

FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY
UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE

Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky



Six Sigma a jej vplyv na produktivitu firmy
DIPLOMOVÁ PRÁCA

BRATISLAVA 2007

Jaroslav Kačmár

FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY
UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE

Ekonomická a finančná matematika



Six Sigma a jej vplyv na produktivitu firmy
DIPLOMOVÁ PRÁCA

Diplomant: Jaroslav Kačmár
Vedúci diplomovej práce: Mgr. Marián Grendár, PhD.
Bratislava 2007

Prehlasujem, že diplomovú prácu som vypracoval samostatne pod vedením
vedúceho diplomovej práce a čerpal som len z uvedenej literatúry.

V Bratislave, 1. mája 2007

Jaroslav Kačmár

Týmto by som chcel vyjadriť poďakovanie môjmu diplomovému vedúcemu, Mgr. Mariánovi Grendárovi, PhD., za jeho čas, ochotu, vedenie pri tvorbe tejto práce a cenné rady z oblasti štatistiky. Tiež by som chcel poďakovať Braňovi Saxovi za rady z oblasti ekonómie, Marekovi Vandákovi za to, že mi zohnal dáta, Veronike Slávikovej za to, že je a nakoniec rodičom za to, že ma celých päť rokov podporovali a verili mi.

Abstrakt

V posledných rokoch do sféry obchodu čoraz viac preniká dôležitosť manažmentu kvality. Jednou z najpoužívanejších metódológií je Six Sigma, ktorej rozmach začal na konci 90. rokov 20. storočia. Jej cieľom je zefektívňovať procesy, či už vo výrobe alebo v službách. V tejto práci najprv manažment kvality a Six Sigma predstavujem, keďže na Slovensku je táto oblasť ešte pomerne neznáma. Ťažiskom tejto práce je empirická štúdia, v ktorej posudzujem vplyv Six Sigmy na produktivitu firiem. Firmy pochádzajú zo sektora výroby elektrospotrebičov pre domácnosť (NACE 29.71). Všetky sú z Francúzska. Výsledkom práce je, že vplyv Six Sigmy sa nepotvrdil u väčšiny sledovaných premenných, a tam kde sa potvrdil, bol negatívny. Výsledky však vzhľadom na malú vzorku nemôžem zovšeobecniť na celý svet.

Kľúčové slová: Six Sigma, TQM, manažment kvality, empirická štúdia

Abstract

In recent years quality management is more and more finding its way into business. Six Sigma, expansion of which began at the end of 20th century, is one of its most used methodologies. Its goal is to systematically improve processes, either in manufacturing or services. This work at first introduces quality management and Six Sigma, as this area is still relatively unknown in Slovakia. The main part of this work is empirical study which measures the impact of Six Sigma on productivity of companies. All companies make electric domestic appliances (NACE 29.71) and are from France. The result of this study is, that the impact of Six Sigma methodology hasn't been confirmed on most of the observed variables. At those few, where this impact was spotted, it was negative. However, considering small sample of companies, I cannot generalize these results.

Keywords: Six Sigma, TQM, quality management, empirical study

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Úvod | 9 |
| 1 Manažment kvality | 11 |
| 1.1 Kvalita ako pojem | 11 |
| 1.2 História manažmentu kvality | 12 |
| 1.2.1 Stredovek a priemyselná revolúcia | 12 |
| 1.2.2 SPC | 12 |
| 1.2.3 Just In Time | 13 |
| 1.2.4 Japonský boom, TQM a Six Sigma | 13 |
| 1.2.5 Námietky | 14 |
| 2 Six Sigma | 15 |
| 2.1 Pojem Six Sigma | 15 |
| 2.2 História | 15 |
| 2.3 Idea | 16 |
| 2.4 Organizácia | 18 |
| 2.5 Metodika | 19 |
| 2.6 Nástroje | 19 |
| 2.6.1 Define | 19 |
| 2.6.2 Measure | 21 |
| 2.6.3 Analyze | 24 |
| 2.6.4 Improve | 25 |
| 2.6.5 Control | 25 |
| 2.7 Kritika | 25 |
| 2.8 Prípadová štúdia | 28 |
| 2.8.1 Fáza Define | 28 |
| 2.8.2 Fáza Measure | 29 |
| 2.8.3 Fáza Analyze | 31 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.8.4 | Fáza Improve | 32 |
| 2.8.5 | Fáza Control | 33 |
| 3 | Georgeov model informačnej rýchlosti | 34 |
| 3.1 | Motivácia | 34 |
| 3.1.1 | Dell | 34 |
| 3.1.2 | Toyota | 36 |
| 3.2 | Informačná rýchlosť | 37 |
| 3.2.1 | Shannonova teória informácie | 37 |
| 3.2.2 | Informačná rýchlosť | 38 |
| 3.2.3 | Nedostatky | 38 |
| 4 | Empirická štúdia | 40 |
| 4.1 | Prehľad literatúry | 40 |
| 4.2 | Formulácia problému | 42 |
| 4.2.1 | Idea | 42 |
| 4.2.2 | Dáta | 42 |
| 4.3 | Analýza | 44 |
| 4.4 | Regresia | 50 |
| 4.5 | Nedostatky | 56 |
| | Záver | 57 |
| | Literatúra | 58 |

Zoznam obrázkov

Úvod

Snaha neustále zlepšovať seba a svoje okolie je typickou črtou človeka. Môžeme ju odsledovať až do praveku, kedy pračlovek začal využívať rôzne kamenné nástroje ako napr. oštep, sekerku alebo dláto, ktoré mu uľahčili dovtedajšie činnosti. Keďže človek je od prírody lenivý (rozumej efektívny, teda chce s čo najmenšou snahou dosiahnúť čo najväčší úžitok), snažil sa vynaliezať čoraz dômyselnejšie nástroje. Vynálezom, ktorý ovplyvnil dejiny asi najviac, je vynález kolesa približne 5000 rokov pre našim letopočtom. Medzi ostatné vynálezy, ktoré asi najviac zmenili tvár sveta určite patria oheň, železo, hodiny, lieky, noviny, automobil, telefón, elektrina, počítače a internet.

S čoraz viac rastúcou populáciou ľudstva začal rásť aj dopyt po výrobkoch, ktorý už manufaktúra nestíhala uspokojovať. Začala sa éra masovej výroby. Jej začiatky siahajú až do roku 1799, kedy Eli Whitney predstavil systém vymeniteľných súčastí. Dovtedy sa všetky veci, napr. zbrane, vyrábali vždy po jednom, celá zbraň bol jeden kus a každý kus bol svojim spôsobom unikátny. Ak sa niektorá časť pokazila, buď sa zbraň musela zahodiť alebo sa celá poslať výrobcovi. Whitney v pôsobivej ukážke pred americkým kongresom rozložil 10 muškiet na jednotlivé súčasti, tie zamiešal a naspäť poskladal 10 plne funkčných muškiet. Toto znamenalo obrovskú zmenu a hlavne úspory vo financovaní armády.

Masová výroba, ako ju poznáme teraz, sa však objavila až v roku 1913, kedy Henry Ford predstavil pásovú výrobu automobilu Ford, Model T. Odvtedy sa masová výroba rozšírila po celom svete a do všetkých odvetví. S rastúcou konkurenciou, a s ňou aj znižujúcimi sa cenami, rástol tlak na znižovanie nákladov. A to, okrem iného, aj cez zefektívňovanie výrobných procesov. Pretože len ten, kto vedel skombinovať vysokú kvalitu výrobkov s nízkymi nákladmi, mohol v celosvetovej konkurencii obstáť. Vynorilo sa množstvo metód, ktoré

si dali za úlohu zefektívniť procesy. Na konci minulého tisícročia však len málo z nich malo taký vplyv ako metóda Six sigma.

Cieľom tejto práce je rozhodnúť, či prostriedky, ktoré firma vynaloží na implementáciu tejto metódy (zaškolenie pracovníkov, úprava strojov, ...) sú efektívne využité, t.j. či by sa rovnaká produktivita nedala dosiahnuť aj bez tejto metódy. Práca je rozdelená do troch častí. V prvej časti, priblížim pozadie problému, keďže na Slovensku je táto oblasť pomerne neznáma. Popíšem históriu manažmentu kvality, metódu Six Sigma, jej históriu, základné piliere, jednotlivé kroky a pozriem sa na jej prednosti a slabiny. Tiež uvediem príklad úspešného využitia. V druhej časti predstavím Georgeov model informačnej rýchlosti, ktorý bol motiváciou tejto práce. V tretej časti budem analyzovať vplyv Six Sigma na produktivitu firiem. Analýza bude spočívať v porovnaní produktívít dvoch skupín firiem z rovnakého sektora, z jednej krajiny, z ktorých jedna skupina Six Sigma implementovala a druhá nie. Na záver výsledky zosumarizujem a vyvodím závery.

Kapitola 1

Manažment kvality

1.1 Kvalita ako pojem

Čo je vlastne kvalita? Slovník slovenského jazyka definuje kvalitu ako *”súhrn podstatných vlastností, príznakov, zvláštností, ktoré odlišujú príslušný predmet alebo jav od iných, akosť niečoho”*. Podľa Americkej spoločnosti pre kvalitu (The American Society for Quality) je kvalita *”subjektívny pojem, pre ktorý má každý svoju vlastnú definíciu. V technickom chápaní môže mať kvalita dva významy: 1. charakteristika produktu alebo služby, ktorá súvisí s jeho schopnosťou uspokojovať potreby. 2. produkt alebo služba bez nedostatkov”*. Každý predmet alebo jav má istú mieru kvality a to, že pre niekoho je kvalitný a pre niekoho nie, súvisí len s citlivosťou vnímania. Predmet alebo služba sú kvalitné, ak spĺňajú očakávania, ktoré sme do nich vložili. Kvalita ako slovo sama o sebe nemá význam, ak sa nevzťahuje na konkrétnu funkciu alebo predmet.

Vo svete obchodu sa za mieru kvality väčšinou považuje chybovosť daného produktu alebo služby. Pre zákazníka je chybovosť produktu jedným z najdôležitejších faktorov. Ak zákazník zistí, že pravidelne kupovaný výrobok je často chybný, rýchlo zmení výrobcu. Vo výrobnjej sfére sa preto zaviedlo mnoho procesov, ktoré sa snažia znižovať chybovosť výrobných procesov, štandardizovať ich. Zaviedli sa celé oddelenia, ktorých úlohou je sledovať a zlepšovať kvalitu. Pod pojmom manažment kvality môžeme rozumieť sledovanie a riadenie procesov, ktoré sú vyvinuté na to, aby zlepšovali kvalitu služieb alebo výrobkov.

1.2 História manažmentu kvality

1.2.1 Stredovek a priemyselná revolúcia

Kontrola kvality, ako taká, má korene už v stredoveku, keď sa remeselníci organizovali do cechov. Ak remeselník vyrábal produkt, ktorý nezodpovedal kvalite akú vyžadoval cech, bol potrestaný alebo vylúčený, a tým pádom stratil značnú časť zákazníkov, ktorí kupovali len výrobky zastrešené cechom. Tento systém vydržal až do priemyselnej revolúcie na začiatku 19. storočia. Z remeselníkov sa stali zamestnanci tovární a zodpovednosť za kvalitu sa presunula na majiteľov tovární. Tí väčšinou zamestnávali inšpektorov, ktorí dohliadali na kvalitu výrobkov. V druhej polovici 19. storočia sa továrne sústredili na produktivitu a s rastúcim počtom výrobkov začala ich kvalita upadať. Tá sa zastavila až začiatkom 20. storočia, kedy sa do kontroly kvality začlenil už aj samotný proces, nielen finálne výrobky.

1.2.2 SPC

Priekopníkom v tejto oblasti bol Walter Shewhart, ktorý si uvedomil, že každý proces poskytuje dáta. Napríklad, ak stroj rezal kmene stromov na dosky, tak dátami boli šírka, výška, hrúbka a váha dosky. Shewhart tieto dáta analyzoval pomocou štatistických metód, aby zistil, či je tento proces pod kontrolou. Týmto položil základy štatistického riadenia procesu (Statistical process control - SPC). SPC metóda používala napr. riadiace grafy (control charts), pomocou ktorých sledovala kolísanie nameraných hodnôt a odhaľovala ich príčiny. SPC nabrala na význame počas druhej svetovej vojny. USA si nemohlo dovoliť mať nekvalitné zbrane, no nemohla si ani dovoliť kontrolovať každý jeden výrobok samostatne a tak vláda začala od dodávateľov vyžadovať istú mieru kvality, ktorá bola kontrolovaná vzorkovým testovaním a používaním SPC. Po skončení vojny a vojenských objednávok firmy prestali tieto metódy využívať. No na druhej strane Pacifiku, Japonsko, ktoré bolo dovtedy známe nekvalitnými výrobkami, zmenilo stratégiu a začalo sa sústreďovať na kvalitu. S pomocou dvoch amerických expertov na kvalitu, Deminga, ktorý je najznámejší nasledovník Shewharta, a Jurana, zaviedli nový "total quality" prístup. Sústredili sa na vylepšovanie celého procesu cez ľudí, ktorí tento proces tvorili a nie na kontrolu finálnych výrobkov.

1.2.3 Just In Time

Paralelne s nimi, Taichii Ohno a Shigeo Singo z Toyoty začali využívať všetky poznatky, ktoré získali okrem iného aj od Henryho Forda, zakladateľa pásovej výroby. Ohno a Singo si uvedomili, akú veľkú úlohu hrajú zásoby, flexibilita a to, že ľudia môžu priniesť firme viac ako len svoje svaly. Tieto a ďalšie poznatky skoncentrovali do metódy Just In Time (JIT). Zatiaľ čo SPC sa sústreďovalo na bezchybnosť procesu, JIT sa sústreďovalo na rýchlosť procesu. Hlavným cieľom JIT bola rýchla prispôsobivosť požiadavkám zákazníkov, eliminácia plytvania (pod plytvaním sa myslí napr. aj čas, keď hotový výrobok musí čakať na odvoz) a eliminácia procesov, ktoré nepridávajú produktu na hodnotu. Táto metóda bola časom vylepšovaná a v roku 1990 ju James Womack pomenoval Lean. Tento názov sa udržal až dodnes.

1.2.4 Japonský boom, TQM a Six Sigma

Japonsko začalo exportovať vysoko kvalitné a zároveň lacné výrobky do celého sveta. Americkí výrobcovia si to najprv neuvedomovali a neskôr nepripúšťali, že by ich Japonci mohli ohroziť. Hlavnou chybou bolo, že očakávali, že japonské výrobky im budú konkurovať iba v cene a nie v kvalite. Začali preto znižovať výrobné náklady a obmedzovať import. To však nemalo žiadny vplyv na zlepšenie kvality amerických výrobkov a tak zatiaľ čo ceny sa vyrovnali, kvalita japonských výrobkov bola vyššia a Japonci začali preberať väčšinu amerického trhu. A tak na začiatku 80. rokov šéfovia najväčších amerických spoločností zavelili do protiofenzívy. Začali klásť hlavný dôraz na kvalitu a to nielen pomocou štatistických metód, ale aj v celkovom prístupe k organizácii podniku, založenom na účasti každého jedného zamestnanca a orientácii na potreby zákazníkov. Tento prístup sa stal známym ako Total Quality Management - TQM. Nasledovalo niekoľko ďalších iniciatív, ktoré oceňovali kvalitné výrobky. Medzi najznámejšie patria ISO 9000 a Malcolm Baldrige National Quality Award. Medzičasom sa začali vynárať ďalšie viac, či menej známe metódy, ktoré mali firmám pomôcť vyrábať len kvalitné produkty za čo najnižšie ceny. Za všetky spomeniem napr. Taguchiho metódy, TOC alebo Six Sigma. Práve Six Sigma, ktorá vznikla v roku 1986 v Motore, sa po dominancii TQM v 80. rokoch, stala hlavnou metódou 90. rokov minulého a prvých rokov tohto storočia.

1.2.5 Námietky

To, či za japonským boomom stálo uplatňovanie štatistických metód je však spochybňované niektorými prácami, ako napr. Uno (1987). Tá pripisuje tento boom iným faktorom:

- vďaka vojne v Kórei zahraničné firmy pumpovali milióny dolárov do Japonska, čo zabezpečilo dostatočný kapitál na rozvoj
- zmena z poľnohospodárstva a ľahkého priemyslu na chemický a ťažký priemysel v rokoch 1955 - 1964
- liberalizácia a otvorenie ekonomiky v rokoch 1965 - 1970, ktoré sa prejavilo vo vysokom ekonomickom raste
- sústredenie sa na high-tech priemysel a služby v 80. rokoch, čoho následkom bolo Japonské prvenstvo v medzinárodných patentoch

Kosai a Ogino (1984) to pripisujú vzdelanej a disciplinovanej pracovnej sile. Okita (1980) spomína, že prvotný boom prišiel vďaka mierovým dividendám po druhej svetovej vojne v rámci demilitarizácie.

Kapitola 2

Six Sigma

2.1 Pojem Six Sigma

Názov tejto metódy, Six Sigma, je odvodený zo štatistiky. V nej sa Sigma tradične označuje štandardná odchýlka. A prečo Six? Vyjadruje sa tým to, že priemer (pôvodný požadovaný cieľ) a limit, pre ktorý sa výrobky ešte považujú za dobré, sú od seba vzdialené minimálne šesť štandardných odchýliek. Väčšina firiem funguje na úrovni 3-4 sigma.

2.2 História

Otcom Six Sigma metódy sa označuje Bill Smith z Motoroly a za rok narodenia rok 1986. Smith v skutočnosti nevynašiel novú metódu, on len zobral dovedy známe metódy (nástroje), ktoré sú súčasťou manažmentu kvality a zložil z nich metódu, ktorá prekonala svojich predchodcov. Motorola, ktorá si nechala Six Sigma zaregistrovať ako obchodnú značku, odhaduje, že za 20 rokov jej táto metóda ušetrila 17 miliárd dolárov. Prvé firmy, ktoré ju od Motoroly prevzali, boli firmy Allied signal a General Electric (GE).

Práve šéf GE, Jack Welch, sa hádam najviac zaslúžil o to, že Six Sigma sa dostala do povedomia väčšiny manažérov amerických firiem. Jeho nadšenie pre Six Sigma bolo obrovské a postupne ju zavádzal do všetkých oblastí firmy. O tri roky Welch vyhlásil, že Six Sigma im ušetrila 750 miliónov dolárov, už po odrátaní nákladov na implementáciu. Hodnota akcií GE sa od roku 1995, kedy Six Sigma začali využívať, strojnásobila. Možno aj preto je General

Electric najobdivovanejšou firmou pre ľudí z podnikateľskej oblasti (Profit 23.8.2006).

Odvtedy túto metódu prebralo nespočetné množstvo firiem po celom svete a čoraz viac sa táto metóda dostáva už aj na Slovensko. Z tých najznámejších slovenských firiem, ktoré implementovali Six Sigma aspoň do niektorej svojej oblasti, sú to napr. Slovak Telecom, Volkswagen, U.S. Steel, T-Mobile, Allianz a Tatrabanka. Aj tak je však Six Sigma na Slovensku ešte vždy pomerne neznáma. Six Sigma sa z metódy na znižovanie chýb produktov časom premenila na filozofiu, ktorú využívajú aj firmy, ktoré nevyrábajú produkty. Druhou najväčšou oblasťou po výrobe, v ktorej sa Six Sigma využíva, sú služby.

2.3 Idea

Six Sigma je metodológia založená na viacerých princípoch, z ktorých hlavné sú:

- orientácia na zákazníka - dôraz na zvyšovanie spokojnosti zákazníka
- orientácia na zamestnancov - motivácia a vytváranie príležitostí na zlepšenie pre každého zamestnanca
- orientácia na dáta - dôraz na dôležitosť dát, ich zber a analýza dát
- orientácia na procesy - "všetko je proces" prístup, a zlepšovanie každého procesu

Tieto štyri princípy v sebe skrývajú celú filozofiu Six Sigma. Prvý princíp hovorí o tom, že zákazník je najdôležitejší. Dôraz sa kladie na zisťovanie potrieb zákazníkov a dopadov jednotlivých procesov na nich. Dôležité je uvedomenie si, že zákazník si nevšima, aké sú priemerné výsledky firmy, ale vníma hlavne výchyľky od normálu a hodnotí to ako nedostatok.

Druhý princíp hovorí o zapojení každého zamestnanca do procesu. Keďže každý zamestnanec spoluvytvára produkt firmy, tak by mal mať aj každý zamestnanec príležitosť zlepšovať súčasný stav. Dôležité je tiež vyčlenenie pracovníkov, ktorí sa plne venujú len implementácii Six Sigma. A výnimočne dôležitá je podpora vedenia firmy, bez ktorej už zlyhala implementácia v nejednej firme.

Tretí princíp hovorí o dôležitosti dát. Ich zber a ich analýza je druhou najpodstatnejšou časťou implementácie metódy a jedna z hlavných plusov tejto metódy. Využívajú sa overené metódy zberu dát a ich analýza potom prebieha pomocou známych štatistických nástrojov. Častokrát sa zozbierané výsledky len graficky zobrazia, aby boli ľahšie analyzovateľné.

A štvrtým princípom je uvedenie si, že každá činnosť je proces. Zmapovanie všetkých, ale naozaj všetkých činností je základom metódy. Ďalej to, že žiaden proces nie je dokonalý, každý má výchyľky od normálu a každý sa dá zlepšiť. Six Sigma je predovšetkým štandardizovaná metodológia orientovaná na proces a zlepšovanie kvality pomocou štatistických nástrojov.

Proces sa vo všeobecnosti považuje za Six Sigma proces, ak vykazuje maximálne 3.4 chyby na milión príležitostí (Defects per million opportunities - DPMO). Proces, ktorý má normálne rozdelenie je Six Sigma vtedy, ak bude mať 3.4 častí z milióna za bodom, ktorý je vzdialený 4.5 sigma od priemeru. Zvyšných 1.5 sigma je tzv. Six Sigma posun (Six Sigma drift), ktorý vyjadruje to, že každý proces (jeho priemer) sa časom posunie o ± 1.5 sigma. Tento posun bol prvýkrát spomenutý Harrym Mikelom, ktorý to určil na základe dlhodobého skúmania procesov. DPMO bol na začiatku jeden z hlavných cieľov Six Sigmy. Jeho výpočet je nasledovný:

$$DPMO = \frac{\text{počet chybných výrobkov}}{\text{celkový počet výrobkov} * \text{počet príležitostí na chybu}} * 10^6$$

Pod počtom príležitostí na chybu sa myslí napríklad počet súčiastok, ktoré sa môžu v danom produkte pokaziť alebo počet kolóniek, ktoré môže niekto zle zaškrtnúť.

Príklad výpočtu DPMO:

Nech firma vyrába 5000 kusov. Nech 4300 z nich spĺňa požiadavky. Každý produkt sa skladá z 8 jednoduchých súčiastok, z ktorých teoreticky môže byť každá chybná. Teda každý produkt má 8 príležitostí na chybu. V našom prípade teda $DPMO = \frac{5000-4300}{5000*8} * 10^6 = 17500$, čo zhruba zodpovedá úrovni 3.6 sigma.

V Six Sigme sa používajú vopred dané jednoznačné postupy a viaceré, viac či menej zložité nástroje, predovšetkým z oblasti manažmentu a štatistiky. Postup má zabezpečiť, aby sa cieľ dosiahol za čo najkratší čas, s čo najmenším

počtom chýb. Dbá sa na podrobnú analýzu všetkých krokov procesu, aby sa nezanedbal ani jeden, hocako nepodstatný sa môže zdať. Zároveň sa zavedie (ak dovtedy neexistovalo) meranie výstupov všetkých krokov, aby sa aj po skončení projektu mohol monitorovať progres.

Pre Six Sigma a jej základnú metodiku DMAIC existuje dôvod ak:

- proces nespĺňa zákaznícke požiadavky (najmä na čas reakcie)
- nie sú jednoznačne identifikované príčiny problému
- nevieme ako odstrániť príčiny problému

2.4 Organizácia

Six Sigma ma väčšinou pevnú organizačnú štruktúru. Na jej vrchole je generálny riaditeľ, člen predstavenstva alebo majiteľ firmy, ktorý rozhoduje či a v ktorej oblasti sa má Six Sigma implementovať. Pod ním sú tzv. šampióni, ktorých úlohou je identifikovať možnosti zlepšenia a rozhodnúť o prioritách jednotlivých akcií na základe očakávaných prínosov. Oni vyberajú projekty, za ktoré zodpovednosť nesú sponzori. Projekt je priamo implementovaný Master Black Beltmi, Black Beltmi a Green Beltmi.

Master Black Belti majú na starosti tréningovanie Black Beltov a Green Beltov. Black Belti sú zamestnanci, ktorí sú podobne ako Master Black Belti plne vyčlenení na daný projekt. Môžu to byť aj noví zamestnanci prijatí špeciálne kvôli projektu. Ich "výcvik" môže trvať až mesiac. Green Belti sú zamestnanci, ktorí sa projektu venujú len na part-time (zvyšok času sa venujú svojim obvyklým povinnostiam) a neprešli takým intenzívnym tréningom ako Black Belti, obvykle to býva týždňový tréning. Ostatným zamestnancom sa však takisto musí zdôrazňovať dôležitosť projektu a vyžadovať od nich plnú spoluprácu. V súčasnej dobe sa už čoraz častejšie využívajú aj White Belti, ktorí majú ešte menší tréning ako Green Belti. Táto hierarchia však nemusí byť naplno využitá. Sú prípady, kedy najvyšší potrebný článok je Black Belt, hlavne pri menších a menej komplikovaných projektoch.

2.5 Metodika

Základným pilierom metódy Six Sigma je metodika DMAIC pre vylepšenie už existujúceho procesu, resp. DMADV pre vytvorenie nového, takmer bezchybného procesu.

DMAIC:

- Define - zdefinovať si ciele, ktoré chceme dosiahnuť
- Measure - porozumieť procesu a zozbierať dáta
- Analyze - analyzovať dáta a určiť hlavné problémy
- Improve - vylepšiť proces jednotlivými nástrojmi Six Sigma
- Control - pravidelná kontrola nového procesu

DMADV:

- Define - zdefinovať si ciele, ktoré by mal nový proces naplniť
- Measure - určiť, čo je podstatné pre klienta, odhadnúť možné riziká
- Analyze - vymyslieť viacero alternatív a z nich vybrať tú najlepšiu
- Design - doladiť proces, testovať na simuláciách
- Verify - overiť a implementovať proces

Podrobne sa budem zaoberať hlavne metodikou DMAIC a jej nástrojmi.

2.6 Nástroje

Six Sigma používa vopred definované manažérske a štatistické nástroje. Použitie nástrojov je väčšinou dané (SIPOC v Define, Pareto diagram v Analyze,...), no môže sa líšiť od prípadu k prípadu. Niektoré nástroje môžu byť využité aj vo viacerých fázach za sebou, niektoré nemusia byť využité vôbec. Pre každú fázu uvediem niekoľko nástrojov, ich stručný popis a použitie.

2.6.1 Define

Cieľom fázy Define je určiť, čo je podstatné pre firmu a hlavne pre zákazníka. Prvým krokom je identifikovanie všetkých príležitostí a vybrať z nich ten, ktorý má najväčší potenciál prínosu. Druhým je ujasnenie si cieľov, ktoré sa majú dosiahnuť a vybrať tím. Ten má za úlohu spoznať a pochopiť požiadavky zákazníkov, ujasniť si čo je problém, odkiaľ pochádza, a čo všetko

spôsobuje. Nástroje používané v tejto fáze sú prevažne "manažérske".

VOC - Voice of customer - Hlas zákazníka

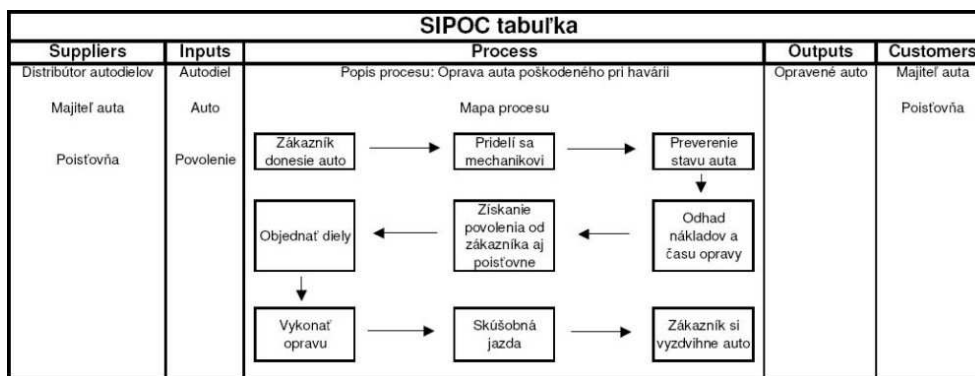
Požiadavky zákazníkov sú zisťované pomocou prieskumu. Otázky v ňom musia byť pozorne zostavené, aby nebolo potrebné pýtať sa zákazníkov viackrát a odpovede boli čo najpresnejšie. Jedným z riešení sú napr. preddefinované odpovede. Pomocou VOC sa zistia CTQ požiadavky (Critical to quality - Kritické pre kvalitu).

SIPOC tabuľka

Dôležité je tiež zostaviť detailnú mapu procesu, ktorá tímu pomôže v ďalších fázach. Na to sa využíva napr. SIPOC tabuľka, ktorá má preddefinovanú štruktúru. Písmená v názve reprezentujú jednotlivé oblasti mapovania:

- S - Suppliers - Dodávateľia
- I - Inputs - Vstupy
- P - Process - Proces
- O - Outputs - Výstupy
- C - Customers - Zákazníci

Príklad SIPOC tabuľky:



FMEA

FMEA (Failure modes and effects analysis - Analýza možných chýb a ich dôsledkov) identifikuje budúce možné problémy, určuje nástroje a osoby, po-

mocou ktorých sa budú riešiť. Má formu tabuľky, kde sa zapíše každý možný problém, priradí sa mu miera závažnosti a určí osoba, ktorá ho má na starosti.

Brainstorming

Samozrejmom súčasťou kreatívnej atmosféry je brainstorming. Brainstorming je metóda, ktorá má za úlohu zozbierať nápady ohľadne daného problému. Väčšinou prebieha formou voľnej diskusie, kde každý povie svoj nápad, ktorý sa zapíše. V tejto fáze sa však žiadny nápad nekritizuje a každý by mal dostať šancu prezentovať svoj nápad, dôležitá je kvantita.

Ostatné nástroje

Medzi ďalšie nástroje patria napríklad CBA (Cost-Benefit Analysis - Analýza nákladov a prínosov), ktorá pomáha vybrať zameranie projektu, Affinity diagram, ktorý pomáha organizovať chaos, alebo Kanov model, ktorý pomáha určiť dôležitosť jednotlivých nápadov.

2.6.2 Measure

Fáza Measure má za úlohu zozbierať dáta jednotlivých krokov procesu. V tejto fáze prevažujú štatistické nástroje. Dôležité je určiť správny merací systém ako aj to, ktoré časti procesu sa budú merať, keďže merať všetky časti by bolo nákladné. Najčastejšie používané nástroje na určenie, ktorý proces chceme merať sú Procesná mapa, Fishbone diagram, C & E matica (Cause & Effect matrix - Matica príčin a následkov), Riadiaci graf a Analýza vstupov procesu.

MSA - Measurement system analysis - Analýza meracieho systému

Zvolenie meracieho systému je dôležité. Často sa stáva, že meracie nástroje nie sú nakalibrované. Správne namerané dáta musia byť presné a precízne. Pod týmito dvoma pojmami sa myslí to, že dáta musia vystihovať meranú udalosť, no dôležitá je aj presnosť (jemnosť) nameraných dát. Aby bol systém považovaný za vhodný, vyžaduje sa od neho, aby:

- bol spoľahlivý
- bol opakovateľný

Pod spoľahlivosťou sa myslí to, že tá istá udalosť vykonávaná rôznymi ľuďmi, dá približne rovnaké výsledky. Pod opakovateľnosťou sa myslí to, že jedna a

tá istá udalosť, vykonávaná tou istou osobou viackrát, dá približne rovnaké výsledky.

Procesná mapa

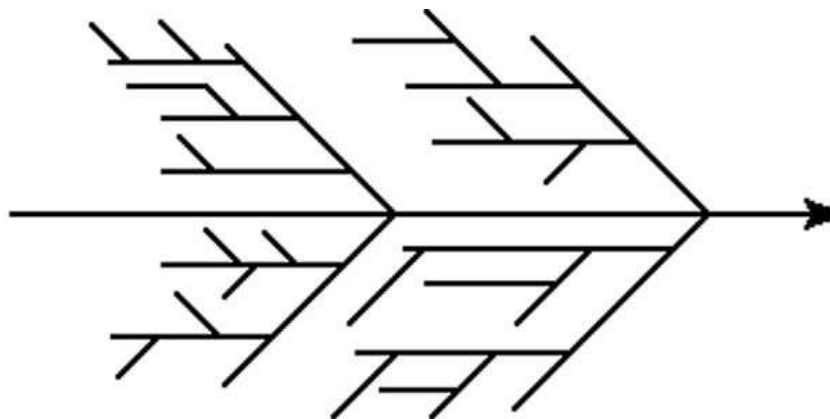
Procesná mapa je schéma, kde sú zakreslené všetky kroky procesu a presuny medzi nimi. Príklad uvediem neskôr, v prípadovej štúdií.

Fishbone diagram

Ten je známy aj pod pojmom Ishikawov diagram. Jeho úlohou je nájsť príčiny, resp. veličiny, ktoré ovplyvňujú výstup procesu, a to v predpísaných kategóriách. Väčšinou sú to ľudia, metódy, materiál a vybavenie. Medze sa však nekladú a rozoberať sa môže ľubovoľná kategória. Hlavnou metódou je pýtať sa prečo, a to až do 3-4 rádu. Napríklad:

- Prečo odchádza pošta neskoro? Pretože sa to nestíha zabaliť.
- Prečo nestíhate zabaliť všetky veci? Pretože sa často kazí kopírka a používa ju veľa ľudí.
- Prečo sa často kazí kopírka? Pretože sa zasekávajú papiere.
- Prečo sa zasekávajú papiere? Pretože je tam vysoká vlhkosť vzduchu a papiere sa lepia dokopy.

Rýchlym riešením je dokúpiť ďalšie kopírky pre zredukovanie počtu užívateľov a urobiť niečo s vlhkosťou v kopírovacej miestnosti. Fishbone diagram pripomína kosťu ryby (odtiaľ jeho názov), kde každá "kostička" znamená jeden dôvod. Prázdny diagram môže vyzeráť napr. takto.



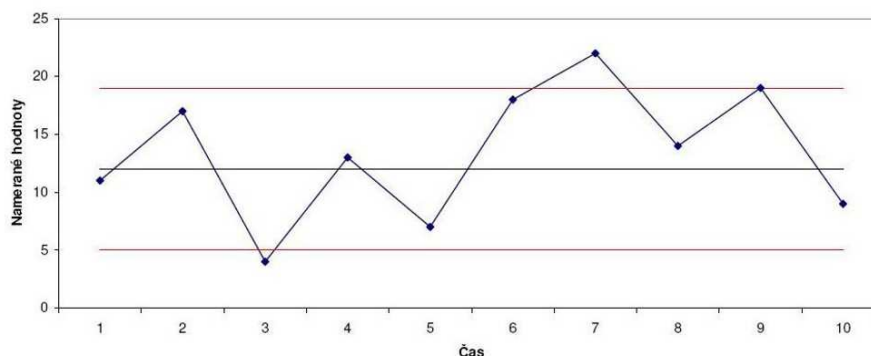
Cause & Effect matica

V C&E matici sa zaznamenávajú všetky príčiny, ktoré boli získané napr. aj pomocou Fishbone diagramu. Každá sa však porovnáva s požiadavkami, ktoré sú kritické pre zákazníkov a zapisuje sa známka ich vplyvu na danú požiadavku. Tieto požiadavky takisto majú váhu dôležitosti u zákazníkov. Pre každú príčinu sa uvedie vážená suma známk. Príčiny s najvyšším výsledkom sú kandidátmi na prvotné meranie. Príklad C&E matice:

| | Parametre výstupu | Chuť kávy | Teplota kávy | Sila kávy | | |
|-------------------------|------------------------------|-----------|--------------|-----------|-----|-------|
| | Váha dôležitosti | 10 | 8 | 6 | | |
| Parametre vstupu | Korelácia vstupov a výstupov | | | Spolu | % | |
| Vyčistiť karafu | | 3 | | 1 | 36 | 15,52 |
| Naplniť karafu vodou | | 9 | | 9 | 144 | 62,07 |
| Naliať vodu do kávovaru | | 1 | | 1 | 16 | 6,90 |
| Dať filter do kávovaru | | 3 | | 1 | 36 | 15,52 |

Riadiaci graf

Každá opakovaná činnosť vykazuje isté známky variácie. Keď sa niekto podpíše 10-krát, všetky podpisy budú podobné, no žiadne dva nebudú rovnaké. Variácia je však v určitých vopred predpokladaných limitoch. Ak nás niekto udrie pri podpisovaní do ruky, podpis sa bude viditeľne líšiť. Prípady, kedy sa proces správa neštandardne, pomáha odhaliť riadiaci graf. V riadiacom grafe sa zaznamenávajú hodnoty daného procesu, ich kolísanie v čase. Graf vypovedá o stabilite procesu. Pre určenie prirodzeného rozptylu sú dané kontrolné limity (horný a dolný). Všetko, čo presiahne nami stanovené limity, je potrebné preskúmať. Príklad riadiaceho grafu je na obrázku:

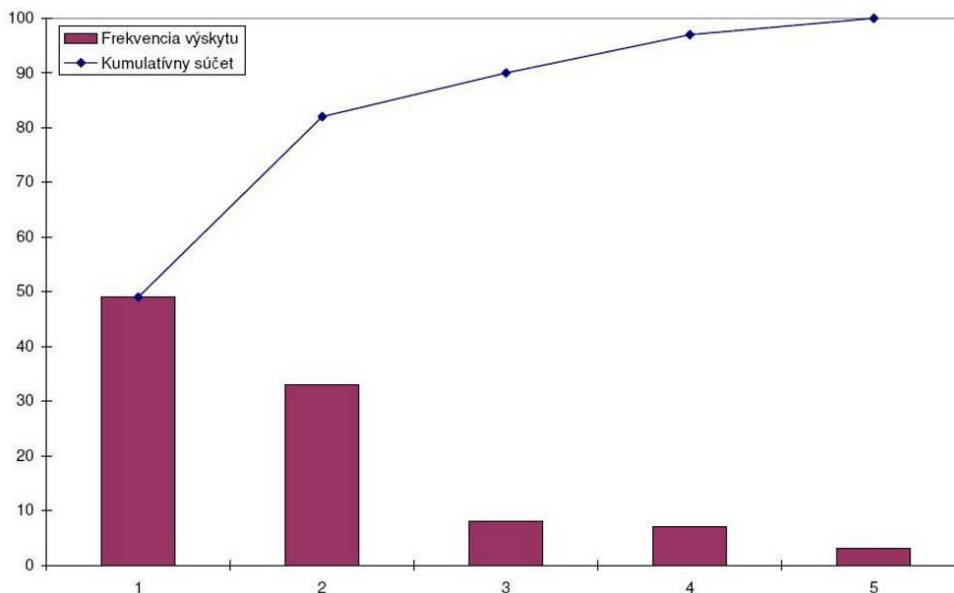


2.6.3 Analyze

V tejto fáze sa analyzujú výsledky, ktoré boli získané vo fáze Measure. Tím sa snaží určiť, na ktoré oblasti treba zamerať zlepšenia a analyzovať dopady jednotlivých zmien. Používajú sa prevažne nástroje, ktoré majú graficky názorne ukázať jednotlivé namerané dáta, ako napr. Pareto diagram, histogram a scatter ploty. Druhou skupinou sú nástroje, ktoré pomáhajú určiť možné dopady budúcich zmien ako napr. regresná analýza a DOE (Design Of Experiments - plánovanie experimentu).

Pareto diagram

Pareto diagram je stĺpcový graf pre diskkrétne údaje, vyjadrujúci frekvenciu výskytu príčin chýb. Tieto sú usporiadané vzostupne. Na grafe je zároveň krivka, ktorá reprezentuje súčet frekvencií daných príčin do daného bodu, rátaná zľava. Názov pochádza z mena talianskeho ekonóma Vilfreda Pareta, ktorý v roku 1906 odhadol, že 80% bohatstva v krajine pochádza od 20% ľudí. V 40. rokoch minulého storočia Josphe M. Juran potvrdil tento odhad a nazval ho Paretovým princípom. Ten sa dá aplikovať na mnoho vecí a vo výrobnjej sfére sa ujalo, že 20% chýb následne spôsobuje 80% problémov. Môže vyzeráť tak, ako na obrázku:



Histogram, scatter plot a regresná analýza sú známe nástroje a nebudem ich tu rozpisovať.

DOE

DOE (Design of experiments - Plánovanie experimentu) je proces, ktorý pomáha určiť dôsledky zmeny vstupov na výstupy. Prebieha tak, že sa do tabuľky zapíšu všetky možné kombinácie vstupov a vopred danou "rovnicou" sa pre ne vypočítajú výstupy. Pre každé nastavenie vstupu sa urobí niekoľko pokusov. Pre každú kombináciu vstupov sa vypočíta priemer a smerodajná odchýlka. Parametre procesu sa potom nastaví na kombináciu, ktorá dosiahla najlepšie výsledky.

2.6.4 Improve

Vo fáze Improve sa navrhujú a implementujú nové riešenia. Návrhy sa získavajú pomocou brainstormingu. Z nich sa vyberú najlepšie a tie prejdú do fázy testovania. Sleduje sa ich dopad na proces a po overení účinnosti sa dané riešenia plne implementujú. Môže sa použiť aj postprocesná CBA.

2.6.5 Control

Vo fáze Control sa dokumentujú, zverejňujú a oceňujú dosiahnuté výsledky. Zároveň sa kontroluje, či je zmenený proces stabilný.

2.7 Kritika

Samozrejme, ako každá vec na svete, aj Six Sigma ma svojich kritikov. Jedna skupina kritikov pochádza z konkurenčného tábora iných zefektívňovacích metód, ako napr. Lean, TOC, ITIL a pod. Jedným z ich argumentov je napr. príliš dlhá doba implementácie, keďže výsledky sa málokedy dostavia skôr ako za pol roka, a väčšinou to je niekoľko (1-3) ročný proces. Ďalším argumentom je to, že Six Sigma je zameraný len na elimináciu variácie, no nedáva sa na rýchlosť procesu a elimináciu plytvania, t.j. vylepšený proces môže trvať dvakrát dlhšie a jednotlivé procesy môžu na seba čakať. Tento problém rieši napr. metóda Lean Six Sigma, ktorá spája to najlepšie z oboch metód, je však ešte málo využívaná.

Druhá skupina kritikov je z radu tých, ktorí sa snažili Six Sigma implementovať, no z nejakého dôvodu to neprineslo očakávané výsledky. Zástancovia Six Sigmy neúspech často zvädzajú na nedostatočné angažovanie sa vedenia firmy v implementácii, prípadne zastavenie implementácie príliš skoro na to, aby boli výsledky viditeľné.

Treťou skupinou sú ľudia, ktorí sú úplne mimo "business" sféry, napr. niektorí štatistici, ktorí upozorňujú na nízku vzdelanostnú úroveň štatistikov v niektorých firmách a veľakrát slepé, automatické používanie nástrojov bez hlbšej znalosti problematiky. Banks (1993) upriamil svoju kritiku na nástroje. Pareto diagramu napr. vyčíta, že automaticky zvädza k riešeniu najvyššieho problému, bez ohľadu na cenu korekcie daného problému, aj keby bolo jednoduchšie vyriešiť menej závažný problém s jasným riešením a nižšími nákladmi. Fishbone diagramu vyčíta, že negarantuje, že všetky možné činitele boli spomenuté. Slepé riadenie podľa diagramu a nepripustenie si inej možnosti môže potom viesť do slepej uličky. Ďalej mu vyčíta, že v sebe nezahrňa mieru interakcie medzi vzájomnými činiteľmi. Vo firmách, kde nevládne tímový duch, tiež môže viesť k zvaľovaniu zodpovednosti na iné oddelenia. Väčšinu manažérskych nástrojov nazýva len zhrnutím "common sense", teda akéhosi sedliackeho rozumu, čo je v poriadku, ak sa ich používanie nestane rutinou a nezabudne sa na korene problému. Banks spomína jednu diskusiu, ktorá sa točila prevažne okolo toho, ako nastaviť horné a dolné kontrolné limity riadiaceho grafu a veľmi málo pozornosti sa venovalo dôvodom daného stavu. Na druhej strane však uznáva, že tieto nástroje môžu byť užitočné, nesmú sa však brať príliš dogmaticky.

Ďalšou kritikou je miera prínosu Six Sigmy. Niektorí kritici pripisujú prínos Six Sigmy Hawthornovému efektu. Pojem Hawthornov efekt pochádza z konca 20. rokov minulého storočia a hovorí o tom, že zamestnanci, ktorí sú sledovaní (meranie jednotlivých činností je svojim spôsobom sledovanie) automaticky podávajú lepšie výkony, bez ohľadu na vykonané zmeny. Vychádza zo série experimentov v továrni Hawthorne Works. Cieľom pôvodného experimentu bolo sledovať vplyv miery osvetlenia na produktivitu firmy. Výskumný tím s prekvapením zistil, že produktivita firmy stúpala bez ohľadu na zmenu osvetlenia. To bol impulz k ďalšej sérii experimentov, kde sa potvrdilo, že takmer vo všetkých prípadoch produktivita stúpala, dokonca aj keď sa podmienky práce nezmenili.

Čoraz väčšia komplikovanosť jednotlivých nástrojov je tiež kritizovaná. Komplikované nástroje sa niekedy automaticky používajú pri každej príležitosti, pričom ich uplatnenie väčšinou zaberie mnoho času. Jeden prípad, kde sa mi zdá využitie Six Sigma zbytočným luxusom, je prípad z dot-com éry. Internetové firmy vtedy vznikali ako huby po daždi a tak vznikla aj internetová banka. Tá chcela zlepšiť svoje služby, hlavne prijímanie vkladov, ktoré prebiehalo pomocou šekov, ktoré boli posielané poštou. Na začiatku sa rozhodlo, že tie sa budú zasielať na lokálne pošty a odtiaľ sa preposielali do centrály. Doba doručenia sa im však zdala prídlhá a preto si na pomoc zavolali Six Sigma. Pomocou nej za 6 mesiacov zistili, že efektívnejšie je posielat šeky priamo do centrály. Vďaka Six Sigme im to trvalo pol roka. Na toto riešenie sa asi dalo prísť aj jednoduchším spôsobom.

Mnoho firiem naskočilo na "trend" Six Sigma, *"keď to robia iní, tak prečo my nie"* a časť z nich doplatila na drahé vstupné náklady. V jednej spoločnosti manažment rozhodol, že chce používať Six Sigma, firma preto investovala nemalé peniaze do tréningu zamestnancov. Zamestnanci však už pri fáze Define stroskotali na tom, že nemajú zmapované a upratané ani základné procesy a tým pádom nevedeli, čo vlastne chcú vylepšovať, či vôbec existuje nejaký problém a Six Sigma sa preto odložila na neurčito. Goeke a Offodile (2005) sa vo svojej práci zaoberali práve tým, či je Six Sigma len "trend", akési manažérske poblúznenie. Porovnávali vývoj počtu publikovaných článkov pre TQM a Six Sigma. Zistili, že vývoj je veľmi podobný (objav, trend, pochyby, rozčarovanie, používanie len tvrdými zástancami) a predpovedali, že Six Sigma o 5-6 rokov nahradí niečo iné. Hovorí však aj o tom, že aj keď sa TQM ako metodológia už nepoužíva, niektoré jej základy sú dnes bežnou súčasťou manažmentu a to isté predpovedajú aj Six Sigma.

Spomedzi ďalších výčítiek spomeniem ešte napr. prehnané množstvo vecí, ktoré sa ľudia naučia už v základnom tréningu a sú potom nevyužívané, alebo to, že väčšina nástrojov počíta s tým, že dáta majú normálne rozdelenie, čo nie je vždy pravda.

2.8 Prípadová štúdia

Implementáciu Six Sigma a využitie niektorých nástrojov stručne ukážem na prípadovej štúdii jednej IT firmy, presnejšie jej call centra. IT služby sú rozšírené a preto každá IT firma poskytujúca služby si je vedomá, že jej zákazníci majú na výber. V tomto prípade, si naša firma X dala urobiť prieskum externou agentúrou a zistila, že jej pozícia na trhu nie je taká bezpečná ako si myslela. Firma bola porovnávaná s priemernými firmami v danom sektore, ako aj s firmami, ktoré sú zákazníkmi vnímané najlepšie.

Firma dosahovala priemernú spokojnosť 72.6%, zatiaľ čo priemerné firmy dosahovali spokojnosť 76.4% a najlepšie až 87.2%. Firma si uvedomila, že treba niečo robiť a rozhodla sa implementovať Six Sigma. Zo zistení externej firmy ďalej vyplynulo, že spokojnosť zákazníkov nemá veľký súvis s nákladmi spojenými na jeden hovor. Najlepšie firmy dokonca mali náklady na jeden hovor v priemere až o 10\$ menej ako firma X, 26\$ pre najlepšie firmy oproti 36\$ pre firmu X. Teda neplatí, že čím väčšie náklady na jeden hovor (lepšie počítače, drahší zamestnanci, ...), tým väčšia spokojnosť zákazníkov. Spravil sa preto regresný model, kde sa sledoval nárast nových zákazníkov v závislosti na:

- dobe, kedy zákazník čaká na linke
- počet prepojení medzi rôznymi operátormi
- doba hovoru

62% R^2 nespĺňalo úplne predstavy manažmentu, no aj tak sa rozhodli zamerať sa na tieto parametre. Dostupné dáta ešte umožnili porovnanie čakacej doby firmy. Tá bola 4.7 minúty oproti 4.2 min. pre priemerné firmy a 1.8 min. pre najlepšie firmy. Manažment videl veľký priestor na zlepšenie a tak sa definitívne rozhodol vyčleniť ľudí a financie pre DMAIC projekt.

2.8.1 Fáza Define

Vo fáze Define firma urobila tri kroky:

1) zdefinovala si jasné ciele projektu

Hlavným cieľom bolo zvýšiť spokojnosť zákazníkov zo súčasných 73% na 85% do 1 roka bez zvýšenia nákladov na jeden hovor. Tým by sa mal zvýšiť aj rast firmy zo súčasných 1% na 4% , čo by malo priniesť nový príjem okolo 3 miliónov. Spoločne s cieľom nezvýšiť náklady na jeden hovor, by čistý zisk

mal stúpnuť o 2 milióny.

2) identifikovať všetkých zákazníkov, interných aj externých a ich požiadavky. Všeobecne platí, že proces má "zákazníkov", ktorí sú zrejmí od začiatku a tých, ktorí takí zrejmí nie sú. Pod zrejmými "zákazníkmi" sa myslia hlavne zákazníci, ktorí platia za služby alebo zamestnanci iných oddelení, ktoré sú závislé od sledovaného oddelenia. Takisto nie sú zrejmé všetky závislosti jednotlivých častí procesov. Na tento účel firma zostavila SIPOC tabuľku. Tá im pomohla odhaliť niektoré oblasti, kde by bolo vhodné mať viac informácií o procese. Urobil sa preto prieskum medzi zákazníkmi, kde sa pýtali: "Čo ovplyvňuje vašu mieru spokojnosti?". Z odpovedí vyplynulo, že ľudia uprednostňujú, ak čakacia doba na linke je čo najmenšia. Ďalej, aby im človek s ktorým sa spoja vedel hneď poradiť a nemuseli vysvetľovať ten problém viackrát, teda čo najmenej prepájaní. Ak nie je možné okamžité riešenie problému, zákazníci očakávajú spätný hovor v dohľadnom čase. A nakoniec to bola celková dĺžka hovoru, čím kratšie, tým lepšie.

3) zakresliť procesnú mapu

Procesná mapa pomohla tímu určiť miesta, kde sa budú dáta zbierať v Measure fáze. Procesná mapa tejto firmy je zobrazená na obrázku na ďalšej strane.

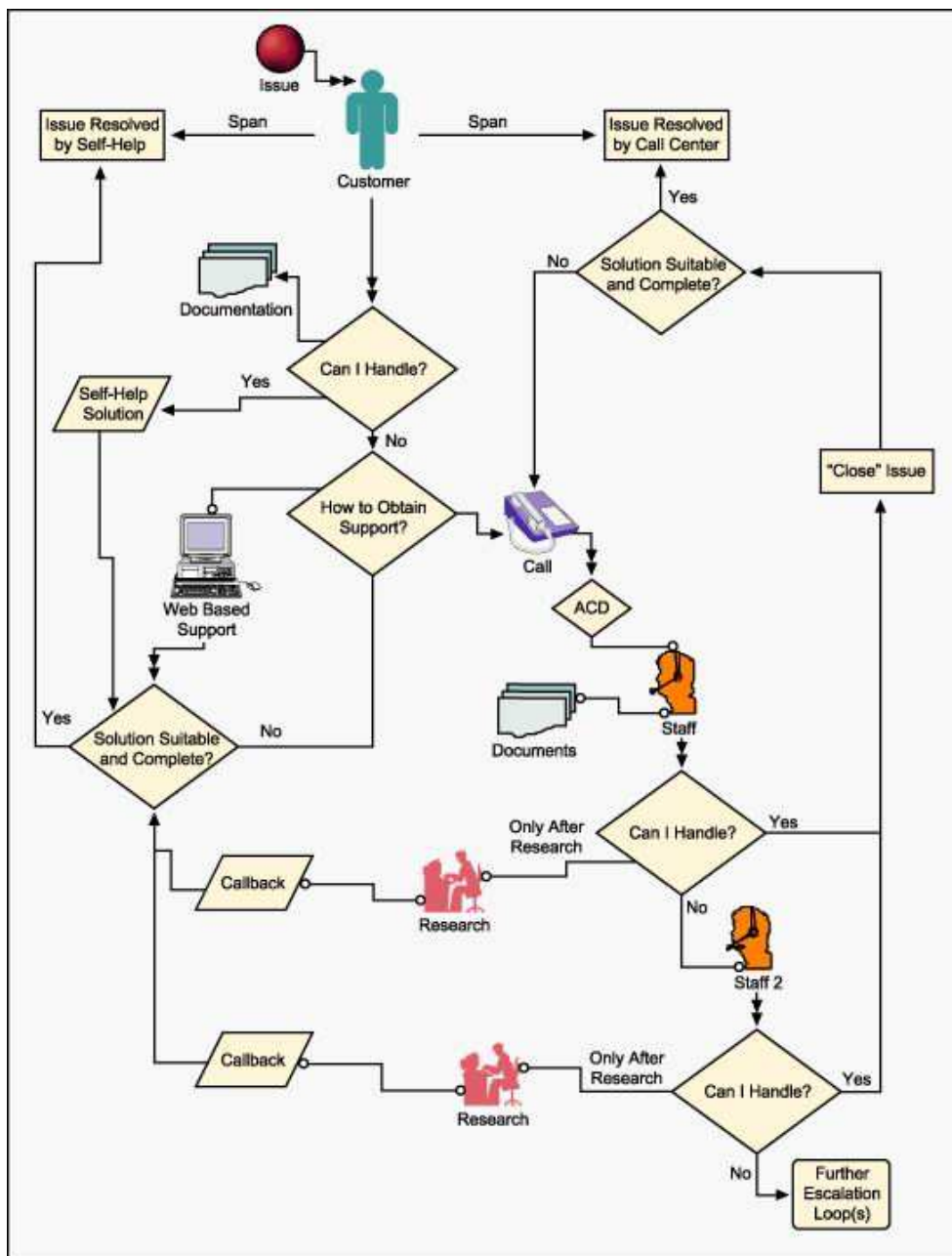
2.8.2 Fáza Measure

Vo fáze Define firma získala prehľad o procesoch a o miestach, ktoré sa dajú vylepšiť. Teraz pristúpila k fáze zberu dát pre hlbšiu analýzu.

Prvým krokom bolo zavedenie pravidelného merania spokojnosti zákazníkov na mesačnej báze. Druhým bolo meranie hodnôt, ktoré priamo vplývajú na náklady na hovor - dĺžka samotného hovoru, čas strávený skúmaním prípadu, čas spätného hovoru, počet dní od zavolania zákazníka po vyriešenie prípadu (days to close), čas čakania a počet prepojení.

Stanovili sa nasledujúce ciele:

- spokojnosť zákazníkov - 85% oproti súčasnej úrovni 73%
- náklady na hovor - 32\$ oproti súčasným 36\$
- čas čakania - 4 minúty (dáta o aktuálnej hodnote nedostupné)
- days to close - 3 a menej dní (dáta nedostupné)
- počet prepojení - 2 prepojenia (dáta nedostupné)
- dĺžka hovoru - menej ako 8 minút (dáta nedostupné)



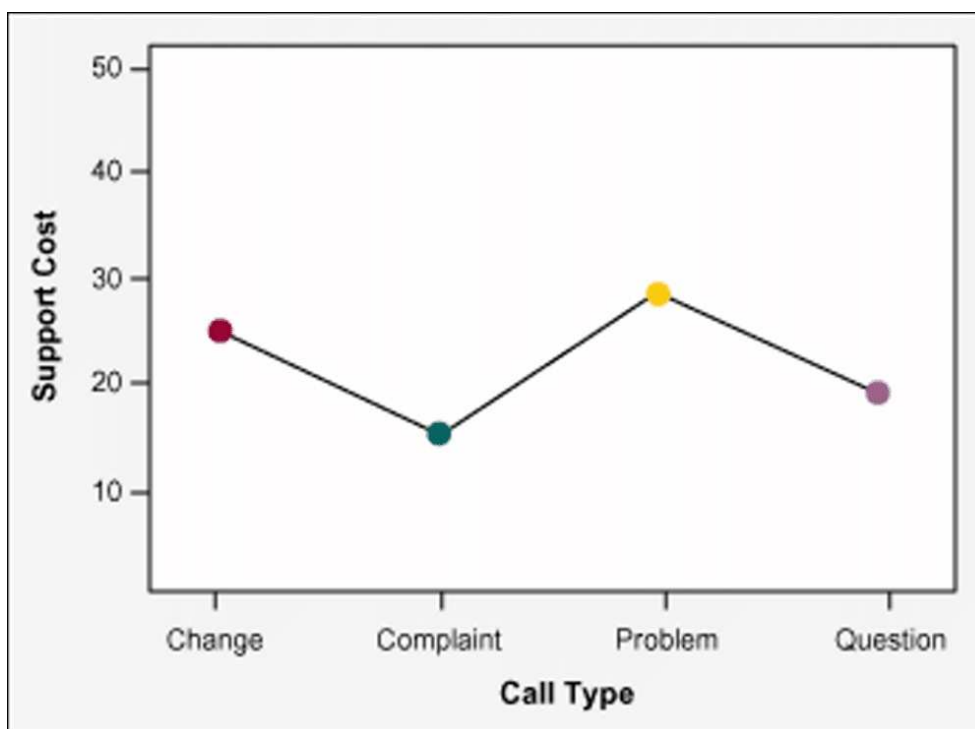
Ďalším krokom bolo použitie C&E matice. Faktory s najvyšším skóre z C & E matice boli ďalší kandidáti na zber dát. Najpodstatnejším sa ukázala dostupnosť operátorov na prepojenie. Druhým najdôležitejším bola ich skúsenosť.

2.8.3 Fáza Analyze

Tím sa pustil do analýzy údajov, ktoré sa získali vďaka fáze Measure. Určili sa hodnoty súčasných úrovní jednotlivých meraných faktorov, ktoré boli nedostupné vo fáze Measure, resp. spresnili sa tie, ktoré boli odhadnuté externou firmou. Tie boli nasledovné:

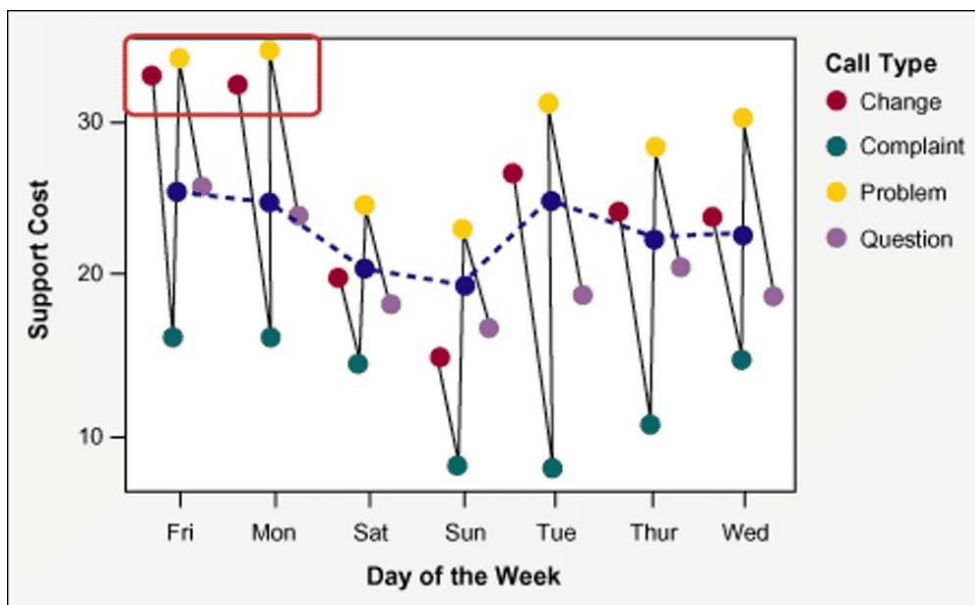
- spokojnosť zákazníkov - 75%
- náklady na hovor - 39\$
- čas čakania - 5.8 minúty
- days to close - 4 dni
- počet prepojení - 3.1 prepojenia
- dĺžka hovoru - 10.5 minúty

Ciele tímu sa ani po zistení reálnych hodnôt nezmenili. Tím sa najprv sústredil na náklady na jeden hovor. Na zistenie vzorov (patterns), ktoré spôsobujú variáciu v nákladoch, sa použil multi-vari graf.



Z nej je jasné, že najdrahšie sú problémy a zmeny, ktoré zákazníci vyžadujú. Keď sa však tím pozrel na rozdelenie jednotlivých problémov v závislosti od

dňa v týždni, zistil, že tieto dva vzory sú mimoriadne vysoké v pondelok a v piatok, ako to vidno na ďalšom obrázku.



Tím preto začal zisťovať, čo spôsobuje tieto zvýšené náklady v pondelok a piatok. Pomocou ďalšieho multi-vari grafu zistil, že v pondelok a piatok firma trpí podzamestnanosťou a v nedeľu prezamestannosťou. Pomocou Fishbone diagramu prišli k zisteniu, že hlavným dôvodom je neexistencia plánu nahradzovania neprítomnosti. Ďalej sa zistilo, že nevyužívanie internetovej pomoci môže byť faktorom prispievajúcim k preťaženosti v niektoré dni.

2.8.4 Fáza Improve

Pomocou zistení z fázy Analyze, tím prišiel s niekoľkými vylepšeniami:

- zvýšiť počet zamestnancov v pondelok a piatok, znížiť v nedeľu
- vytvoriť model, podľa ktorého sa budú priradzovať jednotlivé smeny
- vytvoriť zoznam náhradníkov pre prípadné absencie
- sústrediť sa na riešenia, ktoré sa dajú sprostredkovať cez internet
- zákazníkov navádzať na riešenia, ktoré sú na internete

Pre každé z navrhovaných riešení sa spravilo niekoľko porovnaní a sledoval sa ich prípadný vplyv. Zároveň sa určili príjmy a náklady jednotlivých riešení. Ak príjmy zjavne presahovali náklady, riešenie sa prijalo, inak sa zamietlo.

Jedno takéto meranie vyzeralo takto: Regresnou analýzou sa zisťovalo, aký vplyv má čakacia doba na rast počtu zákazníkov. R^2 vyšlo 61%, tím sa teda rozhodol vyskúšať zmeniť počet zamestnancov tak, aby ich počet zodpovedal vyťažnosti v daný deň, t.j. pridať v pondelok a piatok a ubrať v nedeľu. S upraveným počtom zamestnancov sa prerátala očakávaná zmena čakacej doby a pomocou nej sa vyrátal očakávaný nárast zákazníkov. Zmena mala priniesť 549 nových zákazníkov (nárast o 0.037%). Priemerný zisk na jedného zákazníka bol 680\$, teda očakávaný príjem tejto zmeny bol 345 780\$. Na túto zmenu by bolo potrebné prijať 14 nových zamestnancov a náklady na to by boli 168 000\$. Očakávaný čistý zisk tohoto riešenia teda mal byť 177 870\$. Podobnú analýzu si spravil tím aj pre ostatné navrhované riešenia. Z nich napr. vyšlo, že presmerovanie časti zákazníkov na internetovú podporu by firme prinieslo 280 080\$ ročne.

Tím sa teda rozhodol implementovať tieto riešenia a začal na mesačnej báze sledovať ich vplyv na výsledky. Jednotlivé vplyvy sa však museli sledovať s prihliadnutím na nových zamestnancov. Tým obvykle trvá istú dobu, kým sa dostanú na úroveň starších zamestnancov, tzv. learning curve effect (voľne preložený efekt učiacej sa krivky). Sledovaním sa ukázalo, že noví zamestnanci dobehli tých starších už po 3 mesiacoch. Po týchto troch mesiacoch čakacia doba klesla o zhruba 10% na priemernú hodnotu 5 minút. Vplyv tohto riešenia na zmenu počtu prepojení sa neukázal ako signifikantný. A nakoniec spokojnosť zákazníkov stúpila za tieto 3 mesiace o 1%.

2.8.5 Fáza Control

Vo fáze Control sa pravidelne sledovali zmeny dosiahnuté pomocou fázy Improve. Po ďalších troch mesiacoch zistili tieto hodnoty:

- spokojnosť zákazníkov stúpila na 77.5%, no tím usúdil, že testovaná vzorka bola malá a rozhodol sa výsledky zmerať ešte raz neskôr
- náklady na jeden hovor klesli na 35 \$
- days to close sa zmenšilo na 3 dni
- čakacia doba klesla na 4.4 minúty
- čas hovoru klesol na 8.8 minúty

Očakávania sa sčasti naplnili, no monitorovanie všetkých procesov zostalo aj naďalej. Dôvodom je zisťovanie prípadných anomálií a ich následné odstránenie. Implementácia Six Sigmy bola úspešná.

Kapitola 3

Georgeov model informačnej rýchlosti

3.1 Motivácia

Motiváciou tejto práce bolo požiadavka pána Michaela Georgea, aby sme kriticky preštudovali model, ktorý navrhol. Pán George je generálny riaditeľ a majiteľ spoločnosti George Group, veľkej poradenskej spoločnosti v USA, ktorá sa zaoberá implementáciou Lean Six Sigma, spojenia metód Lean a Six Sigma. Medzi jej zákazníkov patria spoločnosti ako napr. General Electric, Xerox, Bausch and Lomb, americká armáda a mnoho ďalších, prevažne amerických firiem. George navrhol model, v ktorom chcel ukázať, že rýchlosť a efektívnosť procesov je pre firmu výhodnejšia, ako inovácia a investovanie do vývinu nových produktov. Chcel ukázať, že to, že niektoré firmy sú dlhodobo lepšie ako konkurencia, je zásluha práve rýchlosti a efektívnosti procesov. Zároveň sa snažil vyvinúť nástroj pre manažérov firiem, ktorý by im povedal, akú stratégiu majú zvoliť. Vychádzal z dlhoročnej skúsenosti svojej firmy a ako motivačné prípady uviedol porovnania Dell vs. Compaq a Toyota vs. General Motors.

3.1.1 Dell

V prvom prípade sa Compaq sústredil na inovatívne nové technológie, no nesústredil sa na lead time (hlavný faktor sledovaný v metóde lean - vyjadruje čas od začiatku výroby jedného predmetu až po jeho doručenie k zákazníkovi). Dell sa zatiaľ sústredil na zefektívňovanie procesov a rýchlym

kopírovaním technológií, ktoré vymyslel Compaq, položil Compaq na lopatky. Ten sa potom zachránil fúziou s HP. Pozoruhodné je, že Dell nevyužíva žiadnu všeobecne známu metódu ako Six Sigma alebo Lean, ale má vlastnú metódu, ktorá pravdepodobne zobera zo všetkých metód to najlepšie. Dell nevyrába na sklad, každý tovar, ktorý sa vyrobí, už má zákazníka. Tento systém sa nazýva Dell Direct, zákazníci si objednávajú priamo cez telefón alebo cez internet, kde si môžu vybrať konfiguráciu podľa svojich predstáv. Orientácia na zákazníka a jeho spokojnosť je v Delli na vysokej úrovni. Technická podpora zákazníkov (tech support) Delli je známa svojou rýchlosťou. Dell tiež zriadil fórum, na ktorom zisťuje, čo je pre jeho zákazníkov najdôležitejšie. Práve z neho Dell zistil, že zákazníci preferujú v nových počítačoch starší Windows XP pred novým Windows Vista a podľa toho sa zriadil. Dominanciu Delli vidno aj na grafe zhodnotenia akcií. Zatiaľ čo Dell zhodnotil svoje akcie od vstupu na akciový trh o 30000% (maximum bolo o 60000%), HP od vstupu Delli zhodnotil svoje akcie o 500% a IBM o 241%.



3.1.2 Toyota

Podobný prípad je Toyota, priekopník v manažmente kvality, ktorého systém Just In Time bol predchodcom dnešného Leanu. Ich lead time je jeden týždeň, t.j. dokážu vyrobiť hociktoré z 200 000 možných konfigurácií ich áut (napr. 4 dverový sedan s klimatizáciou, 1.2l, ABS, ...) za jeden týždeň. Teda vedia pružne reagovať na požiadavky trhu. Lead time GM je omnoho väčší. Toyota podobne ako Dell nevyrába na sklad, teda každý vyrobený výrobok už má svojho majiteľa. Naproti tomu GM má veľké náklady s inventárom. Skladovanie materiálu a hotových vecí je nákladná záležitosť. Veľké zásoby sa potom musia redukovať pomocou obrovských zliav, čo pochopiteľne znižuje zisk. Dominanciu Toyoty znovu vidno na grafe. Toyota od svojho vstupu na akciový trh zhodnotila svoje akcie o viac ako 300%, zatiaľ čo za ten istý čas GM klesol o 25% a Ford až o 50%.



3.2 Informačná rýchlosť

Vo svojej prvej verzii práce *A Microeconomic Model for Achieving and Sustaining Supernormal Returns*, George zaviedol pojem Informačnej rýchlosti (Information Velocity - IV), ktorú definoval takto:

$$IV = \frac{\text{Variety and Profit Information Transmitted by Information Velocity}}{\text{Lead Times } \tau \text{ to Create and Destroy Offerings and Generate Profits}}$$

Menovateľ je jasný, predstavuje lead time, teda čas od vzniku požiadavky na strane zákazníka po jej naplnenie. George ho ďalej delí na:

- τ_e - lead time produktov, o ktoré je záujem
- τ_c - lead time inovácií; teda čas, za ktorý firma vyvinie nový produkt
- τ_i - lead time zlepšovania produktov, ktoré sú momentálne neziskové
- τ_d - lead time sťahovania produktov, ktoré sú momentálne neziskové

Aby firma dosahovala lepšie výsledky ako jej konkurencia, musí mať podľa Georga, najlepší lead time v aspoň jednej kategórii a v ostatných byť na úrovni s konkurenciou. Zároveň musí byť lead time v každej kategórii lepší, ako lead time τ^* každej kategórie, čo je čas, ktorý vyžaduje zákazník.

3.2.1 Shannonova teória informácie

Zatiaľ čo menovateľ je viac-menej jasný, čitateľ je problematický a je najväčšou slabinou práce. George sa ho snaží vysvetliť pomocou teórie informácie (Shannon 1948). Shannon každej informácii priradil hodnotu podľa pravdepodobnosti jej výskytu. Teda informácia, že sneží v auguste má oveľa väčšiu hodnotu, ako informácia oznamujúca opadanie listov na jeseň. Ďalej predokladal, že hodnota informácie dvoch na sebe nezávislých udalostí, ktoré nastali naraz, je súčtom ich hodnôt. Ak si označíme funkciu hodnoty informácie ako $I(p_i)$, potom platí

$$I(p_1 * p_2) = I(p_1) + I(p_2)$$

Toto spĺňa funkcia logaritmu. Keďže vo svete informácií sa všetko točí okolo jednotiek a núl, Shannon zvolil dvojkový základ logaritmu. Priemerná hodnota informácie spomedzi N informácií je

$$H_N = \sum_{i=1}^N p_i I_i = \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i$$

3.2.2 Informačná rýchlosť

Ako teda trh podľa Georgea pošle firme informácie o tom, po čom je práve dopyt? Predpokladajme, že firma ponúka dva druhy tovaru, produkt 1 a produkt 2 v množstvách n_1 a n_2 , $n_1 + n_2 = D$. Trh môže posilať rôzne "správy", napr. 1121221122212212, 2211212211121221 alebo 2122122111211212. Počet rozdielnych správ M zaslaných trhom teda môže byť

$$M = \binom{D}{n_1!n_2!} = \binom{D}{n_1}$$

Informačnú hodnotu správy M potom George pomocou Stirlingovej formuly ($\log_2 D! = D \log_2 D - D$) odvodil ako $\log_2 M = DH_N$. Keďže D je udávané počte správ za mesiac a H_N je počet bitov na správu, DH_N je potom počet bitov za mesiac. Trh teda posla DH_N bitov za mesiac o rôznorodosti produktov, ktoré chce kúpiť.

Táto informácia nám však nič nehovorí o zisku jednotlivých produktov. Preto D "nahradil" $\epsilon = n_1\epsilon_1 + n_2\epsilon_2$, $n_1 + n_2 = D$, kde ϵ_i je zisk produktu i a ϵ je celkový zisk. Podobným odvodením, využitím Stirlingovej formuly, dospel k výrazu

$$M_\epsilon = \log_2 \epsilon = H_N + \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i \epsilon,$$

kde N je počet produktov, ktoré trh žiada.

3.2.3 Nedostatky

A práve tento výraz, ktorý má vyjadrovať časť čitateľa v IV, je koreňom problému. Zatiaľ čo prvý sčítanec je informácia zaslaná trhom o rozložení dopytu po jednotlivých produktoch, druhý sčítanec nemá význam. Druhým problémom je, že aj keď je M_ϵ matematicky správne, jednotkovo to nesedí. Sčítava totiž bity (1. sčítanec) s "dolárbitmi" (2. sčítanec). Ďalším problémom je to, že ϵ kvôli logaritmu musí byť kladné, čo nezodpovedá realite, keďže firma môže mať aj stratové produkty. Výraz upravoval ďalej. Čitateľ IV, teda hodnotu informácie na jednu udalosť, vyjadril ako $\frac{M_\epsilon}{D}$. Menovateľ vyjadril pomocou Littlovho zákona. Littlov zákon hovorí o tom, že ak λ je priemerný prírastok zákazníkov v systéme a T je priemerný čas, ktorý jeden zakazník v systéme strávi, tak potom priemerný počet zákazníkov v systéme $N = \lambda T$.

Lead time podľa toho vyjadril vyjadril ako

$$\text{lead time} = \tau = \frac{\text{počet výrobkov v procese (W)}}{\text{priemerná miera dokončenia (D)}}$$

Po dosadení dostávame:

$$IV = \frac{M_\epsilon}{W}$$

Tu však narážame na ďalšiu chybu. George pravdepodobne prehliadol, že D z čitateľa a D z menovateľa nie sú totožné, a teda sa nemôžu vykrátiť. Ďalej pokračuje vyjadrením W pomocou premenných, ktoré vie ovplyvňovať manažment firmy. Na pomoc si vzal teóriu hromadnej obsluhy, presnejšie aplikáciu Pollaczek-Khintchine formuly. W vyjadril ako

$$W = \left(\frac{A\Psi}{1 - \Psi} \right) \left(\frac{C_{PR}^2 + C_{AR}^2}{2} \right),$$

kde C_{PR} je koeficient variácie procesného času jednej jednotky a C_{AR} je koeficient variácie prírastkov do systému, A vyjadruje počet krokov v procese a Ψ je vyťaženosť systému. Tento výraz už je lepšie uchopiteľný pre manažérov, keďže tieto premenné by mali mať k dispozícii. IV delí ešte na štyri kategórie, IV produktov po ktorých je dopyt, IV inovácií, IV neziskových produktov, ktoré treba zlepšovať a IV neziskových produktov, ktoré treba sťahovať z predaja. Manažérom by IV mala povedať, aká je IV v jednotlivých kategóriách, a na základe toho by sa mali rozhodnúť, na ktorú oblasť sa zamerať.

Náš návrh bol, aby namiesto logaritmu zisku v čitateli bol len zisk. Tým by odpadli problémy s nezápornosťou zisku ako aj sčítavania nekompatibilných jednotiek. Informačná rýchlosť by sa potom zmenila na rýchlosť zisku, jednotka by bola počet dolárov za jednotku času. Menovateľ by mohol zostať taký ako je, najlepšie jeho vyjadrenie pomocou teórie hromadnej obsluhy. Keď sme to však chceli empiricky overiť, narazili sme na nedostatok údajov. Lead time firiem totiž nie je známy, neuvádza sa ani vo výročných správach. Jediným spôsobom ako ho získať je prieskumom, zaslaním otázok do každej firmy, čo však nie je uskutočniteľné.

Kapitola 4

Empirická štúdia

4.1 Prehľad literatúry

Napriek tomu, že Georgeov model nebol dotiahnutý do konca a jeho teória sa nedala empiricky overiť, Six Sigma ma zaujala a doviedlo ma to k tomu, že som si sám chcel overiť, či je Six Sigma naozaj taký zázračný proces. Na internete je dostupných mnoho prípadových štúdií, v ktorých popisujú úspory jednotlivých firiem, no veľmi málo komparatívnych (a zároveň empirických), aj z tých je väčšina zameraných na TQM. V prípadových štúdiách navyše väčšinou chýba údaj o tom, koľko peňazí firma investovala do implementácie, teda údaj o návratnosti tejto metódy. Veľká skupina štúdií sleduje vplyv kvality na výkonnosť firiem a spokojnosť zákazníkov. Tie však nerozlišujú jednotlivé zefektívňovacie metódy, ale len kvalitu ako takú. Druhá veľká skupina štúdií sa venuje oceneniam kvality a ich vplyvu na výkonnosť firiem.

Easton a Jarell (1998) sledovali vplyv TQM na výkonnosť 108 firiem. Porovnávali rôzne parametre výkonnosti (dennú hodnotu akcií (stock price), čistý zisk (net income), prevádzkový zisk (operating income), ...) s predpokladanou výkonnosťou tých istých firiem, keby tie neimplementovali TQM. Zistili, že TQM má mierny vplyv na účtovné ukazovatele a markantnejší vplyv na cenu akcie, hlavne po niekoľkoročnom využívaní a ak sa používa vo veľkej miere. Priemerný prínos na zamestnanca po piatich rokoch využívania bol o 3000\$ vyšší v porovnaní s odhadnutými dátami. Miera vplyvu na hodnotu akcií sa ukázala ako dosť veľká, rozdiel v piatom roku bol až 21% (???a silne signifikantný - dať to? ???).

Hendricks a Singhal (1997) sledovali na vzorke viac ako 300 firiem zmenu prevádzkového zisku (operating income) a objemu predaja (sales) počas 10 rokov - 6 rokov pred a 3 roky po výhre ocenenia kvality. Autori zistili, že zmena priemerného príjmu bola o 107% vyššia a medián bol vyšší o 48%. Priemerný predaj bol o 64% a medián o 24% vyšší. Zistili tiež, že tieto firmy lepšie kontrolovali svoje náklady a mali vyšší rast aktív ako firmy, ktoré ocenenia nezískali.

Iaquinto (1999) naproti tomu tvrdí, že firmy, ktoré vyhrali ocenenia za kvalitu (autor sledoval Demingovu cenu v Japonsku, Baldrigeovu cenu v USA a Európsku cenu) utrpeli v nasledujúcich rokoch značné straty. Buď ich ďalší rast nebol taký veľký ako ich konkurencie, alebo v extrémnom prípade viedli ku krachu firmy. Podľa Iaquina to súvisí hlavne s veľkou byrokraciou, ktorá tieto súťaže sprevádza. Ak sa firma chce do súťaže zapojiť, musí často vyplňať 1000 stranové formuláre, čo plytvá energiou, časom a entuziazmom zamestnancov. Druhým faktorom je byrokracia po udelení ocenenia. Firma Wallace Co. z Houstonu sa musela po výhre deliť o svoje TQM znalosti s ostatnými firmami, a náklady, ktoré firma na to musela vynaložiť nakoniec viedli ku bankrotu firmy. Ďalšími faktormi neúspechu môžu byť napr. zameranie sa len na získanie ceny a nie na zvýšenie kvality, demotivácia zamestnancov po získaní ceny alebo uspokojenie sa so súčasnou úrovňou. Tejto oblasti sa venujú napr. práce Davidson (1990), Main (1991) a Miller (1993), z ktorých čerpal aj Iaquinto.

Jednou z mála prác, ktorá sa venuje Six Sigme a nie len TQM alebo kvalite vo všeobecnosti, je práca od Flory Ayeni (2003). V nej porovnávala 90 firiem, ktoré prešli z niekoľkoročného používania TQM na Six Sigmu. Sledovala, či firma po 3 rokoch využívania Six Sigmy dosahovala lepšie výsledky ako počas posledných 3 rokov používania TQM. Pomocou ANOVA testov pozorovala, či sú rozdiely vo výnosoch na aktíva (Return on assets), čistom zisku (net income) a cene akcie (stock price) signifikantné. Ukázalo sa, že počas používania Six Sigmy mali firmy v priemere o 42.2% lepšie výnosy na aktíva, o 483% väčšie čisté príjmy a o 7.73% väčší nárast ceny akcie.

Väčšina ďalších prác ako napr. Evans a Jack (2003), Flynn, Schroeder a Sakakibara (1995) skúma vplyv uplatňovania manažmentu kvality na vnútorné kvality firmy. Sledujú napr. vzťah kvality produktov a spokojnosti

zamestnancov, vzťah produktivity a spokojnosti zamestnancov, vzťah spokojnosti zamestnancov a spokojnosti zákazníkov a pod. Tieto vzťahy sú analyzované pre dáta prevažne získané prieskumom (dotazníkom) v daných firmách a sú prevažne deskriptívneho charakteru.

4.2 Formulácia problému

4.2.1 Idea

Od začiatku som chcel urobiť komparatívnu štúdiu, teda porovnať firmy, ktoré implementovali Six Sigma s firmami, ktoré ju neimplementovali, keďže žiadnu podobnú štúdiu som nenašiel. Ďalej som si povedal, že porovnávať budem firmy z jedného odvetvia (aby firmy čelili rovnakým výkyvom) a z jednej krajiny (aby mali rovnaké podmienky na podnikanie).

Keďže získať údaje o lead time jednotlivých firiem neboli dostupné, druhá idea bola porovnávať náklady firiem počas niekoľkých rokov a skúmať, či redukcia nákladov u Six Sigma firiem je väčšia, ako u tých zvyšných. Či investície vynaložené na implementáciu Six Sigmy boli efektívne. Lebo aj keď firma nevyužíva žiadnu konkrétnu metódu zvyšovania kvality, určite sa snaží o znižovanie nákladov. Znovu som narazil na nedostupnosť dát, keďže údaj o investíciách do redukcie nákladov nie je dostupný a firmy ho vo svojich výročných správach neuvádzajú.

Zobral som si teda príklad z horeuvedených štúdií a povedal si, že sa na to pozriem z pohľadu produktivity. Totiž, ak firma implementuje Six Sigma, redukuje tým náklady, a teda de facto zvyšuje produktivitu.

4.2.2 Dáta

Zdroj

Zdrojom dát je databáza Amadeus (Analyse MAjor Database from EUropean Sources - voľne preložené: hlavná databáza pre analýzu európskych zdrojov). Rozhodol som sa pre sektor s NACE kódom 29.71, výroba domácich elektronických spotrebičov. Ako krajinu som si vybral Francúzsko. Dostupné boli dáta len z roku 2005, staršie dáta neboli k dispozícii. Narazil som teda na ďalší problém, keďže som nemohol porovnávať zmenu produktivity. Zostalo

mi teda porovnávať výstupy v danom roku. Pre všetky firmy, ktoré mi po tomto výbere zostali, som následne zisťoval, či implementovali Six Sigma alebo nie. Tento údaj som zisťoval pomocou vyhľadávania na internete, hľadané kľúčové výrazy "Six Sigma", "quality", "quality management", "TQM", ako aj vo výročných správach niektorých firiem. Dobrým zdrojom týchto údajov tiež boli firmy, ktoré Six Sigma učia, keďže tie sa vždy radi pochvália referenciami.

Premenné

Rozhodol som sa sledovať vplyv Six Sigmy na rentabilitu celkového kapitálu (Return on total assets - ROTA), prevádzkový príjem (Operating revenue - OR), pridanú hodnotu (Added value - AV) a samotný zisk firmy (Profit - P). ROTA je definované ako podiel čistého príjmu na aktíva, udáva teda mieru návratnosti aktív alebo inak povedané produktivitu aktív. Hovorí nám o tom, čo daná firma vie robiť s tým čo má, koľko korún vie vyrobiť z každej koruny, ktorú vlastní. ROTA je jeden z najbežnejších ukazovateľov používaných na porovnanie produktivity firiem. Je však dôležité, aby to boli firmy z jedného sektora, keďže niektoré sektory majú veľké vstupné náklady a teda ROTA je automaticky nižšie. Na vyjadrenie produktivity sa niekedy používa aj návratnosť kapitálu použitého vo výrobe (Return on capital employed - ROCE). Vyjadruje zisk pred zdanením na kapitál vo výrobe. Kapitál vo výrobe sa počíta ako celkové aktíva mínus záväzky. Tento ukazateľ vyjadruje návratnosť skutočného majetku firmy po odrátaní záväzkov.

OR reprezentuje príjmy firmy z každodennej prevádzky, z hlavnej činnosti firmy. Firma môže mať okrem toho aj iné príjmy, napr. investovaním časti peňazí. OR však vyjadruje, aká úspešná je vo svojej hlavnej činnosti, koľko peňazí z nej vie zarobiť. Často sa používa prevádzkový zisk (Operating profit/loss - ORPL), čo je prevádzkový príjem, mínus náklady súvisiace s prevádzkou.

AV vyjadruje hodnotu, ktorú firma dodá výrobku navyše pri procese tvorby. Počíta sa ako príjmy z predaja mínus náklady na materiál a prácu. Môže byť tiež definovaná ako rozdiel vo finálnej cene produktu v istej fáze, mínus priame a nepriame vstupy. Používa sa na porovnanie hodnôt, ktoré firma vyprodukuje nad rámec vstupov.

4.3 Analýza

Dáta som rozdelil na dve skupiny. Jednu skupinu tvorili firmy, ktoré Six Sigma implementovali (8 firiem), druhú tvorili zvyšné firmy (32 firiem). Pozoroval som premenné vyššie spomenuté premenné: ROTA, ROCE, OR, AV, ORPL a P, všetky predelené počtom zamestnancov (prípona pe). Tento pomer zohľadňuje veľkosť firmy, vyjadruje výsledky vzhľadom na jedného zamestnanca a lepšie tak vystihuje produktivitu firmy.

Normalita rozdelení

Aby som mohol robiť test rovnosti stredných hodnôt, najprv som zistil normalitu rozdelení. Tú som testoval pomocou Shapiro-Wilkovho W testu. Výsledky vidno v tabuľke (hladina významnosti 5%):

| Premenná | W štatistika | p-hodnota | normalita |
|----------------------------------|--------------|------------------------|-----------|
| ROTA _{pe} Six Sigma | 0.5986 | 0.0001529 | nie |
| ROTA _{pe} Non Six Sigma | 0.9056 | 0.01155 | nie |
| ROCE _{pe} Six Sigma | 0.7684 | 0.01302 | nie |
| ROCE _{pe} Non Six Sigma | 0.9147 | 0.02241 | nie |
| ORPL _{pe} Six Sigma | 0.9549 | 0.7605 | áno |
| ORPL _{pe} Non Six Sigma | 0.4309 | $1.07 \cdot 10^{-9}$ | nie |
| AV _{pe} Six Sigma | 0.9694 | 0.8935 | áno |
| AV _{pe} Non Six Sigma | 0.3808 | $3.612 \cdot 10^{-10}$ | nie |
| OR _{pe} Six Sigma | 0.8188 | 0.04533 | nie |
| OR _{pe} Non Six Sigma | 0.6144 | $1.100 \cdot 10^{-7}$ | nie |
| P _{pe} Six Sigma | 0.8539 | 0.1334 | áno |
| P _{pe} Non Six Sigma | 0.3733 | $2.594 \cdot 10^{-9}$ | nie |

Keďže normalita pre obidve vzorky dát nebola splnená pre žiadnu premennú, pre všetky som ďalej robil dvojitýberový Wilcoxonov test známy aj ako Mann-Whitneyov U test.

Wilcoxonov test

Výsledky Wilcoxonovho testu o rovnosti stredných hodnôt sú v tabuľke (hladina významnosti 5%):

| Premenná | W štatistika | p-hodnota | zamietame H_0 ? |
|--------------------|--------------|-----------|-------------------|
| ROTA _{pe} | 190 | 0.01072 | áno |
| ROCE _{pe} | 181 | 0.01513 | áno |
| OR _{pe} | 90 | 0.2908 | nie |
| ORPL _{pe} | 142 | 0.4489 | nie |
| AV _{pe} | 118 | 0.958 | nie |
| P _{pe} | 117 | 0.1858 | nie |

Z tabuľky vidno, že rôzne stredné hodnoty sú len pre ROTA_{pe} a ROCE_{pe}. Pre nich som spravil znovu Wilcoxonov test, ale pri alternatíve, že stredná hodnota Six Sigma firiem je menšia ako tých zvyšných. Výsledky (hladina významnosti 5%):

| Premenná | W štatistika | p-hodnota | zamietame H_0 ? |
|--------------------|--------------|-----------|-------------------|
| ROTA _{pe} | 190 | 0.005362 | áno |
| ROCE _{pe} | 181 | 0.007564 | áno |

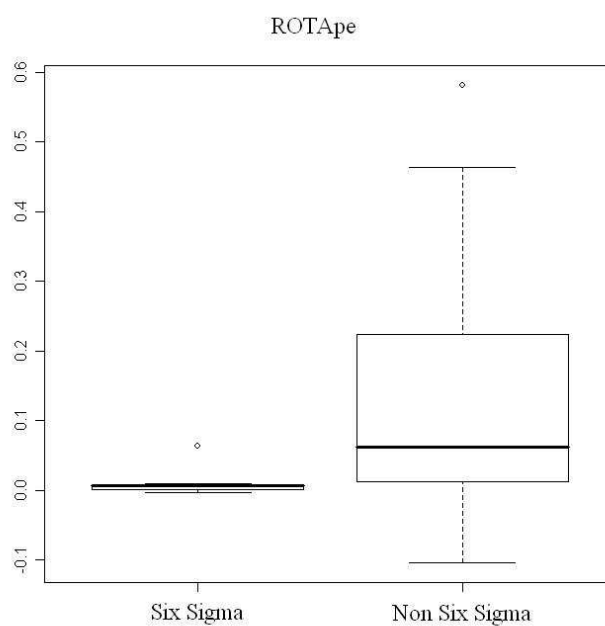
H_0 pre obidve premenné zamietame v prospech alternatívy, že ROTA_{pe} a ROCE_{pe} sú pre Six Sigma firmy nižšie ako pre tie zvyšné. 95 % konfidenčný interval do ktorého rozdiel spadá je:

pre ROTA_{pe} (0.006594746, 0.209307423)

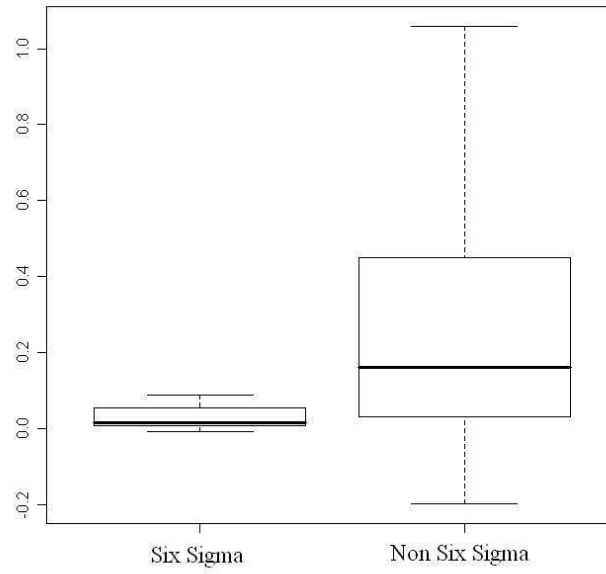
pre ROCE_{pe} (0.01383772, 0.39122182)

Na prvý pohľad rozdiel nie je veľký. Údaj je však prerátaný na jedného zamestnanca. Pri priemernom počte zamestnancov 215 (medián 91.5) je potom rozdiel v návratnosti medzi 1.4% a 43% (0.6% a 18%). Podobne pri ROCE je rozdiel medzi 3% a 84% (1.3% a 36%). Konfidenčný interval je však príliš veľký na to aby som mohol niečo presnejšie povedať. Pre ostatné premenné sa významnosť Six Sigmy nepreukázala. Pre lepší prehľad prikladám základné výberové štatistiky a boxploty.

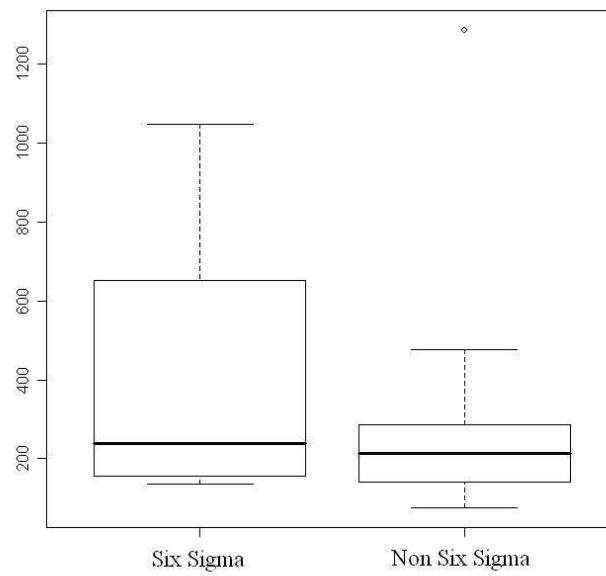
| Premenná | min | 1. kv. | medián | priemer | 3. kv. | max |
|-----------------|------------|---------------|---------------|----------------|---------------|------------|
| ROTApe ss | -0.0032 | 0.0009 | 0.0061 | 0.0113 | 0.0072 | 0.0638 |
| ROTApe nss | -0.1048 | 0.0129 | 0.0615 | 0.1227 | 0.222 | 0.5817 |
| ROCEpe ss | -0.0087 | 0.0087 | 0.0162 | 0.029 | 0.036 | 0.089 |
| ROCEpe nss | -0.1994 | 0.0315 | 0.1618 | 0.2744 | 0.4509 | 1.06 |
| ORpe ss | 136 | 157.5 | 239 | 410 | 631 | 1049 |
| ORpe nss | 75 | 144.5 | 214 | 260.9 | 285.2 | 1287 |
| ORPLpe ss | -4.049 | 3.958 | 6.775 | 9.834 | 17.12 | 26.19 |
| ORPLpe nss | -15.62 | 2.566 | 15.08 | 24 | 27.98 | 295.3 |
| AVpe ss | 33.13 | 44.94 | 59.67 | 57.91 | 69.45 | 83.69 |
| AVpe nss | 15.68 | 42.37 | 59.58 | 69.91 | 68.79 | 493.2 |
| Ppe ss | 2 | 3.5 | 7 | 11.29 | 19.5 | 24 |
| Ppe nss | 1 | 11 | 16 | 31.48 | 29 | 335 |



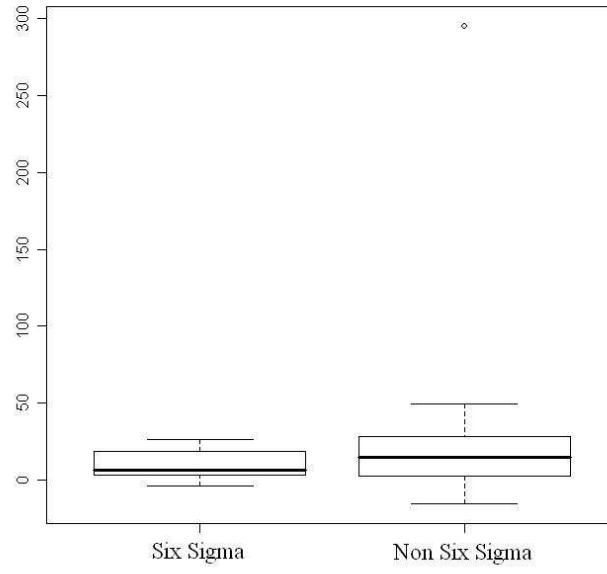
ROCEpe



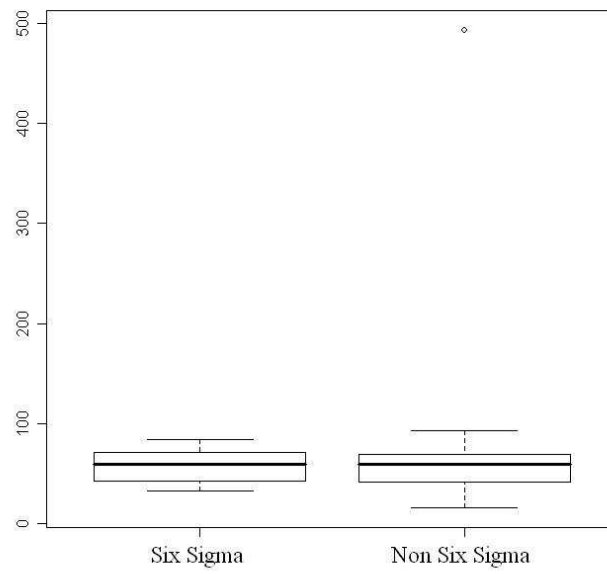
ORpe



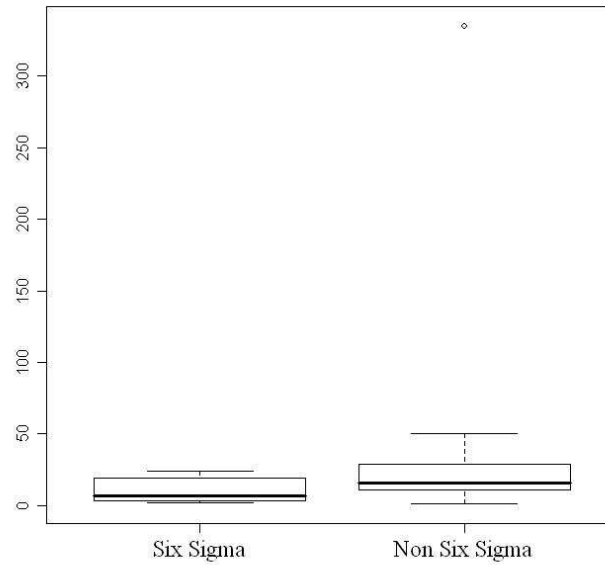
ORPLpe



AVpe



Ppe



Interpretácia výsledkov

Z testov vyšlo, že rozdiely medzi Six Sigma firmami a zvyšnými firmami by mali byť v rentabilite celkového kapitálu (ROTA) a návratnosti kapitálu použitého vo výrobe (ROCE). Pre Six Sigma firmy však prekvapivo boli nižšie ako pre zvyšné firmy. Konfidenčný interval je však príliš veľký, preto môžem povedať, že ani tu Six Sigma nemá veľký vplyv. Pri porovnaní prevádzkového príjmu (OR), prevádzkového zisku (ORPL), pridanej hodnoty (AV) a zisku samotného (P) rozdiely medzi týmito dvoma skupinami nie sú. Z týchto výsledkov by som teda mohol vyvodiť, že Six Sigma nemá žiadny pozitívny vplyv na ukazovatele spoločnosti, navyše má mierny negatívny vplyv na rentabilitu aktív a rentabilitu kapitálu použitého vo výrobe.

4.4 Regresia

Dvojitýberový test dáva základnú informáciu o rozdieloch mediánov, napr. rozdiel v ORpe pre dve skupiny firiem. Nijako ale nezahŕňa rozdiely medzi firmami v iných ukazovateľoch, ktoré by mohli mať vplyv na OR. Aby som kontroloval vplyv ostatných potenciálnych vysvetľujúcich premenných (ako napr. aktíva), modeloval som závislé premenné pomocou lineárneho regresného modelu.

Ako závislé premenné som si zvolil tie isté premenné, teda ROTA, ROCE, OR, ORPL, P a AV. Ako nezávislé premenné som zvolil celkovú výšku aktív (total assets - TA), náklady na materiál (material costs - MC) a náklady na zamestnancov (costs of employees - CoE), pretože produktivita sa často modeluje pomocou kapitálu a ľudských a materiálových vstupov. Pre každú závislú premennú som najprv spravil dva modely. Jeden bol model typu: $Y = CoE + MC + TA$, a druhý bol typu: $Y/E = CoE/E + MC/E + TA/E$ (E = počet zamestnancov). Ak bol model dobrý ($adjR^2 > 0.8$), dodal som do modelu aj dummy premennú (d6s) o tom, či je to Six Sigma firma (d6s = 1) alebo nie (d6s = 0). Výsledky sú v tabuľkách:

ROTA = CoE + MC + TA

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| (Intercept) | 9.578 | 2.370 | 4.042 | 0.000267 |
| CoE | $-1.379 \cdot 10^{-4}$ | $1.569 \cdot 10^{-4}$ | -0.879 | 0.385001 |
| MC | $-2.232 \cdot 10^{-5}$ | $4.001 \cdot 10^{-5}$ | -0.558 | 0.580347 |
| TA | $4.431 \cdot 10^{-5}$ | $7.526 \cdot 10^{-5}$ | 0.589 | 0.559670 |

$$R^2 = 0.0363, adjR^2 = -0.04399$$

$$F\text{-štatistika} = 0.452, p\text{-hodnota} = 0.7173$$

ROTApe = CoE/E + MC/E + TA/E

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| (Intercept) | 0.0214613 | 0.0819818 | 0.262 | 0.79507 |
| CoE/E | 0.0013805 | 0.0024097 | 0.573 | 0.57047 |
| MC/E | -0.0004890 | 0.0001826 | -2.678 | 0.01133 |
| TA/E | 0.0005536 | 0.0001905 | 2.905 | 0.00641 |

$$R^2 = 0.3974, adjR^2 = 0.3443$$

$$F\text{-štatistika} = 7.475, p\text{-hodnota} = 0.0005676$$

ROCE = CoE + MC + TA

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|-------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| (Intercept) | 20.94 | 5.871 | 3.566 | 0.00107 |
| CoE | -4.728 10 ⁻⁴ | 3.811 10 ⁻⁴ | -1.241 | 0.22299 |
| MC | -4.077 10 ⁻⁵ | 9.725 10 ⁻⁵ | -0.419 | 0.67765 |
| TA | 1.527 10 ⁻⁴ | 1.832 10 ⁻⁴ | 0.834 | 0.41002 |

$R^2 = 0.0431$, $adj R^2 = -0.03883$

F-štatistika = 0.526, p-hodnota = 0.667

ROCE_{pe} = CoE/E + MC/E + TA/E

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| (Intercept) | -0.0229013 | 0.1978274 | -0.116 | 0.909 |
| CoE/E | 0.0055876 | 0.0059279 | 0.943 | 0.353 |
| MC/E | -0.0007027 | 0.0004317 | -1.628 | 0.113 |
| TA/E | 0.0007352 | 0.0004587 | 1.603 | 0.118 |

$R^2 = 0.2694$, $adj R^2 = 0.203$

F-štatistika = 4.056, p-hodnota = 0.0147

OR = CoE + MC + TA

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|--------|-----------|-----------|------------------------|
| (Intercept) | 1936 | 2656 | 0.729 | 0.47067 |
| CoE | 1.702 | 0.1758 | 9.683 | 1.46 10 ⁻¹¹ |
| MC | 1.001 | 0.04484 | 22.315 | < 2 10 ⁻¹⁶ |
| TA | 0.2454 | 0.08435 | 2.909 | 0.00617 |

$R^2 = 0.9938$, $adj R^2 = 0.9933$

F-štatistika = 1929, p-hodnota < 2.2 10⁻¹⁶

OR_{pe} = CoE/E + MC/E + TA/E

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| (Intercept) | -36.23177 | 22.47940 | -1.612 | 0.116256 |
| CoE/E | 2.78032 | 0.66073 | 4.208 | 0.000178 |
| MC/E | 0.77861 | 0.05008 | 15.549 | < 2 10 ⁻¹⁶ |
| TA/E | 0.51710 | 0.05225 | 9.897 | 1.52 10 ⁻¹¹ |

$R^2 = 0.9843$, $adj R^2 = 0.9829$

F-štatistika = 711.3, p-hodnota < 2.2 10⁻¹⁶

$$\text{ORPL} = \text{CoE} + \text{MC} + \text{TA}$$

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| (Intercept) | 1114.01925 | 939.44622 | 1.186 | 0.24346 |
| CoE | -0.10307 | 0.06218 | -1.658 | 0.10608 |
| MC | -0.03099 | 0.01586 | -1.954 | 0.05856 |
| TA | 0.10448 | 0.02984 | 3.502 | 0.00125 |

$$R^2 = 0.4094, \text{adj}R^2 = 0.3602$$

$$\text{F-štatistika} = 8.317, \text{p-hodnota} = 0.0002479$$

$$\text{ORPLpe} = \text{CoE/E} + \text{MC/E} + \text{TA/E}$$

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| (Intercept) | -19.07532 | 9.84625 | -1.937 | 0.061 |
| CoE | 0.45707 | 0.28941 | 1.579 | 0.124 |
| MC/E | -0.16177 | 0.02193 | -7.375 | $1.50 \cdot 10^{-8}$ |
| TA/E | 0.26267 | 0.02289 | 11.478 | $3.05 \cdot 10^{-13}$ |

$$R^2 = 0.9165, \text{adj}R^2 = 0.9092$$

$$\text{F-štatistika} = 124.4, \text{p-hodnota} < 2.2 \cdot 10^{-16}$$

$$\text{AV} = \text{CoE} + \text{MC} + \text{TA}$$

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|------------|------------|-----------|-----------------------|
| (Intercept) | 1338.37223 | 1249.65466 | 1.071 | 0.2913 |
| CoE | 1.03857 | 0.08271 | 12.556 | $1.02 \cdot 10^{-14}$ |
| MC | -0.01731 | 0.02110 | -0.821 | 0.4173 |
| TA | 0.08775 | 0.03969 | 2.211 | 0.0335 |

$$R^2 = 0.9592, \text{adj}R^2 = 0.9558$$

$$\text{F-štatistika} = 282, \text{p-hodnota} < 2.2 \cdot 10^{-16}$$

$$\text{AVpe} = \text{CoE/E} + \text{MC/E} + \text{TA/E}$$

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| (Intercept) | -30.24014 | 13.04496 | -2.318 | 0.0266 |
| CoE/E | 1.79492 | 0.38343 | 4.681 | $4.43 \cdot 10^{-5}$ |
| MC/E | -0.21869 | 0.02906 | -7.526 | $9.75 \cdot 10^{-9}$ |
| TA/E | 0.33346 | 0.03032 | 10.998 | $9.66 \cdot 10^{-13}$ |

$$R^2 = 0.9375, \text{adj}R^2 = 0.932$$

$$\text{F-štatistika} = 170, \text{p-hodnota} < 2.2 \cdot 10^{-16}$$

$$\mathbf{Ppe} = \mathbf{CoE/E} + \mathbf{MC/E} + \mathbf{TA/E}$$

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| (Intercept) | -21.02173 | 13.07752 | -1.607 | 0.119 |
| CoE/E | 0.50913 | 0.36626 | 1.390 | 0.175 |
| MC/E | -0.19296 | 0.02645 | -7.294 | $6.10 \cdot 10^{-8}$ |
| TA/E | 0.29963 | 0.02779 | 10.782 | $1.78 \cdot 10^{-11}$ |

$$R^2 = 0.9209, \text{adj}R^2 = 0.9124$$

$$\text{F-štatistika} = 108.6, \text{p-hodnota} = 1.576 \cdot 10^{-15}$$

Regresie pre ROTA a ROCE sú nesignifikantné. Pri prezretí scatter plotov, tieto premenné nevykazovali závislosť od žiadnej inej premennej, ktorú som mal k dispozícii. Korelácie s ostatnými premennými sa pohybovali v intervale (-0.13; 0.13). Preto som sa nimi ďalej nezaoberal. Pre modely s nízkym $\text{adj}R^2$ som skúšal nezahrňať nesignifikantné premenné a vyhadzovať outliere, no žiadny z nich si veľmi nepolepšil. Žiaden z modelov nemal gaussovské rozdelenie chýb, no keďže regresiu robíme pomocou metódy najmenších štvorcov, toto nie je problém. Výsledky po pridaní dummy premennej:

$$\mathbf{OR} = \mathbf{CoE} + \mathbf{MC} + \mathbf{TA} + \mathbf{d6s}$$

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|--------|-----------|-----------|-----------------------|
| (Intercept) | 1967 | 2646 | 0.743 | 0.4622 |
| CoE | 1.744 | 0.1789 | 9.744 | $1.66 \cdot 10^{-11}$ |
| MC | 1.018 | 0.04715 | 21.582 | $< 2 \cdot 10^{-16}$ |
| TA | 0.2428 | 0.08406 | 2.888 | 0.0066 |
| d6s | -8279 | 7346 | -1.127 | 0.2674 |

$$R^2 = 0.994, \text{adj}R^2 = 0.9934$$

$$\text{F-štatistika} = 1458, \text{p-hodnota} < 2.2 \cdot 10^{-16}$$

$$\mathbf{ORpe} = \mathbf{CoE/E} + \mathbf{MC/E} + \mathbf{TA/E} + \mathbf{d6s}$$

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| (Intercept) | -41.64625 | 22.45388 | -1.855 | 0.0726 |
| CoE/E | 2.99858 | 0.66812 | 4.488 | $8.26 \cdot 10^{-5}$ |
| MC/E | 0.81763 | 0.05629 | 14.525 | $6.81 \cdot 10^{-16}$ |
| TA/E | 0.48924 | 0.05498 | 8.898 | $2.77 \cdot 10^{-10}$ |
| d6s | -21.49891 | 14.96156 | -1.437 | 0.1601 |

$$R^2 = 0.9852, \text{adj}R^2 = 0.9835$$

$$\text{F-štatistika} = 550.7, \text{p-hodnota} = 2.2 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{ORPLpe} = \text{CoE}/\text{E} + \text{MC}/\text{E} + \text{TA}/\text{E} + \text{d6s}$$

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| (Intercept) | -21.69997 | 9.76567 | -2.222 | 0.0332 |
| CoE/E | 0.56287 | 0.29058 | 1.937 | 0.0613 |
| MC/E | -0.14286 | 0.02448 | -5.835 | $1.57 \cdot 10^{-6}$ |
| TA/E | 0.24916 | 0.02391 | 10.420 | $5.72 \cdot 10^{-12}$ |
| d6s | -10.42151 | 6.50710 | -1.602 | 0.1188 |

$$R^2 = 0.9225, \text{adj}R^2 = 0.9132$$

$$\text{F-štatistika} = 98.26, \text{p-hodnota} < 2.2 \cdot 10^{-16}$$

$$\text{AV} = \text{CoE} + \text{MC} + \text{TA} + \text{d6s}$$

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|----------|-----------|-----------|-----------------------|
| (Intercept) | 1373 | 1135 | 1.209 | 0.23464 |
| CoE | 1.085 | 0.07677 | 14.131 | $4.98 \cdot 10^{-16}$ |
| MC | 0.001699 | 0.02023 | 0.084 | 0.93356 |
| TA | 848.5 | 0.03606 | 2.353 | 0.02440 |
| d6s | -9257 | 3152 | -2.937 | 0.00582 |

$$R^2 = 0.9673, \text{adj}R^2 = 0.9635$$

$$\text{F-štatistika} = 258.4, \text{p-hodnota} < 2.2 \cdot 10^{-16}$$

$$\text{AVpe} = \text{CoE}/\text{E} + \text{MC}/\text{E} + \text{TA}/\text{E} + \text{d6s}$$

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| (Intercept) | -33.15760 | 13.08622 | -2.534 | 0.0162 |
| CoE/E | 1.91252 | 0.38938 | 4.912 | $2.39 \cdot 10^{-5}$ |
| MC/E | -0.19767 | 0.03281 | -6.025 | $8.95 \cdot 10^{-7}$ |
| TA/E | 0.31845 | 0.03204 | 9.938 | $1.89 \cdot 10^{-11}$ |
| d6s | -11.58415 | 8.71966 | -1.329 | 0.1931 |

$$R^2 = 0.9407, \text{adj}R^2 = 0.9335$$

$$\text{F-štatistika} = 130.8, \text{p-hodnota} < 2.2 \cdot 10^{-16}$$

$$\mathbf{Ppe} = \mathbf{CoE/E} + \mathbf{MC/E} + \mathbf{TA/E} + \mathbf{d6s}$$

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| (Intercept) | -24.25708 | 13.18320 | -1.840 | 0.0768 |
| CoE/E | 0.62538 | 0.37364 | 1.674 | 0.1057 |
| MC/E | -0.17226 | 0.03082 | -5.589 | $6.28 \cdot 10^{-6}$ |
| TA/E | 0.28515 | 0.02975 | 9.583 | $3.51 \cdot 10^{-10}$ |
| d6s | -10.92533 | 8.58873 | -1.272 | 0.2142 |

$$R^2 = 0.9253, \text{adj}R^2 = 0.9143$$

$$\text{F-štatistika} = 83.66, \text{p-hodnota} = 8.258 \cdot 10^{-15}$$

Tieto modely som ďalej pozoroval a upravoval - skúšal vyhadzovať outliere, nezahŕňať nesignifikantné premenné, robil robustnú regresiu, zovšeobecnený aditívny model (GAM), budoval modely odznovu len pre niektoré premenné - no na výsledky žiadného z modelov to už nemalo veľký vplyv, hlavne čo sa týka signifikantnosti dummy premennej.

Všetky skúšané modely pre OR mali outliere len pre Six Sigma firmy a ak by som ich vyhodil, model by stratil zmysel. V prípade ORPLpe bol každý model horší ako pôvodný a signifikantnosť dummy premennej sa nikdy nepotvrdila. Pri ORpe boli aj po vyhodení počiatočných outlierov ďalšie výrazné outliere a nesignifikantnosť dummy premennej sa nemenila.

Najzaujímavejší bol model s AV. Model bol dobrý, len ak tam bolo aj CoE. Keď som do modelu pridal aj počet zamestnancov (E), tí boli signifikantní, ich koeficient však bol záporný. Spolu s kladným koeficientom pri CoE by to mohlo naznačovať, že pridaná hodnota je tvorená zamestnancami s vysokými platmi. Zápornosť a signifikantnosť dummy premennej zostala naďalej.

$$\mathbf{AV} = \mathbf{CoE} + \mathbf{E} + \mathbf{d6s}$$

| | Odhad | Štd.odch. | t-hodnota | p-hodnota |
|-------------|------------|-----------|-----------|-----------------------|
| (Intercept) | 2310.6865 | 1127.1474 | 2.050 | 0.048136 |
| CoE | 2.1243 | 0.2294 | 9.259 | $8.07 \cdot 10^{-11}$ |
| E | -30.6652 | 7.8555 | -3.904 | 0.000426 |
| d6s | -7600.2629 | 3310.0409 | -2.296 | 0.027958 |

$$R^2 = 0.9592, \text{adj}R^2 = 0.9556$$

$$\text{F-štatistika} = 266.3, \text{p-hodnota} < 2.2 \cdot 10^{-16}$$

AVpe som vyskúšal modelovať tiež len pomocou nákladov na zamestnancov (CoE/E). Po vyhodnení výrazného outlieru kleslo $adjR^2$ až na 0.49 a dummy premenná bola signifikantná až pri hladine významnosti 10%. Žiadny z iných modelov pre Ppe nebol dobrý, jedine pri modelovaní len pomocou TA/E bola dummy premenná signifikantná, $adjR^2$ však kleslo na 0.74.

Interpretácia výsledkov

Signifikantnosť dummy premennej, teda signifikantnosť vplyvu Six Sigmy na sledované premenné sa, okrem jedného prípadu (AV), nepotvrdila. V prípade AV sa hodnota dummy premennej pohybovala v intervale (-10000, -7500), čo znamená, že Six Sigma znižuje pridanú hodnotu výrobkov o zhruba 7 až 10 miliónov eur (AV je uvádzané v tisícoch), čo sa javí ako vysoké číslo. Keď sa však pozrieme na charakteristiky AV pre Six Sigma firmy - minimum je 21 540, prvý kvantil 24 320, medián 51 900, priemer 54 400, tretí kvantil 73 180 a maximum 107 800, všetko v tisícoch eur, - tak toto číslo pre ne nie je likvidačné, nie je však ani zanedbateľné a stojí za povšimnutie. Pre menšie firmy by táto hodnota mohla byť aj likvidačná, čo je možno aj jeden z dôvodov, prečo ju malé firmy nevyužívajú. Signifikantnosť Six Sigmy sa však nepotvrdila pre AVpe, teda túto interpretáciu treba brať s rezervou.

4.5 Nedostatky

Som si vedomý toho, že údaj o využívaní alebo nevyužívaní Six Sigmy nie je práve najspohľadlivejší. Tento postup bol však bežným postupom aj vo vyššie uvedených prácach. Zároveň si myslím, že ak niektorá z daných firiem Six Sigma využila, a teda minula na ňu nemalé peniaze, uviedla by to minimálne vo výročnej správe, resp. by sa tým chválila niekde inde (webstránka, ...). To, že firma má certifikát Six Sigma, je pre firmu ďalšie plus v PR, podobne ako napr. certifikát kvality ISO 9000, a preto nevidím dôvod na zakrývanie tejto skutočnosti.

Ďalším nedostatkom tejto práce je malá vzorka sledovaných firiem, ako aj malá časť Six Sigma firiem. Optimálna situácia by bola mať dve rovnako veľké skupiny (≥ 50 firiem v každej). Z tohto dôvodu nemôžem výsledky zovšeobecniť, no môžu byť motiváciou pre ďalšie skúmanie.

Záver

Cieľom tejto práce bolo posúdiť, či má Six Sigma vplyv na produktivitu firiem, na jednotlivé sledované ukazovatele. Porovnávané boli dve skupiny firiem z jedného sektora (NACE 29.71 - výroba elektropotrebičov pre domácnosť), z jednej krajiny (Francúzsko) a dáta boli z jedného roku (2005).

Pri väčšine sledovaných premenných sa Six Sigma neukázala ako signifikantná. Signifikantný rozdiel bol pri testoch rovností stredných hodnôt pre premenné ROTA a ROCE, prerátané na počet zamestnancov. Rozdiel bol v neprospech Six Sigma firiem, nebol však výrazný. Druhý prípad, kedy bolo využitie Six Sigmy signifikantné, bola regresia, v ktorej bola závislá premenná AV. Takisto v toto prípade vyšli Six Sigma firmy horšie, Six Sigma im znižovala pridanú hodnotu až o 7-10 miliónov eur. Tu však treba podotknúť, že pri regresii pre AVpe už Six Sigma signifikantná nebola. Záver z týchto pozorovaní by teda mohol byť, že Six Sigma nemá signifikantný vplyv na sledované ukazovatele.

Výsledky však, vzhľadom na malú vzorku sledovaných firiem, nemôžem zovšeobecniť, môžu byť ale motiváciou pre ďalší výskum. Ten by mohol pozorovať pôvodný zámer tejto práce, vplyv Six Sigmy na redukciu nákladov, ktorý pre nedostupnosť dát nebol uskutočnený. Druhým možným vylepšením je získať tieto dáta za niekoľko rokov dozadu a sledovať zmeny jednotlivých ukazovateľov a vplyv Six Sigmy na tieto zmeny.

Literatúra

Ayeni, F (2003): "An Empirical Study of the Impact of Six Sigma Methodology on Organization Financial Performance in the U.S."

Banks, J. (1993): "Is Industrial Statistics Out of Control?", *Statistical Science* 8: 356–377

Davidson, K. M. (1990): "The Winner's Curse: A Caution for Top Firms", *The Journal of Business Strategy* May/June: 43–47

Deming, W. E. (1982): "Out of the Crisis: Quality, Productivity and Competitive Position"

Easton, G. S. & Jarrell, S. L. (1998): "The Effects of Total Quality Management on Corporate Performance: An Empirical Investigation", *The Journal of Business* 81: 253–307

Evans, J. R. & Jack, E. P. (2003): "Validating Key Results Linkages in the Baldrige Performance Excellence Model", *Quality Management Journal*

Flynn, B. B. & Schroeder, R. G. & Sakakibara, S. (1995): "The Impact of Quality Management Practices on Performance and Competitive Advantage", *Decision Science* Sep/Oct: 659–691

George, M. L. (2002): "Lean Six Sigma"

George, M. L. & Rowland, D. & Price, M. & Maxey, J. (2005): "The Lean Six Sigma Pocket Toolkit"

- George, M. L. (2006): "A Microeconomic Model for Achieving and Sustaining Supernormal Returns", *Econpapers*
- Goeke, R. J. & Offodile, O. F. (2005): "Forecasting Management Philosophy Life Cycles: A Comparative Study of Six Sigma and TQM", *The Quality Management Journal* 12: 34–46
- Hall, R. W. (1997): "Queueing methods for Services and Manufacturing"
- Hendricks, K. B. & Singhal, V. R. (1997): "Does Implementing an Effective TQM Program Actually Improve Operating Performance? Empirical Evidence from Firms That Have Won Quality Awards", *Management Science* 43: 1258–1274
- Iaquinto, A. L. (1999): "Win a Quality Award and Lose Your Competitive Advantage", *Strategic Change* 8: 95–101
- Koller, T. & Goedhart, M. & Wessels, D.: "Valuation"
- Kosai, Y & Ogino, Y (1984): "The Contemporary Japanese Economy"
- Main, J. (1990): "Is the Baldrige overblown?", *Fortune* April 23: 101–116
- Miller, D. (1993): "The Architecture of Simplicity", *The Academy of Management Review* 18: 116–138
- Okita, S (1980): "The Developing Economies and Japan"
- Shannon, C.E. (1948): "A Mathematical Theory of Communication", *The Bell System Technical Journal* 27: 379–423
- Shewhart, W. A. (1931): "Economic Control of Quality of Manufactured Product"
- Smith, B. (1993): "Six-sigma design [quality control]", *Spectrum IEEE* 30: 43–47

Uno, K (1987): "Japanese Industrial Performance"

Womack, J. P. & Jones, D. T. & Roos, D. (1991): "The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production"

Internetové zdroje:

www.wikipedia.org

www.isixsigma.com

www.asq.org

www.msys.sk

finance.yahoo.com