

# Metode planiranja strežnih kapacitet na primeru polnilnih postaj

Saša Klampfer<sup>1</sup>, Amor Chowdhury<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Margento R&D d.o.o., Gosposvetska cesta 84, 2000 Maribor, Slovenija

<sup>2</sup>Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, Slovenija

E-pošta: [sasa.klampfer@margento.com](mailto:sasa.klampfer@margento.com)

## Planning methods for the serving capacity on the case of charging stations

The rapid development of hardware and software allows us many opportunities in the field of research, which include design of algorithms, tools, simulators, emulators etc.. Nowadays mass automation dictates new requirements for communication systems, queuing systems, and additional resources. Any change of the system dynamic represents for network operators, service providers, etc.. adaptation of the system dynamic. Adaptation and design for a certain time period without reasonable method and approach is in most cases only the rough approximation that can quickly lead from the massive scope of satisfied customers in the area of dissatisfied. Given the rapid system dynamic changes and outbursts requirements for serving, it is necessary to use an appropriate method that includes and takes this into the account. To this end, we have developed a method of primary capacity planning of queuing systems based on probability distribution, which includes both outbursts such as peak load actually like, without simplification, averaging etc.. The developed method is the main issue of this work. The paper presents a direct comparison of our method with the reference by the authors used for that purpose. The aim of the work is to show the usefulness of the developed methods in other areas (not only in the field of queuing communication systems), as shown in the article.

### 1 Uvod

Definicija načrtovanja kapacitet predstavlja ta postopek kot strateški proces s katerim iščemo optimalne rešitve z obzirom na trenutne potrebe in razpoložljive vire. Osnovni cilj načrtovanja je zniževanje in optimizacija stroškov ob pogoju doseganja maksimalne razpoložljive zmogljivosti sistema v specifičnem trenutku. Postopek načrtovanja je kritičen in občutljiv proces odvisen od številnih dejanikov. Le te moramo tehtno upoštevati in vključiti v modele. Model, kot pripomoček pri načrtovanju mora biti modularen, fleksibilen in hkrati natančen. Z upoštevanjem teh lastnosti omogočimo uporabo modela na sorodnih področjih na hiter in enostaven način. Glede na analizo obstoječih del in pristopov sta nam faktorja fleksibilnosti in modularnosti predstavljala glavno vodilo pri razvoju predlagane metode načrtovanja strežnih kapacitet, ki jo bomo spoznali v nadaljevanju tega dela.

Analiza stanja raziskav na tem področju je pokazala, da sta najbolj uporabna dva pristopa, in sicer; načrtovanje na osnovi trendov [3] (ang. trending capacity planning) in načrtovanje na osnovi modeliranja [2] (ang. capacity

modeling). Prvi izmed naštetih je še vedno prisoten v procesu načrtovanja zaradi enostavnosti uporabe – uporablja vzorce zgodovine na osnovi katerih se zasnuje t.i. trend linearnega padanja oz. naraščanja [4]. Na osnovi trendov se analitično predvidi kapacitete za dan trenutek, obdobje. Pristop je hiter in enostaven, primeren za enostavne strežne sisteme z nizko dinamiko strežbe. Pomembno je dejstvo, da se s postopkom linearnega prilagajanja (linearizacija) vnese pogrešek. V kolikor je slednji prisoten na nižjih nivojih, se bo dodatno akumuliral še na višjih. V primeru uporabe postopka modeliranja, uporabimo v modelu podatke o zmogljivosti sistema, zasedenosti, konični obremenitvi itd., brez aproksimacij in linearizacij. V primeru uporabe modelov v procesu načrtovanja kapacitet se uporabljajo različni vhodni vzorci [5, 6 in 7], za katere se opazuje odziv na izhodu modela opazovanega sistema. Na ta način je iskanje odgovorov na vprašanja tipa *kaj-če* preprosto. Pristop nam omogoča iskanje optimalne konfiguracije, reorganizacijo obstoječega sistema, ali snovanje napovedi za sistem, ki je šele v postopku izgradnje.

Metodologija modeliranja predstavlja osnovo, pri snovanju lastne metode načrtovanja kapacitet strežnih sistemov, z visoko stopnjo dinamike strežbe in izrazitimi koničnimi obremenitvami (upoštevajoč stohastične izbruhe).

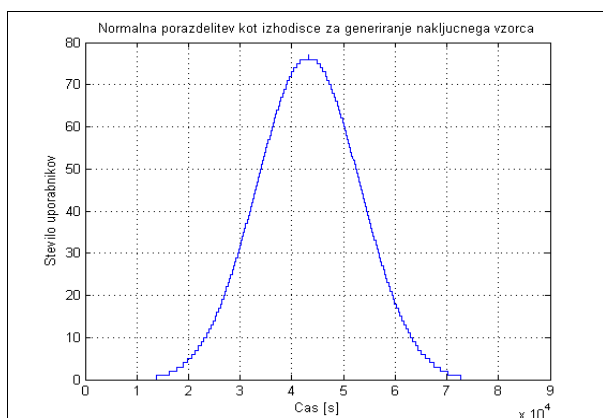
Lastno metodo, modele in podmodele predstavljamo v drugem poglavju. Tretje poglavje je namenjeno kratki predstavitvi referenčne metode, ki predstavlja primerjalno referenco na področju polnilnih postaj električnih skuterjev. V istem poglavju podajamo še lastnosti takšne polnilne postaje, princip strežbe in faktorje, ki vplivajo na sam proces. Četrto poglavje je namenjeno eksperimentalnemu delu in neposredni primerjavi, medtem ko v petem poglavju povzemamo ugotovitve in z njimi sklenemo članek.

### 2 Razvita metoda načrtovanja strežnih kapacitet

*Modeliranje konične obremenitve na osnovi Gaussove krivulje:* Statistična analiza [8] strežnih sistemov je pokazala, da lahko večino koničnih obremenitev opišemo s pomočjo Gaussove krivulje (slika 1). Maksimum v Gaussovi krivulji predstavlja maksimalno število uporabnikov, ki jih je sistem zabeležil tekom enega dneva.

Na ta način nam vsaka časovna značka s sekundno resolucijo določa trenutno število uporabnikov, katerim

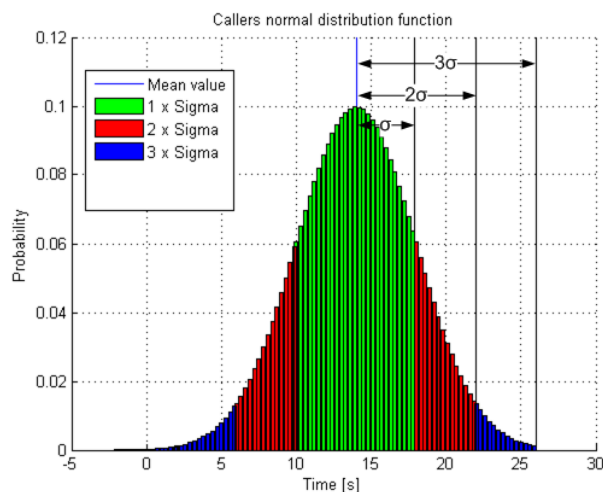
se v uporabniško definiranem intervalu določi naključni čas strežbe. Trenutna pozicija na Gaussovi krivulji se določi glede na trenutni sistemski čas. Glede na trenutni sistemski čas, se znotraj uporabniško definiranega intervala (trenutni čas + definirana dolžina okna) določi naključni čas vstopa uporabnika v strežni sistem. S tem algoritem dodeli naključne čase vstopa v strežni sistem znotraj intervala, s katerim lahko sočasno vplivamo na gostoto uporabnikov. Več kot je uporabnikov in bolj kot je interval ozek, večjo gostoto vzorca obremenitve lahko generiramo. Dolžino intervala in gostoto obremenjevanja izračunamo s pomočjo matematičnih postopkov iz t.i. log datotek.



**Slika 1:** Levi del normalne porazdelitve uporabljen kot osnova za generiranje naključnega vzorca obremenjevanja, vključno s stohastičnimi izbruhi.

Ker imamo na tej stopnji modela definirane uporabnike, ki ustvarjajo vzorec obremenitve, smo slednjim na naslednji stopnji modelirali trajanje strežbe - transakcije (*model uporabnikov*). Proces strežbe imenujemo tudi 'transakcija', oziroma trajanje transakcije. Ta model v osnovi vključuje dva tipa uporabnikov, in sicer, če se navežemo na polnilno postajo za električne skuterje; tiste s slabo energijsko celico (baterijo) in tiste z dobro. Število uporabnikov s slabo energijsko celico lahko izrazimo v odstotnem deležu. Običajno se baterijo v okvari s sodobnimi polnilnimi enotami identificira v dokaj kratkem časovnem obdobju. Statistično gledano, nam predstavlja tak podatek srednjo vrednost trajanja, da sistem ugotovi pomanjkljivosti. S pomočjo standardne deviacije definiramo interval, znotraj katerega funkcija naključno izbira čas strežbe takšnega uporabnika. Odstotni delež teh uporabnikov pridobimo s pomočjo statističnih podatkov. Uporabniki s slabo akumulatorsko baterijo se naključno pojavljajo v sistemu za kar poskrbi t.i. psevdo-naključna nit, ki skrbi za enakomerno porazdelitev uporabnikov tega tipa ter nadzira odstotni delež, ki mora limitirati k preddefinirani odstotni vrednosti. S tem zadostimo kriteriju, da je simulacijski model čim bolj veren in usklajen z realnim modelom. Na podoben način, vendar z ločenimi statističnimi podatki (srednja vrednost, standardna deviacija, odstotni delež) definiramo čas polnitve za preostale skupine uporabnikov (povsem

prazne, delno prazne baterije, itd.). Iz grafa normalne porazdelitve časa trajanja strežbe (slika 2), je razvidno, da lahko z razširjanjem intervala standardne deviacije ( $\sigma$ ,  $2\sigma$ ,  $3\sigma$ ) vplivamo na dolžino 'transakcije' iz katerega bo vrednost izbrana. S tem zagotovimo fleksibilnost in pokrijemo celoten spekter časovnih dolžin transakcij.



**Slika 2:** Primer normalne porazdelitve s pomočjo katere algoritem določi trajanje strežbe uporabnika v strežnem sistemu.

*Model sprejemnih kapacitet:* Da bodo virtualni uporabniki s preddefiniranim trajanjem strežbe ustrezno postreženi, zavrtnjeni ali postavljeni v čakalno vrsto, vpeljemo še model kapacitet strežnega sistema. Vhodna kapaciteta je določena s številom razpoložljivih polnilnih mest. V primeru, da je na voljo 10 polnilnih mest, se sočasno lahko streže 10 modeliranih uporabnikov. Model vhodne kapacitete linij je preprost ter ponazorjen z indikatorjem. Začetna vrednost indikatorja je enaka vrednosti strežnih mest, ob vsakem sprejetem uporabniku se indikator zmanjša. Ko doseže vrednost 0 sprejem novih uporabnikov ni mogoč do spremembe indikatorja (sprostitve mesta). Takoj, ko se strežno mesto sprosti, se indikator poveča.

*Model 'aktivacije' uporabnikov:* V prvem koraku neskončna nit, ki skrbi za proženje in zaključevanje 'transakcij' preleti strukturo, v kateri se nahajajo uporabniki z dodeljenimi časi aktivacije in kontinuirano preverja ali se aktivacijski čas uporabnika ujema s sistemskim časom. V primeru ujemanja se uporabnik aktivira. V drugem koraku ista nit preveri predhodno omenjen indikator razpoložljivih vhodnih kapacitet. Uporabnik zavzema strežno mesto za čas trajanja 'transakcije'. Na podoben princip deluje tudi neskončna nit za zaključevanje 'transakcij'.

### 3 Primerjava z referenčno metodo

Avtor [9] v svojem delu predlaga simulacijski model, kjer z determinističnim pristopom izvede analizo, katere rezultat predstavlja potrebno kapaciteto polnilnih postaj

električnih skuterjev. Z vpeljavo determinističnega pristopa je slednji predpostavil, da so vsi dogodki vnaprej določeni. Ta koncept je v nasprotju z našim, kjer je pojavljanje 'transakcij' do neke mere deterministično (predvideno število le teh v intervalu 'rush hour' lahko dovolj dobro ocenimo), njihova pojavitev in oblikovanje vzorca obremenjevanja pa je povsem stohastična. Tudi napovedovanje obdobja 'rush hour' spada v deterministični segment, saj lahko ocenimo, kdaj se le ti najpogosteje pojavljajo (analiza statističnih podatkov). Iz tega razloga je v predlagani metodi deterministično določen zgolj interval maksimalnega obremenjevanja strežnega sistema. Vzorec obremenjevanja z upoštevanjem proženja 'transakcij' odraža stohastično lastnost. Pomeni, da je pojavljanje 'transakcij' znotraj deterministično določenega intervala povsem stohastično, s čimer vpeljemo izbruhe. Le ti zahtevajo posebno obravnavo in lahko v počasnih sistemih (slaba dinamika), sem spada tudi obravnavana polnilna postaja, povzročijo dolge čakalne dobe in zasičenje v določenem trenutku. Avtor v svojem delu [9], stohastike in morebitnih stohastičnih izbruhov ne upošteva, temveč dosledno sledi prirastkom normalne porazdelitve v opazovanem obdobju (od 8<sup>00</sup> do 18<sup>00</sup> ure). Ker je na takšni polnilni postaji težko najti idealno normalno porazdelitev v obdobju 'rush hour', je avtor 'zgladil' vse konice (izbruhe) in jih aproksimiral s klasično normalno porazdelitvijo. V neposredni primerjavi smo sami ubrali povsem nasprotni pristop, saj nam normalna porazdelitev pri generiranju 'rush hour' stohastičnega vzorca predstavlja zgolj izhodiščno informacijo o številu transakcij in njihovem prirastku tekom zveznega opazovanja. Pri tem izbruhov ne zabrišemo temveč jih poustavimo. Ker uporabljamo 'psevdo-naključno' nit, lahko nad istimi statističnimi podatki generiramo  $n$  vzorcev in iz množice poiščemo optimalno rešitev za bodisi t.i. 'worst case' scenarij. V modelu avtor predpostavi, da pozna obremenitve posamezne lokacije polnilnih postaj, število aktivnih/delujočih polnilnih mest, časovno komponento polnjenja baterij in ozka grla (izhodiščni podatki za uporabo predlagane metode). Na ta način modelira storitve posameznih polnilnih postaj s pomočjo statističnih funkcij, ki temeljijo na statistično izmerjenih podatkih. Pri tem se v veliki meri upre na statistiko povprečne izkoriščenosti polnilnih postaj. Oziranje na prameter povprečne izkoriščenosti je iz našega stališča precej 'tvegano' početje, saj lahko en sam izbruh v strežnem sistemu s počasno dinamiko (kar polnilna postaja nedvomno je) vpliva na dolge čakalne vrste. Reševanje problema oz. razmerja med številom strežnih mest in čakalno dobo oz. zavrtnitvijo spada prav tako v domeno naše predlagane metode.

#### 4 Eksperimentalni del

Ozirajoči se na statistične podatke, ki jih je avtor navedel v svojem delu [9] (tabela 2), smo le te vključili v našo predlagano metodo. Glede na to, da avtor v svojem delu ni eksplicitno navedel srednje vrednosti časa trajanja polnjenja, smo slednji parameter na osnovi razpoložljivih podatkov statistično določili. Na enak

način smo določili odstotek skuterjev z okvarjeno baterijo, saj avtor tudi tega podatka ni navedel, le ta pa opazno vpliva na samo dinamiko polnjenja in zasedenost polnilnih mest.

**Opomba:** Za lažjo primerjavo naših rezultatov z avtorjevimi, se primerjava nanaša na tabelo 1 v avtorjevem prispevku [9, str. 5], in sicer, prva vrstica z *Citou aquarium*:

**Tabela 1:** Statistični podatki, pridobljeni iz avtorjevega strokovnega prispevka

Site	Electric scooter market share (%)	Number of recharging stations	Electric scooter volume*	Average waiting time (s)	Average length of weight (no./s)	Average utilization (%)
<i>Citou</i>	30	15	75	0	0	36.2
<i>aquarium</i>	30	15	47	0	0	33.4
	10	15	17	0	0	15.8

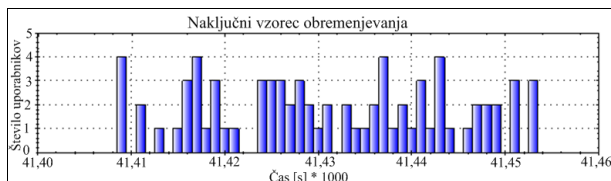
**Eksperiment:** Število polnilnih mest  $P = 15$ , število uporabnikov  $U = 75$

**Tabela 2:** Statistični podatki, pridobljeni iz avtorjevega strokovnega prispevka

Parameter	Normalna vrednost	Skalirana vrednost
Čas opazovanja	8.00h – 18.00h (36000s)	36s
Strežna kapaciteta	15	15
Število uporabnikov v opazovanem intervalu	75	75
Srednja vrednost časa polnjenja (N)	6500s	6,5s
Standardni odklon (N)	400s	0,4s
Srednja vrednost časa polnjenja skuterja z baterijo v okvari (O)	1000s	1s
Standardni odklon (O)	200s	0,2s
Odstotek skuterjev z okvarjeno baterijo	1,35%	1,35%
Dovoljen odstotek zavrtnjenih uporabnikov [%]	0%	0%
Dovoljena čakalna doba v čakalni vrsti [s]	0s	0s

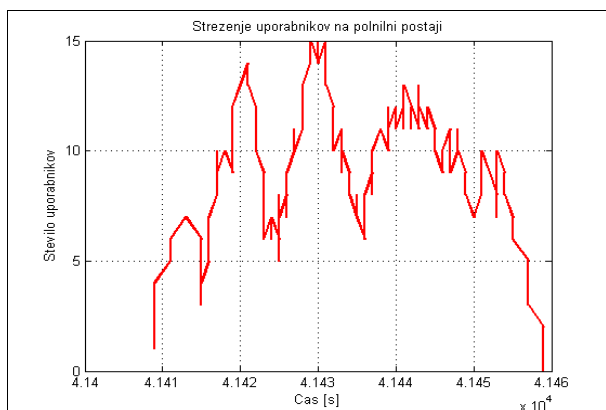
V tabeli 2 so prikazani parametri, ki jih predlagana metoda uporablja za napoved dogajanja v strežnem sistemu s 15 strežnimi mesti in 75 uporabniki med 8.00 in 18.00 uro. Skalirane vrednosti, ki so prikazane v skrajno desni koloni, se uporabljajo za namen pohitritve simulacije, saj metoda uporablja tako imenovani časovno-zvezni simulacijski model. Glede na skalirano vrednost opazovanega intervala so ustrezno skalirani tudi ostali parametri, kot so: srednja vrednost časa polnjenja baterij, ki ne kažejo znakov okvar (N), standardni odklon ( $O_N$ ), srednja vrednost časa polnjenja baterije z okvaro (B), standardni odklon ( $O_B$ ), itd. Avtor sicer odklona (O) v svojem delu ne omenja, v naši metodi pa je slednji že v osnovi vključen, kar je eden izmed pogojev točnega načrtovanja.

Z upoštevanjem normalne porazdelitve (slika 1) in intervala opazovanja, generiramo naključne vzorce obremenjevanja strežnega polnilnega sistema (eden izmed njih je prikazan na sliki 3). Na osnovi analize dobljenih rešitev z upoštevanjem naključnih vzorcev (v našem primeru smo izvedli analizo na dvajsetih vzorcih) smo iz njih izluščili povprečno izkoriščenost, kot edini neposredni primerjalni faktor z avtorjevimi rezultati.



**Slika 3:** Generiran naključni vzorec obremenjevanja na osnovi normalne porazdelitve, ki jo definirajo parametri v tabeli 2. Število uporabnikov  $U = 75$ .

Na poustvarjen vzorec (slika 3), se je simuliran strežni sistem s kapaciteto 15 strežnih linij odzval z aktivnostjo prikazano na sliki 4. Slednja služi za izračun povprečne izkoriščenosti (ang. utilization) čez celotno opazovano obdobje. V ta namen nam parameter povprečne izkoriščenosti predstavlja edini parameter, s katerim lahko validiramo predlagano metodo napram referenčni.



**Slika 4:** Aktivnost in izraba strežnega polnilnega sistema čez celotno opazovano obdobje.  $P = 15$ ,  $U = 75$ .

Na osnovi rezultata izrabe strežnega sistema (slika 4) znaša povprečna izkoriščenost okrog 50%. Problem na katerega tekom tega dela neprestano opozarjamo, se skriva prav v stohastičnih izbruhih. Eden takšnih je nazorno prikazan na sliki 4, kjer se ob največji konici strežni sistem popolnoma zapolni. Kljub temu, da je povprečna izkoriščenost na relativno nizki ravni, bi lahko nekaj dodatnih uporabnikov celotno sliko obrnilo na glavo. Pojavilo bi se čakanje in dolge vrste, čemur pa se s predlagano metodo in izvajanjem predikcij želimo izogniti in hkrati preprečiti. S številnimi simulacijskimi teki so bili generirani različni naključni vzorci, nad istimi statističnimi podatki, ki so venomer dajali podoben končni rezultat. Pri tem so bili za tovrstno količino uporabnikov (75) in strežno kapaciteto (15 polnilnih mest) izbruhi lokalno in amplitudno različno razporejeni in lokalizirani.

Simulacijski rezultati kažejo (slika 4), da so bili vsi uporabniki pravočasno postreženi, brez čakanja. V tem primeru lahko s predikcijo in spreminjanjem, zgoščevanjem in redčenjem vzorca obremenjevanja iščemo takšne rešitve, ki so optimalne za nas kot ponudnika, kakor tudi končnega uporabnika (iskanje kompromisov).

**Tabela 3:** Primerjava povprečne izkoriščenosti strežnega sistema med našo predlagano in avtorjevo metodo.

Metoda	Število strežnih mest	Število uporabnikov	Povprečna izkoriščenost [%]
Predlagana	15	75	60,4
Avtorjeva	15	75	56,2

## 5 Sklep

Glede neposredne primerjave, se povprečna izkoriščenost med obema metodama razlikuje za 4,2 odstotka. Odstopanje gre pripisati empirični določitvi časa polnjenja, saj tega podatka ni na razpolago (od tukaj izhaja odstopanje).

Pri tem izpostavimo da zanašanje na vrednost povprečne izkoriščenosti strežnih kapacitet ni merodajno. Vsakdo bo v tem primeru pomislil, da je na voljo še več kot 30% razpoložljivih kapacitet. To je dejansko res, vendar v sodobnem svetu enakomerne oz. uniformne porazdelitve v takšnih sistemih ne gre pričakovati. V realnosti nam predmet obravnave predstavljajo konice, navali, izbruhi. Kdaj se določene konice pojavljajo, lahko deterministično določimo na osnovi statističnih podatkov, vendar, kako bodo 'elementi' znotraj konic oz. konice razporejeni, oz. kako bodo tvorili izbruhe, pa je povsem naključno.

## Literatura

- [1] Jonathan M. Borwein, *Convex Analysis and Nonlinear Optimization – Theory and Examples*, Second edition, Department of Mathematics and Statistics, Simon Fraser University, Canada, September 2005
- [2] Thomas E. Vollmann, David C. Whybark, D. Clay. Whybark, *Manufacturing Planning and Control Systems*, McGraw-Hill Publication, 4<sup>th</sup> Edition, 2005
- [3] <http://www.teamquest.com/pdfs/datacenter/capacity-planning.pdf>, Stran obiskana: 18.06.2014
- [4] Nalini Vasudevan, Gowri C. Parthasarathy, *Comparative Analysis of Neural Network Techniques vs Statistical Methods in Capacity Planning*, Fifth International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications, 2007
- [5] T.T. Soong, *Fundamentals of Probability and Statistics for Engineers*, State University of New York at Buffalo, Buffalo, New York, USA, John Wiley & Sons Ltd, England, 2004
- [6] Olav Kallenberg, *Foundations of Modern Probability*, Springer publications, New York, 1997
- [7] Jun Shao, *Mathematical Statistics*, Department of Statistics, University of Wisconsin, Springer publications, New York, 1999
- [8] EasyFit, <http://www.mathwave.com/products/easyfit.html>, Stran obiskana: 18.06.2014
- [9] Ying-Wei Wang, *Simulation of service capacity an electric scooter refueling system*, Transportation Research Part D: Transport and Environment Volume 13, Issue 2, March 2008, Pages 126-132