SJPPPA Slovak Journal of Public Policy and Public Administration
sjpppa.fsvucm.sk ISSN 1339-7826 (online)

Zuzana URBÁNKOVÁ

Optimalizácia počtu zamestnancov ako nástroj efektivity riadenia ľudského kapitálu

Optimalizácia počtu zamestnancov predstavuje integrálnu súčasť manažmentu ľudského kapitálu v spoločnostiach. Z hľadiska verejnej politiky je rovnako nevyhnutné pristupovať k optimalizácii ako nástroju zefektívnenia politiky zamestnanosti a využitia potenciálu ľudských zdrojov. V predkladanej štúdii využívame ekonomické koncepty a modely hromadnej obsluhy pre výskum a výpočet optimalizácie počtu zamestnancov vo vybranej spoločnosti, ktorý môže slúžiť ako ilustratívny príklad pre analýzu a možnosti využitia systémov hromadnej obsluhy v širšej perspektíve.

Optimizingthe number of employeesis an integralpart of the management of human capitalin companies. Froma public policy perspectiveit is also necessary to approachoptimizationas a toolto streamlineemployment andutilization of human resources potential. In thisstudywe useeconomicconceptsand queue models for research andoptimizationcalculation ofthe number of employeesin selectedcompanywhich can serveas anillustrative examplefor the analysisand the possibility ofqueue systemsin a wider perspective.

1 ÚVOD

Pod optimalizáciou počtu zamestnancov možno chápať zabezpečovanie takého stavu, ktorý by znamenal adekvátny pomer, resp. súlad medzi potrebou a skutočným stavom zamestnancov. Realizácia týchto procesov jednak znamená dosiahnutie vhodnej zamestnaneckej politiky, na druhej strane pomáha spoločnostiam stať sa modernými a konkurencieschopnými subjektmi. Keďže náklady na pracovnú silu predstavujú v podnikových systémoch jednu z najväčších položiek, je nutné sa týmito procesmi neustále zaoberať. Pri skúmaní jednotlivých faktorov, ktoré ovplyvňujú procesy v obsluhe, nie je možné zamerať sa len na jeden konkrétny údaj. Použitím viacerých aspektov, či faktorov, ktoré vplývajú na procesy obsluhy sa eliminuje negatívny vplyv[1], ktorý by bol spôsobený ignorovaním podstatných náležitostí a ostatných faktorov. Veľakrát sa v živote stretávame so situáciami, kedy nám vznikajú požiadavky na určitý typ obsluhy. Stačí sa len pozrieť okolo seba a uvedomíme si, že sme súčasťou kolobehu, kde vzťahy medzi obsluhovaným a obsluhovateľom prebiehajú prakticky každý deň. V supermarketoch stoja pri pokladniach netrpezliví zákazníci, na pohotovosti čakajú

1 Vplyv je z hľadiska výskumu relatívne nemerateľnou veličinou, pre naše potreby je však pojem vplyv nenahraditeľný, pozn. autor

denne desiatky pacientov na ošetrenie, na križovatkách sa tvoria dlhé rady. Veľakrát sa však stáva, že sa rady zhusťujú. Napríklad v období dopravnej špičky ako sú piatky poobede, v období Vianoc, výplatných termínov, chrípkovej epidémie a podobne.

Podniky by mali byť na nárast zákazníkov dobre pripravené a prispôsobiť tomu aj počet zamestnancov, teda obslužných kanálov. Optimalizovať počet zamestnancov je dôležité najmä z dvoch hľadísk:

1. Aby nedochádzalo k vzniku neprimeraných nákladov
2. Neschopnosť obslúžiť zákazníka môže viesť k strate jeho dôvery.

Najmä v časoch globálnej hospodárskej krízy je nutné si uvedomiť, že optimalizovaním a zefektívnením zamestnaneckej politiky sa podnikom umožňuje dosiahnuť želané ekonomické, ale aj sociálne stavy.

Vybrané ukazovatele skúmame prostredníctvom meraných dát vo vybranej spoločnosti, ktoré následne analyzujeme vo vzťahu k identifikovaným premenným. Cieľom tejto štúdie je dospieť k takým záverom, ktoré by boli pre vybranú spoločnosť najvhodnejšiez hľadiska vynaloženej práce a z hľadiska vynaložených nákladov na túto prácu. Predpokladáme, že optimalizácia počtu zamestnancov predstavuje vhodný nástroj eliminácie neefektívneho hospodárenia v rámci verejných a súkromných spoločností.

1. FAKTORY PÔSOBIACE NA TVORBU MODELOV OBSLUHY

Z hľadiska obsahového zamerania je nutné definovať jednotlivé prvky, z ktorých daný model pozostáva: *„proces obsluhy sa skladá zo zdrojov požiadaviek a zo systému obsluhy. V zdroji požiadaviek sú objekty, u ktorých z času na čas vznikajú požiadavky na obsluhu“* (Pidany, 1992: 34).

Požiadavka na obsluhu je základným prvkom modelu obsluhy:*„vstupný prúd sa modeluje ako náhodný proces“* (Unčovský, 1998). Požiadavka sa podľa určitých pravidiel rozhodne, či vstúpi alebo nevstúpi do systému obsluhy (Pidany, 1992: 35). Ak sa požiadavka rozhodne vstúpiť do systému, môžu nastať dve situácie. Ak sú voľné obslužné kanály, bude požiadavka okamžite obslúžená. Ak však nie sú k dispozícii voľné obslužné kanály, musí požiadavka ostať čakať v rade (fronte). S tým je spätý čas čakania a čas obsluhy.

Čas čakania je čas pobytu požiadavky v rade, ktorý sa tvorí pred začatím obsluhy. Samozrejme pri systémoch bez čakania je rovný nule. Čas obsluhy je čas potrebný na realizáciu požiadavky v obslužnom kanáli (Brezina-Ivaničová-Pekár, 2002). Ak čas čakania pripočítame k času obsluhy, dostávame čas pobytu požiadavky v systéme.

Najjednoduchší prúd požiadaviek je prúd, ktorý disponuje vlastnosťami ako ordinárnosť, stacionárnosť a nezávislosť. Stacionárnosť predstavuje pravdepodobnosť vstupu požiadavky v intervale $(t, t+\Delta t)$, ktorá závisí len od dĺžky intervalu Δt. Ordinárnosť vyjadruje, že počas ľubovoľného intervalu môže vstúpiť len jedna požiadavka a nezávislosť charakterizuje, že intenzita vstupu požiadaviek nezávisí od počtu požiadaviek, ktoré prvé vstúpili a vystúpili zo systému obsluhy (Ibid).

Pre vstupný prúd požiadaviek je Poissonovo rozdelenie najbežnejším a najčastejšie používaným rozdelením. Intenzitu vstupu požiadaviek označujeme λ. To znamená, že λ je priemerná intenzita príchodu požiadaviek do systému. Z vlastností Poissonovho rozdelenia vyplýva, že môžeme dva poissonovské procesy kombinovať a stále sa jedná o poissonovský proces. Toto rozdelenie má však aj svoje nevýhody.

Jednou z nich je to, že počet požiadaviek prichádzajúcich, resp. vstupujúcich do systému medzi časom t a t+ Δt nezávisí od t (Pidany, 1992: 36).

Počet potenciálnych požiadaviek, tzv. zdrojov požiadaviek, je vo väčšine prípadov nekonečne veľký. Pravdepodobnosť príchodu požiadavky je nezávislé od množstva požiadaviek v systéme. V takomto prípade sa jedná o otvorený systém (Brezina-Ivaničová-Pekár, 2002). Musíme však spomenúť aj výnimočné situácie, kedy počet požiadaviek je konečný a porovnateľný s počtom kanálov obsluhy. V takom prípade je počet požiadaviek na obsluhu závislý od počtu požiadaviek, ktoré sa už uspokojili. Uvedený systém obsluhy sa nazýva uzavretý.

Mechanizmus obsluhy je najpozorovanejšou a najkontrolovateľnejšou časťou systému obsluhy. Podniky si dávajú záležať na efektívnom vytvorení obslužných kanálov, keďže môže dochádzať k veľkým stratám, alebo veľkým investíciám (v prípade vytvorenia ďalších obslužných kanálov).

V bežnom živote sa stretávame s dvomi formami mechanizmov obsluhy. Najjednoduchšou z nich je jednokanálový systém obsluhy, kedy je k dispozícii jedno obslužné zariadenie, ktorým musia prechádzať všetky požiadavky (zákazníci). Ak je toto zariadenie obsadené, vytvára sa rad. V takom prípade hovoríme o jednokanálovom systéme obsluhy s čakaním. Dĺžka radu je závislá od intenzity vstupujúcich zákazníkov a od rýchlosti obsluhy. Ak však neexistuje priestor na čakanie a obslužný kanál je už obsadený, požiadavka zo systému odchádza. Takto definovaný systém obsluhy je jednokanálový systém bez čakania.

Druhou formou mechanizmu obsluhy je viackanálový systém obsluhy. Obslužné kanály tu môžu byť usporiadané v rade alebo paralelne. Ak sú usporiadané paralelne, požiadavky môžu tvoriť jeden alebo niekoľko radov podľa počtu obslužných kanálov. Naopak, ak sú obslužné kanály zoradené v rade, požiadavka musí prejsť každým kanálom alebo len niektorými z nich.

Treba mať však na pamäti, že od spoľahlivosti jednotlivých kanálov závisí tvorenie radov. Táto spoľahlivosť je len málokedy 100%.

Disciplína v radoch (čakacia disciplína)

Podľa čakacej disciplíny v rade a podľa správania sa požiadaviek pri čakaní na obsluhu rozoznávame systém hromadnej obsluhy so stratami, t.j. s odmietnutím a systém hromadnej obsluhy bez strát, t.j. s čakaním (Pidany, 1992). Najjednoduchšou disciplínou je, keď sa vytvára rad podľa príchodu požiadavky do systému obsluhy. Ak existuje pevná kapacita radu a počet požiadaviek v ňom nadobudne maximálnu hodnotu, ďalšia požiadavka odchádza zo systému (Brezina-Ivaničová-Pekár, 2002). V praxi môže nastať aj situácia, keď požiadavka zo systému odíde aj napriek tomu, že rad môže byť neohraničene veľký. Ak je k dispozícii viac obslužných kanálov so samostatnými radmi, môžu sa požiadavky presúvať do iného radu. Čakacia disciplína v rade určuje, ako budú vyberané požiadavky čakajúce v rade pre obsluhu (Lauber-Hušek, 1984). Najznámejšie vstupy do uzla sú:

- LIFO (last in-first out) - ako prvá bude obslúžená požiadavka, ktorá prišla do systému posledná.
- FIFO (first in-first out) – ako prvá bude obslúžená požiadavka, ktorá prišla do systému prvá.

- SIRO (selection in random orden) – obsluha v náhodnom poradí
- PRI (priority in) – ako prvá bude obslúžená ta požiadavka, ktorá potrebuje okamžitú obsluhu, napríklad akútny pacient na pohotovosti

Prechod požiadavky z radu do obslužného kanála nemusí ovplyvňovať intenzitu obsluhy, ale psychicky ovplyvňuje zákazníka, a tým môže ovplyvniť celkovú efektívnosť obslužného systému (Pidany, 1992).

Charakteristika časov obsluhy

Čas obsluhy je čas nutný na zrealizovanie obsluhy. Čas obsluhy však nevypovedá o kvalite obsluhy, charakterizuje časovú kapacitu systému. Čas obsluhy je ovplyvňovaný technickou vybavenosťou jednotlivých kanálov a charakterom služby. Ak sa jedná o náročnejšie služby, čas obsluhy sa tým predĺži. Priemerný čas obsluhy t tvorí najčastejšie exponenciálne rozdelený interval medzi dvomi susednými výstupmi zo systému. Výstupy zo systémov vytvárajú výstupný prúd s priemernou intenzitou Pritom = (Unčovský, 1988).

Disciplína obsluhy

Obsluha požiadaviek môže byť realizovaná buď jednotlivo(napr. pacient u lekára) alebo skupinovo(preprava cestujúcich). Podľa skupinovo realizovaných požiadaviek môžu požiadavky čakať nielen kvôli obsadenosti kanála, ale aj z nedostatku požiadaviek (Pidany, 1992).

Charakteristiky systémov hromadnej obsluhy

Vlastnosti systémov hromadnej obsluhy vyjadrujú charakteristiky (ukazovatele) vo forme pravdepodobností a stredných hodnôt (Unčovský, 1988).

1. Vstupné charakteristiky modelov tvorí:
   - intenzita vstupov λ
   - intenzita obsluhy požiadaviek μ (resp. stredná hodnota času obsluhy $t_0 = \frac{1}{\mu}$)
   - miera zaťaženia systému $\Psi = \frac{\lambda}{\mu}$
   - počet obslužných kanálov n

2. Ukazovatele kvality obsluhy
   - pravdepodobnosť odmietnutia požiadavky p_{st} sa rovná pravdepodobnosti, že všetky voľné miesta v systéme hromadnej obsluhy sú obsadené p_n
   - relatívna kapacita systému, t.j. pravdepodobnosť obslúženia K_r, kde $K_r = 1 - p_{st}$
   - absolútna kapacita systému, t.j. efektívna intenzita vstupov K_a, kde $K_a = K_r . \lambda$

- pravdepodobnosť, že požiadavka bude čakať v rade π_f , kde $\pi_f = \sum_{k=n+1}^{\infty} p_k$,
kde p_k je pravdepodobnosť, že v systéme je k požiadaviek, ktoré sú obsluhované, alebo čakajú na obsluhu, pričom hodnota p_k sa v čase nemení.
- stredná hodnota počtu požiadaviek čakajúcich na obsluhu a požiadaviek

  práve obsluhovaných d_s, pričom: $d_s = \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot p_k$,

  kde p_k je pravdepodobnosť, že v systéme je k požiadaviek, ktoré sú práve obsluhované, alebo čakajú na obsluhu, pričom hodnota p_k sa v čase nemení.
- stredná hodnota dĺžky radu(stredná hodnota počtu požiadaviek čakajúcich

  na obsluhu d_f, pričom, $d_f = \sum_{k=n}^{\infty} (k-n) \cdot p_k$,k ≥ n

- stredná hodnota času pobytu požiadavky v systéme w_s . Vyjadruje priemernú dĺžku

  prestoja požiadavky. Je to časový ekvivalent d_s . $w_s = \frac{d_s}{\lambda}$

- stredná hodnota času čakania požiadavky v rade $w_f = \frac{d_f}{\lambda}$ (podľa Brezina-Ivaničová-Pekár, 2007).

3. Ukazovatele využívania obslužných kanálov

- priemerný počet obsadených kanálov n_z , pričom , $n_z = \sum_{k=1}^{n} k \cdot p_k + \sum_{k=n+1}^{\infty} n \cdot p_k$
- priemerný počet voľných kanálov n_0 , pričom , $n_0 = \sum_{k=0}^{n-1} (n-k) \cdot p_k$
- koeficient využitia kanálov k_z , pričom , $k_z = \frac{n_z}{n}$
- koeficient prestoja kanálov k_0 , pričom . $k_0 = \frac{n_0}{n}$

Kendallova symbolika

Systém hromadnej obsluhy zahrňuje popis vstupného toku požiadaviek, obslužných kanálov, času obsluhy, disciplínu v radoch a v prípade potreby aj niektoré špeciálne vlastnosti systému (Pidany, 1992).Modely hromadnej obsluhy sa označujú symbolikou, ktorú navrhol v roku 1953 D. G. Kendall (Unčovský, 1988).Táto notácia umožňuje komplexne zachytiť a klasifikovať štandardné typy modelov hromadnej obsluhy. Modely sú popísané postupnosťou znakov typu: (A/B/X/Y/Z) v Tabuľke 1:

Tabuľka 1:Kendallova symbolika

A	udáva typ rozdelenia vstupného prúdu požiadaviek
M	pre exponenciálne rozdelenie, (skratka znamená rozdelenie, ktoré má Markovskú vlastnosť)
D	deterministické intervaly vstupu požiadaviek
Ek	pre Erlangovo rozdelenie k-teho typu
GI	intervaly s ľubovoľným nezávislým rozdelením
B	udáva typ rozdelenie času obsluhy, obdobne ako pri A, len pre ľubovoľné rozdelenie sa značí ako G
X	znamená počet obslužných kanálov (1,2,...,n)
Y	určuje maximálne možný počet požiadaviek v systéme hromadnej obsluhy, ak ohraničenie neexistuje, používame symbol ∞
Z	znamená počet potenciálnych požiadaviek v zdroji, ak zdroj nie je ohraničený, používame symbol ∞

Zdroj: Pidany, 1992

2.POUŽITIE A METÓDY RIEŠENIA MODELOV HROMADNEJ OBSLUHY

Pri riešení modelu v teórii hromadnej obsluhy sa zameriavame na informácie o kvalite prevádzky systému. Tieto informácie získavame z hodnôt základných charakteristík. Z hľadiska obsluhovaných prvkov medzi takéto charakteristiky patrí napr. doba čakania v rade, doba pobytu v systéme, dĺžka radu a iné.

Dôležitou charakteristikou z hľadiska obslužných liniek je využitie jednotlivých zariadení, doba prestojov zapríčinená nedostatkom práce, podiel požiadaviek, ktoré sa z dôvodu veľkej rady k systému nepripoja a podobne.Ak sú v modeloch náhodné premenné, sú aj uvedené charakteristiky náhodnými premennými (Pidany, 1992).V praxi sa stretávame so strednými hodnotami charakteristík -priemerná dĺžka radu, priemerná doba čakania, atď (Lauber-Hušek, 1984).

Metódy riešenia matematických modelov hromadnej obsluhy môžeme rozdeliť do daných skupín:

- Analytické
- Simulačné.

Analytický spôsob riešenia modelu hromadnej obsluhy spočíva v tom, že na základe parametrov modelu, získavame aplikáciou teórie pravdepodobnosti, štatistiky a základných poznatkov z iných matematických disciplín výsledky, ktoré sú funkciami parametrov modelu (Ibid). V súčasnosti existuje len určitá časť systému hromadnej obsluhy, ktorá sa v súčasnej dobe dá analyticky riešiť. Analytické riešenia sťažujú a komplikujú zložité typy rozdelení náhodných premenných, špeciálne vlastnosti systémov a podobne. Najlepšie sa pracuje s exponenciálnym rozdelením (Pidany, 1992).Pre analytické výsledky je charakteristické, že pravdepodobnostné charakteristiky systému sa nemenia v čase, teda sú určované spravidla len pre stacionárne situácie (Ibid).

Otvorené systémy hromadnej obsluhy

Jednokanálový otvorený systém s čakaním

V bežnom živote sa stretávame so systémami hromadnej obsluhy, kde je iba jeden obslužný kanál a požiadavky sú ochotné čakať v rade.Podľa Kendallovej symboliky sa označuje tento model M/M/1/∞/∞ , kde M,M predstavuje vstupný a výstupný prúd, t.j. vstupný prúd má poissonovské rozdelenie a čas obsluhy je exponenciálne rozdelený, počet kanálov je jeden, možný počet požiadaviek v systéme je ∞ a maximálny počet potenciálnych požiadaviek je tiež ∞.

V prvom rade treba zdôrazniť podmienku riešiteľnosti:

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu} \prec 1$$

kde Ψ je miera zaťaženia systému, λ je priemerná intenzita príchodu požiadaviek do systému a μ je intenzita výstupného prúdu, ktorý vypočítame ako:

$$\mu = \frac{1}{t_0}$$

pričom t_0 je stredná hodnota času obsluhy.Keď platí táto podmienka, úloha je riešiteľná a netvorí sa nekonečne sa zväčšujúci rad (Chocholatá-Čičková-Furková, 2008:148).

V ďalšom kroku sa zameriame postupne na ukazovatele kvality obsluhy a ukazovatele využitia obslužných kanálov.

Ukazovatele kvality obsluhy:

- pravdepodobnosť odmietnutia : $p_s = 0$
- relatívna kapacita: $K_r = 1$
- absolútna kapacita: $K_a = \lambda$
- pravdepodobnosť p_0 , že systém je prázdny: $p_0 = 1 - \Psi$

- pravdepodobnosť p_k, že v systéme je práve k požiadaviek:

$$p_k = \Psi^k \cdot p_0 = \Psi^k (1-\Psi)$$

- pravdepodobnosť, že požiadavka čaká v rade, t.j. obslužný kanál je obsadený

(π_f),označíme: $\pi_f = \sum_{k=1}^{\infty} p_k = (1-p_0) = \Psi$

- priemerná dĺžka radu: $d_f = \frac{\psi^2}{1-\psi}$
- priemerný čas pobytu požiadaviek v rade: $w_f = \frac{d_f}{\lambda}$
- priemerný počet požiadaviek v systéme: $d_s = \frac{\psi}{1-\psi}$
- priemerný čas pobytu požiadaviek v systéme: $w_s = \frac{d_s}{\lambda}$

Ukazovatele využitia obslužných kanálov:

- koeficient využitia kanálov: $k_z = \psi$
- koeficient prestoja kanálov: $k_0 = 1-\Psi$

Viackanálový otvorený systém s čakaním

Tak ako jednokanálový systém hromadnej obsluhy s čakaním aj tento systém môžeme zapísať pomocou Kendallovej symboliky M/M/n/ ∞ / ∞,kde M,M definuje taktiež vstupný a výstupný prúd, vstupný prúd má teda poissonovské rozdelenie, čas obsluhy je exponenciálne rozdelený, počet kanálov je n, možný počet požiadaviek v systéme je ∞ a maximálny počet potenciálnych požiadaviek je ∞ .Tento viackanálový systém môžeme badať skoro na každom kroku. Špeciálne v dnešnej dobe, kedy ľudia nakupujú v supermarketoch a hypermarketoch, ktoré disponujú desiatkami pokladní, ktoré označujeme obslužné kanály. Tak ako aj v predošlej časti, aj tu si zadefinujeme vzťahy, ktoré platia pre viackanálové systémy hromadnej obsluhy. Sú to ukazovatele kvality obsluhy a ukazovatele využitia obslužných kanálov.

Podmienka riešiteľnosti pre daný systém je: $\psi = \frac{\lambda}{\mu} \prec n$ pričom ψ je miera zaťaženia systému, je priemerná intenzita príchodu požiadaviek do systému a μ je intenzita výstupného prúdu, ktorý vypočítame ako: $\mu = \dfrac{1}{t_0}$ pričom t_0 je stredná hodnota času obsluhy.Definujme si najprv pravdepodobnosť p_0 , t.j. pravdepodobnosť, že v systéme nie je žiadna požiadavka a teda systém je voľný. Pretože suma pravdepodobností, že v systéme sa nachádza 0,1,2,..., ∞ požiadaviek sa rovná 1, potom:

$$\sum_{k=0}^{\infty} p_k = 1 = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{\Psi^k}{k!} \cdot p_0 + \sum_{k=n}^{\infty} \frac{n^n}{n!} \cdot \frac{\Psi^k}{n^k} \cdot p_0$$

respektíve po úprave dostaneme výraz:

$$\mathrm{p}_0 \left(\sum_{k=0}^{n-1} \frac{\Psi^k}{k!} + \frac{n^n}{n!} \cdot \sum_{k=n}^{\infty} \frac{\Psi^k}{n^k} \right) = 1$$

Výraz $\sum_{k=n}^{\infty} \frac{\Psi^k}{n^k}$ je geometrický rad, ktorého súčet sa rovná $\dfrac{n \cdot \Psi^k}{n^n \cdot (n - \Psi)}$ .Po dosadení a úprave dostaneme vzťah: $\mathrm{p}_0 = \left[\sum_{k=0}^{n-1} \frac{\Psi^k}{k!} + \frac{n^n}{n!} \cdot \frac{\Psi^n}{(n-\Psi)} \right]^{-1}$

Ukazovatele kvality obsluhy:

- pravdepodobnosť odmietnutia : $p_s = 0$
- relatívna kapacita: $K_r = 1$
- absolútna kapacita: $K_a = \lambda$
- pravdepodobnosť, že požiadavka musí v systéme čakať: $\pi_f = \dfrac{n}{n!} \cdot \dfrac{\Psi^n}{n - \Psi} \cdot p_0$
- priemerný počet požiadaviek v rade: $\mathrm{d}_\mathrm{f} = \dfrac{\Psi}{n - \Psi} \cdot \pi_f$
- priemerný počet požiadaviek v systéme: $\mathrm{d}_\mathrm{s} = \mathrm{d}_\mathrm{f} + \Psi$
- priemerný čas pobytu požiadaviek v rade: $\mathrm{w}_\mathrm{f} = \dfrac{d_f}{\lambda}$
- priemerný čas pobytu požiadaviek v systéme: $\mathrm{w}_\mathrm{s} = \dfrac{d_s}{\lambda}$

Ukazovatele využívania obslužných kanálov

- priemerný počet využitých kanálov: $n_z = \frac{\lambda}{\mu} = \Psi$
- priemerný počet voľných kanálov: $n_0 = n - n_z$
- koeficient využitia kanálov: $k_z = \frac{n_z}{n}$
- koeficient prestoja kanálov: $k_0 = \frac{n_0}{n}$.

Optimalizácia počtu obslužných kanálov

Všetky modely hromadnej obsluhy sú zamerané na určenie vhodných charakteristík, špecifických pre určitý druh modelu. Vhodné hodnoty charakteristík predstavujú v podstate kompromis medzi kvalitou obsluhy, ktorá je vo všeobecnosti priamo úmerná ich počtu kanálov a využívaním kanálov. Každá úloha je optimalizačnou úlohou. Existujú úlohy, kde ide explicitne o optimalizáciu systému hromadnej obsluhy. Takýmto úlohám hovoríme úlohy optimalizácie systémov hromadnej obsluhy (Pidany, 1992:133).

V praxi zvýšenie efektívnosti poskytnutých služieb závisí nielen od schopností pracovníkov, ale aj od ich počtu. V súčasnosti každá firma by chcela dosahovať čo najväčší zisk s čo najmenším počtom zamestnancov. Nielen samotná prevádzka už existujúceho kanála, ale aj zavedenie nového kanála, je spojená s istými nákladmi. Tieto náklady sa usiluje firma minimalizovať. A aj na základe nich sa rozhoduje o pridaní, či ubratí obslužného kanálu. Náklady spojené s prevádzkou jedného kanálu možno znížiť zefektívnením práce, napr. znížením času obsluhy, ale stupeň efektívnosti obsluhy závisí aj od stochastickej veličiny, a to od vstupu požiadaviek do systému. Ak nastane pokles záujmu o určitú službu, v prípade jednokanálového systému sa tento jednoducho uzavrie (Brezina-Ivaničová-Pekár, 2007:207).

Pri optimalizácií obslužných kanálov vychádzame zo vzťahov uvedených pre viackanálové modely hromadnej obsluhy s čakaním a bez čakania. Optimalizovať počet obslužných kanálov je založené na nákladovej funkcii. Neberieme však do úvahy náklady na vytvorenie nového kanála. Vychádzame pritom z predpokladu, že vieme zhodnotiť náklady prevádzkovania obslužných kanálov a náklady súvisiace s odmietnutím požiadavky(model bez čakania),prípadne s pobytom požiadaviek v systéme (model s čakaním).

Spomínaná nákladová funkcia má tvar: $C_p(n) = c_p \cdot n$, kde
n-počet obslužných kanálov,

c_p -náklady na prevádzku jedného obslužného kanála za časovú jednotku, ktoré možno rozdeliť n

- náklady prestoja obslužných kanálov $C_0 = c_0 \cdot n_0$, kde c_0 -náklady ktoré vzniknú nevyužitím kanála za časovú jednotku, n_0 -priemerný počet voľných kanálov

● náklady na využitie obslužných kanálov $C_z = c_z \cdot n_z$, kde c_z -náklady, ktoré vzniknú využívaním kanálov za časovú jednotku, n_z -priemerný počet obsadených kanálov.

Nákladová funkcia pobytu zákazníkov v obslužnom systéme s n kanálmi pre model s čakaním: $C_f(n) = c_f \cdot d_s(n)$

kde c_f -náklady (straty) pri prestoji požiadaviek za časovú jednotku (nezávisle od počtu kanálov), d_s -priemerný počet požiadaviek v systéme pri n kanáloch.

Celková nákladová funkcia na prevádzkovanie systému a pobyt požiadaviek v systéme tvar $C(n) = C_p(n) + C_f(n)$.

Optimálny počet kanálov n môžeme nájsť prepočítaním nákladov pre jednotlivé hodnoty n. Aby sme získali minimálne hodnoty nákladov, musia byť splnené podmienky: $C(n-1) > C(n)$ a $C(n+1) \geq C(n)$.

Ak dosadíme uvedené vzťahy, potom pre systém s čakaním platí:

$$c_p \cdot (n-1) + c_f \cdot d_s \cdot (n-1) > c_p \cdot n + c_f \cdot d_s(n)$$

$$c_p \cdot n - c_p + c_f \cdot d_s \cdot (n-1) - c_p \cdot n - c_f \cdot d_s(n) > 0$$

$$c_f \cdot d_s \cdot (n-1) - c_f \cdot d_s(n) > c_p$$

$$d_s \cdot (n-1) - d_s(n) > \frac{c_p}{c_f}$$

Optimálna hodnota n je najväčšie n, pre ktoré platia nerovnosti pre model s čakaním(Brezina-Ivaničová-Pekár, 2007:209).

3. FORMULÁCIA ÚLOHY

V tejto časti práce konkrétne počítame jednotlivé faktory, ktoré vplývajú na optimalizáciu počtu zamestnancov vo vybranej spoločnosti. Prostredníctvom ukazovateľov, ako sú ukazovatele kvality obsluhy a ukazovatele využitia obslužných kanálov, sa dostaneme k celkovým nákladom na zamestnanie daného počtu zamestnancov, ktoré sú rozhodujúcim faktorom pri optimalizácii počtu zamestnancov. Veľmi dôležité sú vstupné údaje uvedené v tabuľke, pomocou ktorých vypočítame jednotlivé ukazovatele.

Tabuľka 1: Vstupné údaje pre výpočet optimalizácie ľudských zdrojov

Čas sledovania	Počet pokladní v prevádzke	Počet zákazníkov za hodinu	Obslúženie zákazníka v hodinách	Intenzita výstupného prúdu	Náklady na prácu jedného predavača za hodinu	Náklady na pobyt jedného kupujúceho za hodinu
doobeda	2	21	0,05	20	4	1
poobede	3	42	0,05	20	4	1
večer	4	36	0,05	20	4	1

Vysvetlivky k tabuľke:

Čas sledovania znamená, kedy sme dané ukazovatele v tabuľke sledovali. Pojem doobeda je v čase od 10:00-12:00, poobede od 12:00-18:00 a večer od 18:00-21:00 hod.

Počet pokladní v prevádzke udáva množstvo pokladní, ktoré sú v danom čase zákazníkom k dispozícii. Maximálny počet pokladní je štyri, nakoľko spoločnosť väčším počtom nedisponuje. Počet zákazníkov predstavuje počet nakupujúcich za hodinu. Obslúženie zákazníka je čas potrebný na uspokojenie potrieb nakupujúceho, teda čas, ktorý strávi pri pokladni a za ktorý je predavač schopný obslúžiť zákazníka. Udáva sa v hodinách. Intenzita výstupného prúdu označuje koľko zákazníkov je obslúžených za jednotku času, t.j. za hodinu.

Riešenie úlohy

Doobeda:

V supermarkete je 1 predavačka schopná obslúžiť 20 zákazníkov za hodinu.Miera zaťaženia systému = $\Psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{21}{20} = 1{,}05$.Musíme však overiť, či platí podmienka riešiteľnosti príkladu $\Psi = \frac{\lambda}{\mu} < n \Rightarrow 1{,}05 < 2$. Z daného vzťahu vyplýva, podmienka je splnená, a teda úloha je riešiteľná a netvorí sa nekonečne sa zväčšujúci rad.Miera zaťaženia je 1,05, to znamená, že do supermarketu prichádza 1,05 násobne viac kupujúcich, ako je schopný jeden predavač obslúžiť.

Ukazovatele kvality obsluhy

S pravdepodobnosťou 31,15% budú obidve pokladne voľné, t.j. v systéme bude nula požiadaviek.S pravdepodobnosťou 36,15 % bude musieť zákazník na obsluhu čakať.

Priemerný počet požiadaviek v rade: $d_f = \frac{\Psi}{n - \Psi} \cdot \pi_f \Rightarrow d_f = \frac{1{,}05}{2 - 1{,}05} \cdot 0{,}3615 =$ 0,3996, t.j. žiaden kupujúci. V tomto prípade nie je žiaden kupujúci, resp. v rade na obsluhu sa nečaká.

Priemerný čas čakania kupujúcich v rade je 1 minúta a 15 sekúnd. Priemerný počet požiadaviek v systéme $d_s = d_f + \Psi \Rightarrow d_s = 0{,}3996 + 1{,}05 = 1{,}4496$. Priemerný počet kupujúcich v supermarkete je zrejme 1. Priemerný čas pobytu požiadaviek v systéme

$w_s = \dfrac{d_s}{\lambda} \Rightarrow w_s = \dfrac{1{,}4496}{21} = 0{,}069$. Priemerný čas pobytu kupujúcich v supermarkete

sú 4 minúty.

Ukazovatele využitia obslužných kanálov

Priemerný počet využitých kanálov $n_z = \dfrac{\lambda}{\mu} = \Psi \Rightarrow n_z = 1{,}05$. Priemerný počet voľných kanálov $n_0 = n - n_z \Rightarrow n_0 = 2 - 1{,}05 = 0{,}95$. Koeficient využitia kanálov

$k_z = \dfrac{n_z}{n} \Rightarrow k_z = \dfrac{1{,}05}{2} = 0{,}525$. Predavači sú priemerne využití na 52,5 % celkového

času.Koeficient prestoja kanálov $k_0 = \dfrac{n_0}{n} \Rightarrow k_0 = \dfrac{0{,}95}{2} = 0{,}475$. Predavači v supermarkete

sú nevyužití priemerne na 47,5 % celkového času.

Optimalizácia počtu obslužných kanálov

Úlohou optimalizácie počtu obslužných kanálov je zistiť, koľko pokladní by malo byť v prevádzke, aby boli náklady minimálne.V prípade, ak by sa rozhodli v supermarkete znížiť počet pokladní, teda predavačov z dvoch na jedného, zistili by, že jedna pokladňa (predavačka) nie je schopná obslúžiť prichádzajúcich kupujúcich, pretože nie je splnená

podmienka $\Psi = \dfrac{\lambda}{\mu} \prec n$, pretože $\dfrac{21}{20} > 1$. Z toho vyplýva, že zamestnanci musia byť

minimálne dvaja. Celkové náklady na zamestnanie dvoch predavačov sú:

$$C(2) = c_p \cdot 2 + c_f \cdot d_s\ (2) = 4.2 + 1.1{,}4496 = 9{,}4496\ €$$

Predstavme si ďalej prípad, keď by sa zvýšil počet predavačov na troch.Aby sme mohli zistiť celkové náklady na zamestnanie troch predavačov, musíme najprv vypočítať priemerný počet požiadaviek v systéme d pre n=3. Zvýšením počtu predavačov z dvoch na tri by sa celkové náklady zvýšili z 9,4496 € na 13,1051 €, teda o 3,6555 €, čo znamená, že dvaja predavači sú optimálny počet, resp. v supermarkete docielia minimálne náklady, ak na obsluhovanie zákazníkov doobeda vyčlenia práve dvoch zamestnancov.

Poobede

V supermarkete sú predavačky schopné obslúžiť 20 zákazníkov za hodinu.

Miera zaťaženia systému: $\Psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{42}{20} = 2{,}1$. Musíme však overiť, či platí podmienka riešiteľnosti príkladu:

$\Psi = \frac{\lambda}{\mu} < n \Rightarrow 2{,}1 < 3$. Z daného vzťahu vyplýva, podmienka je splnená, a teda úloha je riešiteľná a netvorí sa nekonečne sa zväčšujúci rad.

Miera zaťaženia je 2,1, to znamená, že do supermarketu prichádza 2,1 násobne viac kupujúcich, ako je schopný jeden predavač obslúžiť.

Ukazovatele kvality obsluhy

S pravdepodobnosťou 9,57 % budú všetky tri pokladne voľné, t.j. v systéme bude nula požiadaviek.S pravdepodobnosťou 49,24 % bude musieť zákazník na obsluhu čakať.

Priemerný počet požiadaviek v rade $d_f = \frac{\Psi}{n - \Psi} \cdot \pi_f \Rightarrow d_f = \frac{2{,}1}{3 - 2{,}1} \cdot 0{,}4924 =$ 1,1489, t.j. asi 2 kupujúci. Priemerný počet kupujúcich, ktorí čakajú v rade na obsluhu, sú 2 ľudia.

Priemerný čas pobytu požiadaviek v rade $w_f = \frac{d_f}{\lambda} \Rightarrow w_f = \frac{1{,}1489}{42} = 0{,}0274$.

Priemerný čas čakania kupujúcich v rade je 1 minúta a 38 sekúnd.

Priemerný počet požiadaviek v systéme: $d_s = d_f + \Psi \Rightarrow d_s = 1{,}1489 + 2{,}1 = 3{,}2489$. Priemerný počet kupujúcich v supermarkete je asi 3.

Priemerný čas pobytu požiadaviek v systéme $w_s = \frac{d_s}{\lambda} \Rightarrow w_s = \frac{3{,}2489}{42} = 0{,}0774$.

Priemerný čas pobytu kupujúcich v supermarkete je 5 minút.

Ukazovatele využitia obslužných kanálov

Priemerný počet využitých kanálov $n_z = \frac{\lambda}{\mu} = \Psi \Rightarrow n_z = 2{,}1$. Priemerný počet voľných kanálov $n_0 = n - n_z \Rightarrow n_0 = 3 - 2{,}1 = 0{,}9$.Koeficient využitia kanálov $k_z = \frac{n_z}{n} \Rightarrow k_z = \frac{2{,}1}{3} = 0{,}7$. Predavači sú priemerne využití na 70 % celkového času.

Koeficient prestoja kanálov $k_0 = \frac{n_0}{n} \Rightarrow k_0 = \frac{0,9}{3}$ = 0,3. Predavači v supermarkete sú nevyužití priemerne na 30% celkového času.

Optimalizácia počtu obslužných kanálov

Tak, ako sme počítali optimalizáciu pre doobedie, tak isto budeme postupovať aj pre poobedňajšie údaje.Uvažujme teda s prípadom, ak by sa v supermarkete rozhodli znížiť počet predavačov na 2. Zistili by, že dvaja predavači nie sú schopní obslúžiť prichádzajúcich kupujúcich, pretože nie je splnená podmienka $\Psi = \frac{\lambda}{\mu} \prec n$, pretože $\frac{42}{20}$ >2. Z toho vyplýva, že predavači supermarketu musia byť minimálne traja.Celkové náklady na zamestnanie troch predavačov sú: $C(3) = c_p \cdot 3 + c_f \cdot d_s(3) =$ 4.3+1.3,2489 = 15,2489 €

Predpokladajme ďalej prípad, keď by sa zvýšil počet predavačov na 4.Musíme teda vypočítať priemerný počet požiadaviek v systéme d_s pre n=4. Celkové náklady na zamestnanie štyroch predavačov sú: $C(4) = c_p \cdot 4 + c_f \cdot d_s(4)$ = 4.4+1.2,3203 = 18,3203 €. Ak by sme zvýšili počet predavačov z troch na štyroch, zvýšili by sa náklady z 15,2489 € na 18,3203 €, teda o 3,0714 €. V supermarkete dosiahnu najmenšie náklady, ak budú aj naďalej zamestnávať poobede troch predavačov.

Večer:

V supermarkete sú predavačky schopné obslúžiť 20 zákazníkov za hodinu. Miera zaťaženia systému: $\Psi = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{36}{20}$ = 1,8. Musíme však overiť, či platí podmienka riešiteľnosti príkladu: $\Psi = \frac{\lambda}{\mu} < \mathrm{n} \Rightarrow 1,8 < 4$. Netvorí sa stále zväčšujúci sa rad, a preto je úloha riešiteľná.Miera zaťaženia je 1,8 z čoho vyplýva, že do supermarketu prichádza 1,8 násobne viac kupujúcich, ako je schopný jeden predavač obslúžiť.

Ukazovatele kvality obsluhy

S pravdepodobnosťou 16,16 % budú všetky štyri pokladne voľné, t.j. v systéme bude nula požiadaviek.S pravdepodobnosťou 12,85 % bude musieť zákazník na obsluhu čakať.

Priemerný počet požiadaviek v rade d$_f$ = $\frac{\Psi}{n-\Psi}\cdot\pi_f \Rightarrow d_f = \frac{1{,}8}{4-1{,}8}\cdot 0{,}1285$ = 0,1051. V tomto prípade nie je žiaden kupujúci, resp. v rade na obsluhu sa nečaká.

Priemerný čas pobytu požiadaviek v rade: w$_f$ = $\frac{d_f}{\lambda} \Rightarrow w_f = \frac{0{,}1051}{36}$ = 0,0029.

Priemerný čas čakania kupujúcich v rade je 15 sekúnd.Priemerný počet požiadaviek v systéme d$_s$ =d$_f$ + $\Psi \Rightarrow d_s = 0{,}1051 + 1{,}8$ = 1,9051.
Priemerný počet kupujúcich v supermarkete je asi 2. Priemerný čas pobytu požiadaviek v systéme w$_s$ = $\frac{d_s}{\lambda} \Rightarrow w_s = \frac{1{,}9051}{36}$ = 0,053. Priemerný čas pobytu kupujúcich v supermarkete sú 3 minúty a 10 sekúnd.
Ukazovatele využitia obslužných kanálov

Priemerný počet využitých kanálov $n_z = \frac{\lambda}{\mu} = \Psi \Rightarrow n_z$ = 1,8. Priemerný počet voľných kanálov $n_0 = n - n_z \Rightarrow n_0 = 4 - 1{,}8$ = 2,2. Koeficient využitia kanálov k$_z$ = $\frac{n_z}{n} \Rightarrow k_z = \frac{1{,}8}{4}$ = 0,45. Predavači sú priemerne využití na 45 % celkového času.

Koeficient prestoja kanálov $k_0 = \frac{n_0}{n} \Rightarrow k_0 = \frac{2{,}2}{4}$ = 0,55. Predavači v supermarkete sú nevyužití priemerne na 55 % celkového času.

Optimalizácia počtu obslužných kanálov
Tak ako aj v predchádzajúcich prípadoch si najprv urobíme podmienku riešiteľnosti, ak by sa supermarket rozhodol znížiť počet predavačov na troch, dvoch prípadne jedného. Doplníme teda hodnoty do vzťahu $\Psi = \frac{\lambda}{\mu} \prec n \Rightarrow \frac{36}{20}$ < 3. Z toho vyplýva, že zamestnanci môžu byť aj traja.

Ak by sa rozhodli pre dvoch: $\Psi = \frac{\lambda}{\mu} \prec n \Rightarrow \frac{36}{20}$ < 2,stále je splnená podmienka, preto môže supermarket uvažovať aj o dvoch predavačoch na večer.

V prípade jedného zamestnanca: $\Psi = \frac{\lambda}{\mu} \prec n \Rightarrow \frac{36}{20} > 1$ nie je splnená podmienka, a preto supermarket o takejto alternatíve nebude uvažovať, pretože by sa vytváral nekonečne sa zväčšujúci rad.

Celkové náklady na zamestnanie štyroch predavačov sú: $C(4) = c_p \cdot 4 + c_f \cdot d_s(4)$ = 4.4+1.1,9051 = 17,9051 €.
Ak teda budeme uvažovať o zamestnaní len troch, resp. dvoch predavačov, musíme si dopočítať priemerný počet požiadaviek v systéme d_s pre n = 3 a n = 2. Potom celkové náklady na zamestnanie troch predavačov sú: $C(3) = c_p \cdot 3 + c_f \cdot d_s(3)$ = 4.3+1.2,3322 = 14,3322 €.
Pri znížení počtu zamestnancov zo štyroch na tri by sa celkové náklady znížili zo 17,9051 € na 14,3322 €, t.j. o 3,5729 €.

Celkové náklady na zamestnanie dvoch predavačov sú: $C(2) = c_p \cdot 2 + c_f \cdot d_s\ (2) =$ 4.2+1.9,4689 = 17,4689 €.
Pri znížení počtu predavačov zo štyroch na dvoch by sa celkové náklady znížili zo 17,9051 € na 17,4689 €, t.j. o 0,4362 €.
Pre situáciu, keď do obchodu prichádza 36 kupujúcich za hodinu, by bolo optimálne zamestnávať 3 predavačov, pretože náklady na ich zamestnanie sú 14,3322 €, čo je v porovnaní so 17,4689 € , kedy pracujú dvaja zamestnanci a so 17,9051, kedy pracujú 4 zamestnanci, najmenšie.

ZÁVER

Jedným z krízových opatrení v čase globálnej finančnej recesie je práve tematika optimalizácie počtu ľudských zdrojov. Optimalizovaním sa nerozumie bezduché prepúšťanie zamestnancov, práve naopak, prostredníctvom tohto procesu sa dajú nájsť jednotlivé slabiny a výhody rôznych, nielen výrobných podnikov. V súčinnosti s poznaním konkrétnych faktorov, ktoré sú esenciálne pre výpočty a následné zefektívnenie jednotlivých podnikových politík, zamestnaneckú nevynímajúc; sa dá predchádzať rôznym excesom, napríklad aj v podobe hromadného, resp. náhleho prepúšťania. Zamestnávatelia by tak svojim zamestnancom poskytli vyššiu garanciu pracovného miesta, nakoľko by efektívnosť operácií a ostatných aspektov dosahovala ideálny stav.

Ak porovnáme dané výsledky z rôznych časových hľadísk, zistíme, že skúmaná spoločnosť má zvládnutú problematiku veľmi dobre. Doobeda prichádzalo do obchodu 21 zákazníkov za hodinu a v prevádzke boli 2 pokladne, t.j. pracovali 2 predavači,pričom celkové náklady na ich zamestnanie boli 9,4496 €. Ak by sme to porovnali so situáciou, kedy by v rámci 3 pokladní pracovali 3 predavači, celkové náklady na ich zamestnanie by stúpli o 3,6555 €, čo by automaticky znamenalo zníženie efektívnosti podniku.

Podobne dopadli výpočty aj v čase poobedňajších hodín, t. j. pri počte zamestnancov 3 sú celkové náklady 15,2489 €. Najmenšie náklady na zamestnancov budú dosiahnuté práve v tomto prípade. Akonáhle by podnik začlenil v poobedňajších hodinách do prevádzky štvrtého zamestnanca, efekt by bol opačný. Tieto náklady by stúpli na hodnotu 18,3203 €, teda o 3,0714 € viac ako v ideálnom prípade.

Kontraproduktívne vyznievajú výsledky večerných výpočtov, kedy reťazec zamestnáva 4 predavačov, avšak ich pracovný potenciál je spravidla nevyužitý. Pri bežnej návštevnosti vo večerných hodinách je preto ideálne dosadiť troch predavačov, ktorí by tak zefektívnili a zároveň znížili výdavky podniku na ľudské zdroje vzhľadom na ich pracovné kapacity. Pre ilustráciu uvádzame, že zatiaľ čo pri 4 zamestnancoch sú celkové náklady 17,9051 €, pri znížení tohto počtu na 3 sa celková hodnota nákladov zníži na 14,3322 €, čo je relevantný rozdiel pre akýkoľvek podnikateľský subjekt.

Je nevyhnutné konštatovať, že všetky podnikateľské subjekty majú v rôznych časových obdobiach rôzne výsledky vzhľadom na zamestnanecké výdavky. Z tohto dôvodu je vhodné, aby tieto prehodnotili a na základe presných výpočtov dokázali stanoviť také množstvo zamestnancov, ktorí by jednak využili svoj pracovný potenciál; na druhú stranu, aby nedochádzalo k porušeniu pracovných zmlúv. Optimalizácia počtu zamestnancov je preto vhodným nástrojom ako sa vysporiadať s neefektívnym hospodárením a zabránením prehĺbeniu sa celosvetovej finančnej krízy.

POUŽITÁ LITERATÚRA

Brezina, I., Ivaničová, Z., Pekár, J. (2002): Operačný výskum. Bratislava: Iura edition, 2002. ISBN 80-89047-43-2

Brezina, I., Ivaničová, Z., Pekár, J. (2007): Operačná analýza. Bratislava: Iura edition, 2007. ISBN 978-80-8078-176-7

Chocholatá, M., Čičková, Z., Furková, A. (2008): Operačná analýza: zbierka príkladov. Bratislava, Iura edition, 2008. ISBN 978-80-8078-177-4

Lauber, J., Hušek, R. (1984): Operační výskum. Praha: SPN, 1984.

Pidany, J. (1992): Systémová a operačná analýza: Modely hromadnej obsluhy. Košice: Edičné stredisko TU, 1992. ISBN 80-7099-098-8

Unčovský, L. (1988): Operačný výskum. Bratislava: Vysoká škola ekonomická, 1988.