavnostjo. Zaporedje dogodkov lahko grafično porazdelimo kot nam to prikazuje slika 1. Z integriranjem posameznih dogodkov lahko ugotovimo kolikšen del delovnega časa je delavec namenil posamezni dejavnosti. Klasifikacija, ki bi temeljila na sekundni analizi celotnega delovnega časa ali celo na analizi delovnega tedna ali meseca, bi bila preobsežna (Balantič, 2002). Proučevati celotni posnetek je nesmiselno početje, zato uporabimo statistične metode, kjer proučujemo vzorec iz množice vseh intervalov. Pri vseh statističnih modelih moramo računati na napako ob določeni stopnji zanesljivosti. Velikost naključnega vzorca nam ponuja spreminjanje odnosa med natančnostjo in zanesljivostjo. Velikost vzorca določimo iz meritev oz. zapisov več zaporednih

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
dela	ne dela	dela	dela	dela	dela	ne dela	prapravlja	dela	dela	ne dela	ne dela	dela	dela	dela	dela	odsoten	ne dela	dela	ne dela	ne dela	prapravlja	dela	dela	dela	ne dela	dela	dela	dela	dela

Slika 1: Ponazoritev enakih dovolj kratkih časovnih intervalov z enolično dejavnostjo (obarvana polja predstavljajo naključno izbrane časovne intervale).

dni. S takim načinom poskušamo čim bolj pokriti odvzem vzorcev, ki relevantno predstavljajo vse meritve.

Naključni posnetki so torej ponavljajoči se poskusi, pri katerih je vsak posnetek samostojni poskus z obnašanjem, ki ga opredelimo in klasificiramo med izbrane lastnosti. K relevantnosti dogajanja nam pomaga tudi večje število podobnih delovnih mest, ki jih istočasno opazujemo.

Računalniška simulacija naključnih posnetkov - RSNP, zajema vse navedene metodološke elemente, ki omogočajo pestrost izbora in preverjanje teoretičnih znanj, potrebnih za izvedbo naključnih posnetkov v praksi.

Vsakemu vodji podjetja, vodji sektorjev in vodji oddelkov je primarna skrb iskanje optimalnega odnosa med prihodki in stroški, kar je moč dosežati s sodelovanjem marljivih delavcev v podjetju in z optimirano ter dobro organizirano proizvodnjo. Metoda naključnih posnetkov nam na svojstven in nevsiljiv način približa sistematično pregleda nad izbranim področjem opazovanega delovnega segmenta.

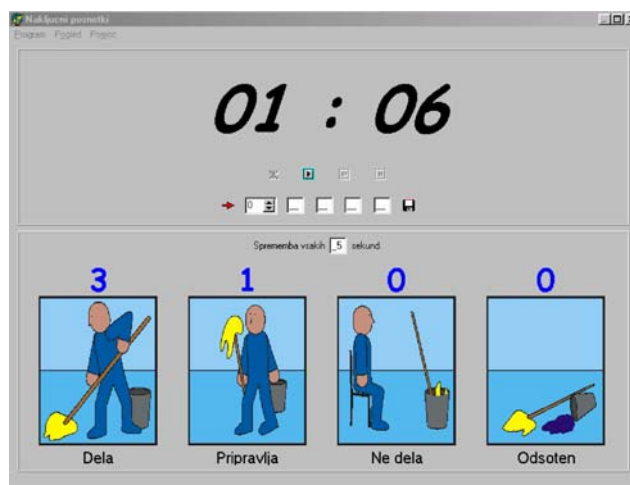
3. Računalniška simulacija

RSNP zajema nadzor štirih komponent delovnega procesa (delo, nedelo, priprava, odsotnost), kjer simuliramo sočasno delo štirih delavcev na štirih sorodnih delovnih mestih. Uporabnik orodja RSNP nastopa v vlogi analitika, ki v določenih časovnih intervalih in naključnih "obhodih" sledi virtualnemu dogajanju v proizvodnji. Uporabnik aplikacije ima možnost nastavitve ključnih parametrov, ki omogočijo poenotenje kriterijev različnih opazovalcev. Zaradi izobraževalne narave simulacije in zaradi nazornosti predstavitev je predlagana dolžina delovnega dneva simulacije omejena na 30 minut. Dolžino simulacije seveda lahko prilagodimo.

V realni proizvodnji se zgodi, da je delavec odsoten ali se šele pripravlja na delo, ki ga bo opravljal. Tudi simulacija RSNP sledi vsem možnim realnim dogodkom, zato računalniški model vsa ta stanja naključno generira ter izpisuje na zaslon. Ob naključno izbranim času uporabnik preveri situacijo v virtualni proizvodnji (slika 2) in vsa stanja skrbno zapiše v posebni formular.

RSNP je napisan v programskem jeziku Delphi 6.0. Za čim bolj realni prikaz delovnega okolja so v RSNP vključene skice, ki ponazarjajo trenutno stanje delavca med delovnim

časom. Nad posamezno shemo se nahaja podatek, ki uporabnika opozarja na trenutno število delavcev v določeni delovni fazi. Časovni interval, ki krmili spreminjanje posameznih dogajanj v virtualni proizvodnji je nastavljen in prilagodljiv tempu opazovanja. Simulacija omogoča tudi vnos časovnih intervalov analitikovih preverjanj stanja delavcev. Čase preko vmesnika vnašamo v datoteko, ki komunicira s tekočo uro. V posebni datoteki pa teče zapisovanje števila delavcev, ki opravljajo določeno nalogo.



Slika 2: Komunikacijsko okno za nadziranje virtualnega delovnega procesa.

min.	x	p	d	p-d	p+d	p-d	p+d	t
sek.	/	%	%	%	%	mera	mera	sek.
DELA	25	58,1	14,7	43,4	72,9	18,7	31,3	80
PRIPRAVLJA	7	16,3	11	5,24	27,3	2,26	11,7	28
NE DELA	7	16,3	11	5,24	27,3	2,26	11,7	24
ODSOTEN	4	9,3	8,68	0,62	18	0,267	7,73	20

Slika 3: Tabelarni prikaz realizirane simulacije.

V tabeli na sliki 3 so prikazani zbrani izračuni, ki izhajajo iz izbranih časovnih intervalov. Izračuni temeljijo na principu teorije naključnih posnetkov, kjer štejemo število delavcev, ki delajo, pripravljajo, ne delajo, oziroma so odsotni le ob določenih časih.

Pri kratkih simulacijah, ki trajajo do 30 minut je uporabnik še dovolj motiviran, njegova koncentracija pa je dovolj visoka, da med samim postopkom ne prihaja do individualnih napak. Zaradi tega vsako podaljševanje simulacije prinaša večjo stopnjo zmotljivosti in povečuje število napak.

Primerjava dejansko zabeleženih in merjenih posnetkov nas opozarja na natančnost postopka meritve. Ko simulacijo podaljšamo ali iz virtualnega prostora prenesemo v realnost, se način dela ne spremeni. Spremenijo se le časovni intervali opazovanj, saj sekundne intervale nadomestijo minutni ali celo urni intervali.

Matematična podpora RSNP uporablja teorijo statističnih metod z nekaterimi vstopnimi spremenljivkami:

x	število vseh opazovanj določenega dogodka [-],
p	relativna frekvenca določenega dogodka [%],
d	absolutna napaka opazovanj [%],
pd	spodnja meja intervala ocene določene dejavnosti, znotraj katerega so dosežene statistične zahteve [%],
p+d	zgornja meja intervala ocene določene dejavnosti, znotraj katerega so dosežene statistične zahteve [%],
pd	minimalno število opazovanj določene dejavnosti, znotraj katerega so dosežene statistične zahteve [-],
p+d	maksimalno število opazovanj določene dejavnosti, znotraj katerega so dosežene statistične zahteve [-].

V računalniški program, ki krmili simulacijo je vgrajen posebni parameter, ki nadzira celotno naključno simulacijo. Parameter ima nalogo, da neprekinjeno beleži dejanska stanja posameznih virtualnih delavcev v naključni situaciji. S pomočjo tega parametra lahko analitik oz. uporabnik programa preveri natančnost metode glede na dejansko stanje, ki ga je zabeležila simulacija.

V vsakem delovnem procesu je moč najti različna razmerja med dejavnostmi znotraj delovnega časa. Simulacija RSNP predvideva različnost tudi na tem področju, zato v posebnem oknu (slika 4) lahko nastavimo t.i. uteži, ki vplivajo na pogostnost pojavljanja virtualnega delavca v določeni situaciji. S tem posegom v simulacijo se močno približamo realni situaciji na delovnem mestu, saj vemo da je v delovnem procesu več delavcev v delovni, kot pa npr. v fazi priprave na delo.



Slika 4: Komunikacijsko okno za nastavitve uteži posameznih virtualnih delovnih dejavnosti.

Če želimo, da je natančnost pridobljenih rezultatov v zahtevanih mejah, moramo izbrati primerno velik vzorec opazovanj. Pri analizi normalne porazdelitve se običajno odločamo za zanesljivost med 90 in 99,9% ($0,10 > \alpha > 0,001$). Pri ugotavljanju zanesljivosti ocene je storjena absolutna napaka, ki jo določi RSNP. Na podlagi določene oz. smiselne absolutne napake vzorčenja, določimo obseg vzorca in s tem število meritev v določenem času. Dejanski obseg vzorca in ostala statistična analiza, uporabniku zagotovita vse potrebne parametre, ki jih pri analizi simulacije potrebujemo.

8. Razprava

Računalniška simulacija RSNP je elektronski pripomoček, ki pomaga pri razumevanju teorije naključnih posnetkov (Balantič, 2001). Namenjen je predvsem uporabi v študijske namene, saj s pomočjo RSNP lahko simulacijo realnega procesa izvedemo v predavalnici, istočasno pa odvržemo vse nepotrebne moteče faktorje, ki motijo sliko opazovanega delovnega procesa (slika 2). RSNP omogoča variabilnost vstopnih parametrov, ki na podlagi naključnih matematičnih spremenljivk simulirajo vedno nove in nove virtualne delovne procese. Posebno uporaben del simulacije je komunikacijsko okno v katerem nastavimo uteži. Z oceno deležev (uteži) posameznih delovnih dejavnosti se lahko močno približamo realnemu delovnemu procesu (slika 4). Tako kot na modelu, tudi v praksi za realizacijo metode naključnih posnetkov potrebujemo analitika, ki nekajkrat na dan zabeleži opazovančev dejavnost in jo zabeleži.

Človek svojo delovno silo uporablja za opravljanje dela, vendar različna dela zahtevajo tudi različno velike vložke delovne energije. Ko hočemo delo planirati, moramo predvideti količino in kvaliteto delovne sile. Z računalniško simulacijo naključnih posnetkov smo se lotili predvsem problematike merjenja količine delovne sile. Interaktivno orodje nam olajša pot do spoznavanja same metode in nazorno prikaže njeno uporabnost v praksi. Računalniško orodje RSNP se izkaže kot pedagoški pripomoček s potrebnimi nastavitvami, elementi analize in sinteze opazovanj delovnih procesov. Z uporabniško prijaznostjo in ergonomsko oblikovanim softverom lahko metodo hitro osvojimo. RSNP v svoji simulaciji uporablja statistične metode analiziranja modelov delovnih procesov, zato se z naraščajočim številom meritev pomikamo k večji zanesljivosti napovedi določene dejavnosti, zmanjšuje pa se tudi absolutna napaka.

Poleg teoretičnih usmeritev je simulacija obogatena predvsem z interaktivnostjo in prilagodljivostjo posamezni realni situaciji. Simulacija je torej pripomoček, ki uporabnika v zelo kratkem času izuri do te mere, da lahko teorijo naključnih posnetkov samostojno izvede tudi v praksi.

Delo na praktičnem primeru se bistveno ne razlikuje od računalniške simulacije, saj je že na virtualnem modelu poskrbljeno za nastavitve vseh spreminjajočih se parametrov in za dovolj širok izbor virtualne dejavnosti.

Simulacijo bi bilo moč razširiti do te mere, da bi v bazo dejavnosti lahko vključili več svobodno izbranih delovnih procesov, ki bi lahko natančneje simulirali dejansko stanje v praksi, vendar je zaradi človekove neprilagodljivosti razširjanje

simulacije nesmiselno. Zaradi naraščajoče količine podatkov bi simulacija postajala neobvladljiva, poleg tega pa želimo da naj bi simulacija čim bolj korektno odlikovala dejansko dogajanje v podjetjih. Kljub omejitvi simulacije na štiri delavce s štirimi različnimi dejavnostmi, lahko zadovoljivo simuliramo marsikateri enostavni proces. Če bi število opazovancev povečali, potem tega prav gotovo ne bi mogli zadovoljivo nadzirati v kratkem časovnem intervalu simulacije. Za vsako nadgrajevanje in dograjevanje kompleksnosti opazovane dejavnosti, bi potrebovali razširitev časovnih intervalov in s tem podaljševanje trajanja simulacije.

Literatura

Balantič, Z., Bernik, M., Multimedia supported study of achieving high worker's efficiency in relation to his work, *Informatika*, Vol. 25, No. 3, Ljubljana, 2001.

Balantič, Z., Človek – delo – učinek, Moderna organizacija (elektronski vir), Kranj, 2000.

Balantič, Z., Multimedia at the service of prevention, 2nd *International Conference on Occupational Risk Prevention, Proceedings*, Gran Canaria Island, 2002.

Mikeln, P., REFA priročnik, Moderna organizacija, Kranj, 1973.

Zvone Balantič je docent na Fakulteti za organizacijske vede v Kranju, Univerze v Mariboru in deluje na področjih ergologije in človeka v delovnem procesu. Svoj podiplomski študij je končal na Fakulteti za strojništvo, Univerze v Ljubljani. V doktorskem delu se je ukvarjal z dinamiko fluidike v človeškem telesu. S tematiko dinamičnega delovanja pljuč pri ljudeh je interdisciplinarno povezal področje strojništva in medicine. Njegovo raziskovalno področje vključuje biomedicinsko in tehniško področje, združeno z multimedijскими povezavami.

Tomi Curk je študent Fakultete za organizacijske vede v Kranju, Univerze v Mariboru. Končal je srednjo računalniško šolo v Novi Gorici, odslužil vojaški rok in se vpisal na Fakulteto za organizacijske vede, program organizacija dela, smer organizacijska informatika. Poleg študija se ukvarja s programiranjem in sistemsko analizo v podjetjih.



Roke: Nadja Mndeljc 13 let in Anže Gaberšček 15 let, OŠ Gorje, Marisa Monti, Milan Rejc



Rokovanje: Boštjan Gaberšček 13 let in Anže Gaberšček 15 let, OŠ Gorje, Marisa Monti, Milan Rejc