

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství



Diplomová práce

**Návrh nových měr kvality procesních modelů založených
na uživatelské responzivitě**

Bc. Ladislav Pospíchal

© 2019 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ladislav Pospíchal

Informatika

Název práce

Návrh nových měř kvality procesních modelů založených na uživatelské responzivitě

Název anglicky

Design of new quality measures of process models based on user responsiveness

Cíle práce

Cílem práce je vyzkoušet uživatelský průchod procesním modelem BPMN a za pomoci technologií měřící uživatelskou responzibilitu (počet kliků myši, pohyb myši po obrazovce, pohyb očí atd) navrhnout a otestovat nové míry kvality.

Metodika

- Prostudujte doporučenou literaturu.
- Navrhněte vzorový proces a namodelujte jej.
- Navrhněte nové míry kvality pro BPMN.
- Proveďte ověření měř.
- Definujte závěry.

Doporučený rozsah práce

63

Klíčová slova

Míry kvality procesních modelů, BPMN, procesní modelování, responzibilita

Doporučené zdroje informací

Pavlicek J., Hronza R., Pavlickova P., Jelinkova K., The business process model quality metrics, EOMAS 2017

Pavlicek J., Pavlickova P., Methods for evaluating the quality of process modelling tools, EOMAS 2018

Pavlicek J., Pavlickova P., Naplava P., Measures of quality in Business Process Modeling, EOMAS 2019

Předběžný termín obhajoby

2019/20 ZS – PEF (únor 2020)

Vedoucí práce

Ing. Josef Pavlíček, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačního inženýrství

Elektronicky schváleno dne 25. 11. 2019

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 11. 2019

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 27. 11. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Návrh nových měř kvality procesních modelů založených na uživatelské responzivitě" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 29.11.2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Josefu Pavlíčkovi Ph.D. za rady, připomínky a ochotu během vedení diplomové práce. Dále rodičům, kteří mi studium umožnili, partnerce a přátelům za podporu a povzbuzování k dokončení práce. Také bych rád poděkoval všem participantům za spolupráci s testováním.

Návrh nových měr kvality procesních modelů založených na uživatelské responzivitě

Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá návrhem nových měr kvality procesních modelů založených na uživatelské responzivitě. V první části práce je nastíněna problematika procesů, tvorby procesních modelů a standardů pro jejich zápis. Dále jsou charakterizovány již využívané míry hodnotící stupeň kvality procesních modelů. Následující část práce obsahuje analýzu finančně dostupných řešení pro záznam uživatelské responzivity.

Na základě nabytých znalostí jsou navrženy nové míry kvality procesních modelů. Navržené míry kvality jsou využity při kvalitativní testování vymodelovaných vzorových procesů. Testování je vykonáno s využitím vybraných řešení pro záznam uživatelské responzivity. Z výsledků testování je vyhodnocena použitelnost navržených měr kvality procesních modelů a doporučeny úpravy pro možné další využití.

Klíčová slova: Míry kvality procesních modelů, BPMN, procesní modelování, responzibilita

Design of new quality measures of process models based on user responsiveness

Summary

This diploma thesis is focused on design of new measures of quality in business process modelling based on user responsiveness. The first part of the thesis outlines the issues of processes, creation of process models and standards for their notation. Thesis continues with characterization of known measures of quality in business process modelling. The following part contains an analysis of affordable solutions for recording user responsiveness.

New measures of quality for process models are design based on previous empiric research. Gained quality measures are used in qualitative testing on sample process models. Testing is performed using selected solutions for recording user responsiveness. From the results of testing is evaluated the applicability of proposed measures of quality in business process modelling and recommended modifications for possible further use.

Keywords: Measures of quality of process models, BPMN, process modelling, responsiveness

Obsah

1 Úvod.....	5
2 Cíl práce a metodika	7
2.1 Cíl práce	7
2.2 Metodika	7
3 Teoretická východiska	8
3.1 Procesy a procesní řízení.....	8
3.1.1 Proces (definice a vlastnosti)	8
3.1.2 Procesní řízení.....	13
3.1.3 Shrnutí kapitoly.....	14
3.2 Procesní modely	15
3.2.1 Identifikace a mapování procesů	15
3.2.2 Modelování procesních modelů.....	21
3.2.3 Shrnutí kapitoly.....	31
3.3 Kvalita procesních modelů.....	32
3.3.1 Míry kvality procesních modelů	33
3.3.2 Míry kvality procesních modelů v BPMN.....	36
3.3.3 Nástroje hodnotící kvalitu procesních modelů	40
3.3.4 Shrnutí kapitoly.....	42
4 Analýza prostředků pro měření uživatelské responzivity	43
4.1 Nalezená technologická řešení	44
4.1.1 Řešení pro záznam pohybu kurzoru.....	44
4.1.2 Řešení pro záznam pohybu očí	46
4.2 Shrnutí kapitoly	53
5 Vlastní řešení na měření uživatelské responzivity	55
5.1 Shrnutí kapitoly	60
6 Návrh měř kvality procesních modelů	61
6.1 Navrhnuté míry kvality	61
6.1.1 Celkový počet fixací v procesním modelu	61
6.1.2 Poměr fixací a elementů v procesním modelu.....	62
6.1.3 Průměrná doba fixace v procesním modelu.....	62
6.1.4 Celkový počet saccades v procesním modelu.....	63
6.1.5 Poměr saccades a elementů v procesním modelu	63
6.1.6 Počet vrácení se v procesním modelu vůči procesnímu toku	63
6.1.7 Poměr vrácení se proti proces. toku a počet elementů.....	64
6.1.8 Poměr vrácení se proti proces. toku a počet elementů typu Gateway	64

6.2	Shrnutí kapitoly	64
7	Ověření navržených měř kvality.....	65
7.1	Podklady pro testování	66
7.2	Průběh testování	68
7.2.1	„Počet vrácení se v procesním modelu vůči procesnímu toku“	71
7.2.2	„Poměr vrácení se proti proces. toku a počet elementů“	72
7.2.3	„Poměr vrácení se proti proces. toku a počet elementů typu Gateway“ ..	73
7.3	Shrnutí kapitoly	74
8	Závěr.....	76
9	Seznam pojmů	79
10	Seznam použitých zdrojů	80
10.1	Literární zdroje.....	80
10.2	Internetové zdroje.....	83
11	Seznam obrázků	85
12	Seznam tabulek	86
13	Seznam příloh	I

1 Úvod

V současném globalizovaném a vysoce konkurenčním prostředí se podnikatelské subjekty musejí neustále vyvíjet a zlepšovat, pokud chtějí přežít a setrvat na trhu. V těchto podmínkách může být klíčové získat jakoukoliv výhodu, kterou konkurence nedisponuje. Paralelou pro tuto situaci může být evoluční vývoj živočichů. V dnešní době, kdy informační technologie větší měrou prorůstají do ostatních odvětvích a trh může být v některých oblastech již nasycen, je tento tlak ještě intenzivnější.

Nové technologie a způsoby řízení poskytovaly v historii nové nástroje, jak zefektivnit činnost celého podnikatelského subjektu (organizace) jako celku. Implementace těchto nových idejí a technologií zapříčinily změny, které vedly k zavedení dělby práce, automatizaci či několika vln průmyslové revoluce (1). Jedním z následovníků těchto vnějších vlivů na organizaci je i procesní řízení (Business Process Management). Pojem procesní řízení se skládá z činností, nástrojů a metod, které mají zmapovat jednotlivé podnikové procesy uvnitř organizace, navrhnout změny k zefektivnění a ty následně implementovat. Jednotlivé podnikové procesy se mapují a následně abstraktně vyjadřují pomocí nástrojů procesního modelování.

Mapování procesů uvnitř podniků a následné navržené úpravy umožnily změnu v řízení a pohledu vedoucích pracovníků. Přesněji přerod z úkolového řízení a pohledu na organizační strukturu k řízení a pohledu procesnímu. Avšak mapování podnikových procesů je finančně a časově náročná činnost (a to i u menších podniků). Následně hrozí riziko, že navržené změny vycházející z těchto procesů budou nevhodné či zcela chybné. Ať už z příčiny špatně zmapovaných podnikových procesů nebo nevhodně uchopených změn. Z tohoto důvodu vznikly standardy, metodiky, CASE nástroje pro procesní modelování a míry pro následné hodnocení vytvořených modelů.

Zmíněné prostředky kvalifikují vypracované procesní modely z mnoha hledisek, avšak není jisté, jestli se v praxi vyskytují ucelené nástroje pro hodnocení procesních modelů na základě uživatelské responzivity. Hodnocení založené na reakcích uživatelů na poskytnutý stimul, kdy jsou zaznamenány a měřeny pohyby kurzoru či očí. Snímání pohybu očí (tzv. eye-tracking) je v současnosti dynamicky rozvíjející se obor, který našel uplatnění především v marketingu (2) a mohl by být užitečný i při určování kvality procesních modelů. Rozšíření praktického využití technologie eye-trackingu zamezuje jeho značná finanční

nákladnost. Pro využití je z pravidla nutné odborné pracoviště, obsahující drahý hardware a software. Situaci by mohly změnit softwarová řešení, využívající k eye-trackingu obyčejné webové kamery.

Na základě těchto východisek se diplomová práce zabývá výběrem vhodných prostředků pro určení kvality procesních modelů v závislosti na uživatelské responzivitě. To pomocí nově navrhnutých měr určující stupeň kvality procesních modelů.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem práce je navrhnout a ověřit nové míry kvality procesních modelů založených na uživatelské responzivité. Dílčím cílem práce je studie použitelnosti finančně dostupných prostředků pro měření uživatelské responzivity.

Výsledkem práce jsou ověřené navržené míry kvality a zhodnocení postupu kvalitativního testování procesních modelů pomocí dostupných prostředků měřící responzivitou.

Závěrem jsou definovány případné úpravy měř kvality a formulováno doporučení dalšího možného využití.

2.2 Metodika

Metodika této diplomové práce je založena na podrobném studiu odborné literatury zabývající se problematikou procesů, procesního modelování, kvalitou procesních modelů, využívaných standardů pro vyjádření procesních diagramů a již nalezených měř kvality procesních modelů. Dále jsou v práci analyzovány finančně dostupná řešení pro měření uživatelské responzivity a zhodnocena jejich využitelnost pro testování procesních modelů.

Získané znalosti jsou zúročeny na návrhu nových měř hodnotících stupeň kvality procesních modelů. V další části práce je navrhnout scénář kvalitativního testování nových měř s využitím vhodných prostředků zaznamenávající uživatelskou responzivitou. Pro tvorbu testovacích scénářů jsou vymodelovány vzorové procesy v notaci BPMN. Kvalitativní testování je vykonáno na vybraném vzorku respondentů.

Na základě výsledků testování je ověřena využitelnost navržených měř a zhodnocen navržený postup kvalitativního testování procesních modelů pomocí prostředků měřící uživatelskou responzivitou. Z výsledku testování jsou definovány případné úpravy měř kvality a způsobu testování. V závěru práce je formulováno doporučení dalšího využití.

3 Teoretická východiska

3.1 Procesy a procesní řízení

Úvodem je nutné definovat, co se pomocí prostředků pro záznam uživatelské responzivity bude měřit a hodnotit. Je nutné interpretovat termín „procesní řízení“ a „proces“.

3.1.1 Proces (definice a vlastnosti)

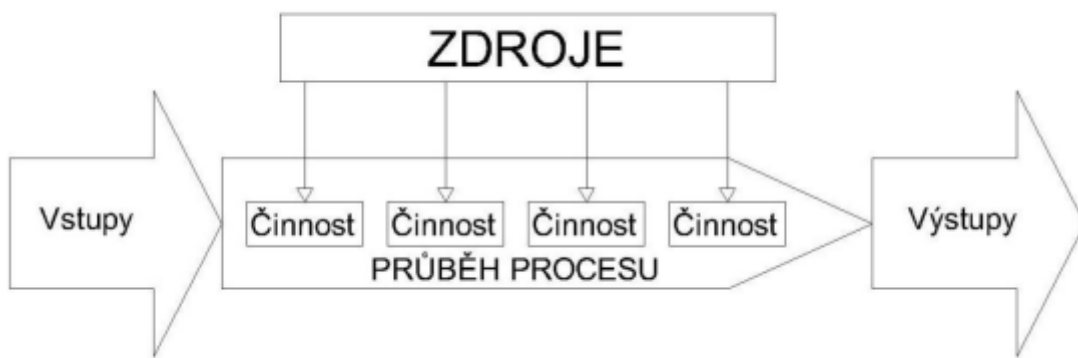
Procesy se vyskytují denně v životě každého člověka. Každý člověk má nějaký svůj proces, postup, který vykonává. Např. činnosti začátkem každého dne: probuzení, nasnídání, osobní hygiena, obléknutí a odchod do práce je menší osobní proces. Proces, kterého je součástí pouze jeden člověk, ale zároveň tento proces koliduje s jinými procesy. Není možné se nasnídat, pokud někdo v jiném procesu nenakoupil jídlo k snídani. Není možné provést osobní hygienu, když je v koupelně někdo jiný a tak dále. Každý člověk je dennodenně obklopen a zúčastňuje se mnohých jednotlivých procesů či dokonce celých skupin procesů. Ať se přímo účastní na vstupu jednotlivého procesu (podání žádosti na poště), na výstupu jednotlivého procesu (odběr peněz z bankomatu) či svojí činností nějak doplňuje či naopak přerušuje jiný proces (úmyslně či neúmyslně). Proces se dá definovat jako:

„Proces je logicky nebo chronologicky seřazený soubor činností s definovanými vstupy a výstupy, které vytvářejí ucelenou hodnotu pro zákazníka procesu.“ (3)

Slovo proces vychází z latinského „processus“ a každý proces dle obecné definice:

- musí mít vstup a výstup,
- musí být složen z jasně oddělených částí (činností),
- jednotlivé části (činnosti) musejí být logicky či chronologicky seřazeny,
- výsledek celého procesu má mít pozitivní výsledek.

Z předchozí definice také vyplývá, že proces je soubor činností, pomocí kterých dochází k transformaci vstupů do cílových a chtěných výstupů pomocí aktivit (činností).



Obrázek 1 – Základní schéma procesu (4)

Procesy se samovolně vyskytují v každém prostředí, avšak pro potřeby efektivního řízení uvnitř jedné organizace je třeba procesy usměrňovat a korigovat (5). Takto řízené procesy se v managementu nazývají podnikové procesy.

Specifický podnikový proces je možné definovat jako:

„Podnikový proces je množina jedné nebo více propojených činností společně přispívající k dosažení podnikového cíle, obvykle ve vazbě na organizační strukturu, která definuje funkční role a vztahy.“ (6)

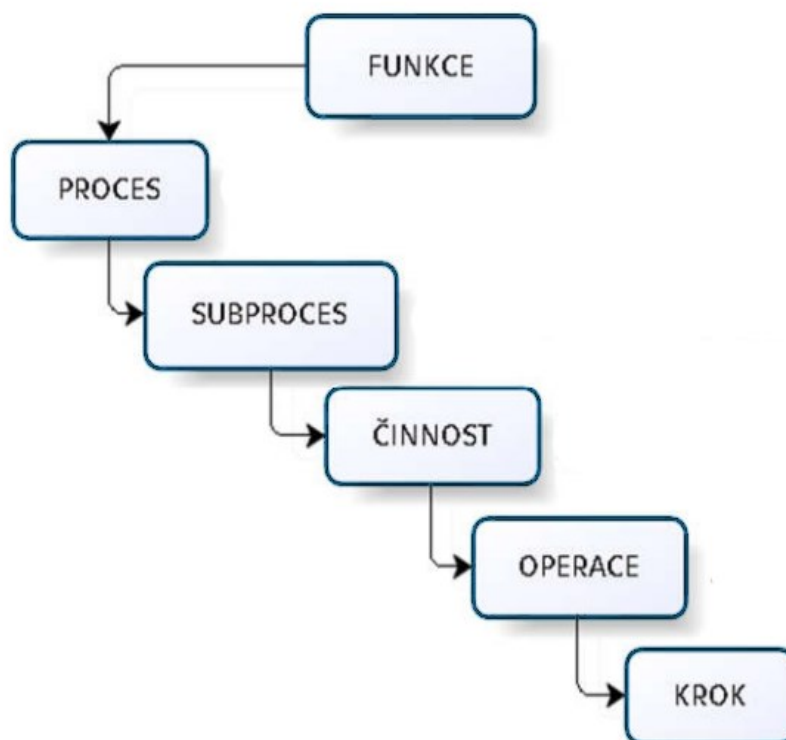
Podnikový proces tedy na rozdíl od obecného procesu vznikl za účelem naplnění či dosažení společného cíle, ostatní vlastnosti procesu (vstup, výstup a posloupnost činností) zůstávají. Pro splnění tohoto cíle je využíváno interních procesů v rámci jedné organizační struktury (jeden podnik) či sub-procesů procházejících více organizačními útvary či dokonce organizacemi (7).

Podnikový proces je charakterizován (8):

- přesně definovanými vstupy a výstupy,
- skupinou činností,
- specifikací konkrétního zákazníka (interní/externí),
- specifikovaným vlastníkem,
- měřitelností,
- generováním nákladů,
- specifikovanou dobou realizace (trvání).

3.1.1.1 Hierarchizace procesů

Každý proces lze nezávisle na jeho složitosti rozdělit do několika úrovní, které následně slouží k lepšímu porozumění průběhu procesu a jsou nápomocné při procesním modelování. Dle schématu (Obrázek 2) je nejnižší úrovní procesu krok. Krok je časově a logicky souvislý úkon prováděný jedním pracovníkem či strojem. Nad krokem se nachází operace, ta se od kroku liší absencí určeného časového rámce. Nadřazenou úrovní nad krokem a operací je činnost. Činnost je množina na sebe navazujících operací v rámci jedné pracovní jednotky, která má za výsledek měřitelný produkt. Nejvyšší úrovní je sub proces, ten představuje množinu na sebe navazujících činností v rámci jedné či více pracovních jednotek a jeho výsledkem je také měřitelný produkt (9).



Obrázek 2 - Hierarchický rozpad procesů (9)

3.1.1.2 Klasifikace procesů

Podnikové procesy je možné klasifikovat do několika tříd. Klasifikací je několik a každá je poplatná svému původnímu účelu. Pro účely této diplomové práce poslouží obecná klasifikace na tři základní třídy – primární, sekundární a vedlejší.

Primární procesy, někdy též nazývány klíčové, představují hlavní funkce a činnosti v organizaci. Procházejí napříč celou organizační jednotkou a skládají se z mnoha různých druhů činností. Počet základních procesů je závislý na velikosti organizace a na druhu výsledné činnosti organizace jako celku. Jedná se zvláště o procesy kritické pro hlavní činnost organizace např. předmět podnikání (10).

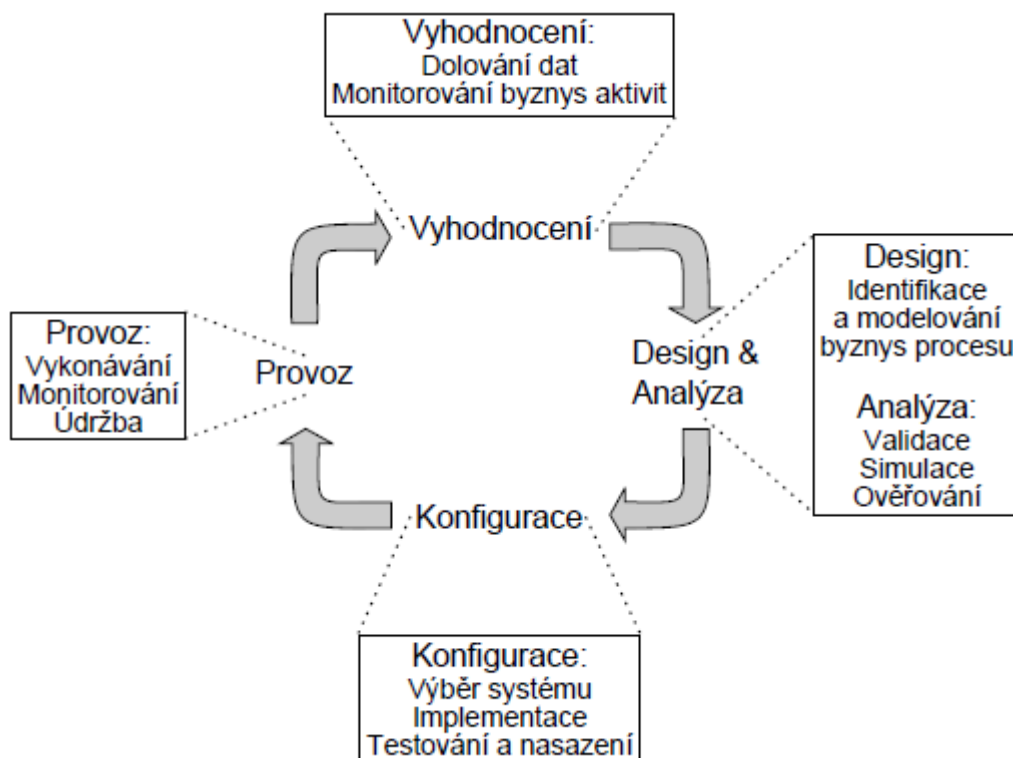
Sekundární procesy, někdy nazývané podpůrné, přispívají k fungování primárních procesů a rozvoji organizace. Zajišťují pro ostatní procesy podmínky či produkty (výrobky nebo služby), které jsou pro primární procesy klíčové a nejsou si je schopny sami zajistit (3). Podpůrné procesy mohou přispívat k fungování i jiných podpůrných procesů, avšak musí být patrná jasná vazba na primární proces (11).

Poslední skupinou jsou vedlejší procesy, které stejně jako sekundární zajišťují fungování primárních procesů, avšak neprobíhají uvnitř zmíněné organizace a pro získání produktu (výrobku či služby) musejí probíhat částečně externě (mimo organizaci).

Další často využívaná klasifikace vychází z manažerského pohledu. Rozděluje procesy podle účelu a důležitosti na řízení organizace (12). Procesy rozlišuje dle hierarchie na řídicí, hlavní a podpůrné. Nejvyšší řídicí procesy vykonávají kontrolu a usměrňují ostatní procesy ve své činnosti. Hlavní a podpůrné procesy jsou svojí charakteristikou analogické k procesům v předchozí klasifikaci.

3.1.1.3 Životní cyklus procesů

Životní cyklus procesu je pojem, který popisuje vývoj procesu v čase. Zjednodušeně od jeho navržení, zavedení až po následné vylepšování.



Obrázek 3 - Životní cyklus procesu (13)

Životní cyklus procesu je možné popsat čtyřmi fázemi (Obrázek 3). Cyklus začíná první fází **design a analýza**, kde je proces identifikován, vytvořen procesní model a ten následně zvalidován a zhodnocen v modelových simulacích.

V druhé (**konfigurační**) fázi je vytvořený procesní model konfigurován pro implementaci do systému organizace. Po úspěšné konfiguraci je proces testován a hodnocen a poté teprve implementován.

Obsahem třetí fáze životního cyklu procesu (**provoz**) je monitorování a zaznamenávání běhu implementovaného procesu v systému organizace. Zaznamenané informace jsou uloženy pro pozdější analýzu.

V poslední fázi jsou **vyhodnoceny** informace získané ve fázi provozu. Pro hodnocení kvality procesu se využívají data získané monitoringem a dataminingem. Z těchto hodnocení je možné identifikovat eventuální slabé místo procesu a poskytnout podnět pro zlepšení. Tento podnět je následně využit v další fázi designu a analýzy. Poté celý cyklus započne znovu od začátku.

3.1.2 Procesní řízení

Procesní řízení, neboli procesní přístup k řízení, je moderní manažerský styl, jehož základy sahají do šedesátých let tohoto století. V té době se objevují názory, že je potřeba nedívat se na organizaci jako jednotný celek či shluk více útvarů, ale jako na množinu jednotlivých činností, které prostupují různými útvary v rámci jedné organizace (14). Zaměřením pouze na vykonávané činnosti a výsledné výstupy je umožněna vyšší integrace a koordinace činností mezi útvary. Následná optimalizace těchto jednotlivých činností umožní dosáhnout vyšší efektivity organizace jako celku. Tento přístup zpočátku narážel na nedostatečné technické možnosti tehdejší doby a na značný konzervatismus u tehdejšího vedení společností. Běžnou praxí byl funkční styl řízení, kde bylo nahlíženo na jednotlivé útvary jako na samostatné celky s vysokou mírou autonomie.

Procesní řízení se dostává znovu do popředí během devadesátých let, kdy je publikována kniha „Re-engineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution“, v které je představen pojem „re-engineering“. Tento pojem pracuje s jednotlivými činnostmi v organizaci (procesy) a jejich následnou úpravou – optimalizací pro vyšší efektivitu organizace jako celku. U jednotlivých procesů je brán zřetel na nízké náklady, flexibilitu, kvalitu a rychlost (15). S následným technologickým pokrokem, rozvojem informačních technologií, prorůstajících do dalších odvětví, a tlakem na co nejvyšší efektivitu a konkurenceschopnost se procesní řízení stalo nedílnou součástí většiny společností (16).

Obecně se procesní řízení, v angličtině nazývané Business Process Management (zkratka BPM), skládá z množiny postupů, systémů, metod a nástrojů pro zabezpečení maximální výkonnosti a zlepšování podnikových a mezipodnikových procesů pro plnění vytyčených strategických cílů podniku či organizace (17). Zmíněná množina se opírá o mnoho vědních oborů, avšak v současnosti jsou stále více využívány informační technologie umožňující vysokou míru automatizace (13).

S využitím zmiňovaných postupů a nástrojů se nejdříve identifikují jednotlivé procesy v organizaci. Dále je analyzováno jejich vzájemné působení a určena možná korelace. To vše vůči zamýšlenému výstupu organizace. Nástroje procesního řízení následně tyto procesy podrobně definují, hierarchizují na jednotlivé kroky a obecně pomáhají pochopit sled všech činností v organizaci. Z těchto poznatků je možné jednotlivé procesy hodnotit, zjistit slabé / silné stránky a určit prostor pro následné zlepšení.

Pro úspěšné zavedení procesního řízení, je třeba dodržet několik základních principů (4):

- **integrace a komprese činností** – jednotlivé práce sdruženy do logických celků, umožňující snadnější uchopení a vyjádření,
- **delinearizace činností** – práce u kterých je to možné, jsou vykonávány paralelně,
- **místo činnosti** – činnost se vykonávána na nejvhodnějším místě, bez ohledu na umístění pracovního útvaru,
- **uplatnění týmové práce** – procesy jsou vykonávány samostatnými týmy s dostatečnou mírou autonomie,
- **motivace** – motivace pracujícího na části procesu (jedna či více činností) je vázána na celkový výstup, ne pouze výsledek z jeho činností,
- **odpovědnost za proces** – za celkový výstup procesu je odpovědný vlastník procesu, odpovídá za celkovou efektivitu i v delším časovém horizontu,
- **varianty procesu** – každý proces má několik variant. Varianty je možné střídát podle vnějších či vnitřních okolností,
- **aplikace 3S** – samoorganizace, samořízení, samokontrola,
- **pružnost pracovních týmů** – týmy a jejich struktura je schopna pružně reagovat na měnící se podmínky,
- **znalostní a informační bezbariérovost** – sdílení všech potřebných znalostí a informací napříč celou organizací.

Pro ještě lépe uchopitelný pohled do fungování organizace je možné z jednotlivých procesů vytvořit procesní modely. Ty se z pravidla stávají základem při následném návrhu optimalizace jednotlivých procesů.

3.1.3 Shrnutí kapitoly

V této kapitole byl definován pojem proces, vyjádřeny jeho možné vlastnosti a určena jejich klasifikace. Dále bylo nastíněno téma procesního řízení a zmíněna příčina pro modelování obchodních procesů.

Získané teoretické znalosti z této kapitoly budou využity autorem práce pro pochopení problematiky procesních modelů, jejich mapování a modelování, které je řešeno v následující kapitole.

3.2 Procesní modely

Pomocníkem pro úspěšné vykonávání procesního řízení jsou tzv. procesní modely. Potřeba vzniku procesních modelů vzešla z nedostatečnosti textového popisu činností (procesů) pro účely analýz a optimalizací. Jak bylo zmíněno v minulé kapitole, procesní modely jsou detailním vyjádřením definovaných procesů včetně podrobné struktury, vazeb na jiné procesy a relativní pozice procesu v rámci organizace (oproti jiným procesům). Tyto modely umožňují snazší pochopení modelovaného procesu, analýzu a návrh možné improvizace. Zároveň slouží jako zdroj informací pro vykonavatele modelovaného procesu.

Procesní modely se dají klasifikovat do dvou skupin: globální a detailní. Globální model představuje vyjádření množin více procesů. Detailní model vyobrazuje strukturu více procesů a jejich vzájemných relací (11).

3.2.1 Identifikace a mapování procesů

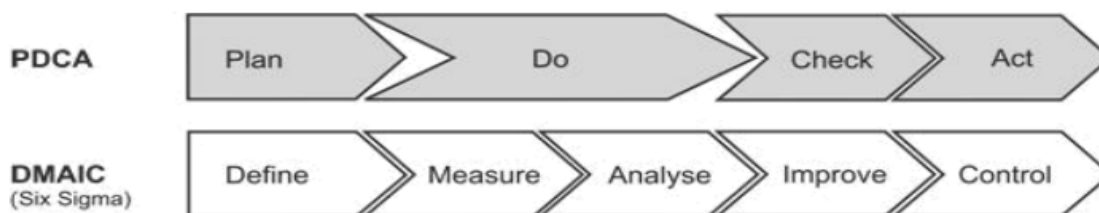
Před modelováním procesů je potřeba procesy v organizaci pečlivě popsat a vyjádřit jejich vlastnosti a možné vzájemné závislosti. Toho je možné docílit pomocí základní identifikace procesů nebo grafického mapování procesů, nejčastěji pomocí specializovaných diagramů. K oběma zmiňovaným činnostem existuje několik metodik a nástrojů.

3.2.1.1 Identifikace procesů

Cílem identifikace procesu je poznat vlastnosti, dovednosti a praktické využití zvoleného procesu. Pro identifikaci je využíváno několik modelů:

- **PDCA** – model prostředí projektového managementu. Zkratka znamená Plan-Do-Check-Act a dle zkratky se skládá ze 4 fází:
 - proces plánování,
 - řízení plánu a koordinaci,
 - monitoring a kontrola,
 - implementace opravy.
- **PDSA** – (Plan-Do-Study-Act) upravená varianta původního modelu PDCA s větším zaměřením na definici a studium možných problémů,

- **DMAIC** (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) – model pro řízení Six Sigma projektů. Vychází také z PDCA modelu, je však rozšířený o nové fáze reflektující potřeby vyšlé z praxe. Dle zkratky se model skládá z pěti kroků:
 - definice problému, vymezení rozsahu a deklarování cílů,
 - určení plánů, způsobu měření, způsobu sběru informací a hodnocení dat,
 - analyzování dat, sestavení hypotéz,
 - návrh zlepšení, vytvoření procesního modelu, testování,
 - implementace úprav.



Obrázek 4 - Model PDCA a DMAIC dle jednotlivých kroků (18)

- **SCORE** (Supply Chain Operations Reference model) – procesní referenční model využívaný v podnikových organizacích mající dlouhé dodavatelské řetězce. Je určen k identifikaci plýtvání s časovou dotací ve zkoumaném procesu.

3.2.1.2 Mapování procesů

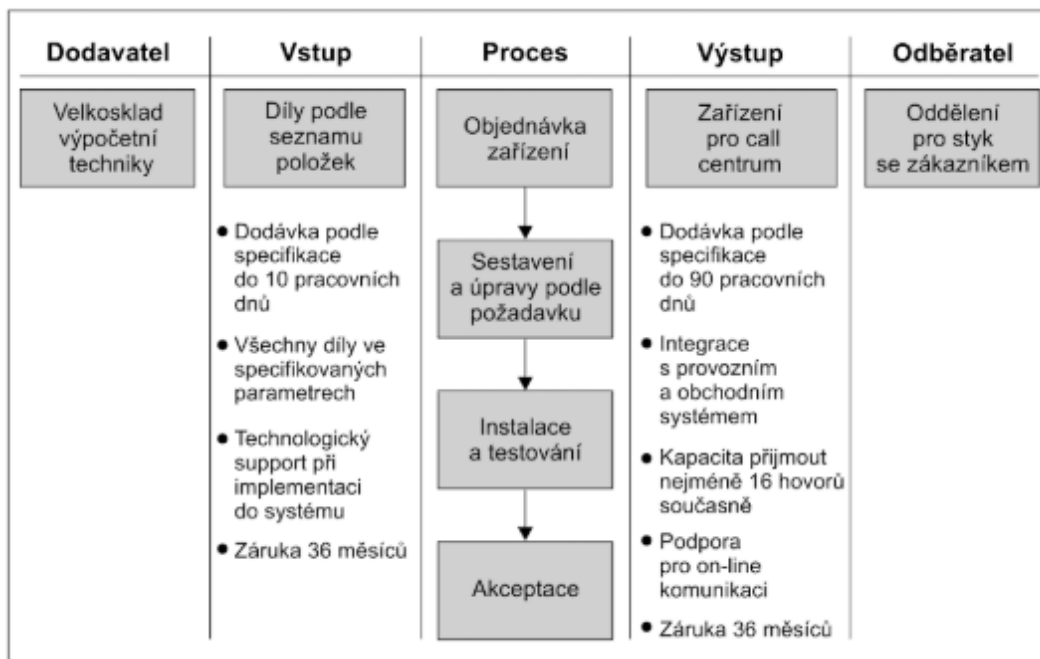
Mapování procesů jsou činnosti sloužící k vizualizaci určitého procesu, přesněji jeho toku v rámci celkové struktury skládající se z množiny více procesů. K vizualizaci se využívá několik metod a nástrojů s využitím speciálních diagramů pro zápis procesů. Metody se mohou dělit dle složitosti. Jednodušší, využívající pouhou propisku a papír, sloužící pro rychlý a jednoduchý náčrt struktury procesů v organizaci a robustní výpočetní metody využívající moderní výpočetní technologie. Každý proces je ovlivněn různými vlivy, ať již vnějšími mimo systém, či interními představující komplikované vazby mezi vnitřními procesy. Pro mapování a následnou vizualizaci procesu je někdy nutné sáhnout ke značnému zjednodušení. Toto zjednodušení by ovšem mělo být ku prospěchu věci. Model vycházející z mapování, které zahrnuje všechny vlivy, by byl příliš komplikovaný, nepřehledný a těžce uchopitelný. Pokud je mapovaný proces již v základu příliš robustní, je vhodné ho rozdělit po dílčích subprocesech, aby při následujícím modelování vzniklo několik jednodušších modelů. Při nedodržení těchto pravidel hrozí, že manažer či vedoucí pracovník vzniklému

procesnímu modelu snadno neporozumí a nebude tím naplněn jeden z cílů pro jejich tvorbu. Dále by s pochopením měli problém i pracovníci, pro které byl model původně určen.

Pro účely mapování se nejčastěji využívá těchto nástrojů (5):

SIPOC diagram

SIPOC diagram (Supplier-Input-Process-Output-Customer) je jedním ze základních prostředků pro mapování procesů v organizaci. Velice jednoduše zobrazuje klíčové proměnné v mapovaném procesu, jejich hranice a charakteristické kroky. Dále u procesu popisuje vnější vlivy na jeho průběh pomocí analýzy vstupů a výstupů procesu. V praxi se pracuje (mapuje) pouze se zmíněnými vstupy a výstupy, tudíž se využívá pouze IPO diagram (5).



Obrázek 5 - SIPOC diagram (5)

Špagetový diagram

Někdy nazývané jako diagramy přesunů. Jedná se o jednoduché diagramy pro zobrazení pohybu při vykonávaných činnostech. Diagram představuje tužkou nakreslenou pracovní oblast (dále již pracoviště), kde se vykonávají pracovní činnosti. Náčrt musí obsahovat veškeré stroje či nástroje potřebné pro sledované činnosti a veškeré ostatní překážky. Do náčrtu se poté zakreslí stopy představující pohyb zaměstnanců nebo materiálu po pracovišti. Vizuelní kontrolou tohoto jednoduchého 2D schématu je možné odhalit zbytečné cesty a najít místo pro optimalizaci. Pro úspěšné vytvoření špagetového diagramu je nutné znát nejen časovou posloupnost jednotlivých pracovních kroků, ale i prostorové dispozice pracoviště. Jelikož se jedná o jednoduchou a rychlou metodu, používá se s využitím tužky a papíru bez počítačových výpočtů či simulací (5).

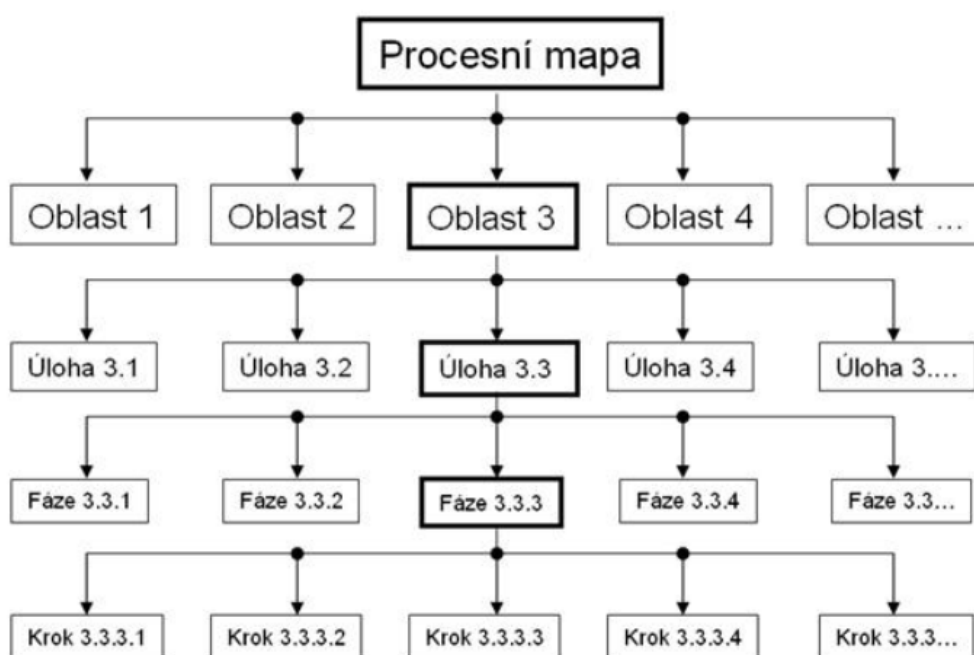
Procesní mapy

Procesní mapování neboli „Process Mapping“ je analytická činnost, při které vzniká přehledné grafické zobrazení procesů a jejich souvislostí tzv. procesní mapa. Tato mapa (grafické znázornění procesu) se skládá z množiny navazujících kroků s jasně definovaným začátkem a koncem. Procesní mapy se nejčastěji využívají pro identifikaci řídicích procesů uvnitř organizace, aneb pomáhají s pochopením účelu procesu a k určení jeho kritičnosti v celé struktuře organizace (množině procesů) (19). Také se mohou využívat k identifikaci výrobních a služeb zajišťujících procesů (3). Procesní mapy umožňují identifikovat jednotlivé procesy v organizaci pomocí ověřené metodologie a dále je využít jako základ pro reengineering mapovaných procesů (3).

Graficky znázorněná procesní mapa se zpravidla omezuje na jednotlivé dílčí subprocessy zkoumaného procesu a zachycení jejich vazeb a vlivu na jiné subjekty. Těmito subjekty mohou být jiné procesy uvnitř organizace či vnější vstupy a výstupy mimo organizaci. Procesní mapa nezobrazuje tyto vlivy příliš do hloubky, pouze tak, aby zůstala stále přehledná. Z těchto důvodů se využívá pro snadněji uchopitelný popis struktury složitých a komplexních organizací (19). Tím se u procesních map dodržuje definice o jednoduchosti mapovacích nástrojů zmíněná v počátku této kapitoly.

Při letném pohledu na správně vytvořenou procesní mapu musí být i laikovi hned patrné (20):

- jaké procesy se v organizaci nacházejí,
- na co a jak jsou tyto procesy členěny,
- kdo má za každý proces zodpovědnost,
- které procesy se navzájem ovlivňují a jak jsou propojeny,
- čeho se každý proces týká,
- jak jsou definovány vstupy a výstupy každého procesu.

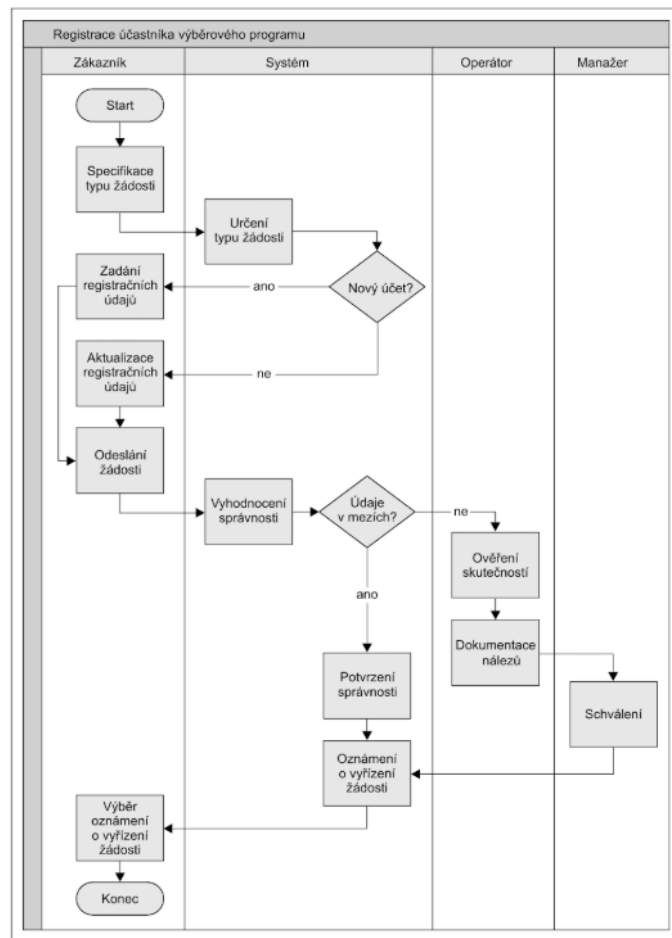


Obrázek 6 - Schéma procesní mapy (Zdroj: autor)

Dráhový diagram

Někdy nazývaný také jako graf řízení. Druh diagramu nejčastěji využívaný pro mapování zákaznických procesů s hlubokou vazbou do vnitřní struktury organizace – např. CRM systémy či procesy s účastí subdodavatelů. Využívají se též v situacích, kdy je potřeba znát a vyjádřit vliv pracovního výkonu pracovníka (pracovní skupiny) na proces. Také mohou sloužit k identifikaci přesné cesty určeného produktu v rámci zkoumaného procesu. Dráhové diagramy se vyskytují ve třech variantách: horizontální, vertikální a levoprávé. Liší se

ve způsobu, jakým je zakreslen vstupní bod, a jakým směrem se postupuje při následujících činnostech. Dále se mohou lišit i dle použité metodologie (např. UML nebo BPMN) (5).



Obrázek 7 - Dráhový diagram (5)

Metoda ARIS

Metoda opírající se o architekturu integrovaných informačních systémů (Architecture of Integrated Information Systems). Nejedná se pouze o metodu mapování procesů, ale i o následný reengineering. Při využití metody ARIS pro mapování procesů v organizaci je přípustných několik odlišných pohledů na celkovou strukturu procesů. Každý pohled slouží k odlišnému uchopení části procesu, čímž je umožněno docílit efektivnějšího reengineeringu na vytvořený model. Přesněji se využívá podnikový pohled na organizaci jako celek, pohled s využitím informačních technologií s důrazem na funkcionalitu a pohled z hlediska informace a řízení (21). Kombinací těchto tří mapování (pohledů) je možné vytvořit jeden komplexní pohled na strukturu procesů.

Metoda BSP

Jedna z nejvyžívanějších metod pro mapování procesů v organizacích s využitím informačních technologií. Klade důraz na přenos informace v popisované procesní struktuře. Proto se využívá nejčastěji pro popis a analýzu informačních systémů.

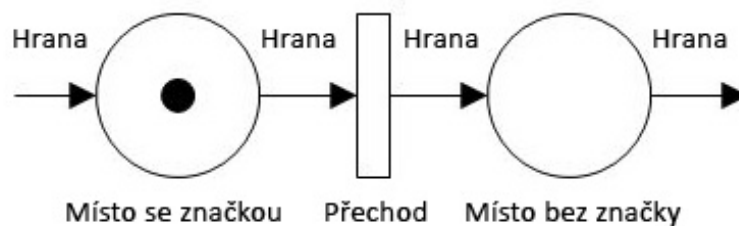
Metoda BSP pracuje s premisou, že informační systém nemá být navržen a pracovat jako samostatný celek bez ohledu na potřebná data v jiných systémech. Tento informační systém je nepružný a neefektivní. Pro odstranění této nevýhody je potřeba pracovat s informačním plánováním, tzn. při návrhu již počítat se strategickým cílem celého podniku, a nejen částí, pro kterou je informační systém určen (11).

3.2.2 Modelování procesních modelů

Procesní modelování plynule navazuje na identifikaci a mapování procesů zmíněné v předchozí kapitole. Získané znalosti o procesech ve sledované organizaci jsou využity a pomocí některé z metod procesního modelování je vytvořen procesní model. Tento model je základem pro následnou optimalizaci procesů, reengineering, implementaci nových technologií a procesních normalizací (22). Procesní modely vzniklé těmito různými metodami disponují stejnými elementárními prvky (procesy, činnostmi, podněty a vazby). Proces je v rámci modelu složen strukturou vzájemně navazujících činností (7), přičemž každá činnost může být dále modelována jako subprocess. Notací pro modelování a následné vyjádření procesů existuje nepřehledné množství. V podkapitolách jsou zmíněny některé nejvyžívanější.

3.2.2.1 Petriho síť

Petriho síť jsou matematickým nástrojem pro znázornění a simulace diskrétních distribuovaných systémů (např. systémy hromadné obsluhy). Základ Petriho sítí vychází z konceptu závislosti mezi událostmi a podmínkami v modelovaném systému, který byl představen v doktorské disertační práci německého matematika Carla Adama Petriho z roku 1962. Jedná o velmi formalizovanou metodu prvotně určenou k popisu konečných automatů. Princip je založen na využití 4 základních prvků: míst, přechodů, hran a teček. Proces je následně vyjádřen přechodem mezi jednotlivými místy v závislosti na rozložení a rozmístění značek.

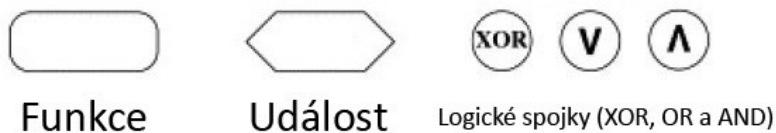


Obrázek 8 - Prvky Petriho sítě (Zdroj: autor)

Od svého vzniku jsou Petriho sítě neustále upravovány a vylepšovány se zaměřením na zlepšení jejich modelovacích schopností. Z původní verze vzniklo mnoho odvozených verzí, určených pro specifické situace, např. podmínková / událostní varianta, Petriho sítě s inhibičními hranami, sítě s prioritami, časovaná varianta a mnoho dalších.

3.2.2.2 EPC

Zkratkou Event-driven-process chain je notace vyvinutá a sloužící k popisu, návrhu a implementaci podnikových procesů. Hlavní myšlenkou je jednoduchá čitelnost a intuitivnost. Značkou nevýhodou EPC je jeho roztržitěná a nejednoznačná sémantika (23). Stejně jako předchozí notace se EPC skládá z několika základních prvků, přesněji z funkce, události a logické spojky. Principem je vykonávání jednotlivých funkcí, které jsou omezeny a podmíněny jak událostmi, tak i logickými spojkami. Jednotlivé události a funkce jsou řetězeny do posloupnosti představující modelovaný proces.



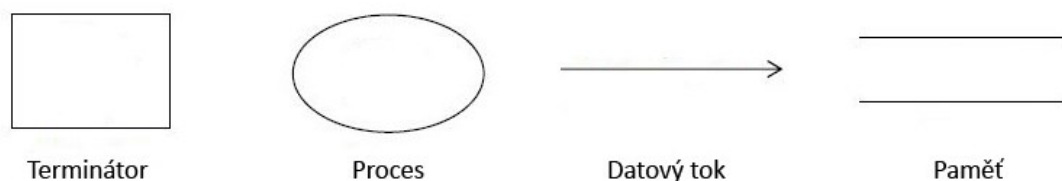
Obrázek 9 - Prvky EPC (23)

3.2.2.3 XPDL

XPDL (XML Process Definition Language) vychází z XML a tím využívá veškeré přednosti tohoto značkovacího jazyka, jako je snadná uchopitelnost a zachování struktury při přenosu mezi různými systémy či nástroji. XPDL byla účelově navržena pro zápis většiny BPMN specifikací. Z tohoto důvodu se XPDL nejčastěji využívá pro migraci modelů z jednoho jazyka do druhého.

3.2.2.4 DFD

Neboli diagram datových toků (data flow diagram). Jedná se o notaci, která zobrazuje proces jako síť spojených subprocessů, které vykonávají jednotlivé činnosti a pomocí relačních sítí si předávají informace. DFD pracuje se čtyřmi základními prvky – terminátory, procesy, datovými toky a pamětmi.



Obrázek 10 - Prvky DFD (Zdroj: autor)

Pro využití k modelování procesů je vhodnější rozšířená varianta CDFD (Control Data Flow Diagram), kde jsou původní čtyři základní prvky rozšířeny o řídicí procesy. Ty jsou v diagramu vyjádřeny přerušovanou čarou a představují procesy, které mají na starosti řízení a synchronizaci ostatních prvků v diagramu.

DFD metoda je značně nepraktická v případě komplexního procesu. V tomto případě se přistupuje k rozkladu na více úrovně subprocesy, které jsou hierarchicky řazeny ve stromové struktuře.

3.2.2.5 UML

Modelovací jazyk, jehož kořeny sahají do devadesátých let minulého století, kdy byl potvrzen jako standard společností OMG (Object Management Group) a následně i dále

vyvíjen (23). Jazyk byl původně určen k popisu a modelování objektově orientovaných systémů, ale pro svoji relativní jednoduchost je více než vhodný k modelování procesů. Jedná se o druh UML diagramů nazývajících se Activity Diagrams, pomocí kterých je možné řetězit jednotlivé činnosti uvnitř procesu a zobrazit informační a řídicí toky (23). Activity diagramy zachycují chování systému pomocí sekvence různých činností, které jsou řízeny interními událostmi. S pomocí stavových diagramů je možné zachytit dynamiku popisovaného systému a nahradit data flow diagramy, které se v UML notaci nenacházejí. V současnosti je UML využíván jako univerzální standardizovaný jazyk pro výkresové dokumentace systémů.

3.2.2.6 YAWL

Yet Another Workflow Language je robustní metoda pro zápis procesních modelů založená na Petriho sítích. YAWL vznikl v univerzitním prostředí (Eindhoven University of Technology a Queensland University of Technology) snahou o vytvoření jazyka založeného na BPM, ale s využitím formální sémantiky. Zajímavostí a odlišností je využití LGPL licence (24).

3.2.2.7 BPMN

Mezi nejčastěji využívané notace pro vyjádření procesních modelů patří Business Process Model a Notation. BPMN je určena pro zápis a modelování procesních modelů a je založena na technice vývojových diagramů. Notace byla vyvinuta konsorciem BPMI, které se skládalo z předních IT společností (IBM, Oracle, Adobe atd.). Později správu, vývoj a standardizaci nad BPMN převzala společnost OMG (Object Management Group).

Notace byla od počátku vytvořena s důrazem na snadnou pochopitelnost pro všechny uživatele, kteří s ní mohou přijít do styku. Od návrhářů procesů, analytiků, IT vývojářů po terénní pracovníky, kteří jednotlivé procesy vykonávají či monitorují. Pracuje s myšlenkou překonání mezery mezi návrhem procesu a jeho implementací. BPMN existuje v několika verzích, od původní 1.0, která obsahovala pouze základní logické elementy, po aktuální verzi 2.0.2, kde je např. rozšířeno množství použitelných elementů, řešeny sémantické nedostatky a přidána podpora XML Schema Definition (XSD) (25).

BPMN je v současnosti nejvíce využívaným způsobem pro zápis a vyjádření procesních modelů. V jistých ohledech se dá považovat za standard v řešené oblasti (11). Využití BPMN není bez rizika, u notace jsou známy některé potenciální problémy (26):

- Různá míra komplexnosti namodelovaného procesu dle zkušenosti autora.
- Notace neomezuje počet použitých symbolů v rámci jednoho procesu. Hrozí nepřehlednost výsledného modelu.
- Pro jeden výsledný stav může být použito více typů symbolů. Model je poté nepřehledný a hůře se dále optimalizuje.
- Proces může být rozložen na podprocesy různými způsoby, dle zkušenosti autora.

Proces je ve BPMN 2.0.2 vyjádřen jednotlivými elementy, které jsou rozděleny do dvou základních množin – Core Element Set a Extended Set. Pro přehlednost a kompatibilitu s následujícími částmi práce jsou jednotlivé názvy BPMN elementů v práci uvedeny v anglickém originále s případným českým překladem v závorce. Elementy je možné rozdělit na tyto podmnožiny (25):

Flow Objects (Objekty toku)

Základní elementy v BPMN tvořící základní kostru modelu. Určují základní chování vyjádřeného procesu.

Events (události) představují vnější události, které se staly během činnosti procesu. Elementy typu Events mohou modelovaný proces ovlivňovat nebo je proces naopak sám vyvolá. Nejčastější využití elementů typu Event je k vyjádření pořadí, ve kterém budou vykonávány ostatní prvky v modelovaném procesu, či určit jejich načasování.

Dle umístění do modelovaného procesu představují buď příčinu začátku procesu (start event, spouštěcí události) nebo následný důsledek konce procesu (end event, konečná událost). Zmíněné dva typy mají pouze jednu spojovací hranu (proces zde začíná nebo končí). Extended Set (rozšířená množina BPMN elementů) obsahuje ještě Intermediate event (událost mezikroková) (25). Ta na rozdíl od dvou dříve zmíněných typů potřebuje dvě spojovací hrany (příchozí a odchozí).

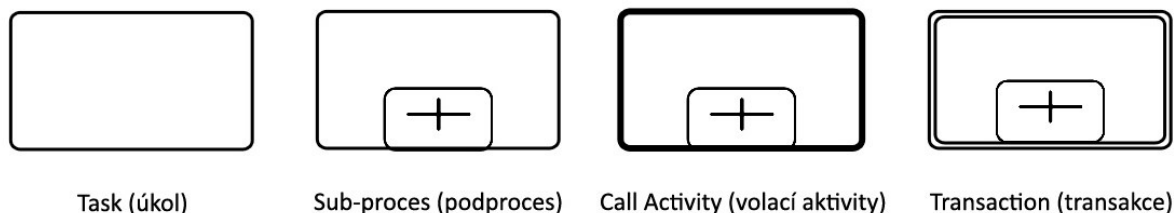


Obrázek 11- Grafické vyjádření BPMN elementu – Events, události (autor)

Activity (činnosti) vyjadřují práci, která je vykonána uvnitř modelovaného procesu. Práce mohou být vykonávány lidmi, tak i stroji.

Aktivita mohou být několika typů. Může se jednat o atomickou (dále nedělitelnou) aktivitu, v tom případě se jedná o typ *Task (úkol)*. Naopak pokud má aktivita v modelu znázorněnou vnitřní strukturu, tzn. skládá se z více vnořených subaktivit, jde o aktivitu typu Subprocess (česky podproces). Aktivita typu Subprocess může být v modelu znázorněna ve složené či rozložené (expandované) variantě.

Dále existuje typ *Call Activity (volací aktivita)* sloužící k vyjádření globálně definovaného procesu, který se může opakovaně objevit v různých procesních modelech. Poslední typem Activity je *Transaction (transakce)*, reprezentující v modelu logickou jednotku umožňující seskupit různorodé atomické aktivity pod transakčním protokolem.



Obrázek 12 - Grafické vyjádření BPMN elementu – Activity, činnosti (autor)

Element typu *Gateway (brána)* slouží k rozdělení či spojení sekvenčního toku procesu. Spojující brána obsahuje alespoň dvě příchozí hrany a pouze jednu odchozí. Rozdělovací brána naopak pouze jednu příchozí hranu a alespoň dvě odchodí. Rozdělovací brána reprezentuje nejen dělicí prvek v modelu, ale i způsob, pomocí kterého je umožněno větvení

procesního toku. V BPMN je definováno pět typů bran: *XOR Gateway (exkluzivní)*, *OR Gateway (inkluzivní)*, *AND Gateway (paralelní)*, *Event-Based Gateway (závislou na událostech)* a *Complex Gateway (komplexní)* (25).

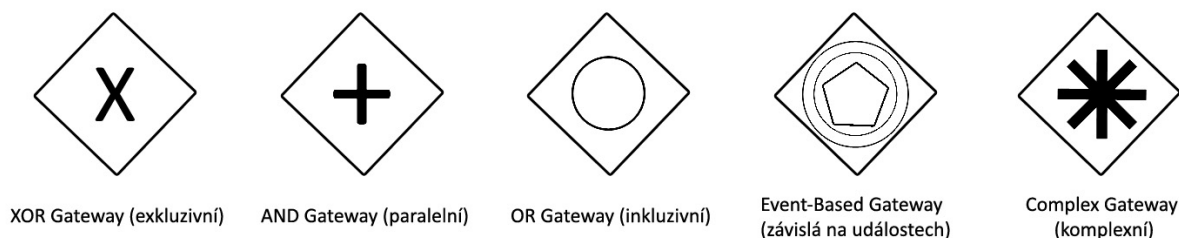
XOR Gateway – v rozdělovací variantě slouží k vytvoření alternativních cest v procesu. Pokud proces dojde k XOR bráně, na základě zadané podmínky se rozhodne, jakou hranou bude pokračovat. Výsledkem může být pouze jedna varianta (hrana). Ve spojující variantě může proces přijít z více hran, ale odejít pouze z jediné odchozí.

OR Gateway – při využití brány rozdělovacím způsobem je funkčnost obdobná jako u XOR brány. Pouze s rozdílem, že výsledkem zadaných podmínek může být pokračování procesního toku více hranami, aneb jednotlivé varianty jsou na sobě nezávislé. Pokud je využita spojujícím způsobem, čeká brána na procesní tok na všech příchozích hranách a teprve poté je umožněno toku pokračovat odchozí hranou.

AND Gateway – typ brány, která je často využívána k rozdělení cesty procesu na více paralelních větví. Při párovém využití rozdělovací a spojující brány je nejprve využito brány rozdělovací, které umožní okamžité paralelní rozdělení procesního toku do více větví (hran). Procesní toky na každé větvi procházejí určenými elementy v modelu, dokud se nedostanou do „koncové“ spojující brány. Zde čekají, dokud nejsou dokončeny všechny paralelní větve, teprve poté již spojeně pokračují jedinou odchozí hranou dále.

Event-Based Gateway – brána fungující na podobném principu jako XOR a OR brána, pouze směr průchodu branou není ovlivněn vnitřní podmínkou, ale vnější událostí.

Complex Gateway – typ OR brány využíván k popisu a modelaci komplexního chování toku.

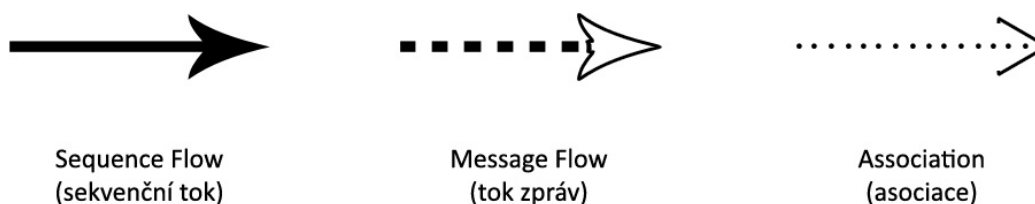


Obrázek 13 - Grafické vyjádření BPMN elementu – Gateway, brána (autor)

Connecting Objects (spojovací objekty)

Elementy sloužící ke spojení a propojení BPMN elementů z množiny Flow Objects. Dělí se na tři podtypy:

- *Sequence flow (sekvenční tok)* – propojující a určující posloupnost ve kterém jsou jednotlivé činnosti v modelu procesu vykonávány,
- *Message flow (tok zpráv)* – zobrazující tok mezi dvěma body (účastníky), které odesílají a přijímají zprávy,
- *Association (asociace)* – sloužící k propojení elementů typu Artifacts s ostatními typy elementů v BPMN modelu. Mohou být také použity k zobrazení vstupů a výstupů aktivit.



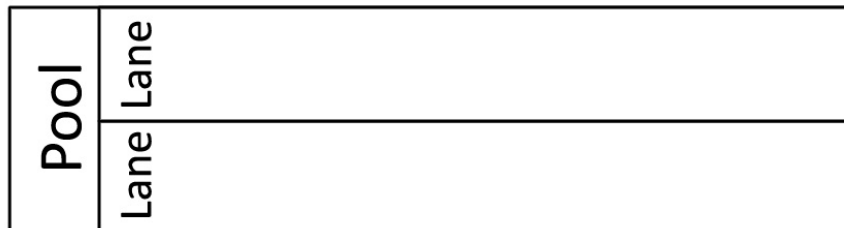
Obrázek 14 - Grafické vyjádření BPMN elementu – Connecting Objects, spojovací objekty (autor)

Swimlanes (plavecké dráhy)

Slouží ke třídění a rozdělení různých Flow Objects podle určených charakteristik a podmínek do graficky oddělených kategorií.

Pool (bazén) představuje grafické vyjádření „ohrádky“ obsahující všechny elementy, které se vztahují k jednomu účastníkovi modelovaného procesu.

Element typu *Lane* je oddílem již zmíněného elementu „Pool“. Slouží k dalšímu dělení podle různých charakteristik do vnořených organizačních celků. Elementy typu Lane je možné zanořovat do dalších Lane elementů, a tím vytvořit i velmi složitou strukturu. Jednotlivé Lane také mohou graficky znázorňovat zodpovědnost zmíněných celků vůči částem modelovaného procesu.



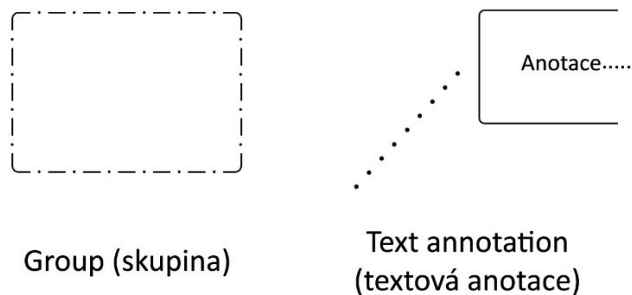
Obrázek 15 - Grafické vyjádření BPMN elementu – Swimlanes (autor)

Artifacts (artefakty – rozšiřující objekty)

Tyto elementy představují další symboly, o které je možné rozšířit modelovaný proces. Artefakty nesou pouze dodatečné informace k modelovanému procesu a přímo neovlivňují jeho tok. Pomocí těchto informací je umožněno efektivně popsat a modelovat i specifitější procesy a situace v nich, na které by základní sady elementů nestačily.

Element typu Group (skupina) slouží pouze k seskupení elementů stejné kategorie pro vyšší přehlednost v modelu. Nijak neovlivňuje posloupnosti a sekvenční tok v modelu. Kategorie pomáhají při tvorbě dokumentace či následné analýze procesního modelu.

Text Annotation (textová anotace) slouží jako dodatečná informace (popisek) elementu či procesního modelu jako celku.



Obrázek 16 - Grafické vyjádření BPMN elementu – Artifacts, rozšiřující objekty (autor)

Data (datové objekty)

Jedná se elementy umožňující jiným elementům v modelu pracovat s informacemi, které proces vytváří či upravuje. Obecně pomáhají načíst nebo aktualizovat uložená data nad rámec modelovaného procesu.

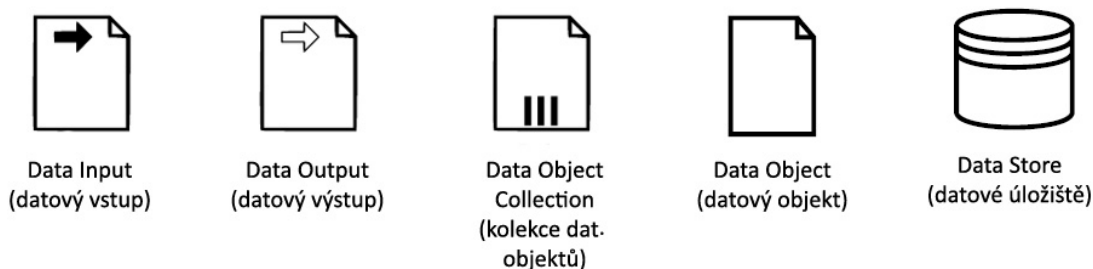
Data Objects představují informaci v procesním toku. Informace v podobě Data Object může nabývat fyzickou (psaný dopis) či elektronickou (e-mail) podobu. Element je dostupný pouze během běhu vykonávaného procesu, po jeho ukončení zaniká.

Data Object Collection (kolekce datových objektů) - element shlukující jednotlivé Data Objects dle různých charakteristik.

Data Inputs (datové vstupy) reprezentují externí datový vstup do modelu procesu. Objekt, ze kterého může proces načítat data.

Data Outputs (datové výstupy) jsou protikladem k Data Inputs. Data Output slouží jako externí datový výstup, kam proces může zapsat data získaná během jeho toku.

Data Store (datové úložiště) slouží k uložení informací v procesním modelu. Z Praktického hlediska se může jednat o databázi, kam je během vykonávání procesu uložena informace z elementu Data Object, a po ukončení běhu procesu je zde informace zachována.



Obrázek 17 - Grafické vyjádření BPMN elementu – Data, datové objekty (autor)

3.2.2.8 BPML

V praxi procesního modelování se také využíval BPML (Business Process Management Language), který byl doplňkem pro BPMN. Sloužil k rozšíření možností lepší koordinace podnikových procesů mezi různými systémy. V současné době se již nevyužívá, protože v dalším vývoji se vylepšily charakteristiky BPMN a k využití BPML již dnes není důvod.

3.2.3 Shrnutí kapitoly

Z možností zmíněných v této kapitole byla pro následující práci s procesními modely vybrána notace BPMN ve verzi 2.0.2. I přes potenciální a již zmíněná rizika je BPMN jedna z všeobecně nejčastěji využívaných notací pro modelování procesních modelů (11). Ostatní varianty předčí svojí přehledností, lehkou čitelností, širokou podporou a kompatibilitou pro následné využití (27). Notace je tímto vhodná pro záznam uživatelské responzivity a napomůže splnit vytyčené cíle diplomové práce.

3.3 Kvalita procesních modelů

Jak už bylo uvedeno v předchozích kapitolách, procesní modelování vzniklo pro potřeby optimalizace procesů uvnitř rozličných organizací. Úprava jednotlivých procesů uvnitř organizace dokázala zefektivnit práci, zvýšit výkonnost a tím následně poskytnout kýženou výhodu nad konkurencí. Záhy bylo ovšem zjištěno, že tvorba procesních modelů je značně subjektivní věc. Podoba a srozumitelnost každého vypracovaného modelu velice závisí na zkušenostech a kreativním myšlení jeho autora. U méně zkušeného autora procesního modelu hrozí riziko, že nedokáže komplexně zmapovat určený proces. Naopak zkušený pracovník dokáže promítnout do procesního modelu každý detail, avšak díky svému užšímu pohledu na věc je výsledný model příliš komplexní a tím náročný na následné úpravy (22). Pro pracovníky, kteří s modelem následně přijdou do styku, nemusí být vše jednoznačné a hrozí chyby z pouhého nepochopení vypracovaného modelu.

Chyby ve vypracovaném procesním modelu přinášejí značné ekonomické výdaje. Opravné modelování procesu představuje další finanční náklady na lidské zdroje, a to pouze za předpokladu, že se chyby podaří odhalit včas. Pokud bylo na základně chybného procesního modelu učiněno manažerské rozhodnutí či dokonce implementována úprava vycházející z chybného procesního modelu jsou potenciální finanční náklady ještě vyšší.

Z těchto důvodů vznikla potřeba nástrojů či měřítek pro klasifikaci procesních modelů, které umožní hodnotit jejich kvalitu a identifikovat případné chyby. Zmíněné nástroje se dají dělit do dvou skupin dle fáze modelování. První skupina obsahuje nástroje, které ovlivňují kvalitu procesního modelu během jeho tvorby. Autor procesního modelu vychází z metodických pokynů určených pro modelování procesů (pravidel, zásad a doporučení) (28). Do první skupiny patří tyto nástroje:

- SEQUAL Framework,
- The Guidelines of Modeling (GOM),
- Quality Framework for conceptual modeling,
- Seven Process Modeling Guidelines (7PMG).

Všechny výše zmíněné nástroje předpokládají jistou zkušenost autora modelu s procesním modelováním. Některá pravidla a doporučení mohou při špatném pochopení a využití nezkušeným autorem ovlivnit výsledný model spíše negativně (29).

Druhá skupina obsahuje nástroje (přesněji míry), kterými se procesní model ověřuje až po jeho vytvoření. Každá předem definovaná míra ověřuje některou z vlastností procesního modelu. Na základě diferencí mezi vypracovaným modelem a určenou měrou je možné navrhnout úpravu modelu ve specifické vlastnosti (28).

Míry kvality procesních modelů jsou předmětem této práce, proto je v následující podkapitole rozšířena jejich charakteristika a dále jsou definovány již existující míry pro BPMN.

3.3.1 Míry kvality procesních modelů

Procesní modelování ve své podstatě sdílí mnoho společného s programovacími jazyky softwarového kódu. Výsledné modely jsou strukturované, mají definované prvky a jasně určené vstupy a výstupy. Na základě této skutečnosti lze vycházet z přístupů pro odhad složitosti softwaru. V této oblasti je možné využít metody:

- COCOMO (COConstructive COsts MOdel) - metoda odhadu nákladů potřebných na tvorbu softwaru navržená Dr. Barrym Boehmem,
- Function point (metoda Funkčních jednic) – rozsáhlá skupina návodů a postupů jak postupovat při odhadu složitosti softwaru vytvořená A. Albrechtem,
- UseCase points – odvozená varianta předchozí metody vycházející z teorie případů užití.

Teoretickým východiskem může být i využití neuronových sítí pro hodnocení složitosti, jenž bylo ověřováno v doktorské disertační práci (30). Tématem diplomové práce jsou míry kvality, je tedy nutné vycházet z měr kvality softwaru (31).

Dle příslušné literatury mají mít míry procesních modelů tyto základní vlastnosti (32):

- spolehlivost,
- vyčíslitelnost,
- snadnost zavedení,
- intuitivnost,
- nezávislost na ostatních měřácích.

Obecné míry kvality procesních modelů byly již identifikovány a setříděny v několika odborných pracích (33) a je možné uvést jejich výčet řazený do kategorií dle jejich vlastností.

3.3.1.1 Size (Velikost)

Velikost softwaru může být reprezentována základní měrou LOC (počet řádků v kódu). Ta určí velikost pouze hrubým součtem řádků v kódu programu. Přesnější varianty počítají pouze spustitelné části kódu (vynechávají komentáře a prázdné řádky). V procesních modelech je možné využít míry podobně, ale počítat jednotlivé elementy. Nevýhodou těchto měr kvality je skutečnost, že pouhý součet elementů v modelu je značně zavádějící měřítko. Dva modely mohou mít stejný počet elementů, ale naprosto odlišnou strukturu, kdy jeden je dobře strukturovaný a druhý nesrozumitelný (34). Míry stupně kvality dle velikosti poté ohodnotí oba modely stejně. Nalezené míry kvality klasifikující velikost procesního modelu jsou:

- Number of Activities (NOA),
- Number of Activities and Control-flow elements (NOAC),
- Number of Activities, Joins, and Splits (NOAJS).

3.3.1.2 Modularity (Modularita)

Typy měr klasifikující stupeň kvality procesního modelu podle možnosti rozdělit zkoumaný procesní model do více sub-modelů. Robustní a komplexní modely jsou dekompozicí na více sub-modelů snáze pochopitelné a použitelné. Takto vzniklé sub-modely je také možné využít při modelování jiných procesů. Míry modularity stejně jako míry velikosti vycházejí z měr kvality softwaru. Např. míra Fan-in / Fan-out je založena na jednoduchém vzorci:

$$\text{Míra modularity (Fan in, Fan out)} = (in * out)^2$$

Hodnota in je součet všech subprocesů volající měřený proces a hodnota out je počet subprocesů, které jsou volány z měřeného procesu. Komplexnost proces stoupá s hodnotou vypočteného míry.

Výčet nalezených měř modularity:

- Fan-in / Fan-out (Modularizace),
- Maximum nesting depth,
- Mean nesting depth,
- Interface Complexity (IC).

3.3.1.3 Complexity (Složitost)

Pro měření složitosti procesního modelu bylo identifikováno více měř kvality. Jednodušší míry (např. Cyclomatic Number) hodnotí složitost pomocí počtu lineárně nezávislých cest v procesním modelu. Další míry pracují s četností výskytu AND, OR či XOR bran (míra kvality Control-flow Complexity (CFC)) (34).

Identifikované míry složitosti:

- Cognitive weight,
- Control-flow Complexity (CFC),
- Halstead-based Process Complexity,
- Coefficient of Network Complexity (CNC),
- Complexity Index (CI),
- Restrictivness estimator,
- Cyclomatic Number.

3.3.1.4 Coupling (Propojenost)

Míra hodnotící stupeň kvality procesního modelu dle počtu propojení mezi jednotlivými elementy. Je založena na hypotéze, že čím víc je propojení, tím je vyšší pravděpodobnost výskytu chyby v procesním modelu (34).

3.3.1.5 Cohesion (Soudržnost)

Míra klasifikující stupeň kvality procesního modelu dle soudržnosti mezi jednotlivými elementy typu Activity. Pro každý zmíněný element v modelu se vypočítá celková soudržnost (informační a relační) a ze získaných hodnot se udělá aritmetický průměr všech soudržností v procesním modelu. Výsledek se porovnává s měrou propojenosti

v tzv. coupling – cohesion ratio. Dle této metriky vysoká míra soudržnosti a nízká míra propojenosti značí kvalitní procesní model.

3.3.2 Míry kvality procesních modelů v BPMN

Zmíněné míry kvality procesních modelů je teoreticky možné využít na vyhodnocení stupně kvality procesních modelů nezávisle na využití notaci. Každá míra má ovšem svůj původ v jiné notaci a té je také přizpůsobena. Pro využití v jiné notaci musejí být některé míry značně upraveny. Cílem této diplomové práce je návrh měr kvality pro BPMN, proto je potřeba dále pracovat pouze s upravenými mírami kvality pro tuto notaci. Autorský kolektiv Centra znalostního managementu již provedl výzkum a upravil míry kvality procesních modelů dle specifikací notace BPMN. Výsledkem je upravený seznam obsahující využitelné míry kvality pro BPMN rozřazených do pěti kategorií. Je možné dále vycházet z jejich publikace (28).

Identifikované míry kvality procesních modelů pro BPMN jsou rozděleny do příslušných kategorií a vypsány v následujících podkapitolách.

3.3.2.1 Size of the model (Velikost modelu)

Míry kvality procesních modelů dle četnosti výskytu grafických objektů ve zkoumaném modelu. Míra kvality může být založena na celkovém počtu elementů v modelu či na výskytu specifických objektů. Kompletní seznam identifikovaných měr kvality dle velikosti modelu (28):

- 1) Počet elementů modelu (number of elements)
 - a) Počet poolů (number of pools)
 - b) Počet swimlanes (number of swimlanes)
 - c) Počet aktivit (number of activities)
 - i) Počet činností (number of tasks)
 - ii) Počet podprocesů (number of subprocesses)
 - iii) Počet externích činností (number of call activities)
 - iv) Počet podprocesů typu událost (number of event. Subprocesses)
 - v) Počet transakcí (number of transactions)
 - d) Počet událostí (number of events)

- i) Počet startovních událostí (number of start events)
 - ii) Počet průběžných událostí (number of intermediate events)
 - iii) Počet koncových událostí (number of end events)
 - e) Počet rozhodovacích bloků (number of gateways)
 - i) Počet exkluzivních (XOR) rozhodovacích bloků (number of exclusive gateway)
 - ii) Počet inkluzivních (OR) rozhodovacích bloků (number of inclusive gateway)
 - iii) Počet paralelních (AND) rozhodovacích bloků (number of parallel gateway)
 - iv) Počet rozhodovacích bloků založených na událostech (number of event based gateway)
 - f) Počet informačních objektů (number of data)
 - i) Počet dokumentů (number of data objects)
 - ii) Počet externích skladů informací (number of data stores)
 - g) Počet artefaktů (number of artifacts)
 - i) Počet poznámek (number of text annotation)
 - ii) Počet ohraničujících objektů (number of groups)
 - h) Počet propojovacích objektů (number of connecting objects)
 - i) Počet sekvenčních propojení (number of sequence flow)
 - ii) Počet informačních propojení (number of message flows)
 - iii) Počet asociativních propojení (number of association flows)
 - iv) Počet direktivně asociativních propojení (number of directional association flows)
 - v) Počet podmíněných propojení (number of conditional flows)
 - vi) Počet defaultních propojení (number of default flows)
- 2) Hloubka procesu (scale of depth)

Vyjadřuje z kolika úrovní podprocesů se skládá vypracovaný procesní model.

3.3.2.2 Complexity of the model (Složitost modelu)

Míry klasifikující stupeň kvality procesního modelu v závislosti na toku procesu modelem. Pro BPMN byly identifikovány dvě míry složitosti modelu (28).

Míra **Složitost řídicího toku** (CFC – Control Flow Complexity) byla navržena J. Cardosem jako zobecnění využívané míry „Cyklomatické číslo“. Číslo představuje počet lineárně

nezávislých cest v grafu. V praxi je cyklomatické číslo využíváno pro odhad složitosti softwaru. Čím je menší hodnota čísla, program obsahuje menší počet binárních rozhodnutí (if-else prvky), tím je software možné považovat za snadněji pochopitelný.

Míra hodnotí podle přítomnosti elementů typu Gateway. Jednotlivé druhy nabývají v míře hodnot podle vzorců:

Gateway AND: $CFCAND(a) = 1$

Gateway XOR: $CFCXOR(a) = n$

Gateway OR: $CFCOR(a) = 2^{n-1}$

Celková hodnota míry je pak sumou jednotlivých hodnot rozdělovačů. Vyšší hodnota míry představuje vyšší složitost procesu.

Složitost procesního modelu dle Halsteada (HPC – Halstead-based Process Complexity) je druhou identifikovanou měrou. Složitost procesního modelu je u míry určena pomocí proměnných, konstant a operátorů. Pro hodnocení procesní modelů je využívána upravená varianta pracující s následujícími prvky:

n_1 = počet unikátních elementů typu Activity, Gateway a Control-Flow elementů

n_2 = počet unikátních elementů typu Data

N_1 = celkový počet výskytu elementů typu Activity, Gateway a Control-Flow elementů

N_2 = celkový počet výskytu elementů typu Data

Konečnou hodnotu míry je možné vypočítat pomocí vzorců:

Délka procesu: $N = n_1 * \log_2 n_1 + n_2 * \log_2 n_2$

Rozsah procesu: $V = (N_1 + N_2) * \log_2 (n_1 + n_2)$

Složitost procesu: $D = (n_1 / 2) * (N_2 / n_2)$

3.3.2.3 Structure of the model (Struktura modelu)

Míry kvality z této kategorie hodnotí návrh a strukturu vypracovaného modelu. Podle rešeršního zdroje se v této kategorii nachází 6 měr kvality (28):

Hloubka rozhodovacího zanoření (nesting depth) udává počet rozhodnutí, které je potřeba v průběhu procesu vykonat.

Složitost rozhraní (interface complexity) vyjadřuje složitost procesního modelu v závislosti na datových vstupech a výstupech.

$$IoC = length + (param_{in} * param_{out})^2$$

$$param_{in} = \text{počet datových vstupů}$$

$$param_{out} = \text{počet datových výstupů}$$

Hodnota *length* představuje počet elementů typu Activity v procesu.

Počet koncových událostí v rámci swimlanes (number of end events within swimlanes)

– míra hodnotí podle počtu koncových události v rámci swimlanes.

Násobné využití rozhodovacích bloků v přímé návaznosti (multiple use of decision blocks in direct response) udává kolik rozhodovacích bloků v procesním modelu je použitých v přímé návaznosti.

Počet cyklů (number of cycles) – míra hodnotí počet cyklů v rámci jednoho procesního modelu.

Počet duplicitně zobrazených elementů (number of duplicated elements) vyjadřuje počet potenciálně duplicitních prvků. Míra rozpoznává podobné elementy na základě jejich jmen.

3.3.2.4 Comprehensiveness of the model (Srozumitelnost modelu)

Míry kvality vyjadřující složitost čitelnosti a náročnost na pochopení modelu pro případné uživatele. V notaci BPMN možné využít 4 míry kvality srozumitelnosti modelu (28):

- Míra srozumitelnosti (CW – cognitive weight) – náročnost porozumění řídicí struktury zkoumaného procesního modelu pomocí přiřazených vah srozumitelnosti,
- Míra složitosti propojení (CW – coefficient of network complexity) – náročnost pochopení zkoumaného procesního modelu pomocí vypočtené hodnoty počet hran děleno počet uzlů,
- Míra výskytu nevhodných vzorů (rate of occurrence anti-patterns) – hodnocení zkoumaného procesního modelu dle výskytu nevhodných návrhových vzorů,

- Míra naplnění nezbytných informací (degree of fulfilment of the necessary information) – hodnotí, jestli jsou ve zkoumaném procesním modelu zahrnuty všechny nezbytné informace (vlastník, odpovědná osoba, vstupy, výstupy a textový popis).

3.3.2.5 Modularization of the model (Modulárnost modelu)

V kategorii měř hodnotící stupeň kvality procesního modelu dle modulárnosti designu byly identifikovány 3 míry (28):

- Míra využití daného procesního modelu (*fan_in*) – klasifikace zkoumaného procesního modelu podle počtu procesů, které volají proces v modelu,
- Míra využívání jiných procesních modelů (*fan_out*) - klasifikace zkoumaného procesního modelu podle počtu procesů, které volá proces v modelu,
- Míra modularizace (*modularization*) – hodnota této míry je výsledkem podílu předchozích dvou měř. Vyšší hodnota míry představuje nekvalitní procesní model. Míra je podobná již zmíněné míře Cohesion (Soudržnost) z předchozí kapitoly.

3.3.3 Nástroje hodnotící kvalitu procesních modelů

Hodnoty jednotlivých měř kvality je možné vypočítat samostatně pomocí vzorců nebo využít specializované nástroje na výpočet. Zmíněné nástroje zpravidla obsahují funkce pro rozšířenou analýzu procesních modelů a lze je integrovat do modelovacích nástrojů. V diplomové práci jsou uvedeny čtyři využívané nástroje pro hodnocení kvality procesních modelů.

Principem nástroje **ProM tool** je analýza reálných procesů a jejich porovnání s těmi vymodelovanými. Využívá tzv. „process mining“, který umožňuje analýzu procesů na základě zaznamenaných událostí. Z praktického hlediska se jedná o framework napsaný v jazyce Java. Pro výpočet kvality procesního modelu získává data z různých pohledů na proces (organizace, výkonosti, informací atd. (35)).

Funkce nástroje ProM Tool je možné rozšířit moduly:

moduly pro import,

moduly pro dolování,

moduly pro analýzu,

moduly pro konverzi,

moduly pro export.

CoCoFlow (COhesion-COupling metrics for workFLOW models) představuje metriky soudržnosti a spojitosti pro workflow modely. Pracuje na principu načtení XML souboru obsahující informace o procesním modelu, provedení výpočtů a vyhodnocení. Vyhodnocení se skládá z výpočtu jednotlivých měr kvality a následného vybrání nejlepšího procesního modelu. CoCoFlow umožňuje i rozšířenou analýzu struktury elementů ve zkoumaném procesním modelu.

Nástroj **BPMN Quality Tool** je možné rozdělit do čtyř propojených částí (modulů) podle postupu zpracování. BPMN Quality Tools stejně jako předchozí nástroj přijímá vstupní XML z informace o zkoumaném procesním modelu. První modul (nazvaný extractor) načte vstupní XML. Výstup z extractoru je zpracován druhým modulem (constructor), který na základě získaných dat vytvoří stromovou strukturu elementů v procesním modelu. Třetí modul (calculator) implementuje výpočty spojené s mírami kvality. Vypočtené hodnoty vyhodnotí do čitelné formy poslední modul (interpreter).

BPMN Measures je programem vyvíjeným v programovacím jazyce Java. Vstupem jsou procesní modely uložené ve formátu XPDL. Strukturou se skládá ze tří tříd. Jednotlivé třídy jsou určeny pro výpočet procesních měr, validaci vstupních souborů, integraci do webových služeb. Výstupem nástroje jsou hodnoty 10 měr kvality (např. control-flow complexity, Cyclomatic number, fan-in a fan-out) (36).

3.3.4 Shrnutí kapitoly

V této kapitole byla osvětlena problematika kvality procesních modelů a byly zmíněny varianty jejího hodnocení včetně způsobů vyjádření. Pro potřeby splnění cílů diplomové práce byly podrobněji charakterizovány způsoby ovlivňující kvality procesního modelu po jeho vytvoření, tzv. míry kvality. Z důvodu zvolení notace BPMN pro ověřované procesní modely byly také definovány specifické míry kvality pro zmíněnou notaci.

Získané znalosti primárně pomohou při návrhu nových měr kvality založených na uživatelské responzivitě.

4 Analýza prostředků pro měření uživatelské responzivity

Před návrhem vlastních měř kvality procesních modelů je nutné provést studii použitelnosti finančně dostupných prostředků pro měření responzivity uživatele. Jak už bylo nastíněno v úvodu, technologie pro snímání reakcí uživatele je neustále se rozvíjející obor, který postupně nachází další nová uplatnění. S trochou nadsázky je možné najít základy těchto technologií v marketingových studiích minulosti. V době, kdy byla výpočetní technika teprve v plenkách, se již zaznamenávaly reakce „uživatelů“ na reklamní plakát či televizní reklamu. Časem se tyto primitivnější praktiky zdokonalily na důmyslné postupy a soubory technik pro záznam lidských reakcí a emocí. Například za jeden z možných předchůdců eye-trackingu může být považováno sledování chování zákazníků v obchodním domě a určení jejich „míst zájmu“. Taková místa, které je nejvíce zajímaví, kam se nejčastěji dívají. Na tyto místa pak obchodní dům vystavil produkty, na kterých má nejvyšší marži. Zmíněné techniky v posledních letech značně zjednodušil a rozšířil technický pokrok. Je tedy logické, že pokročilé technologie pro snímání responzivity uživatele našly své primární uplatnění v marketingu (2). Postupné rozšiřování e-commerce umožnilo další využití těchto technologií. Snadné zaznamenávání orientace tisíců zákazníků na webové stránce pomocí jejich pohybů kurzoru či posunutí stránky a následný rozbor umožňující analyzovat každou část webové stránky.

Premisa této diplomové práce vychází z možnosti využít zmíněné technologie na určení kvality procesních modelů. Touto myšlenkou se již zabýval výzkumný tým (37), ale autor této diplomové práce ověří praktické využití pomocí nově navrhnutých měř kvality a cenově dostupného hardwaru a softwaru.

Podle předchozího odstavce je možné klasifikovat technologie pro měření uživatelské responzivity na dvě kategorie v závislosti na typu zaznamenaných dat:

- záznam pohybu kurzoru,
- záznam pohybu očí.

Dále je možné technologie pro měření uživatelské responzivity ještě klasifikovat podle způsobu záznamu:

- Využívají vlastní hardwarový snímač – je nutné pořídit externí snímač a tím zaznamenávat zkoumaného uživatele,
- Využívají obecné webové kamery – možnost použít integrované či jakékoliv jiné kamery pro záznam uživatele.

Poslední důležitá klasifikace je v závislosti na nákupní a provozní ceně, popřípadě využití licence:

Komerční – technologická řešení využívající vlastní placené hardwarové komponenty nebo zpoplatněný software,

Freeware – řešení povolené pro nekomerční využití nebo pod GPLv3 licencí (38).

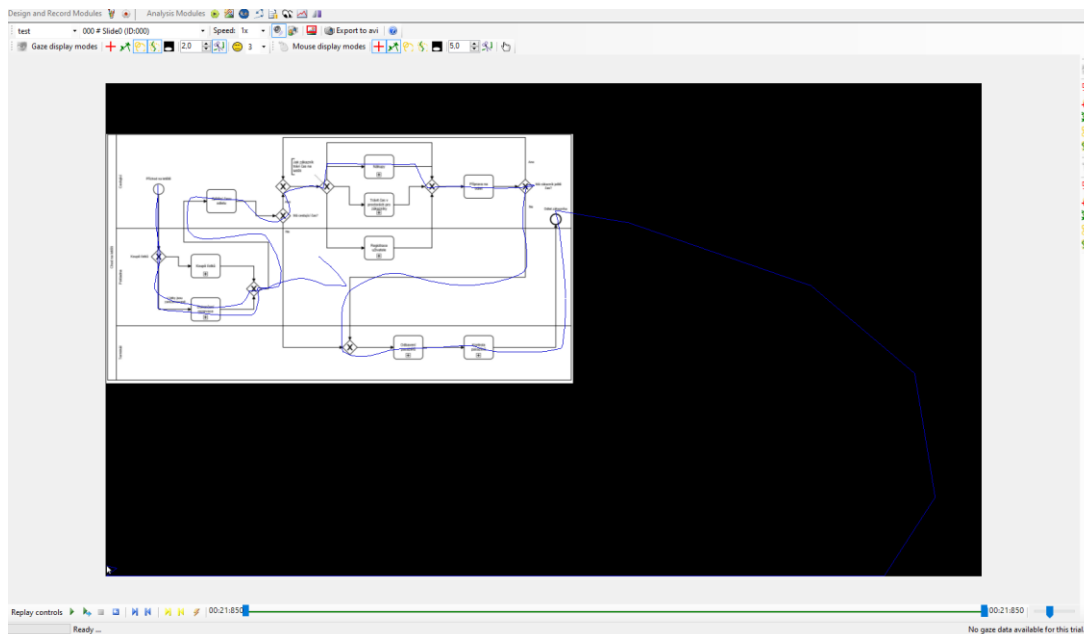
V rámci komerční kategorie bylo definováno, že celkové finanční náklady na pořízení nesmí překročit částku 300 USD. Dále by vybrané řešení mělo umožňovat kvantitativně zpracovatelný výstup z měření, který je možné následně zpracovat a dále analyzovat.

4.1 Nalezená technologická řešení

Všechna nalezená technologická řešení (dále již varianty) jsou rozdělena do podkapitol podle první definované klasifikace (typu záznamu) a kategorie „záznam pohybu očí“ dále podle druhé definované klasifikace (druhu použitého snímače).

4.1.1 Řešení pro záznam pohybu kurzoru

Pro záznam pohybu kurzoru existuje mnoho zpoplatněných či nezpoplatněných řešení. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto začít řešeními bezplatnými. První analyzovanou variantou byl software **Ogama Open Gaze and Mouse Analyzer**. Řešení je akademického původu (Freie Universität Berlin) a pracuje pod GPL licencí (39). Ogama umí připravit podkladové prezentace složené z obrázků, videí, Powerpoint prezentací či flash souborů. Prezentace je možné vytvořit interaktivní – součástí je nastavení událostí (časovač, místo a typ kliknutí).



Obrázek 18 - Záznam pohybu kurzoru pomocí řešení Ogama Open Gaze and Mouse Analyzer

Nespornou výhodou jsou následné široké možnosti statistik a analýzy dat. Z hlediska záznamu pohybu kurzoru uživatele se jedná o vhodnou variantu a je možné ji využít v kvalitativní studii. Řešení obsahuje i nástroje pro záznam pohybu očí a z tohoto důvodu bylo zahrnuto i do druhé části studie.

Během praktického testování v rámci studie vyvstala otázka, jakou vypovídající hodnotu mají míry kvality založené na záznamu pohybu kurzoru. Uživatel se často nepřírozně pohybuje po hranách mezi jednotlivými elementy a z výstupu nelze jednoduše vyvodit, jestli pro něj nějaký element či konstrukce představují problém. Uživatel jednoduše sundá ruku z myši a zamyslí se nad monitorem. V rámci záznamu počtu kliknutí je situace ještě diskutabilnější. V řešení je možné připravit interaktivní prezentaci obsahující události kliknutí na různé elementy. Otázka ale zní, kam události umístit, a proč by na ně měl uživatel reagovat. Smyslem je zaznamenat uživatelův průchod procesním modelem po procesním toku a z měření vyvodit závěry. Je tedy sporné, co by případná míra založená na uživatelově kliknutí do diagramu umožnila získat.

Řešení Ogama bylo vybráno pro záznam pohybu kurzoru a ve studii bylo možné pokračovat řešeními pro záznam pohybu očí.

4.1.2 Řešení pro záznam pohybu očí

Měření vlastním externím snímačem

První část analýzy řešení pro záznam pohybu očí se věnuje variantám s využitím vlastního externího snímače. Jako úvodní zdroj informací posloužil článek v odborném periodiku zabývající se kvalitou snímačů (40). Mezi nalezenými snímači je několikrát zastoupena společnost Tobii (41). Ta nabízí několik druhů externích snímačů, avšak většina z nich překračuje několikanásobně definovaný rozpočet. Jedinou výjimkou je snímač **Tobii Eye Tracker 4C**, jehož maloobchodní cena je po přepočtu 186 USD (42). Potenciálním problémem je jeho primární využití k herním účelům. Dodávaný software neobsahuje možnost variabilního záznamu a výstupu naměřených dat. Pro další analýzu je tedy nevhodný. Je nutné od výrobce zakoupit analytický software, který vysoce překračuje výši rozpočtu. Možný alternativní software kompatibilní se snímačem nebyl nalezen. Vzhledem k nabízeným ostatním produktům výrobce (jiné dražší snímače a software) pravděpodobně není v jeho zájmu, aby taková možnost existovala. Dalším nedostatkem snímače je jeho oficiální nedostupnost na českém trhu v době psaní analýzy.

Druhým komerčním snímačem je **The Eye Tribe Tracker** (43). Na webové prezentace uvedený jako „eye-tracker za dostupnou cenu“, což se shoduje s myšlenkou diplomové práce. Bohužel podle informací na jejich twitterovém účtu, byla společnost roku 2016 zakoupena společností Oculus VR, která se zabývá vývojem virtuální reality. Projekt Eye Tribe a prodej snímače byl tímto ukončen.

MyGaze Eye Tracker je další externí snímač, který by podle webové prezentace měl být ceněn na 499 USD. Finanční náklad na pořízení teoreticky převyšuje rozpočet, avšak ve výsledku je irelevantní. Aktivita na webu výrobce je naposledy z roku 2016 a na internetových obchodech (i zahraničních) není snímač dostupný. Analýzou klíčových slov bylo zjištěno, že většinou odkazují na již zmíněnou společnost Tobii (41). Je tedy možné předpokládat, že společnost myGaze byla odkoupena či jinak „zničena“ konkurentem.

Ostatní nalezené snímače již velmi překračují definovaný rozpočet, proto nesplňují podmínku, a v práci s nimi již nebylo počítáno. Jsou jen krátce zmíněny včetně jejich ceny:

- GP3 Eye Tracker od společnosti Gazepoint (695 USD)
- ViewPoint EyeTracker® (24998 USD)
- EyeLink 1000 Plus (cena neznámá)

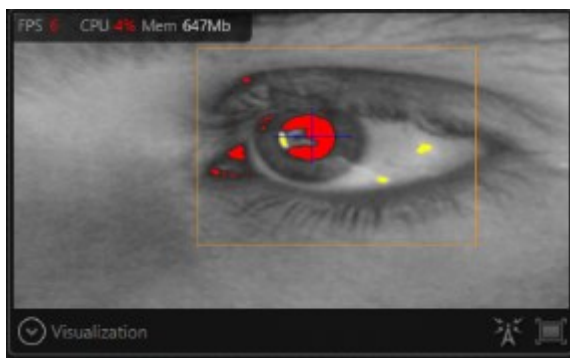
Ani jedna varianta s vlastním externím snímačem nesplňuje zadané parametry. Je tedy nutné pokračovat variantami využívající webkamery.

Měření využívající webkameru

Druhá část analýzy pro záznam pohybu očí zkoumá řešení, které nejsou závislé na vlastním hardwaru a dokážou využít jakýkoliv druh kamery. Pro účely práce byly v této kategorii nalezeny komerční i bezplatná řešení.

Mezi prvními nalezenými řešeními je softwarový snímač **ITU Gazetracker**. Mezi jeho hlavní výhody lze řadit licenci GPL (38) umožňující volné využití. Dále si dle dokumentace rozumí s většinou webových kamer. Zmíněná skutečnost umožňuje praktické testování použitelnosti snímače pro ověření navrhnutých měř kvalitativních procesních modelů. Ze softwarového hlediska se jedná pouze o snímač a program na ovládání kurzoru pomocí očí. Jakékoliv analýzy výstupů bude nutné řešit pomocí jiného (vlastního) řešení. Vzhledem k použité licenci a otevřenosti se jedná uskutečnitelné řešení.

Z testování použitelnosti snímače lze vyvodit několik závěrů. Snímač vyžaduje, aby kamera zabírala pouze detail očí (zornici a duhovku). Není možné např. využít fixní kameru na horní straně monitoru. Ta snímá celou hlavu uživatele včetně pozadí. Kameru je proto nutné umístit na konstrukci vedle pracoviště uživatele, tak aby mohla zabírat pouze detail očí a zároveň nepřekážela. Tento způsob je značně nekomfortní na manipulaci a hrozí zde i nepřesnosti při nechtěném pohybu hlavou, kdy se oči dostanou mimo záznam kamery. Další zjištěnou skutečností je nutnost využití infračervených diod. Snímač pracuje na principu reakce zornice na infračervené záření. Je tedy nutné pořídit vhodnou diodu (přisvětlení) a tu následně nasměrovat proti zaznamenávanému uživateli.



Obrázek 19 - Testování ITU Gazetracker (autor)

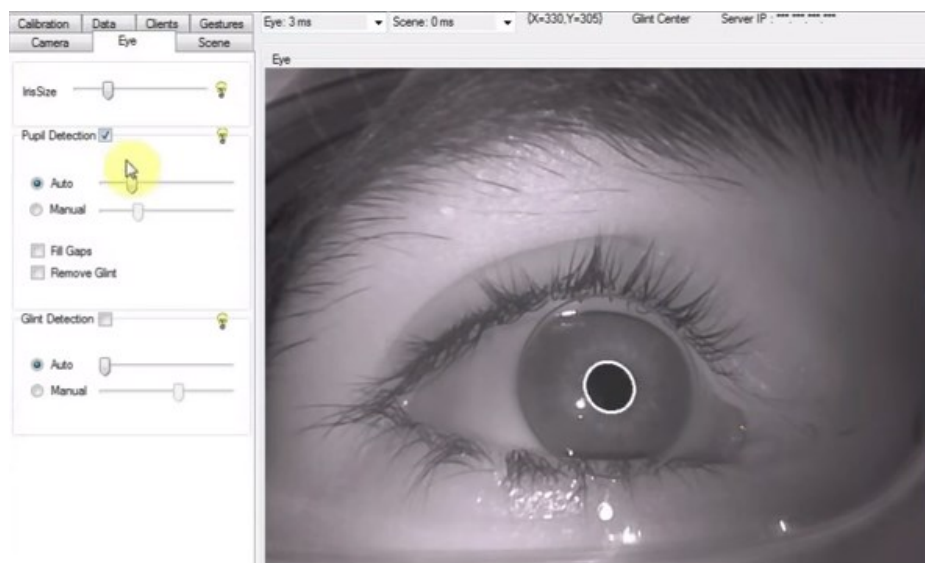
I s využitím improvizovaného IR LED osvětlení se nepodařilo docílit použitelné přesnosti snímání. Na vině může být nedodělanost projektu. Poslední verze snímače je z roku 2014 a od tohoto roku není u projektu žádná aktivita (oficiální webové stránky projektu nefungují). Podle nalezených nepotvrzených informací přešel vývojový tým do komerčního projektu The Eye Tribe Tracker (který byl v práci již zmíněn a je k dnešnímu datu také ukončen). Z těchto zmíněných důvodů je řešení shledáno jako nevyhovující.

Možnou náhradou za předchozí variantu může být **Haytham Gaze Tracker**. Řešení vzniklo jako akademický projekt na University of Copenhagen a je, co týče vlastností, téměř identické jako ITU Gazetracker:

- pod GPL licenci,
- využívá webkamery,
- snímá zornici a duhovku,
- potřebuje infračervené přisvětlení.

Pozitivní vlastností navíc je již integrované jednoduché rozhraní na export výsledků a poslední aktualizace z roku 2018. Jedná se tedy o vcelku aktuálnější software než testovaná předchozí varianta.

Během testování za využití IR LED a externí webkamery vyšlo najevo, že výsledky jsou ještě tristnější než v případě předchozího snímače. Po několikátém pokusu o správnou kalibraci bylo z dokumentace zjištěno, že software pracuje s využitím profesionálních tzv. „head-mounted“ kamer a využití levných webkamer je spíše teoretické.

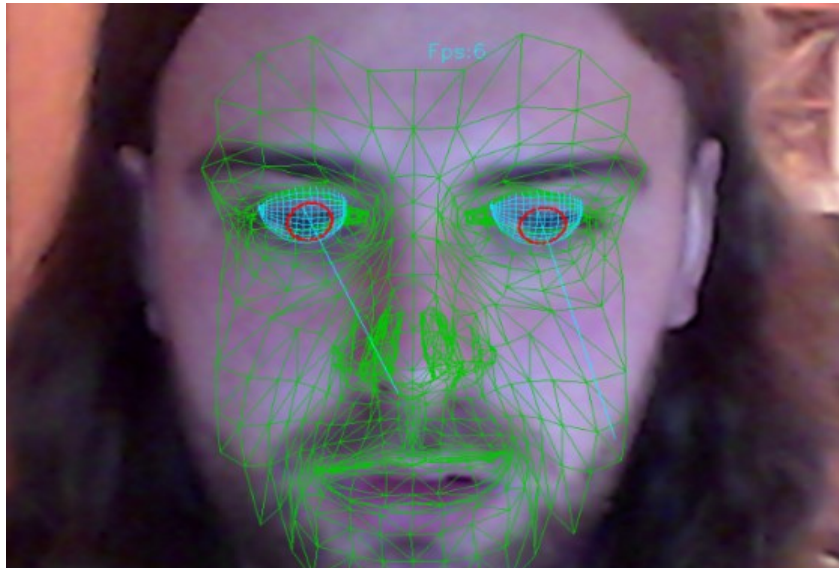


Obrázek 20 - Testování Haytham Gaze Tracker (zdroj: University of Copenhagen)

Na základě těchto skutečností, a i stále přetrvávající nutnosti použít vlastní analytický software, bylo řešení shledáno jako nevyhovující.

Další testovanou variantou je již zmíněný software **Ogama Open Gaze and Mouse Analyzer**. Pro potřeby snímání pohybu očí umí Ogama ze zdrojových dat určit fixace, zanalyzovat saccade či vypočítat scanpath. To vše s vysokou mírou uživatelských úprav. Pro potřeby analýzy ověření navrhnutých měr kvality procesních modelů je řešení více než vhodné. Co se týče ostatních vlastností, je situace odlišná. Vývoj varianty byl v roce 2015 ukončen a neobsahuje vlastní technické algoritmy pro snímání pohybu očí. Spoléhá na snímače třetích stran. Podporuje několik komerčních i nekomerčních snímačů. Mezi nimi i již testovaný a nevhodný ITU Gazetracker a Haytham Gaze Tracker. Co se týče komerčních snímačů, využití naráží na problém, že je program staršího data a neaktualizovaný. Podporuje pouze snímače, které se již neprodávají nebo jsou finančně nedostupné. Potenciální kombinace s již zmíněným Tobii Eye Tracker 4C by byla pro účely diplomové práce naprosto vyhovující. Bohužel z důvodu chybějící podpory a politiky společnosti Tobii je tato varianta neuskutečnitelná.

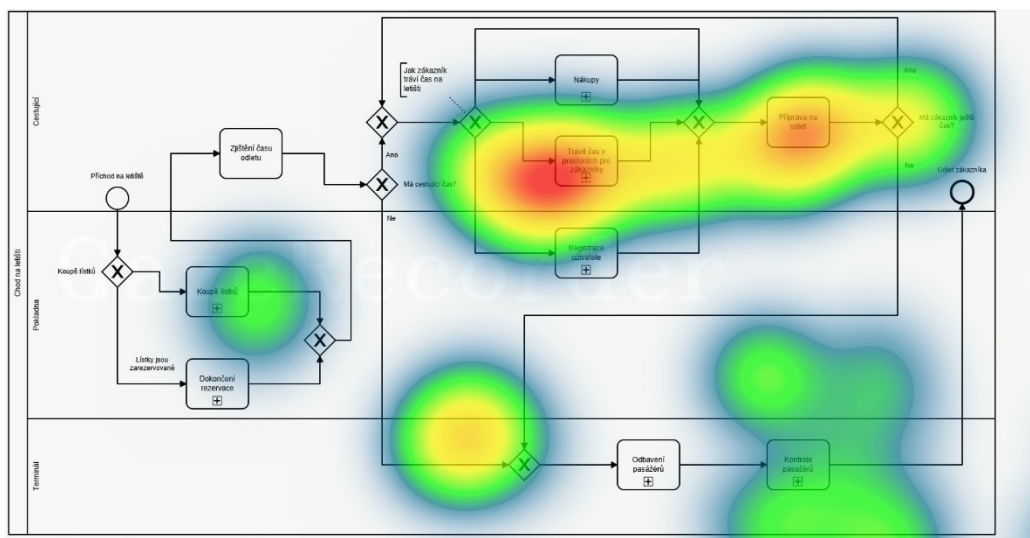
GazeRecorder je další nalezená variant. Jedná se o aktuální a stále vyvíjený software. Z licenčního hlediska je použito Creative Commons Attribution Non-Commercial License (39) – software je možné využívat bezplatně pouze pro nekomerční účely. Výhodou této varianty je odzkoušené využití obyčejné webkamery. Nejsou nutné speciální podmínky a nástroje jako je např. snímání pouze zornice či nutnost použít infračervené přisvětlení. Varianta pracuje na principu rozpoznání obličeje uživatele a následného zjištění pozice očí včetně směru pohledu. Software je za vhodných světelných podmínek schopen rozpoznat pozici očí člověka sedícího přibližně půlmetru před snímající kamerou. Sledováním bodů zobrazujících se v různých místech monitoru se program kalibruje na aktuálního uživatele. Za předpokladu, že uživatel sedí ve vzpřímené pozici před kamerou a minimálně pohybuje hlavou. V tomto aspektu je program méně citlivý než předchozí testované varianty. Na menší nechtěné pohyby hlavou je schopen aktivně reagovat a přizpůsobit rozpoznání zornice nastalé situaci. To je pravděpodobně zapříčiněno delším vývojem a pokročilejší použitou technologií než v případě předchozích testovaných variant. Teoretickou nevýhodou analyzovaného řešení je potenciální nepřesnost záznamu oproti variantám snímající pouze detail zornice.



Obrázek 21 - Testování GazeRecorder (autor)

Během praktického testování varianty bylo zjištěno několik poznatků. Řešení neumožňuje vlastní analýzu získaných dat. Využití externího řešení na následní rozbor výstupních dat je nemožné, varianta umožňuje výstup pouze ve formě již vykreslených heatmap (statických obrázků nebo videa). Zjištění fixací, saccades a cest je tímto způsobem velice problematické.

Nelze se spoléhat na matematické vyjádření, ale pouze na subjektivní vyjádření těchto měřítek pomocí heatmap. Hodnoty měř kvality procesních modelů vyjádřené tímto způsobem by byly nevěrohodné. Z tohoto důvodu, byla i tato varianta zavrhnuta.



Obrázek 22 – Zkušební Heatmap výstup z analyzovaného řešení GazeRecorder

PyGaze je open-source varianta pro záznam pohybu očí založený na programovacím jazyce python. Nejedná se o hotový program, ale o „toolbox“ umožňující napsání vlastního řešení ve zmíněném programovacím jazyce. To je možné klasifikovat jako pozitivum i negativum. Je nutné naprogramovat vlastní řešení, které bude znalostně i časově náročné. Tato situace zároveň umožňuje vyvinout řešení na míru pro určování kvality procesních modelů.

Po zkušenostech s předchozími variantami bylo nutné před potenciálním návrhem vlastního řešení zjistit, jaké způsoby snímání očí PyGaze umožňuje. Podle dokumentace bylo zjištěno, že snímání pomocí obyčejných webkamer je stejně jako u ITU Gazetracker či Haytham Gaze Tracker založeno na detailním snímání zornice a duhovky s využitím infračerveného přisvětlení. Tento způsob byl již v předchozí části analýzy zavrhnut. Varianta dále podporuje některé komerční hardwarové snímače přesněji produkty již zmíněné společnosti Tobii. Zde se přímo nabízí již zmíněná kombinace s Tobii Eye Tracker 4C. Během studia dokumentace a možných komplikací při implementaci této kombinace bylo zjištěno, že pouhé propojení není možné a je nutné zakoupit od společnosti „research licence“. Bohužel cena licence překračuje zadaný rozpočet. Jedná se o stejnou překážku, která byla odhalena v počátku studie.

Po nabytých zkušenostech z testování pěti předešlých variant bylo rozhodnuto opustit open-source či freeware varianty a pokusit se najít přijatelné komerční řešení. Na první pohled vhodná varianta je **EyesDecide** (44). Jedná se webovou aplikaci původně určenou pro testování responzivity webových stránek. EyesDecide je komerční marketingový nástroj u kterého je možný režim zdarma pro akademické účely.

Z praktického hlediska se jedná o webovou aplikaci umožňující jednoduše vytvořit prezentaci pro testování responzivity. Prezentace se může skládat z webových stránek, obrázků či videí. Je možné nastavit reakční události – např. interaktivní oblasti na obrázků, která po kliknutí myši slouží jako přepínač na další obrázek. Dále je možné určit, co vše se bude měřit. Prezentace umí zaznamenávat pohyby myši a pohyby očí pomocí obyčejné webkamery. U záznamů je možné analyzovat fixace či jednotlivé pohyby. Po uložení hotové prezentace se vygeneruje unikátní URL, která se poté zašle testovanému uživateli. Tomu stačí pouze webový prohlížeč a webkamera. Aplikace sama zobrazí instrukce prezentace a s pomocí uživatele zkalibruje webkamery. Výsledky jsou poté shromažďovány ve webovém rozhraní, kde mohou být podrobeny další analýze.

Jedná se velice zajímavý koncept, který otevírá dveře k dosud neuvažovaným možnostem použití. EyesDecide využívá nejen výhodu využití levných webkamer, ale umožňuje vzdálené testování bez nutnosti fyzické přítomnosti participantů během testování. Tímto způsobem je možné efektivně a s nízkými náklady oslovit velké množství potenciálních participantů. Procesní modely v BPMN vynikají svou přehledností a lehkou pochopitelností, je zde předpoklad jejich vhodnosti pro tento druh vzdáleného testování.

Praktické využití EyesDecide pro účely diplomové práce znemožňuje cenová politika společnosti. V akademickém režimu umožňuje měsíčně vytvořit pouze jednu prezentaci a analyzovat výsledky od dvou participantů. Pro smysluplné testování jsou tyto podmínky až příliš omezující. Při využití placeného režimu jsou finanční náklady 750 USD měsíčně, což překračuje definovaný rozpočet. Proto je nutné variantu EyesDecide označit jako nevyhovující.

Princip EyesDecide motivoval autora k nalezení open-source řešení na podobném principu. Tím je **WebGazer** (45). Jedná se JavaScript knihovny kombinující využití webkamery k rozpoznání obličeje (včetně směru zornic) a příslušné algoritmy, které kalibrují a predikují

směr na základě předchozích pohybů. Nesmírnou výhodou je využití GPLv3 (39) licence, která umožňuje volnou úpravu a vyžití.

Tím se začala rýsovat potenciální přípustná varianta. Docílit stejné či podobné přednosti, kterou oplývá řešení EyesDecide, pomocí open-source JavaScript knihoven WebGazer. Toho může být docíleno vlastní webovou prezentací využívající zmíněné knihovny. Vlastní řešení umožňuje plnou analýzu naměřených dat, samozřejmě dle schopností vytvořené aplikace. Varianta má však potenciální úskalí. Webovou prezentaci se nepodaří napsat v kvalitě, aby splnila očekávání a umožnila smysluplné testování. Dále i knihovny WebGazer se nakonec mohou ukázat jako nedodělané či nevhodné pro splnění cíle diplomové práce.

Autor práce předpokládá, že zmíněná potenciální rizika převáží výhody, které z varianty vyplývají. Umožnit testování většího množství uživatelů pomocí jejich vlastních monitorů bez nutnosti specializovaného pracoviště a přítomnosti odborného dozoru. To s minimálními finančními náklady. Vlastní řešení postavené na open-source umožní případný další rozvoj či využití.

4.2 Shrnutí kapitoly

V této kapitole byla provedena analýza dostupných řešení pro snímání uživatelské responzivity. Úvodní část nastínila, proč je důležité zaznamenávat reakce uživatelů a k jakým účelům mohou sloužit. Následně bylo navrženo několik klasifikací, podle kterých byla nalezená řešení tříděna. Před začátkem analýzy bylo nutné definovat kritéria pro výběr vhodné varianty. Jelikož se diplomová práce zabývá dostupnými řešeními, byla určena částka 300 USD pro maximální souhrnné náklady spojené s variantou. Dalším kritériem byla existence datového výstupu v čitelném formátu, aby bylo možné získaná data podrobit další analýze.

V první části studie byly analyzována použitelnost řešení pro záznam pohybu kurzoru. První varianta splnila všechny zadané podmínky a byla zvolena pro následující použití. Během testování ovšem vyvstala otázka, jakou vypovídající hodnotu budou mít míry kvality procesních modelů založené na pohybu kurzoru. Účelem testování je zaznamenat uživatelův průchod procesním modelem po procesním toku a z měření vyvodit závěry o modelu. V případě záznamu pohybu kurzoru uživatel při nalezení problému jednoduše sundá ruku

z myši a zamyslí se nad monitorem. Z výstupu poté nelze vyvodit, jestli pro něj nějaký element či konstrukce představovaly překážku.

Druhá část studie analyzovala použitelnost řešení pro záznam pohybu očí. Ihned v začátku byl identifikován trend, který se objevoval i v následujících částech studie. Odvětví dominuje jediná společnost – Tobii (41). Ostatní komerční řešení ukončila svoji činnost nebo byla odkoupena zmíněnou dominantní společností nebo podnikem z příbuzného oboru (Oculus VR). To vše v roce 2016. Tobii nabízí velké množství snímačů a analyzačního softwaru, avšak za ceny, které převyšují definovaný finanční rozpočet. Limit splnil pouze jeden snímač. Ten je výrobcem určen pro herní využití a jakékoliv jiné je z jeho strany blokováno.

U nekomerčních řešení využívajících obyčejné kamery lze pozorovat podobný trend. Většina řešení ukončila svůj vývoj mezi roky 2015 a 2016. Pouze u jednoho se podařilo dokázat, že vývojářský tým přešel ke komerčním konkurentům. U ostatních řešeních je možné nad tím pouze spekulovat. Řešení jsou proto nedodělaná, a i zpravidla závislá na detailním snímání zornice. Tím jsou pro cíle práce nevhodná.

Posléze byla analyzována i řešení, která pracuje na bázi webové aplikace. To ukázalo svou výhodu v možnosti provést testování přímo v domácnostech uživatelů. Bez nutnosti speciálního vybavení a odborného dohledu. Použitelnost této varianty však vyloučily finanční náklady spjaté s pořízením. Výhody spojené s předchozím řešením motivovaly autora práce k nalezení open-source JavaScript knihoven, které umožňují vývoj vlastního řešení na podobném principu.

Novátorský přístup a potenciální značné výhody plynoucí z vývoje vlastního řešení pro záznam pohybu očí posloužily k rozhodnutí pokračovat v diplomové práci vývojem vlastního řešení založeném na externích knihovnách. Zároveň se autor práce z již zmíněných důvodů rozhodl opustit koncept měř kvality procesních modelů založených na pohybu kurzoru.

5 Vlastní řešení na měření uživatelské responzivity

Na základě rozhodnutí z předchozí kapitoly byla vytvořeno vlastní řešení s využitím open-source Javascript knihoven Webgazer (45). Integrované knihovny umožňují webové stránce vytvořit videostream z webové kamery, na který jsou uplatněny algoritmy pro rozpoznání obličeje včetně umístění očí. Z detekovaných očí umí algoritmus rozpoznat směr pohledu podle pozice zornice. Knihovna předává naměřené údaje pomocí callback funkce a ty je možné následně zpracovat v reálném čase pomocí vlastního řešení založeného na webových technologiích (programovacích jazycích).

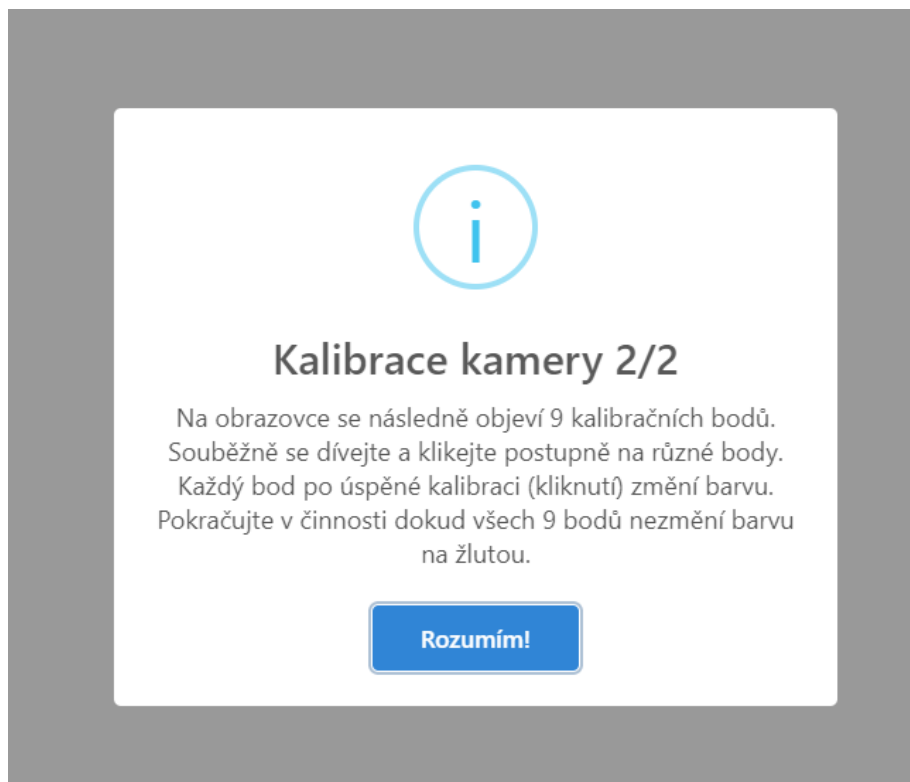
První překážkou byl již samotný princip tohoto řešení. Využití videostreamu z kamery vyžaduje dodatečná oprávnění pro webový prohlížeč. Jelikož se jedná o značně citlivou záležitost, drtivá většina prohlížečů automaticky blokuje propojení s nezašifrovanou stránkou. Je tedy nutné webovou prezentaci provozovat na doméně s SSL/TLS certifikátem. Možným řešením by byla lokální simulace takového webového serveru, ale tím by došlo k anulování největšího pozitiva vybraného řešení – zasílání prezentace vzdáleně pomocí URL. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o pořízení domény a pronajmutí menšího webového serveru. Potřebné šifrování se vyřešilo pomocí certifikátu Let's Encrypt (46), který je poskytován zdarma. Celkové finanční náklady byly v řádu stokorun.

Před začátkem práce na samotném řešení bylo nutné vymyslet, jakým způsobem bude docíleno vykreslení procesních modelů (diagramů) a naměřených hodnot. Prvním problémem byla potenciální různá velikost oken prohlížečů u testovaných uživatelů. Různá velikost ovlivní nejen naměřené souřadnice v pixelech, ale mohou také deformovat vložený obrázek s diagramem. Naměřené hodnoty musejí 1:1 souhlasit se zdrojovým diagramem procesního modelu, jinak jsou bezcenná. Řešení problému přinesl HTML5 prvek Canvas. Tento prvek slouží k dynamickému skriptovatelnému vykreslování bitmap a grafických primitiv. Canvas umožňuje vykreslit naměřené body z knihoven pomocí jednoduchých scriptů. Další z jeho schopností je vykreslení grafiky dle zdrojového souboru včetně formátů využívajících vektorovou grafiku. Tím bylo možné vyřešit zmíněný problém. Prvku Canvas je možné pomocí Javascript funkce dynamicky upravovat velikost podle aktuálních rozměrů okna webového prohlížeče a diagram ve vektorovém formátu (.svg) se těmito změnám přizpůsobí beze ztráty kvality či deformace. Na vykreslený diagram v prvku Canvas je poté možné dynamicky vykreslovat naměřené body ze snímání očí. Níže je uvedena část kódu

obsahující zmíněnou funkci na dynamickou úpravu prvku Canvas dle velikosti okna webového prohlížeče.

```
1. function resize() {  
2.     var canvas = document.getElementById('plotting_canvas');  
3.     var context = canvas.getContext('2d');  
4.     context.clearRect(0, 0, canvas.width, canvas.height);  
5.     canvas.width = window.innerWidth;  
6.     canvas.height = window.innerHeight;  
7. };  
8. window.addEventListener('resize', resize, false);
```

Další problémem byla variabilní vzdálenost uživatele od snímající kamery. Tato vzdálenost velice ovlivňuje přesnost naměřených dat. Odchytku způsobenou různou vzdáleností je možné částečně odstranit pomocí kalibrace s využitím pohledu na kurzor. Na webové stránce je zobrazeno několik kalibračních bodů, tak aby svým rozmístěním pokryly celý prostor pro zobrazený diagram procesního modelu. Pro správné rozmístění se využívá prvek Canvas včetně již zmíněné funkce na dynamickou změnu velikosti. Na začátku kalibrace je uživatel požádán, aby současně pohlédl a kurzorem označil kalibrační bod. Rozdíl mezi fixní pozicí kalibračního bodu a naměřeným bodem kamerou je následně využit pro lepší přesnost měření. Uživatel poté postupně pokračuje všemi zobrazenými kalibračními body. Tímto způsobem je docíleno nejen odstranění odchytky způsobené vzdáleností uživatele od kamery, ale i zvýšení obecné přesnosti. S postupem a instrukcemi kalibrace je uživatel navigován pomocí série pop-up oken. Způsob více menších „vyskakovacích“ oken byl vybrán úmyslně. Dávají informace postupně a zobrazují je ve středu obrazovky. Tím uživatele nerozptylují a připravují ho na kalibraci založené na součinnosti kurzoru a pohledu.



Obrázek 23 - Instrukce pro úspěšnou kalibraci vlastního řešení (autor)

Po zaznamenání kalibrace je pomocí algoritmu vypočítáno, jakých hodnot nabývají odchylky. Pokud se i po úpravách hodnoty znatelně liší, je uživatel požádán o novou kalibraci. Pokud je odchylka uznána jako marginální, pokračuje uživatel na výběr procesního modelu. Zde je možné zvolit z několika modelů včetně různých scénářů. Po potvrzení jsou uživateli zobrazeny instrukce pro průchod procesním modelem. Počet testovaných diagramů procesních modelů a scénářů je závislý na navrhnutém způsobu ověření měř kvality, který je řešen v další kapitole.

Po vykonání zmíněných kroků je s uživatelem zahájeno testování průchodu procesním modelem. Vyvinuté řešení by podle zadaných kritérií mělo umět zaznamenávat a vyhodnocovat některá měřítka uživatelské responzivity (47). V níže uvedené ukázce kódu je popsána funkce `scanPathCapture()`, pomocí které je řešen požadavek na měřítko „scanpath“. Funkce zaznamenává naměřené body kamerou z knihovny, ukládá je a následně pomocí funkce vykresluje jako „scanpath“ na již zmíněný html prvek Canvas. Důležitou částí vyobrazeného kódu je i využití asynchronní technologie AJAX (27. řádek), která přesouvá naměřené hodnoty na stranu serveru (server-side). To vše na pozadí, během stále běžícího záznamu a zpracování dalších hodnot.

```

1. function scanPathCapture() { // funkce na záznam scanpath v modelu
2.     webgazer.clearGazeListener() //bezpečnostní vycitění listeneru
3.     var xlastPrediction = 0; //deklarace promenných předchozích hodnot
4.     var ylastPrediction = 0;
5.     webgazer.setGazeListener(function(data, clock) {
6.         if (data == null) { //podmínka osetrující vyjimku vzniklou chybno
u predikci
7.             return;
8.         }
9.         var xprediction = data.x; // presun namerených
hodnot do lokalni promenne
10.        var yprediction = data.y;
11.        var timing = clock;
12.        console.log(xprediction); // vypis do konzole kvuli debuggingu
13.        console.log(yprediction);
14.        if (xlastPrediction != 0 || ylastPrediction != 0) { //podmínka om
ezující první iteraci
15.            if ((Math.abs(xprediction) - Math.abs(xlastPrediction)) < 20
0) && ((Math.abs(yprediction) - Math.abs(ylastPrediction)) < 200)) { //podmínka v
yrovnavající nedokonalosti snímace
16.                var c = document.getElementById("plotting_canvas"); //vyk
reslení cary
17.                var ctx = c.getContext("2d");
18.                ctx.strokeStyle = 'red';
19.                ctx.beginPath();
20.                ctx.moveTo(xlastPrediction,ylastPrediction);
21.                ctx.lineTo(xprediction,yprediction);
22.                ctx.stroke();
23.                console.log(xlastPrediction);
24.                console.log(ylastPrediction);
25.                xlastPrediction = xprediction; //presun soucasnych hodnot
do minulych promennych
26.                ylastPrediction = yprediction;
27.                $.ajax({ //ajax post volani na php. Pro ulozeni hodnot do
txt
28.                    type: "POST",
29.                    url: "upload.php",
30.                    data: {xprediction:xprediction, yprediction:ypredicti
on, timing:timing}
31.                }).done(function( respond ) {
32.                    console.log(respond);
33.                });
34.            }
35.        }
36.        if (xlastPrediction == 0 && ylastPrediction == 0) { //podmínka a
presun soucasnych hodnot do minulych v pripade prvního spusteni
37.            xlastPrediction = xprediction;
38.            ylastPrediction = yprediction;
39.        }
40.    }
41.
42.
43. })
44. }

```

Naměřené hodnoty jsou přesunuty na stranu serveru z důvodu dalšího zpracování, která client-side architektura Javascriptu neumožňuje. Níže uvedená ukázka PHP kódu vyvinutého řešení představuje tento případ. První část slouží pro uložení grafického výsledku testování na server. Toho je docíleno Javascript funkcí *toDataURL()*, která převede

obsah HTML prvku Canvas (včetně diagramu procesního modelu a vykreslených zaznamenaných hodnot) do podoby textového řetězce (tisknutelných znaků) tzv. Base64 kódování. Získaný obrázek ve formě textového řetězce je poté možné metodou POST přesunout na stranu serveru. Zde je příslušnými funkcemi přeložen zpět do binární podoby a uložen na serveru jako rastrový obrázek v PNG formátu.

Druhá část ukázky PHP kódu představuje „opačnou“ stranu již zmíněného AJAX volání v Javascript funkci *scanPathCapture()*. Během zaznamenávání a vyhodnocování jsou jednotlivé naměřené hodnoty bodů z kamery přesouvány pomocí metody POST na stranu serveru. Jedná se o proměnné: pozice x, pozice y a timer (čas od začátku testování). Zmíněné hodnoty jsou poté ukládány na server do textového souboru. V textovém souboru jsou jednotlivé hodnoty odděleny tabulátorem a jednotlivá pozorování ukončovacím řádkem. Tento formát byl zvolen pro ulehčení potenciální dalšího zpracování.

```
1. <?php
2. if ( isset($_POST["image"]) && !empty($_POST["image"]) ) { //podminka
   pokud je POST metodou predana promenna "image"
3.     $dataURL = $_POST["image"];
4.     $parts = explode(',', $dataURL);
5.     $data = $parts[1];
6.     $data = base64_decode($data);
7.     $file = date('Y-m-d') . uniqid() . '.png';
8.     $success = file_put_contents($file, $data);
9.     print $success ? $file : 'error';
10. }
11.
12. if ( (isset($_POST["xprediction"]) && !empty($_POST["xprediction"])) && (is
   set($_POST["yprediction"]) && !empty($_POST["yprediction"]))) { //podminka p
   okud je POST metodou predana promenna s namerenymi hodnotami
13.     $xprediction = $_POST["xprediction"];
14.     $yprediction = $_POST["yprediction"];
15.     $timing = $_POST["timing"];
16.     $filename = date('Y-m-d') . '.txt';
17.     $fp = fopen($filename, 'a');
18.     fwrite($fp,$xprediction . "\t" . $yprediction . "\t" . $timing . "\n");
19.     fclose($fp);
20. }
21.
22. if ( isset($_POST['stopRec']) && !empty($_POST['stopRec'])) { //podminka pok
   ud je POST metodou predana promenna o konci zaznamu
23.     $filename = date('Y-m-d') . '.txt';
24.     $fp = fopen($filename, 'a');
25.     fwrite($fp,"end \t" . "Konec testu - " . date('Y_m_d-
   G:i:s') . $_POST['stopRec'] . "\n");
26.     close($fp);
27. }
```


5.1 Shrnutí kapitoly

Vyvinuté vlastní řešení splnilo vytyčené cíle z předchozí kapitoly. Všechny objevené překážky se podařilo překonat a výsledkem je funkční propojení Javascript knihovny s vlastní webovou prezentací. Vyvinutá webová prezentace umožňuje analyzovat zdrojová data podle měřítka „scanpath“ zmíněného v teoretické literatuře (47) (48) (49).

Případnému participantovi stačí pouze zaslat URL odkaz a webová prezentace sama představí svůj účel, propojí kameru s webovou stránkou, vybere požadované procesní modely a instrukce scénářů pro testování. Na základě vlastních algoritmů řešení zaznamená a vyhodnotí participantův postup procesním modelem. Výsledek je poté uložen na server v grafické (PNG) a formátované textové formě. Výstupy představují důležitý zdroj pro další analýzu výsledků. Z finanční hlediska jsou celkové vyčíslitelné náklady hluboko pod definovanou horní hranicí 300 USD. Diskutabilní položkou je autorova vlastní práce na webové prezentaci a na propojení s knihovnami. Tu není možné finančně vyčíslit, proto není v nákladech zahrnuta.

Během vývoje byly zjištěny i nevýhody zvoleného řešení. Snímání pohybu očí pomocí obyčejných kamer trpí značnou nepřesností. Nedostatek se částečně podařilo odstranit důmyslnější kalibrací, ale výsledky stále nejsou ideální. Avšak využití knihovny zajišťující snímání pohybu očí jsou aktuálně stále ve vývoji a projekt má kolem sebe aktivní komunitu. Je zde tedy předpoklad, že knihovny budou dále vylepšovány, a přesnost zlepšována. Povaha zvoleného řešení nabízí snadné nahrazení neaktuálních knihoven. Využití open-source knihoven a vlastního vývoje zaručuje neomezené možnosti dalšího vývoje. Podle názoru autora i vedoucího diplomové práce je v tomto způsobu testování a hodnocení procesních modelů skrytý velký potenciál a webová prezentace bude dále vyvíjena a rozšiřována.

Řešení je dostupné na vlastní doméně <https://www.bpmn-testing.eu>.

6 Návrh měr kvality procesních modelů

Pro návrh nových měr určující stupeň kvality procesních modelů bylo nutné získat teoretické znalosti o snímání a měření uživatelské rezponzivity (47) (48) (49). Na základě těchto zdrojů, bylo vybráno několik kritérií (měřítek), ze kterých je vhodné vycházet:

- Fixation (fixace) – jedná se o místa, na kterých se měřený uživatel zastavil a po určený časový se zde „zdržel“. Případná existence fixací je závislá na použité metrice (časové a vzdálenostní),
- Saccades (není vhodný český překlad) – ve většině zdrojů pojem značí pohyb z jedné fixací na druhou. Jiná definice také označuje jakýkoliv pohyb,
- Scanpath (cesta diagramem) – jedná se o souvislý pohyb během celého měření. V případě procesních modelů se může jednat o pohyb po procesním toku.

6.1 Navrhnuté míry kvality

Na základě zmíněných východisek bylo navrženo osm potenciálně využitelných měr kvality pro procesní diagramy. Z důvodu přehlednosti vzorců, jsou v některých případech uvedeny pouze zkratky: procesní model (PM) a procesní tok (PT).

6.1.1 Celkový počet fixací v procesním modelu

Míra hodnotící stupeň kvality procesního modelu podle celkového počtu fixací v celém grafickém znázornění hodnoceného procesu. Vyšší počet fixací může značit potenciální nejednoznačnost elementů v modelu. Nadměrný čas strávený uživatelem nad některým z elementů může být způsoben jeho horší pochopitelností, špatným označením (popisem) či dokonce chybným použitím. Předpokládá otázka využitelnosti míry je využitelnost pro porovnání procesních modelů různé složitosti. Lehce pochopitelný, logický, a avšak robustní procesní model, bude obsahovat menší četnost fixací oproti jednoduššímu procesnímu modelu, který obsahuje nelogické konstrukce. Potenciální nevýhodou této míry může být závislost na zkušenostech uživatele podle kterého je procesní model hodnocen. U méně zkušeného uživatele mohou být zaznamenány nerelevantní fixace, které ovlivní výslednou hodnotu míry kvality.

Hypotéza u této míry zní, že vyšší četnost naměřených fixací značí nižší stupeň kvality procesního modelu.

6.1.2 Poměr fixací a elementů v procesním modelu

Tato míra kvality vychází z již navrhnuté míry „Celkový počet fixací v procesním modelu“. Zahrnuje do výpočtu celkový počet elementů v modelu. Využitím této míry může být ověřena hypotéza, že mezi počtem fixací a počtem elementů v modelu se nevyskytuje korelace.

$$\text{Poměr fixací a elementů v PM} = \frac{\sum \text{fixací v procesním modelu}}{\sum \text{elementů v procesním modelu}}$$

Hypotézou u navrhnuté míry je předpoklad, že vyšší hodnota vypočteného vzorce značí nižší stupeň kvality procesního modelu.

6.1.3 Průměrná doba fixace v procesním modelu

Hodnota míry kvality založená na průměrné době trvání fixace v procesním modelu. Při návrhu této míry kvality se vycházelo z premisy, že pouhý výskyt fixací v procesním modelu nemůže být relevantní pro určení jeho kvality. Pro správné pochopení vymodelovaného procesu se musí uživatel nad každým elementem zastavit a strávit nějaký čas nad jeho účelem. Důležitým faktorem je zde čas. Když uživatel tráví nad jedním elementem delší časový úsek, může to značit potenciální problémy s pochopením elementu. Pokud se vyskytuje v procesním modelu více takových delších fixací, může být celý procesní model nekvalitně vymodelován. Pro možnost komparace mezi procesními modely je nutné vyjádřit hodnotu v jednotkách času (milisekundy). Hodnota míry kvality je průměr všech zaznamenaných fixací v procesním modelu.

$$\text{Průměrná doba fixace} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{hodnota doby fixace}}{n}$$

Hypotéza u této navržené míry kvality zní, že procesní model s vyšší hodnotou míry (vypočteného vzorce) značí nižší stupeň kvality procesního modelu

6.1.4 Celkový počet saccades v procesním modelu

Míra kvality vycházející z myšlenky, že vyšší počet změřených saccades značí problémy s pochopením procesního modelu. Při bezproblémovém průchodu procesním modelem postupuje uživatel po procesním toku od jednoho elementu k druhému a generuje jeden saccades na dva elementy. Přeskakování z elementu na element či vrácení se zpět proti procesnímu toku může znamenat problémy s pochopením procesního modelu.

Hypotéza u navrhnuté míry zní, že vyšší četnost naměřených saccades značí nižší stupeň kvality procesního modelu.

6.1.5 Poměr saccades a elementů v procesním modelu

Stejně jako v případě měř kvality hodnotící pomocí fixací, je i u saccades potřeba reflektovat robustnost procesního modelu. Hodnota navrhnuté míry počítá s celkovým počtem elementů v modelu. Míra kvality může potvrdit či vyvrátit přítomnost korelace mezi zmíněnými veličinami.

$$\text{Poměr saccades a elementů v PM} = \frac{\sum \text{saccades v procesním modelu}}{\sum \text{elementy v procesním modelu}}$$

Hypotézou u navrhnuté míry je předpoklad, že vyšší hodnota vypočteného vzorce značí nižší stupeň kvality procesního modelu.

6.1.6 Počet vrácení se v procesním modelu vůči procesnímu toku

Počet „vrácení se“ poskytuje informace o tom, kolikrát se uživatel vrátil na určený element. Pohyb zpět po „scanpath“ může být způsoben špatným pochopením předchozího elementu, špatné logické návaznosti v modelu či jakýmkoliv jiným nedostatkem. Počet vrácení může určovat míru kvality procesního modelu. Potenciálním nedostatkem může být nevyužitelnost při poměrování různě robustních procesních modelů. Komplexní model s mnoha branami může u uživatelů vyvolávat mnohem vyšší potřebu vrátit se, a postup promyslet, než jednoduchý procesní model téměř bez bran. To by bylo možné řešit poměrovými mírami kvality. U navrhnuté míry kvality je předpoklad, že s rostoucím množstvím „vrácení se“ v procesním modelu vůči procesnímu toku úměrně klesá stupeň kvality procesního modelu.

6.1.7 Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů v procesním modelu

Míra kvality vycházející ze skutečnosti zjištěné během návrhu předchází míry. Tato míra kvality již reflektuje velikost procesního modelu (počet elementů v modelu).

$$\text{Poměr vrácení se vůči PT a počet elementů v PM} = \frac{\sum \text{vrácení se vůči PT v PM}}{\sum \text{elementy v PM}}$$

Hypotéza u této navržené míry zní, že procesní model s vyšší hodnotou míry (vypočteného vzorce) značí nižší stupeň kvality procesního modelu.

6.1.8 Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů typu Gateway

Poslední navržená míra kvality zahrnuje přítomnost elementů typu Gateway. Míra vychází z myšlenky, že uživatel na rozhodovacích elementech stráví nejvíce času, proto jejich zahrnutí do určování kvality procesních modelů je vhodnější, než sčítat elementy obecně.

$$\begin{aligned} \text{Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů typu Gateway v PM} \\ = \frac{\sum \text{vrácení se proti procesnímu toku v PM}}{\sum \text{elementů typu Gateway v PM}} \end{aligned}$$

Hypotéza u této navržené míry zní, že procesní model s vyšší hodnotou vypočteného vzorce značí nižší stupeň kvality procesního modelu.

6.2 Shrnutí kapitoly

Pro návrh měř kvality procesních modelů bylo nutné vycházet z teoretických východisek (47). Ty byly založeny na teorii o měření pohybu očí. U nabytých znalostí byla ověřena jejich využitelnost pro procesní modely. Pokud byla zjištěna potenciální použitelnost, byla na základě těchto znalostí navrhována nová míra kvality procesních modelů. Tímto způsobem bylo navrhováno osm nových měř kvality, které budou ověřeny testováním v následující kapitole.

7 Ověření navržených měř kvality

Navržené míry kvality procesních modelů z minulé kapitoly bylo nutné prakticky ověřit. K tomuto účelu posloužilo vyvinuté vlastní řešení pro měření uživatelské responzivity. Předmětem testování se staly tři vzorové procesní modely dodané vedoucím práce popisující různé procesy na letišti. Procesní modely se úmyslně vzájemně lišily druhem využitých elementů a celkovou komplexitou. Z technické podstaty vlastního řešení (vysvětlené v příslušné kapitole) musely být dodané vzorové procesní modely autorem práce překresleny do vektorové grafiky. K tomu posloužil online nástroj bpmn.io (50). Hotové diagramy procesních modelů ve formátu SVG byly následně implementovány do webové prezentace a pro každý model doplněny instrukce a scénáře průchodu.

Pro účely testování byly vybrány tři navržené míry založené na zaznamenávání scanpath. U každé míry je zmíněna i její hypotéza o kvalitě:

- **Počet vrácení se v procesním modelu vůči procesnímu toku,**
 - Vyšší počet vrácení se vůči procesnímu toku značí nižší stupeň kvality procesního modelu.
- **Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů v procesním modelu,**
 - Vyšší hodnota vypočteného vzorce (poměr vrácení se vůči procesnímu toku a počet elementů v procesním modelu) značí nižší stupeň kvality procesního modelu.
- **Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů typu Gateway.**
 - Vyšší hodnota vypočteného vzorce (poměr vrácení se vůči procesnímu toku a počet elementů typu Gateway v procesním modelu) značí nižší stupeň kvality procesního modelu.

Testování bylo provedeno formou upravené kvalitativní studie. Kvalitativní studie je vhodná pro získání komentářů, názorů a obecné zpětné vazby od participantů studie. Tradiční kvalitativní studie předpokládá přítomnost dozoru nad participanty. Dozor účastníky studie vede, zaznamenává jejich reakce a poté provádí sběr údajů pomocí dotazování a interview. Z podstaty vyvinutého řešení je takový průběh studie nemožný. Naopak myšlenkou při vývoji řešení bylo vynechat dozor a nutnost fyzické přítomnosti participantů na pracovišti a nahradit tyto vazby moderními technologiemi. Tím plně využít výhody spojené s testováním na dálku. Získané kvalitativní výsledky umožnily podrobit testování

samotnou webovou prezentaci. Z důvodu sběru těchto dat byla webová prezentace rozšířena o funkci krátkého dotazníku. Ten po skončení testování položil participantovi několik otázek vztahující se ke webové prezentaci, testování a srozumitelnosti modelu. Získané odpovědi byly následně uloženy pro účely vyhodnocení.

Jelikož kvalitativní výsledky nelze matematicky klasifikovat, bylo nutné na základě participantova průchodu procesním modelem zaznamenávat na pozadí i kvalitativní data, které posloužily k ověření vybraných navržených měř kvality.

Testování se zúčastnilo šest participantů. Počet účastníků byl vybrán dle empirických zkušeností a statistických výpočtů, potvrzující že již pět participantů odhalí průměrně 85 % potenciálních nedostatků (51) (52).

Tabulka 1 - Procentuální podíl nalezených nedostatků během prvního testování při různých počtech participantů (52)

Počet participantů	Minimálně nalezených nedostatků (%)	Průměrně nalezených nedostatků (%)
5	55	85.55
10	82	94.686
15	90	97.050
20	95	98.4
30	97	99.0
40	98	99,6
50	98	100

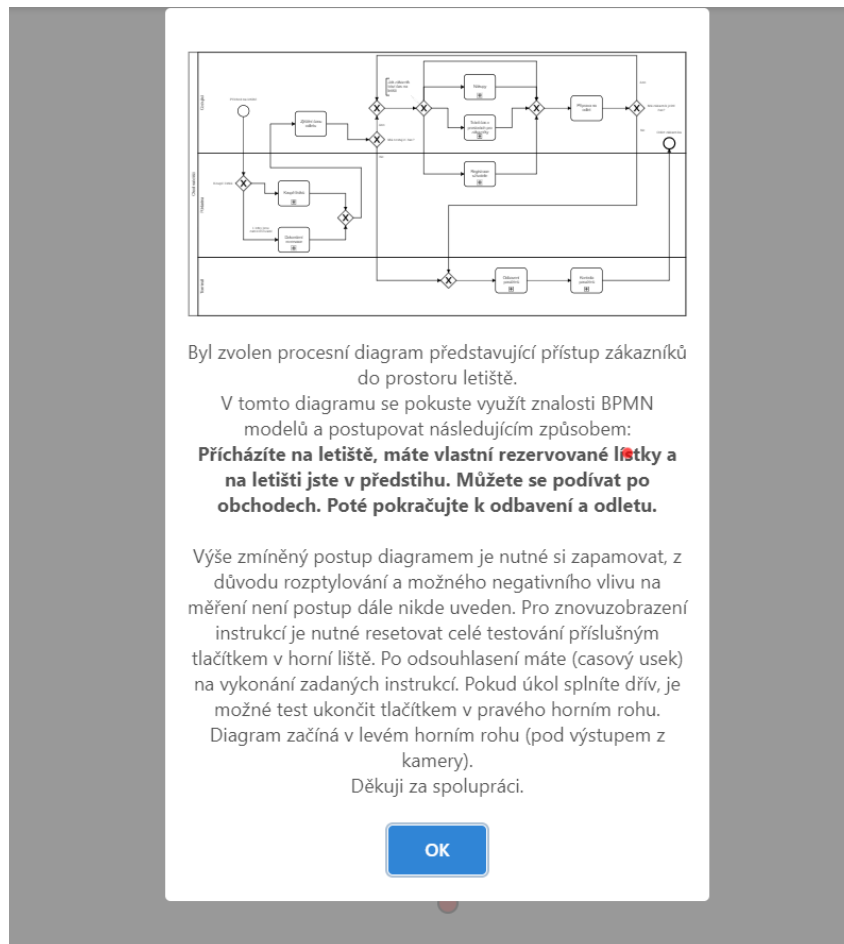
(Zdroj: <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>)

7.1 Podklady pro testování

Každý ze tří procesních modelů byl opatřen testovacími scénáři. První robustnější procesní model třemi a dva menší procesní modely po dvou scénářích. Pro první procesní model „přístup zákazníků do prostoru letiště“ (Příloha 1) byly vytvořeny:

- Přicházíte na letiště, máte vlastní rezervované lístky a na letišti jste v předstihu. Můžete se podívat po obchodech. Poté pokračujte k odbavení a odletu,

- Přicházíte na letiště, nemáte lístky, musíte si je koupit. Kvůli zdržení nestíháte a musíte spěchat na odbavení a odlet,
- Přicházíte na letiště, máte vlastní rezervované lístky a na letišti jste v předstihu. Můžete se podívat po obchodech. Následně máte ještě čas, tak si jdete vyřídit věrnostní zákaznickou kartu. Poté pokračujte k odbavení a odletu.



Obrázek 24 - Instrukce pro první scénář u prvního testovaného procesního modelu

Druhý procesní model „registrace do zákaznické sekce“ (Příloha 2) obsahuje tyto dva scénáře:

- Podal jste požadavek na registraci do systému (pro zákaznickou kartu), vyplnil jste formulář a po zpracování žádosti je Vám přidělena zákaznická karta,
- Podal jste požadavek na registraci do systému (pro zákaznickou kartu), vyplnil jste formulář, ale systém odmítá vaše údaje přijmout, proto rušíte požadavek a odcházíte.

Pro poslední procesní model „přístup do zákaznické sekce“ (Příloha 3) byly vytvořeny také dva scénáře:

- Pokusil jste se vstoupit do prostor pro registrované zákazníky, kontrolou identity (zákaznické karty) jste úspěšně prošel. Pokračujte pro přidělení přístupu a vstupu do prostor,
- Pokusil jste se vstoupit do prostor pro registrované zákazníky, kontrolou identity (zákaznické karty) jste neprošel, požádejte a vyčkejte na přidělení nové karty.
Po úspěšné kontrole identity pokračujte pro přidělení přístupu a vstupu do prostor.

Po úspěšném skončení jednoho testování je participant požádán o zodpovězení sady předem definovaných otázek. Otázky se vztahují jak procesnímu modelu, tak ke způsobu kvalitativního testování pomocí webové prezentace. Poslední množina otázek směřuje na znalosti procesních modelů a notace BPMN, aby bylo možné reflektovat odchylky způsobené neznalostí participanta. Jednotlivé otázky zní:

- Čeho se týkal procesní model?
- Narazil jste během průchodu na nějaký problém či nelogičnost. Jestli ano, tak jaký?
- Měl jste problém s kalibrací kamery?
- Jak se Vám pracovalo s webovou prezentací?
- Co byste na webové prezentaci změnil či upravil?
- Pokud máte jakoukoliv vlastní zpětnou vazbu ke způsobu testování, prosím doplňte:
- Jakým způsobem jsou v BPMN graficky vyobrazeny elementy typu Gateway?

7.2 Průběh testování

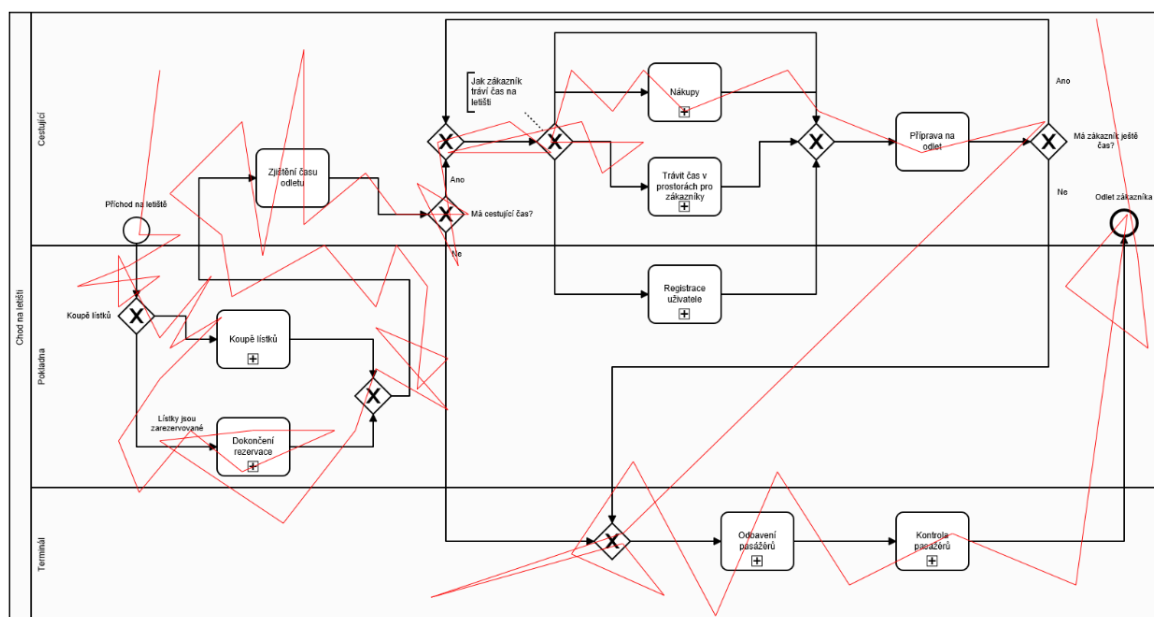
Testování probíhalo formou zaslání URL odkazu na webovou prezentaci vybraným participantům. Pomocí instrukcí na obrazovce byli participanti seznámeni s principem fungování, provedena kalibrace a umožněno zvolit si testovaný procesní model včetně scénáře. Následně běžel časový limit, během kterého musel participant splnit požadované instrukce (projít procesním modelem). Pokud splnil úlohy dřív, bylo možné testování ukončit příslušným tlačítkem.

Během testování se objevily nedostatky, které byly již zaznamenány během vývoje vlastního řešení. Použitá technologie pro záznam pohybu očí je velmi závislá na světelných

podmínkách a kvalitě použité kamery. I přes dodatečnou kalibraci musela být některá testování opakována, protože výstup obsahoval až příliš velké odchylky, v některých případech téměř nesmyslné hodnoty. Zde je možné spekulovat, jestli se jedná o pouhou neinformovanost participanta a problém by vyřešily podrobnější instrukce či fyzická přítomnost dozoru. Ten by zajistil vhodné podmínky a předával instrukce participantovi. Nebo problém tkví v samotných algoritmech a použité technologii.

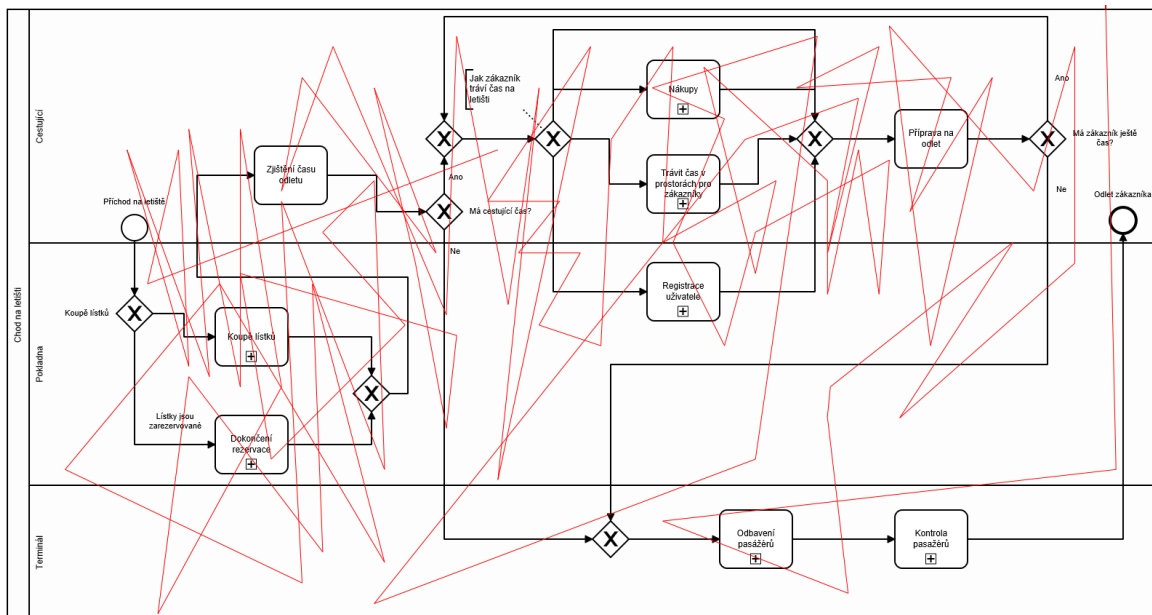
I samotné vyhodnocení zaznamenaných dat je značně sporná věc – určit, co je v rámci scanpath „vrácení se zpět“, a co pouhý tik oka nebo chyba záznamu snímače.

Na níže uvedeném obrázku (Obrázek 25) je grafický výstup z testování prvního scénáře u procesního modelu „přístup zákazníků do prostoru letiště“ druhým participantem. Tento výsledek je možné považovat za ideální výstup. Scanpath postupuje po instruovaném procesním toku a je zde možné jasně identifikovat jednotlivá „vrácení se zpět“.



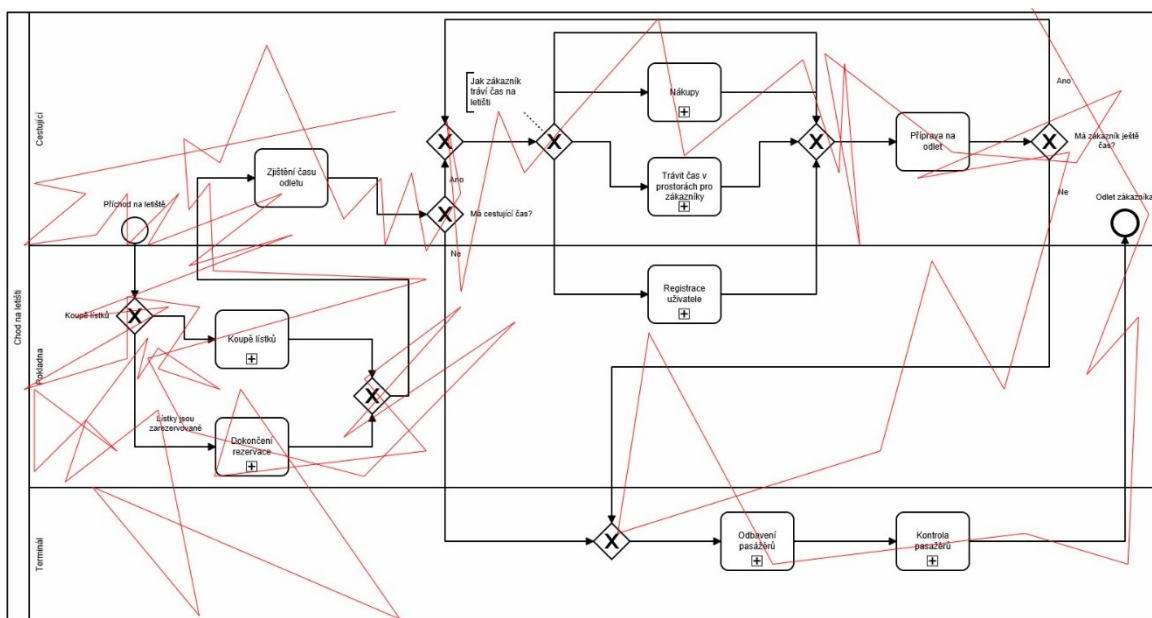
Obrázek 25 – Výsledky testování druhého participanta (první scénář u procesního modelu „přístup zákazníků do prostoru letiště“)

Přesným opakem jsou výsledky (Obrázek 26) čtvrtého participanta u stejného procesního modelu a scénáře. Zaznamenaná scanpath naprosto neodpovídá zadanému procesnímu toku a nelze z ní vyvodit žádné hodnoty pro ověření navrhnutých měř. Jak už bylo zmíněno, situace může být způsobena více vlivy.



Obrázek 26 - Výsledky testování čtvrtého participanta (první scénář u procesního modelu „přístup zákazníků do prostoru letiště“)

Stejný participant byl požádán o zlepšení světelných podmínek, vyšší lpění na nehybném umístění hlavy před kamerou a několikanásobnou kalibraci. Výsledky z opravného měření již mají vyšší vypovídající hodnotu (Obrázek 27), ale stále nedosahují úrovně druhého participanta.



Obrázek 27 – Korekční výsledky testování čtvrtého participanta (první scénář u procesního modelu „přístup zákazníků do prostoru letiště“)

V následujících tabulkách byly shromážděny kvantitativní výsledky testování. Jedná se o tři tabulky (dle navržené míry kvality) obsahující důležité hodnoty pro ověření.

7.2.1 Ověření míry kvality „Počet vrácení se v procesním modelu vůči procesnímu toku“

Tabulka 2 - Výsledky testování navržené míry kvality „Počet vrácení se v procesním modelu vůči procesnímu toku,“

Počet „vrácení se zpět“ v rámci scanpath							
Míra kvality	„přístup zákazníků do prostoru letiště“			„registrace do zákaznické sekce“		„přístup do zákaznické sekce“	
Scénář Participant	První scénář	Druhý scénář	Třetí scénář	První scénář	Druhý scénář	První scénář	Druhý scénář
Participant 1	4	4	5	1	1	1	2
Participant 2	3	2	4	0	1	0	2
Participant 3	8	5	6	3	2	4	4
Participant 4	3	3	3	1	0	2	2
Participant 5	4	3	3	2	0	3	4
Participant 6	5	2	3	1	1	1	5

Zdroj: (autor)

Z výsledků je na první pohled patrný opačný jev než předpoklad zmíněný během návrhu míry kvality. Robustnější procesní model (v tomto případě „přístup zákazníků do prostoru letiště“) obsahoval více „vrácení se zpět“ proti procesnímu toku. Dále lze pozorovat, že procesní model „registrace do zákaznické sekce“, neobsahující žádné elementy typu Gateway, zaznamenal nejméně „vrácení se zpět“ v rámci scanpath. Z výsledků lze i vyčíst snižující se počet „vrácení se zpět“ u jednotlivých participantů v rámci postupu mezi scénáři. To je možné odůvodnit zvyšující se zkušeností a jistotou při práci s webovou prezentací. Může to být také způsobeno náročností scénáře. Zmíněné hypotézy je nutné ověřit u dalších měř kvality a kvalitativní zpětné vazby.

Pro účely porovnání je možné sledovat výsledky třetího participanta mezi testovanými měřeními kvality. U první testované míry kvalit byl participantovi naměřen nejvyšší počet „vrácení se zpět“ s nejvyšším výskytem u prvního a třetího procesním modelu.

7.2.2 Ověření míry kvality „Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů v procesním modelu“

Tabulka 3 - Výsledky testování navržené míry kvality „Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů v procesním modelu“

„Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů v procesním modelu“								
Míra kvality	„přístup zákazníků do prostoru letiště“			„registrace do zákaznické sekce“		„přístup do zákaznické sekce“		
	Scénář	První scénář	Druhý scénář	Třetí scénář	První scénář	Druhý scénář	První scénář	Druhý scénář
Participant 1		0,211	0,211	0,263	0,167	0,167	0,143	0,286
Participant 2		0,158	0,105	0,211	0,000	0,167	0,000	0,286
Participant 3		0,421	0,263	0,316	0,500	0,333	0,571	0,571
Participant 4		0,158	0,158	0,158	0,167	0,000	0,286	0,286
Participant 5		0,211	0,158	0,158	0,333	0,000	0,429	0,571
Participant 6		0,263	0,105	0,158	0,167	0,167	0,143	0,714

Zdroj: (autor)

V tabulce výše (Tabulka 3) jsou vypsané zaznamenané výsledky testování, které jsou již upraveny podle zadaného vzorce testované míry kvality. Hypotéza u této navržené míry zněla, že procesní model s vyšší hodnotou míry (vypočteného vzorce) značí nižší stupeň kvality procesního modelu. Z výsledků této míry je patrné, že se podařilo odstranit nedostatek předchozí testované míry a je možné porovnávat různě robustní procesní modely. V rámci testované míry a sledovaného třetího participanta je situace již odlišná. Zahrnutí počtu elementů v modelu narovnal výsledky. První procesní model je dle této míry kvality z pohledu třetího participanta nejkvalitnější.

7.2.3 Ověření míry kvality „Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů typu Gateway“

Tabulka 4 - Výsledky testování navržené míry kvality „Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů typu Gateway“

„Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů typu Gateway“							
Míra kvality	„přístup zákazníků do prostoru letiště“			„registrace do zákaznické sekce“		„přístup do zákaznické sekce“	
Scénář Participant	První scénář	Druhý scénář	Třetí scénář	První scénář	Druhý scénář	První scénář	Druhý scénář
Participant 1	0,500	0,500	0,625	-	-	0,500	1,000
Participant 2	0,375	0,250	0,500	-	-	0,000	1,000
Participant 3	1,000	0,625	0,750	-	-	2,000	2,000
Participant 4	0,375	0,375	0,375	-	-	1,000	1,000
Participant 5	0,500	0,375	0,375	-	-	1,500	2,000
Participant 6	0,625	0,250	0,375	-	-	0,500	2,500

Zdroj: (autor)

V tabulce pro poslední ověřovanou míru kvality (Tabulka 4) jsou již také zobrazeny pouze výsledné hodnoty podle navrženého vzorce. Hypotézou byl předpoklad, že vyšší hodnota vypočteného vzorce (poměr vrácení se vůči procesnímu toku a počet elementů typu Gateway v procesním modelu) značí nižší stupeň kvality procesního modelu. Míru kvality nelze uplatnit na procesní modely, které neobsahují žádný element typu Gateway. To znemožnilo hodnocení druhého procesního modelu. Výsledné hodnoty jsou možná až příliš citlivé na přítomnost jednoho typu elementu modelu. Předpokladem pro návrh míry kvality byla skutečnost, že se uživatel může zdržet na rozhodujících elementech (Gateway). Z testování však vyplynulo, že stejný vliv mohou mít i např. uživatelské úlohy, které nejsou ve vzorci obsaženy a výsledné hodnoty míry jsou poté zkreslené.

7.3 Shrnutí kapitoly

V této kapitole byly ověřeny tři vybrané míry kvality procesních modelů založené na záznamu scanpath. Míry kvality byly ověřeny pomocí vlastního vyvinutého řešení pro záznam uživatelské responzivity. Ověření bylo vykonáno pomocí dodaných vzorových procesních modelů, které se úmyslně lišily svojí robustností a počtem různých typů elementů. Testování probíhalo formou zaslání URL odkazu na webovou prezentaci vybraným šesti participantům. Pomocí instrukcí na obrazovce byli participanté seznámeni s principem fungování, byla provedena kalibrace a umožněno zvolit si testovaný procesní model včetně scénáře.

Během testování se vyskytl problém s neinterpretovatelnými výstupy. Tato skutečnost mohla být způsobena citlivostí použitého řešení na světelné podmínky, kvalitou snímané kamery či nepochopení zadání ze strany participanta. Z principu vzdáleného kvalitativního testování nebyl dostupný vedoucí pracovník, který by hlídal dodržování vhodných podmínek, a vše záviselo pouze na vlastní pečlivosti participanta. I přes tyto nedostatky přineslo testování relevantní výsledky.

První ověřovaná míra „Počet vrácení se v procesním modelu vůči procesnímu toku“ favorizuje menší procesní modely a není možná potenciální komparace procesních modelů s různým stupněm robustnosti. Testování tak vyvrátilo opačný předpoklad při návrhu. Míru kvality je možné aplikovat pouze na podobně složité procesní modely. V jiném případě je nutné využít odlišné míry kvality.

Další míra kvality „Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů typu Gateway“ je až příliš závislá na jednom typu elementu. Předpokladem bylo „zdržení“ uživatele na rozhodovacích elementech. Z testování vyplynulo, že se participanté zdrželi i jiných typech elementů, které nejsou v míře kvality zahrnuty. Pro praktické využití je nutné zahrnout do vzorce i jiné typy elementů.

Jediná v praxi použitelná míra kvality je „Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů v procesním modelu“. Zmíněná míra umožňuje porovnávat procesní modely různé robustnosti a zbytečně „netrestá“ kvůli přítomnosti určitého typu elementu.

Součástí praktického testování bylo i kvalitativní testování vyvinuté webové prezentace. Ze sběru zpětné vazby od participantů byly souhrnně zjištěny tyto nedostatky:

- záznam je někdy i po kalibraci nepřesný,
- systém postupného testování jednotlivých diagramu je nevhodný,
- zobrazení instrukcí pouze před začátkem každého testování je nevyhovující,
- ukončování pomocí tlačítka na horní liště je nešťastné,
- je možné testovat pouze uložené diagramu, vhodnější by bylo řešení, kam lze nahrát diagramy vlastní.

Z pohledu autora práce je v tomto způsobu testování procesních modelů velký potenciál a vlastní řešení bude nadále vyvíjeno a ověřováno.

8 Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo navrhnout a ověřit nové míry kvality procesních modelů založených na uživatelské responzivitě. Ověřování měř kvality bylo vykonáno pomocí cenově dostupných řešení pro měření uživatelské responzivity. Řešení byla vybrána na základě studie použitelnosti, která je dílčím cílem diplomové práce.

Pro splnění cílů diplomové práce bylo nutné získat teoretické znalosti o řešené problematice z odborné literatury. V první části práce byl definován pojem proces, vyjádřeny jeho možné vlastnosti a klasifikace. V teoretických podkladech se autor práce dále zabýval procesním řízením a příčinou pro modelování obchodních procesů. V další části byly nastíněny využívané notace pro zápis procesních modelů. Na základě vyhodnocení pozitiv a negativ jednotlivých notací byla pro následující činnosti zvolena notace typu BPMN. Pro potřeby splnění cílů diplomové práce bylo nutné zmapovat téma kvality procesních modelů a zmínit varianty jejího hodnocení včetně způsobů vyjádření. Zde byl kladen důraz na způsoby ovlivňující kvalitu procesního modelu po jeho vytvoření, tzv. míry kvality. Z důvodu zvolení notace BPMN pro ověřované procesní modely byly také definovány specifické míry kvality pro zmíněnou notaci.

V následující analytické části diplomové práce byla provedena studie použitelnosti dostupných řešení pro snímání uživatelské responzivity. V úvodu studie byly nastíněny možné způsoby záznamu uživatelské responzivity a klasifikace pro analyzovaná řešení. Dále bylo nutné definovat kritéria pro výběr vhodné varianty:

- částka 300 USD, jakožto maximální souhrnné náklady spojené s pořízením a provozováním řešení,
- datový výstup v čitelném formátu pro následnou analýzu a zpracování.

V rámci studie bylo zjištěno několik poznatků. Míry kvality založené na pohybu či kliknutí kurzoru nebudou mít dostatečnou vypovídající hodnotu. V rámci záznamu pohybu očí dominuje trhu v současnosti jediná společnost – Tobii (36). Většina konkurenčních komerčních řešení ukončila svůj vývoj a prodej v rozmezí let 2015-2016. Buď byla odkoupena přímo společností Tobii nebo společností z příbuzného oboru (např. Oculus VR). Nabízená řešení od Tobii několikanásobně převyšovala zadané finanční kritérium. Limit splnil pouze jeden snímač. Ten je výrobcem určen pro herní využití a jakékoliv jiné

je z jeho strany blokováno. U nekomerčních řešení využívajících obyčejné kamery bylo možné pozorovat podobný trend. Většina řešení ukončila svůj vývoj mezi roky 2015 a 2016. Řešení jsou proto neúplná, a i zpravidla závislá na detailním snímání zornice. Posléze bylo analyzováno i řešení, které pracuje na bázi open-source Javascript knihoven. To ukázalo svou výhodu v možnosti provést testování přímo v domácnostech uživatelů bez nutnosti speciálního vybavení a odborného dohledu. Tento způsob potenciálně umožňuje rychlé a efektivní testování velkého množství participantů za minimální náklady. Skutečnosti vyplývající ze studie posloužily k rozhodnutí pokračovat v diplomové práci vývojem vlastního řešení založeném na externích knihovnách.

Vyvinuté vlastní řešení úspěšně splnilo zadaná kritéria. Případnému participantovi stačí pouze zaslat URL odkaz a webová prezentace sama představí svůj účel, propojí kameru s webovou stránkou, vybere požadované procesní modely a zobrazí instrukce scénářů testování. Na základě vlastních algoritmů zaznamená a vyhodnotí participantův postup procesním modelem. Výsledek je poté uložen na server v grafické a formátované textové formě.

V diplomové práci autor pokračoval návrhem měr kvality procesních modelů. Teoretická východiska pro návrh měr kvality byla získána z teorie o měření pohybu očí. Na těchto základech bylo navrženo osm nových měr kvality založených na uživatelské responzivitě. Vybrané míry kvality byly dále ověřeny pomocí již vlastního vyvinutého řešení pro záznam uživatelské responzivity. Ověření bylo vykonáno pomocí dodaných vzorových procesních modelů, které se úmyslně lišily svojí robustností a počtem různých typů elementů. Testování probíhalo formou kvalitativní studie, kdy bylo vybraným šesti participantům zaslán URL odkazu na webovou prezentaci. Tím byla také testována potenciální silná stránka vlastního řešení – vzdálené kvalitativní testování. Zároveň byla během testování zaznamenávána kvantitativně měřitelná data, na základě kterých byly ověřeny navržené míry kvality.

Z výsledků studie byly následně vyvozeny závěry o ověřovaných měřících kvalitě. Pouze jediná míra kvality byla určena jako využitelná v praxi. U ostatních byly identifikovány slabé stránky, navrženy možné úpravy a formulováno doporučení dalšího využití.

Kvalitativní studie také posloužila pro získání poznatků o vyvinutém řešení pro záznam uživatelské responzivity. Bylo identifikováno několik negativních stránek:

- získání nepřesných dat,
 - z důvodu nepochopení instrukcí,
 - z podstaty technologie,
- nechut' testovat kvůli narušení soukromí,
- méně intuitivní webové rozhraní.

Zmíněná negativa budou reflektována v následných úpravách řešení.

Výše uvedené závěry dokazují, že se stanovené cíle diplomové práce podařilo splnit.

Z pohledu autora práce je v tomto způsobu testování procesních modelů velký potenciál. Závěry vzešlé z diplomové práce budou odborně publikovány a vlastní řešení bude nadále vyvíjeno ve spolupráci s vedoucím práce.

9 Seznam pojmů

AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) – technologie pro interaktivní webové aplikace umožňující měnit obsah stránek bez nutnosti znovunačtení.

BPMN (Business Process Model and Notation) – grafická notace pro modelování a zápis podnikových procesů pomocí procesních diagramů.

Client-side – technologie běžící na straně uživatele.

Javascript – objektově orientovaný skriptovací jazyk.

Metoda POST – dotazovací metoda HTTP protokolu.

PHP (Hypertext Preprocessor) – skriptovací programovací jazyk určený pro webové aplikace.

PNG (Portable Network Graphics) – grafický formát pro bezztrátovou kompresi rastrové grafiky.

Server-side – technologie běžící na straně serveru.

SSL (Secure Sockets Layer) – kryptografický protokol.

SVG (Scalable Vector Graphics) – grafický formát pro uložení dvourozměrné vektorové grafiky pomocí XML.

TLS (Transport Layer Security) – kryptografický protokol vycházející z SSL.

10 Seznam použitých zdrojů

10.1 Literární zdroje

1. **Schwab, Klaus.** *The fourth industrial revolution.* New York : Portfolio Penguin, 2017. 978-0241300756.
2. **Horsley, Mike, a další.** *Current Trends in Eye Tracking Research.* Cham : Springer International Publishing, 2013. 978-3-319-02867-5.
3. **Fiala, Josef a Ministr, Jan.** *Průvodce analýzou a modelováním procesů.* Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2003. 8024805006.
4. **Grasseová, Monika a kolektiv.** *Procesní řízení ve veřejném i soukromém sektoru.* Brno : Computer Press, 2008. 978-80-251-1987-7.
5. **Svozilová, Alena.** *Zlepšování podnikových procesů.* Praha : Grada Publishing spol. s.r.o., 2011. 978-80-247-3938-0.
6. **Carda, Antonín a Kunstová, Renáta.** *Workflow: Nástroj manažera pro řízení podnikových procesů.* Praha : Grada Publishing spol. s.r.o., 2003. 80-247-0666-0.
7. **Řepa, Václav.** *Podnikové procesy: procesní řízení a modelování.* Praha : Grada Publishing spol. s.r.o., 2006. 80-247-1281-4.
8. **Veber, Jaromír.** *Management - Základy, Prosperita, Globalizace.* Praha : Management Press, 2000. 80-7261-029-5.
9. **Basl, Josef a Blažíček, Roman.** *Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti.* Praha : Grada Publishing spol s.r.o., 2012. 978-80-247-4307-3.
10. **Aguilar-Savén, Ruth, Sara.** Business process modelling: Reviewand framework. *International Journal of Production Economics.* 90, 2004, Sv. 129–149.
11. **Řepa, Václav.** *Procesně řízená organizace.* Praha : Grada Publishing spol. s.r.o., 2012. 978-80-247-4128-4.
12. **Karlöf, Bengt a Lövingsson, Frederic Helin.** *Management od A do Z.* Praha : Computer Press, 2006. 80-251-1001-10.

13. **Weske, Mathias.** *Business Process Management (Concepts, Languages, Architectures)*. Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. 978-3-642-28615-5.
14. **Kryšpín, Luděk.** *Ekonomika procesně řízených organizací*. Praha : Oeconomica, 2005. 9788024509655.
15. **Hammer, Michael a Champy, James.** *Reengineering the Corporation: Manifesto for Business Revolution (Updated edition)*. New York City : HarperBusiness, 2009. 978-0060559533.
16. **Müller, Miroslav.** Business process management (1. část). *IT SYSTEMS*. 2007, 10.
17. **Šmída, Filip.** *Zavádění a rozvoj procesního řízení ve firmě*. Praha : Grada Publishing spol. s.r.o., 2007. 978-80-247-1679-4.
18. **Sokovic, M., D., Pavletic a Pipan, K.** Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 2010, Sv. Issue 1, Volume 43.
19. **Jacka, Mike J. a Keller, Paulette J.** *Business Process Mapping Workbook: Improving Customer Satisfaction*. New Jersey : Hoboken, 2009. 978-0-470-44628-7.
21. **Davis, Rob.** *ARIS Design Platform: Advanced Process Modelling and Administration*. Basel : Springer International Publishing, 2008. 978-1-84800-110-7.
22. **Rolón, Elvira, a další.** *Analysis and Validation of Control-Flow Complexity Measures with BPMN Process Models*. Berlin : Springer Berlin Heidelberg, 2009. 78-3-642-01862-6.
23. **Dumas, Marlon, M. van der Aalst, Will a H. ter Hofstede, Arthur.** *Process-aware information systems: Bridging People and Software Through Process Technology*. New York City : Wiley-Interscience, 2005. 978-0471663065.
24. **Russel, Nick.** Surmounting BPM challenges: the YAWL story. *Computer Science - Research and Development*. 2009, Sv. Issue 2, Volume 23.
26. **Van Nuffel, Dieter, Mulder, Hans a Van Kervel, Steven.** Enhancing the Formal Foundations of BPMN by Enterprise Ontology. [autor knihy] Antonia Albani, Joseph Barjis a L. G. Dietz, Jan. *Advances in Enterprise Engineering III*. USA : Springer, 2009.
28. **Pavlíček, Josef, Hronza, Radek a Náplava, Pavel.** Míry kvality procesních modelů vytvořených v notaci BPMN. *Acta Informatica Pragensia*. 2015, Sv. 4, 140–153.

29. **Mendling, J., Reijers, H. A. a van der Aalst, W. M. P.** Seven process modeling guidelines (7PMG). *Information and Software Technology*. 2010, Sv. Volume 52, Issue 2.
30. **Pavlíček, Josef.** Odhad manažerských charakteristik vývoje IS v etapě specifikace požadavků. *Doktorská disertační práce*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006.
31. **Khlif, Wiem, Zaaboub, Nahla. a Ben-Abdallah, Hanene.** Coupling metrics for business process modeling. *WSEAS Transactions on Computers*. 2010, Sv. Volume 9, Issue 1.
32. **Latva-Koivisto, Antti.** Finding a Complexity Measure for Business Process Models. *Research Report*. Helsinki : Systems Analysis Laboratory, Helsinki University Of Technology, 2001.
33. **Pavlíček, Josef, a další.** Míry kvality v procesním modelování. *Acta Informatica Pragensia*. 2015, Sv. 4, 18–29.
34. **Vanderfeesten, Irene., a další.** Quality Metrics for Business Process Models. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 2007.
36. **Mach, Richard.** Návrh a tvorba nástroje pro optimalizaci procesů na základě analýzy BPM modelů. *Diplomová práce*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2015.
37. **Pavlíček, Josef a Pavlíčková, Petra.** Methods for Evaluating the Quality of Process Modelling Tools: 14th International Workshop. *EOMAS 2018, Held at CAiSE 2018*. Tallinn, 2018, Selected Papers. 10.1007/978-3-030-00787-4_12.
40. **Gibaldi, Agostino, a další.** Evaluation of the Tobii EyeX Eye tracking controller and Matlab toolkit for research. *Behavior Research Methods*. 2016, Sv. 49., 3758/s13428-016-0762-9.
47. **Bojko, Agnieszka.** *Eye tracking in user experience testing: How to make the most of it*. Montreal : Proceedings of the UPA 2005 Conference, 2005.
48. **Albert, William a Tullis, Thomas.** *Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics*. Waltham : Elsevier Science & Technology, 2013. 9780124157811.
49. **Zerouali, Younes, Lina, Jean-Marc a Jemel, Boutheina.** Optimal eye-gaze fixation position for face-related neural responses. *PLoS One*. 2013, Sv. 8(6), e60128.

51. **Nielsen, Jakob.** Why You Only Need to Test with 5 Users. *nngroup.com*. [Online] Nielsen Norman Group, 19. Březen 2000. [Citace: 20. Červenec 2019.] <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>.

52. **Faulkner, Laura.** Beyond the five-user assumption: Benefits of increased sample sizes in usability testing. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*. 2003, Sv. 35.3, 379-383.

53. **Rolón, Elvira, a další.** Analysis and Validation of Control-Flow Complexity. *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling*. Berlin : Springer, 2009.

10.2 Internetové zdroje

20. **Střelec, Jiří.** Popis mapování procesů. *Vlastní cesta - Poradenský portál*. [Online] 23. Červenec 2012. [Citace: 5. Prosinec 2018.] <https://www.vlastnicesta.cz/metody/mapa-procesu/>.

25. **Object Management Group (OMG).** Process Model and Notation. *omg.org*. [Online] 1. Leden 2014. [Citace: 5. Červen 2019.] <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF/>.

27. **Bonnet, Francois, a další.** Making BPMN a True lingua franca. *bptrends.com*. [Online] 2. Červen 2014. [Citace: 5. Červenec 2019.] <https://www.bptrends.com/making-bpmn-a-true-lingua-franca/>.

35. **Process Mining Group.** ProM Tools. *promtools.org*. [Online] 2010. [Citace: 19. Duben 2019.] <http://www.promtools.org/doku.php>.

38. **Free Software Foundation, Inc.** A Quick Guide to GPLv3. *gnu.org*. [Online] 8. Listopad 2014. [Citace: 15. Říjen 2019.] <http://www.gnu.org/licenses/quick-guide-gplv3.html>.

39. **Creative Commons.** Attribution-NonCommercial 3.0 Unported (CC BY-NC 3.0). *Creative Commons*. [Online] [Citace: 2. Listopad 2019.] <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/cz/>.

41. **Tobii AB.** Tobii pro. *tobiipro.com*. [Online] 2019. [Citace: 1. Listopad 2019.] <https://www.tobiipro.com>.

42. **Tobii Gaming.** Tobii Eye Tracker 4C. *Tobii gaming.* [Online] 2019. [Citace: 1. Listopad 2019.] <https://gaming.tobii.com/tobii-eye-tracker-4c/>.
43. **The EyeTribe.** The EyeTribe. *The EyeTribe.* [Online] 2016. [Citace: 1. Listopad 2019.] <https://theeyetribe.com/>.
44. **xLabs Pty Ltd.** eyesdecide.com. *Leading Webcam Eye Tracking Insights Platform.* [Online] 2019. [Citace: 6. Listopad 2019.] <https://www.eyesdecide.com>.
45. **Brown HCI Group.** Democratizing Webcam Eye Tracking on the Browser. <https://webgazer.cs.brown.edu>. [Online] 2019. [Citace: 27. Říjen 2019.] <https://webgazer.cs.brown.edu>.
46. **Internet Security Research Group (ISRG).** Let's Encrypt. <https://letsencrypt.org>. [Online] 2019. [Citace: 4. Říjen 2019.] <https://letsencrypt.org>.
50. **Camunda Services GmbH.** BPMN Viewer and Editor. <http://bpmn.io>. [Online] 2019. [Citace: 15. Červen 2019.] <http://bpmn.io>.

11 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Základní schéma procesu (4).....	9
Obrázek 2 - Hierarchický rozpad procesů (9).....	10
Obrázek 3 - Životní cyklus procesu (13)	12
Obrázek 4 - Model PDCA a DMAIC dle jednotlivých kroků (18)	16
Obrázek 5 - SIPOC diagram (5)	17
Obrázek 6 - Schéma procesní mapy (Zdroj: autor).....	19
Obrázek 7 - Dráhový diagram (5).....	20
Obrázek 8 - Prvky Petriho sítě (Zdroj: autor).....	22
Obrázek 9 - Prvky EPC (23).....	22
Obrázek 10 - Prvky DFD (Zdroj: autor)	23
Obrázek 11- Grafické vyjádření BPMN elementu – Events, události (autor).....	26
Obrázek 12 - Grafické vyjádření BPMN elementu – Activity, činnosti (autor).....	26
Obrázek 13 - Grafické vyjádření BPMN elementu – Gateway, brána (autor)	27
Obrázek 14 - Grafické vyjádření BPMN elementu – Connecting Objects, spojovací objekty (autor).....	28
Obrázek 15 - Grafické vyjádření BPMN elementu – Swimlanes (autor).....	29
Obrázek 16 - Grafické vyjádření BPMN elementu – Artifacts, rozšiřující objekty (autor)	29
Obrázek 17 - Grafické vyjádření BPMN elementu – Data, datové objekty (autor)	30
Obrázek 18 - Záznam pohybu kurzoru pomocí řešení Ogama Open Gaze and Mouse Analyzer.....	45
Obrázek 19 - Testování ITU Gazetracker (autor).....	48
Obrázek 20 - Testování Haytham Gaze Tracker (zdroj: University of Copenhagen)	49
Obrázek 21 - Testování GazeRecorder (autor)	50
Obrázek 22 – Zkušební Heatmap výstup z analyzovaného řešení GazeRecorder.....	51
Obrázek 23 - Instrukce pro úspěšnou kalibraci vlastního řešení (autor)	57
Obrázek 24 - Instrukce pro první scénář u prvního testovaného procesního modelu.....	67
Obrázek 25 – Výsledky testování druhého participanta (první scénář u procesního modelu „přístup zákazníků do prostoru letiště“)	69
Obrázek 26 - Výsledky testování čtvrtého participanta (první scénář u procesního modelu „přístup zákazníků do prostoru letiště“)	70

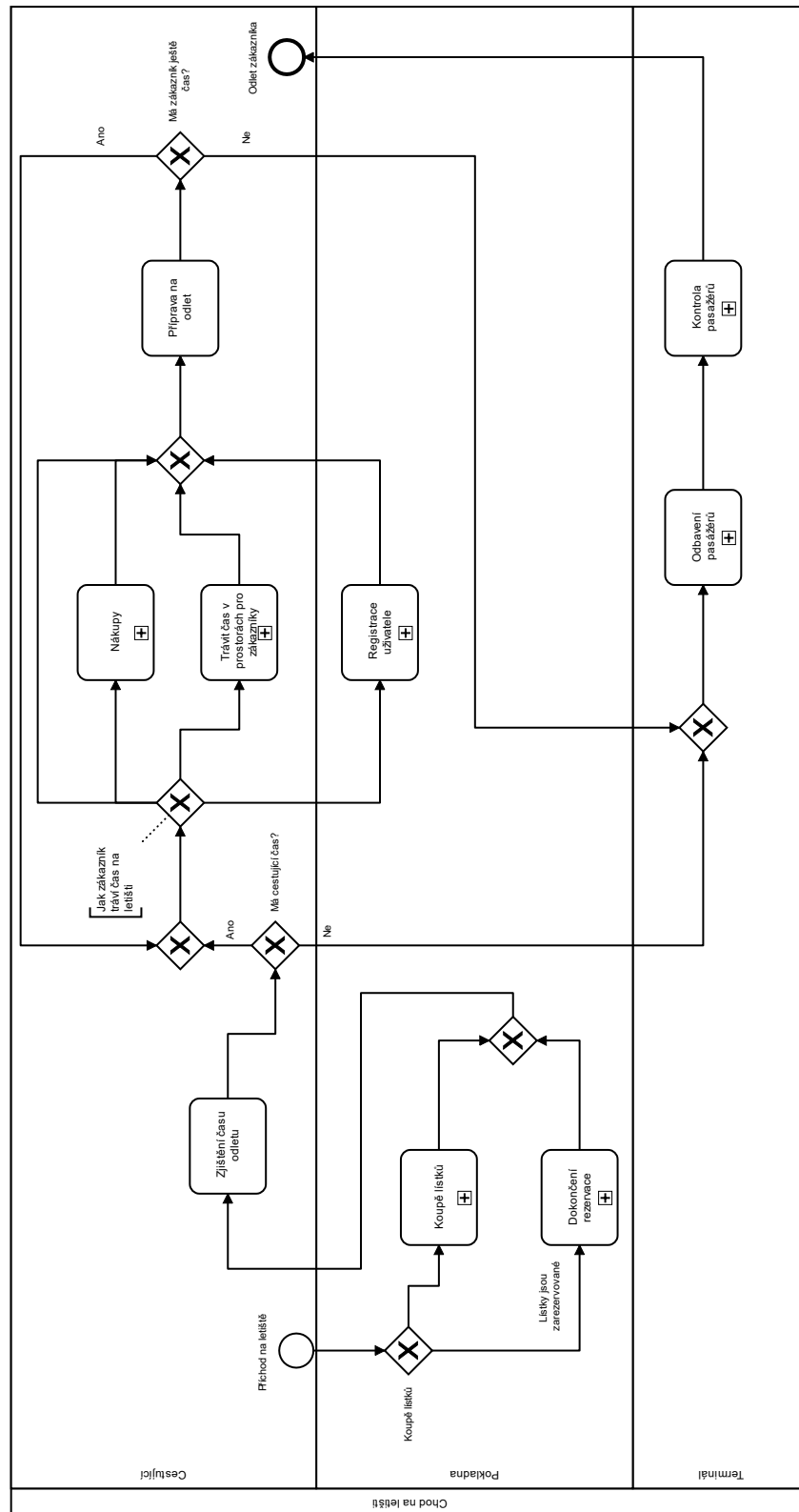
Obrázek 27 – Korekční výsledky testování čtvrtého participanta (první scénář u procesního modelu „přístup zákazníků do prostoru letiště“)	70
---	----

12 Seznam tabulek

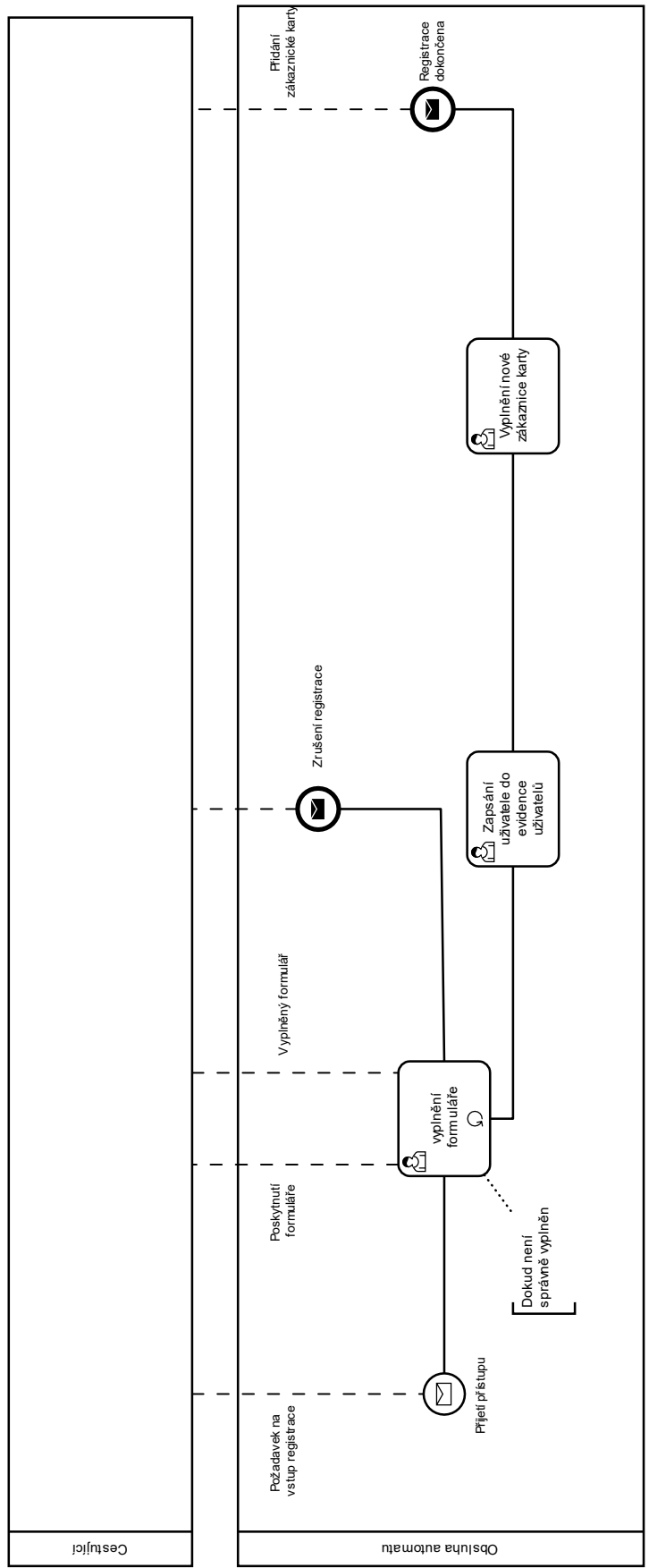
Tabulka 1 - Procentuální podíl nalezených nedostatků během prvního testování při různých počtech participantů (52)	66
Tabulka 2 - Výsledky testování navržené míry kvality „Počet vrácení se v procesním modelu vůči procesnímu toku,“	71
Tabulka 3 - Výsledky testování navržené míry kvality „Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů v procesním modelu“	72
Tabulka 4 - Výsledky testování navržené míry kvality „Poměr vrácení se proti procesnímu toku a počet elementů typu Gateway“	73

13 Seznam příloh

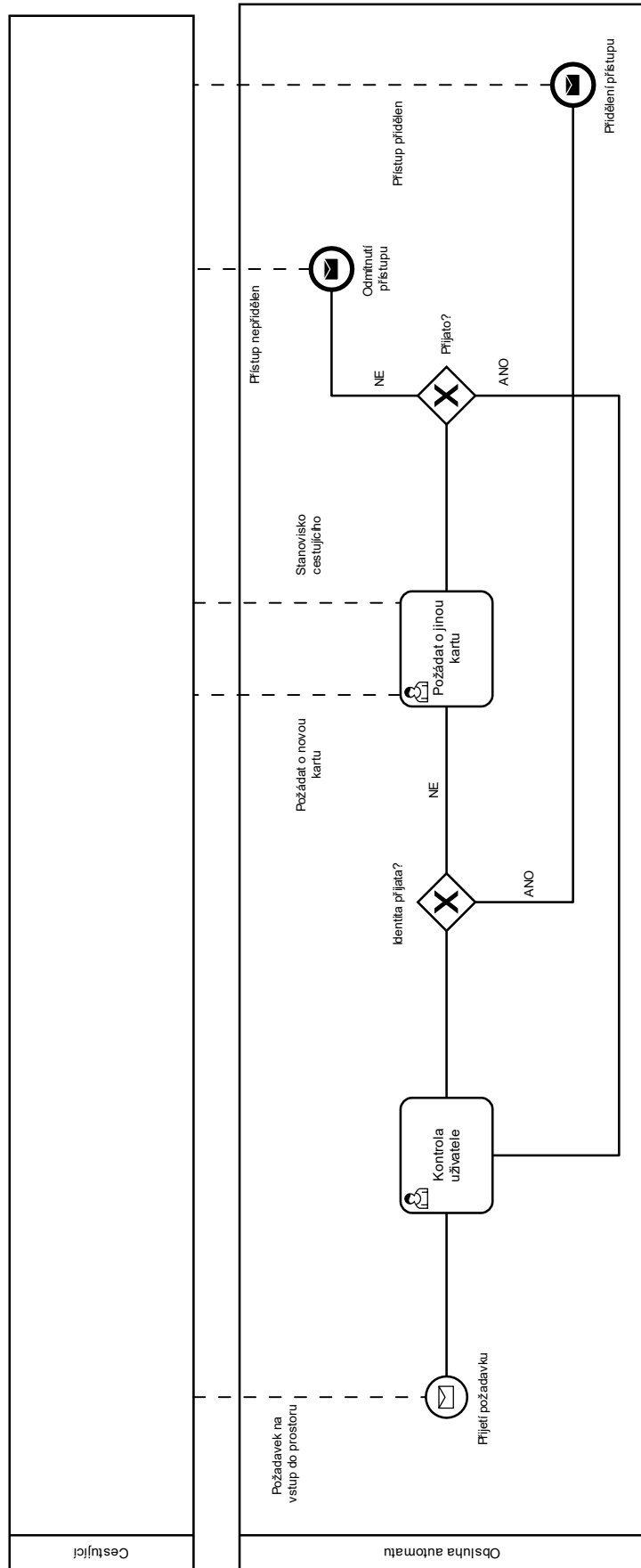
Vytvořené vzorové procesní modely v notaci BPMN pro účely ověření navržených měř kvality.



Příloha 1 – Vytvořený BPMN model procesu „přístup zákazníků do prostoru letiště“



Příloha 2 - Vytvořený BPMN model procesu "registrace do zákaznické sekce"



Příloha 3 - Vytvořený BPMN model procesu "přístup do zákaznické sekce"