



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - СОФИЯ
ФАКУЛТЕТ ЗА ГЕРМАНСКО ИНЖЕНЕРНО ОБУЧЕНИЕ
И ПРОМИШЛЕН МЕНИДЖМЪНТ
(ФаГИОПМ)



Докторантско училище

маг. ик. Флориан Шпрее

**РАЗРАБОТВАНЕ НА МЕТОДОЛОГИЯ ЗА КЛАСИРАНЕ НА
ХАРАКТЕРИСТИКИ НА МОДЕЛ НА БИЗНЕС ПРОЦЕСИ ПРИ
ПРОГНОСТИЧЕН ПРОЦЕСЕН МОНИТОРИНГ**

**DEVELOPING A METHODOLOGY FOR RANKING BUSINESS
PROCESS MODEL CHARACTERISTICS IN THE CONTEXT OF
PREDICTIVE PROCESS MONITORING**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен

"ДОКТОР"

Област: 3. Социални стопански и правни науки

Професионално направление 3.7 Администрация и управление

Научна специалност: Икономика и управление

НАУЧНИ РЪКОВОДИТЕЛИ:

проф. д-р КЛЕМЕНС ВАЛДХЪОР

доц. д-р МИЛЕНА ЙОРДАНОВА КРУМОВА

София, 2022

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Разширен съвет на Докторантско училище към Факултета за германско инженерно обучение и индустриален мениджмънт на Технически университет - София, на редовно заседание, проведено на 30.06.2022 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на **27.10.2022 г. от 15:00 ч. в Конферентната зала на БИЦ** на Технически университет - София на открито заседание на научното жури, определено със заповед № ОЖ-3.7-10 / 08.07.2022 г. на Ректора на ТУ-София в състав:

Вътрешни за ТУ-София

1. проф. д.ик.н. Кирил Петров Ангелов - председател на научното жури
2. доц. д-р Ирина Руменова Георгиева - научен секретар
3. доц. д-р Наталия Колева - резерва

Външни за ТУ-София

4. проф. д-р Цветана Александрова Стоянова - УНСС
5. доц. д-р Петко Русков Русков – Софийски университет „Св. Климент Охридски“
6. доц. д-р Георги Чанков Георгиев – УНСС
7. доц. д-р Цветелина Александрова Ганкова - ТУ-Габрово, резерва

Рецензенти:

1. проф. д.ик.н. Кирил Петров Ангелов
2. доц. д-р Петко Русков Русков – Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Материалите по защитата са на разположение на интересующите се в канцеларията на ФаГИОПМ на ТУ-София, блок № 10, кабинет № 10213.

Дисертантът е зачислен в докторантура на самостоятелна подготовка в Докторантското училище при ФаГИОПМ със Заповед на Ректора № 79 от 13.01.2021 г. и отчислен с право на защита. Изследванията по дисертационния труд са направени от автора.

Автор: маг.ик. Флориан Шпрее

Професионално направление: 3.7 Администрация и управление

Научна специалност: Икономика и управление

Катедра: Докторантско училище при ФаГИОПМ

Тема на дисертационния труд: „Разработване на методология за класиране на характеристики на модел на бизнес процеси при прогностичен процесен мониторинг“

Научни ръководители: проф. д-р Клеменс Валдхьор и доц. д-р Милена Йорданова Крумова

Тираж: 30 броя

Отпечатано в ИПК на Технически университет - София

София, 2022

I. Общо представяне на дисертационния труд

В тази част се разяснява общото представяне на дисертационния труд. В Раздел 1 се прави кратко резюме на съдържанието. Раздел 2 запознава с приложимостта на изследването, като представя тезата, хипотезата и изследователския подход. Следва представяне на научната новост в раздел 3. В раздел 4 са обяснени практическите приложения, като се прави разлика между академичните среди и индустрията. В раздел 5 са определени областите на приложение. Накрая, в раздел 6 са описани оригиналните научни публикации, а в раздел 7 е посочена структурата на дисертацията.

1. Резюме

Дисертационният труд „Разработване на методология за класиране на характеристики на модел на бизнес процеси при прогностичен процесен мониторинг“, написан от Флориан Шпрее, се фокусира върху областта на управление на бизнес процеси. Трудът представя как метричните показатели на модел на бизнес процес могат да се използват като предиктор за резултатите от прогнозирането в контекста на прогностичен процесен мониторинг. Освен това, отделните метрични показатели и категории метрични показатели се класират въз основа на тяхното въздействие върху прогнозните резултати. Накрая, резултатите са достъпни за обществеността под формата на софтуер (софтуерен инкремент¹), като резултат от научния метод на проектиране, на уебсайта www.processevaluation.de.

По отношение на съдържанието, дисертационният труд се фокусира върху основната тема за управлението на бизнес процеси². Управлението на бизнес процеси обаче се определя като набор от управленски дейности, свързани с бизнес процеси, които са организирани в жизнен цикъл с цел подобряване на оперативните цели на организацията. За целите на този дисертационен труд управлението на бизнес процеси включва моделиране на бизнес процеси, метрични показатели на модел на бизнес процеси и прогностичен процесен мониторинг.

Моделирането на бизнес процеси съдържа техники за моделиране и разяснява как да се моделира модел на бизнес процес. Метричните показатели на модела на един бизнес процес определят количествено структурите на модела на бизнес процеса чрез измерване на различни гледни точки. Разработена е категоризация, за да се измерят различните гледни точки. Рамката на прогностичния процесен мониторинг е част от мониторинга на бизнес процеса, присъщ на целия цикъл на управление на бизнес процеса. Освен това, прогностичният процесен мониторинг е нова възможност за подобряване на технологичните показатели на процеса, която има за цел да предскаже бъдещето на количествено измерими стойности по време на изпълнение на текущ бизнес процес.

2. Актуалност

По-долу са представени тезата, хипотезата и изследователския подход.

¹ Инкрементът представлява последната стабилна и работеща версия на продукт.

² Понятието „Управление на бизнес процес“ е приложимо за един или повече бизнес процеси.

2.1. Теза

Основната цел на дружествата и организациите е да генерират стойност за своите клиенти и заинтересовани страни чрез бизнес процеси. Бизнес процесите са набор от събития, дейности и решения, изпълнявани от човешки или технически ресурси, които водят до физически или цифров резултат, който добавя стойност за включените в тях участници. Дисциплината управление на бизнес процеси проследява бизнес процесите. Няколко академични проблема обаче остават нерешени. Често срещан проблем при управлението на бизнес процеси е липсата на изследвания относно това какво се счита за добър модел на бизнес процес. Малкото приноси в тази област разкриват недостатъчно разбиране в зависимост от контекста. Разработчиците на модели и анализаторите често имат малък опит и не са наясно с всички последици от спецификациите при проектирането на модели на бизнес процеси. Следователно, моделите на бизнес процеси могат да имат значителни недостатъци в определен контекст. Например, няма ясно разбиране за използването на модели на бизнес процес като критерий за сравнение при прогностичния процесен мониторинг. Поради високата степен на сложност на рамката за прогностичен процесен мониторинг, емпиричната оценка използва различни настройки и показатели. По-специално, използват се други входни данни, техники за прогнозиране, области и резултати от прогнозирането. Следователно, не се прави изчерпателно съпоставяне при представянето на резултатите. В резултат на това в тезата на тази дисертация се твърди, че структурата на моделите на даден бизнес процес може да играе съществена роля в контекста на прогностичния процесен мониторинг.

2.2. Хипотеза

Използвайки за основа тезата, тази част представя накратко това, което дисертационният труд възнамерява да открие и какви цели да постигне. Целта на дисертационния труд е насочена към изследване на това, как моделите на даден бизнес процес и техните структурни характеристики оказват влияние върху експерименталните настройки на прогностичния процесен мониторинг. По-конкретно, дисертационният труд търси отговор на следните научноизследователски въпроси:

1. **Научноизследователски въпрос:** Допринася ли структурата на модела на бизнес процеса за научните изследвания в областта на прогностичния процесен мониторинг?
2. **Научноизследователски въпрос:** Как да се идентифицират и класират метричните показатели на модела на бизнес процеса в контекста на резултатите от прогнозата?
3. **Научноизследователски въпрос:** Как да се включат метрични показатели на модел на бизнес процес в софтуерен артефакт?

Значението на това изследване се подчертава и от необходимостта резултатите да се сравняват по надежден начин, тъй като прогностичният процесен мониторинг е обект на нарастващ интерес. Резултатите могат да се използват за подпомагане на изследователи и специалисти от практиката при вземането на решения, базирани на данни, като се осигурява по-добра сравнимост и в крайна сметка се получават по-точни резултати от изследванията. Въз основа на научноизследователските въпроси, дисертационният труд има пет приноса към научните изследвания в областта на **прогностичния процесен мониторинг**, които са описани по-долу.

Принос 1: *Определено е значението на характеристиките на модел на бизнес процес в областта на прогностичния процесен мониторинг.* Извършен е анализ, за да се внесе разбиране и актуалност на приложението. Проучването се базира на преглед на литературата и включва множество литературни източници, сред които 108 статии. Освен това е проведен по-задълбочен анализ свързан с темата.

Принос 2: *Прецизирани са и са описани метрични показатели на модели на бизнес процес.* Обяснени са всички идентифицирани метрични показатели в стандартизиран вид, който осигурява първоначална информация, за да се гарантира възможно най-добра сравнимост и разбиране.

Принос 3: *Категоризирани са метрични показатели на модел на бизнес процес в контекста на прогностичния процесен мониторинг.* Разработена е категоризация на идентифицираните метрични показатели на модел на бизнес процес в контекста на прогностичния процесен мониторинг по отношение на неговото измерване.

Принос 4: *Класирани са метрични показатели на модел на бизнес процес в контекста на прогностичния процесен мониторинг.* В дисертационния труд се прави класиране на метричните показатели на модел на бизнес процес в контекста на резултатите от прогнозата. За тази цел се прилага качествен подход на изследване.

Принос 5: *Създаден е прототип на уеб базиран софтуер за класиране на метрични показатели за прогностичен процесен мониторинг.* Прототипът с набор от метрични показатели е проектиран и разработен при спазване на методологията на науката за проектиране.

2.3. Изследователски подход

Тази част представя подробна информация за това как авторът възнамерява да отговори на изследователските въпроси. В съответствие с дефинираните научноизследователски въпроси, подходът се проверява с помощта на качествен подход на изследване и създаване на артефакт, при спазване на методологията на науката за проектиране. От една страна, в този дисертационен труд, качественият метод доказва необходимостта от измерване на характеристиките на модела на бизнес процес чрез провеждане на преглед на литературата и от друга страна, идентифицира оказващите влияние метрични показатели в контекста на прогностичен процесен мониторинг в експериментален подход. Резултатите са разработени и операционализирани в софтуер, който следва метода на науката за проектиране, тъй като описаните приноси обхващат аспекти на проектирането. Основният принос на изследователския подход на науката за проектиране е да се придобият знания и да се разбере дадена проблемна област чрез създаване на приложение на вече създаден артефакт. Освен това се прилагат седемте насоки за научни изследвания в областта на проектирането, за да се отговори на международните изследователски стандарти и за да се подобрят знанията в няколко посоки:

Проектирането като артефакт. Изследването на информационни системи има за цел да създаде надеждни артефакти като конструкция, модел или метод, отговарящи на потребностите на бизнеса. В този дисертационен труд резултатът от проекта е балансиран модел, проектиран и разработен като софтуерен прототип за доказване на осъществимостта и за оценяване на характеристиките на модел на бизнес процес.

Актуалност на проблема. Целта е да се предложи нов подход за решаване на съществуващ проблем. Изследването е от значение, защото специалисти от практиката и представители на академичните среди могат да се възползват от подхода на решението, за свои потребности. Освен това общият подход може да се използва и в други насоки на развитие на научните изследвания.

Оценка на проектирането. Създаденият артефакт се оценява прецизно, за да се измери неговата полза. Първо, прототипът се тества с множество модели на бизнес процес, за да се гарантира приложимостта му. Второ, прототипът се използва за оценка, за да се установи неговата употреба.

Изследователски принос. За да не се счита за рутинен един проект, изследването трябва да даде нов, значителен и общ принос към базата от знания.

Строгост на изследването. Прилага се строг подход чрез използване на утвърдена научна база и методи за оценка. Този подход е гарантиран от предварително проведено проучване на литературата и преглед на подходите в съответните съвременни области.

Проектирането като процес на проучване. Придобитите знания се използват в артефакт, докато се удовлетворяват закони в проблемната среда. Освен това методологията на науката за проектиране гарантира изготвянето на стриктна и пълна документация.

Разпространение на резултатите от изследването. Резултатите от изследването трябва да бъдат споделени с научната общност и специалистите от практиката. Резултатите от изследването са публикувани в научни статии на международни конференции, семинари и в списания. Приносът е документиран в списък с оригинални публикации.

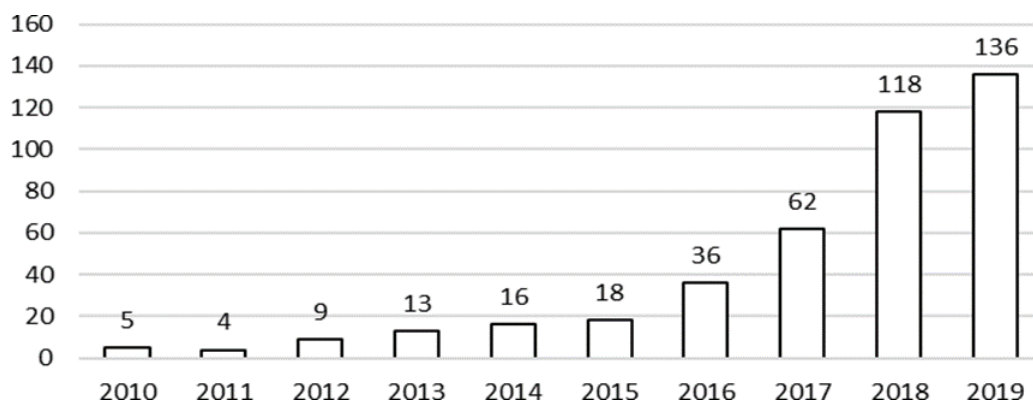
3. Научна новост

През последните години бизнес анализаторите, учените, които специализират в областта на данните, и изследователите често поставят под съмнение дали и до каква степен моделите на даден бизнес процес оказват влияние върху резултата от прогнозата. Въз основа на резултатите от изследването почти всички заинтересовани страни споделят общата цел за създаване на прогнози, без да знаят как структурата на моделите на бизнес процеса оказва влияние върху резултата от прогнозата. Макар че наскоро са публикувани статии, които имат за цел да подобрят моделите за прогнозиране, те не предлагат, нито описват кои характеристики на моделите на бизнес процеса имат по-значително въздействие и могат да намалят точността на техните прогнози. Всъщност съществуващите предложения негласно допускат, че изследователят може да вземе решение за най-подходящите процеси или модели за прогнозиране на сценарии на развитие. Основният проблем е, че изглежда е налице слаба осведоменост за свързаните изследвания, може би защото моделите на бизнес процеси и тяхното измерване се извършват в отделни дисциплини, като управление на софтуерни процеси, мрежови анализ, теория за мрежи на Петри и концептуално моделиране.

Проведено е литературно проучване, за да се анализира и дискутира осведомеността за моделите на бизнес процеса в експериментални настройки на прогностичен процесен мониторинг, за да се преодолеят различията и за да се генерират нови научни познания. Целта е да се определи дали моделите на бизнес процеса са от решаващо значение по време на научното изследване и как метричните показатели могат да допринесат за

научните изследвания. При проучването са определени три перспективи, при които моделите на бизнес процеса могат да окажат влияние върху експерименталната настройка. Първо, моделите на бизнес процеса могат да се използват като входни данни, второ като критерий за сравнение и накрая като фактор, оказващ въздействие върху резултата от прогнозата. Освен това анализът установи, че документирането на характеристиките на модела на бизнес процеса се различава в зависимост от вида на използваните метрични показатели и че липсва обща характеристика.

Освен това областта на изследване на прогностичния процесен мониторинг е нова. Следващата фигура показва как са разпределени научните изследвания в областта на прогностичния процесен мониторинг от 2010 г. до 2019 г. Може да се отбележи, че броят на публикациите непрекъснато нараства, особено след 2016 г.



Фигура 1. Брой публикувани статии в областта на изследване на прогностичния процесен мониторинг от 2010 г. до 2019 г.

В резултат на това се публикуват все повече проучвания за прогнозите. В заключение може да се отбележи, че научната новост е, че този дисертационен труд използва метрични показатели за количествено определяне на структурата на модела на бизнес процеса, за да осигури отправна точка за бъдещи изследвания в областта на прогностичния процесен мониторинг. Подходът е изцяло нов. Освен това, оценяването на модели на бизнес процеса, извършено с помощта на метрични показатели, е публично достъпно за всеки, софтуер с името PREVA. Разработеният софтуер е достъпен на www.processevaluation.de. Той е научна новост в софтуерната област на управление на бизнес процеси. За да се реализират научните новости, метричните показатели първо се идентифицират и категоризират в глава 4, за да бъдат след това класирани в глава 5. Накрая, разработването на софтуер е документирано в глава 6.

4. Практическо приложение

За целите на практическо приложение са идентифицирани две основни области. Първо, метричните показатели на модел на бизнес процес се представени по стандартизиран начин. Второ, софтуерът е разработен за свободно използване и е направено предложение за вграждането му в рамка за прогностичен процесен мониторинг.

Първо, всички метрични показатели са идентифицирани, категоризирани и представени в стандартизиран формат. Мотивацията е, че стандартизацията като инструмент помага за разпространението на знания в световен мащаб и гарантира повишаването на знанията сред специалисти от практиката и изследователи.

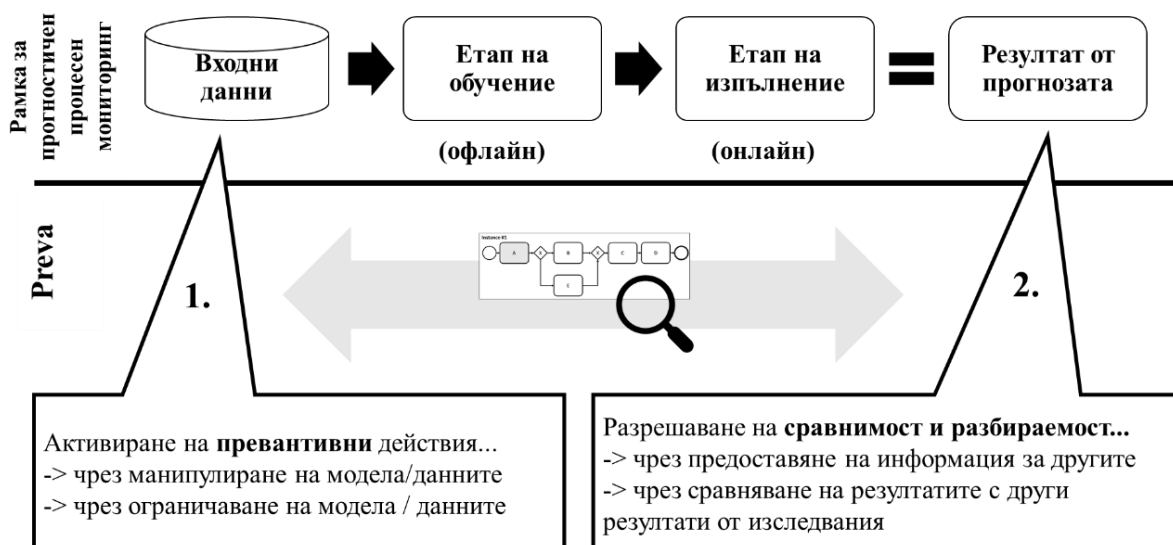
За тази цел всеки метричен показател включва следната информация:

- **Име:** Име на метричния показател
- **Определение:** Кратко описание на метричния показател
- **Формула:** Математическото описание на метричния показател
- **Дискусия:** Ограниченията и предположенията в контекста на сложността
- **Пример:** Визуализиран пример, за да се покаже идеята за метричния показател и неговия резултат
- **Препратка(и):** Свързани са първични и вторични изследвания
- **Категория:** Категоризацията
- **Класиране:** Класирането е базирано на резултатите от глава 5.

Крайните резултати, включително стандартизираната документация за всеки метричен показател, са представени в глава 4.

Второ, софтуерът е свободно достъпен и е направено предложение как той да бъде вграден в рамка за прогностичен процесен мониторинг. Разработен е прототип на набор от метрични показатели на модел на бизнес процес, а именно PREVA (акроним на „**PR**ocess **EVA**luation“), за да се докаже практическото приложение на изследването, проведено в този дисертационен труд. Концепцията на PREVA е да оцени сложността на модела на бизнес процеса въз основа на езика за моделиране BPMN 2.0. Накратко, моделите на бизнес процеса се оценяват чрез събираните данни за показателите, представени в Глава 4. Всеки може да използва софтуера PREVA от уебсайта www.processevaluation.de.

Освен това се предлагат два обещаващи подхода за използване на PREVA в рамката за прогностичния процесен мониторинг. Изследователи и специалисти от практиката могат да използват предложените подходи. Първо, PREVA може да помогне за предотвратяване на нежелан резултат, преди прогнозата да е напреднала. Второ, PREVA може да помогне да се осигури сравнимост и разбираемост за други изследователи след прогнозата. Фигура 2 показва, че и двете предложения са свързани с различни стъпки в рамката за прогностичния процесен мониторинг.



Фигура 2. Вграждане на PREVA в рамката за прогностичен процесен мониторинг

Първият подход има за цел да предотврати нежелани резултати чрез оценка и класиране на сложността на модела на бизнес процеса преди резултата от прогнозата. Идеята на предложението е да се даде възможност на специалистите от практиката и изследователите да се намесят по съответния начин въз основа на резултатите, предоставени от PREVA преди етапа на обучение. От една страна, възможна контрамярка е манипулирането на модела на бизнес процеса чрез премахване/добавяне на графични елементи. От друга страна, друго превантивно действие е ограничаване на сложността на модела на бизнес процеса чрез намаляване на съответния път. В сравнение с първия подход, идеята на втория подход е да се даде възможност за съпоставимост и разбираемост след резултата от прогнозата. PREVA позволява на специалистите от практиката и изследователите да използват сложността на модела на бизнес процеса като критерий за сравнение по един интуитивен и стандартизиран начин. Например резултатът може да бъде експортиран и приложен за научно-изследователски дейности. Тази функция гарантира дългосрочна поддръжка и възможност за сравняване на различни резултати от изследвания с помощта на критерий за сравнение, базиран на сложността на модела на бизнес процеса.

5. Апробиране – къде ще могат/могат да бъдат приложени резултатите от работата

Резултатите могат да бъдат приложени в практиката и в академичните среди.

На практика резултатите могат да се използват за различни сценарии в контекста на прогностичния процесен мониторинг и в различни сектори на индустрията. Въз основа на направения преглед на литературата, целите на прогностичния процесен мониторинг са да се предвиди времето, следващото събитие или разходите. Може да се генерира добавена стойност за съответните проблеми в зависимост от сценария, както е показано на Фигура 2, с помощта на PREVA. Възможните сценарии за използване на PREVA от индустрията, не се ограничават до примерите на сценарии на използване показани в дисертационния труд, фокусирани върху прогнозата. По-скоро сценариите могат да бъдат разширени. Например, метричните показатели на модела на бизнес процеса могат също да откриват грешки в моделите на бизнес процеса или да определят разбираемостта. PREVA предлага оптимална отправна точка за осигуряване на инструмент за индустрията, който поддържа анализ, основан на фактите. Идентифицираните сектори са публичен сектор, логистика, кредитиране, процес на рецензиране, автомобилна индустрия, болнични грижи, производство, банкиране, финанси и управление на инциденти.

По отношение на академичните среди се прилагат предложенията, представени в практическите приложения. Научната общност може да се възползва от идентифицираните, въведени и стандартизирани метрични показатели, които могат да се използват за изследване на различни сценарии. Сценариите могат да се различават по същия начин, както бе посочено за индустрията, например чрез прогнозиране на времето, следващото събитие, разходите или рисковете. Освен това, предложената категоризация на метричните показатели може да помогне да се направят по-конкретни заключения. Четирите категоризации помагат на изследователите да правят предложения или да обсъждат по-прецизно потенциални предположения. За да се направи това, PREVA предоставя функция за експортиране, която позволява на изследователите да прикачат

оценки на моделите на бизнес процес към своя научна работа. Този критерий за сравнение ще даде възможност за дългосрочен анализ и подобряване на структурата на моделите на бизнес процеса въз основа на проверени и технически познания, които могат да се възпроизведат.

6. Списък на публикациите

По време на това изследване са разработени и публикувани три публикации. Списъкът със съществени приноси по-долу е разделен на раздели.

Публикации в обхвата на дисертационния труд

- I. Florian Spree, "Business Process Models in the Context of Predictive process monitoring", RITA - Special Issue on Business Process Management, 2021
- II. Florian Spree, "A concept to develop and operationalize a ranking of business process model metrics in the context of predictive process monitoring", FDIBA - Fakultät für deutsche Ingenieur- und Betriebswirtschaftsausbildung, 2021

Публикации извън обхвата на дисертационния труд

- III Florian Spree, "Predictive process monitoring: A Use-Case-Driven Literature Review," EMISA Forum, vol. 40, 2020

7. Структура на дисертационния труд

Дисертационният труд е написан на английски език и съдържа седем глави и три приложения, той включва 128 страници и 180 източника. Библиографията е категоризирана в публикации, монографии и интернет ресурси. Освен това са използвани 60 фигури, три сценария и 25 таблици. По-долу е представена накратко структурата на дисертационния труд:

С първия раздел на Глава 1 се въвежда тезата. След това, в Раздел 1.2 се представя хипотезата. В Раздел 1.3 се изследва състоянието на изследванията по проблема. След това, в Раздел 1.4 се описва изследователският подход, а Раздел 1.5 завършва с определяне на тезата.

В глава 2 се представят предишни знания, съответните концепции и принципи от управлението на бизнес процеси и моделирането на бизнес процеси.

В раздел 2.1.1 се дефинира бизнес процеса чрез даване на подробен пример, базиран на процес от поръчка до плащане. В раздел 2.1.2 се разяснява историческия контекст на управлението на бизнес процесите чрез представяне на значимо изследване от миналото. В раздел 2.1.3 се представят системите за управление на работните процеси и как те са били внедрени в днешните предприятия. Накрая, с раздел 2.1.4 се въвежда управлението на бизнес процеси чрез препратка към различни гледни точки, базирани на целия цикъл на управление на бизнес процеси.

В раздел 2.2.1 се разглежда моделирането на бизнес процеси като понятие и неговите основни части. В раздел 2.2.2 се представят различни техники за моделиране и техните области на приложение. В раздел 2.2.3 се подчертава необходимостта от нотация за моделиране на бизнес процеси (BPMN), версия 2.0, и как тя се е утвърдила в днешните организации. В резултат на това, с раздел 2.2.4 се въвеждат основните елементи за моделиране на BPMN 2.0, за да се осигури по-добро разбиране при въвеждането на

метрични показатели на модела на бизнес процеса в по-късните етапи на този дисертационен труд.

В глава 3 се представя съвременното състояние на прогностичния процесен мониторинг. Разясняват се неговата рамка и компоненти. В раздел 3.1 се представя мониторингът на бизнес процеси, като част от целия цикъл на управлението на бизнес процеси. Освен това, в раздел 3.2 се представя рамката за прогностичен процесен мониторинг като поддисциплина на мониторинга на бизнес процеси. В Раздел 3.3 се разглежда областта на знанието за интелигентен анализ на процесите (Process mining). Накрая, в раздел 3.4 се прави обобщение на главата и се дава отговор на научноизследователски въпрос 1 за това как структурата на модела на бизнес процеса допринася за изследванията в областта на прогностичния процесен мониторинг.

В глава 4 се идентифицират, категоризират и обясняват съответните метрични показатели на модела на бизнес процес по стандартизиран начин. Освен това се представя анализ относно прогностичния процесен мониторинг във връзка с резултата от прогнозата в контекста на сложността. Основната мотивация за използването на този подход е да се осигури стабилна теоретична основа за глави 5 и 6.

Като част от научноизследователски въпрос 2, как да се идентифицират и класират метричните показатели на модела на бизнес процеса в контекста на резултата от прогнозата, тази глава се опитва да отговори на въпроса как да се идентифицират съответните метрични показатели на модела на бизнес процеса. Първо, в раздел 4.1 се обсъждат теоретичните основи за сложността на модела на бизнес процеса. В раздел 4.2 се продължава с теорията, като се представя концепцията за метрични показатели, свързани с теоретичната и емпиричната валидност. След това, в раздел 4.3 се обсъжда приликата между метричните показатели при модел на процес в софтуерното инженерство и при модел на бизнес процес. С раздел 4.4 се въвежда стандартизирана дефиниция на съответни метрични показатели на модел на бизнес процес и се прави анализ в контекста на прогностичния процесен мониторинг. В заключение, в последния раздел се обобщава главата.

В глава 5 изчерпателно се оценяват идентифицираните метрични показатели, въведени в глава 4, спрямо резултатите от прогнозата, като се използват различни експериментални настройки, съобразени с процеса. Фокусът е да се идентифицират оказващи влияние метрични показатели в контекста на резултатите от прогнозата чрез прилагане на качествен изследователски подход.

Освен това, с тази глава се въвежда експерименталната настройка, за да се подкрепи или опровергае научноизследователски въпрос 2. След идентифициране на съответните метрични показатели в глава 4, се дава отговор на втората част от научноизследователски въпрос 2 чрез класиране на характеристиките на моделите на бизнес процеса в контекста на резултатите от прогнозата. Освен това целта на главата е да представи информация относно причината и следствието. Първо, в раздел 5.1 се прави общ преглед на процедурата за количествено изследване и нейните компоненти, приложени в експерименталната настройка. В раздел 5.2 се документира процедурата за оценка и резултатите от нея. След това в раздел 5.3 се обсъждат заплахите за валидността на проведеното проучване. И накрая, в раздел 5.4 се обобщава главата.

В глава 6 е представен прототип на набор от метрични показатели на модел на бизнес процес, а именно PREVA. В същото време уеб базираният инструмент обобщава приноса на този дисертационен труд за научните изследвания и илюстрира конкретен практически резултат чрез създаване на приложение на създаден артефакт. По-специално, в тази глава се дава отговор на научноизследователски въпрос 3 за това как да се включат метрични показатели на модел на бизнес процес в софтуерен артефакт, като се прилага метода на науката за проектиране. С раздел 6.1 се въвежда софтуерната концепция на PREVA, а с раздел 6.2 се дава информация за това как да се внедри софтуера в рамката за прогностичен процесен мониторинг. В раздел 6.3 се описва техническата архитектура и четирите основни компонента. В раздел 6.4 се описва как изготвеното решение е било проверено и валидирано. И накрая, в раздел 6.5 се обобщава главата.

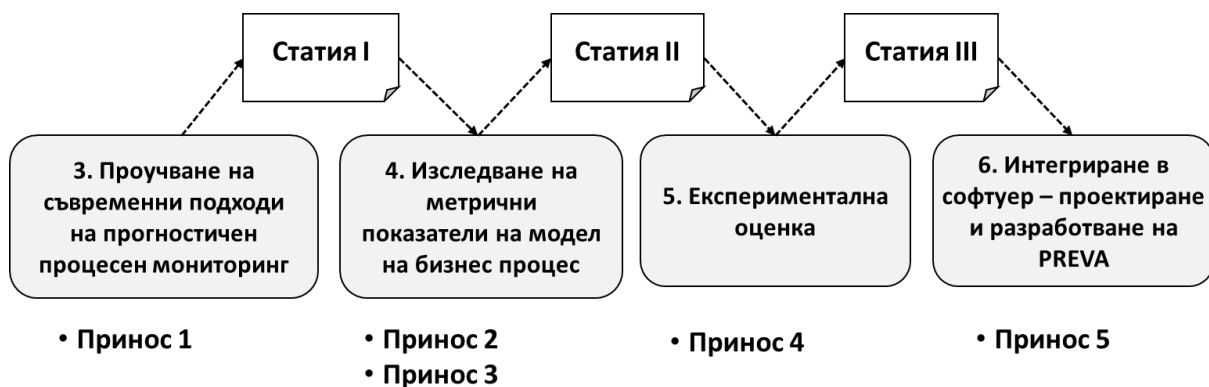
В глава 7 се завършва дисертационният труд, като се обобщават приносите и се обсъждат възможностите за бъдеща работа. По-специално се обсъждат резултатите от класирането и приноса на софтуера PREVA в контекста на прогностичен процесен мониторинг.

II. Съдържание на труда

В тази част се представя по-подробно съдържанието на труда, подредено по глави.

Глава 1 – Мотивация

В първа глава се въвежда областта на управление на бизнес процеси. Управлението на бизнес процеси е обект на нарастващ интерес в науката и индустрията. Международни конференции, семинари и известни учебници за висши учебни заведения потвърждават значението му. Освен това, проведено проучване показва, че световният пазар се очаква да нарасне от 8,766 милиона щатски долара през 2020 г. до 14,440 милиона щатски долара до 2025 г. Често срещан проблем обаче при управлението на бизнес процеси е липсата на изследвания относно това какво се счита за добър модел на бизнес процес. Особено при прогностичния процесен мониторинг не съществува ясно разбиране за измерването и използването на модели на бизнес процес. Въз основа на тези обстоятелства са очертани кратко и ясно целите, които да бъдат постигнати, като се използват три научноизследователски въпроса и пет академични приноса. Следващата фигура, Фигура 3 илюстрира връзката между трите публикувани публикации, глави и приноси.



Фигура 3. Връзка между приносите, главите и публикациите

Глава 2 – Развитие на управлението на бизнес процеси

В глава 2 изчерпателно се представя развитието на управлението на бизнес процеси. Първо се обяснява терминът управление на бизнес процеси, за да се обсъди след това терминът моделиране на бизнес процеси.

- Управление на бизнес процеси

В първия раздел бизнес процеса се дефинира като процес, ръководен от бизнес целите на дружеството, за създаване на стойност. Даден е подробен пример, базиран на процес от поръчка до плащане. След това се обяснява историята на управлението на бизнес процеси и неговите концепции, като се започва от Втората индустриална революция в началото на 1890-те до реинженеринг на бизнес процеси в края на 1990-те. След концепциите е представен процесът на разработване на процесно-базирани информационни системи и различни класификации на днешните системи за управление на работни процеси. Класификациите зависят от широкия набор от функции и могат да бъдат разделени на инструменти за бизнес моделиране, системи за управление на работни потоци и пакети за управление на бизнес процеси.

След основните термини, управлението на бизнес процеси се определя като набор от различни управленски дисциплини, подредени в шест управленски дейности и в един жизнен цикъл. Например цялостното управление на качеството, управлението на операциите, Lean мениджмънта и Six Sigma са различни управленски дисциплини. Целият цикъл се характеризира със своя итеративен характер, което означава, че може да се повтаря и не приключва след като приключи последната фаза. Шестте фази на целия цикъл на управлението на бизнес процеси са идентификация, откриване, анализ, препроектиране, внедряване и мониторинг.

- Моделиране на бизнес процеси

В първия раздел за моделиране на бизнес процеси, определението за моделиране се разделя на два компонента: техника за моделиране и инструмент за моделиране. Необходимо е да се изясни, че техниката за моделиране се състои от две взаимосвързани части: език за моделиране и метод за моделиране. Езикът за моделиране се разделя на нотация, синтаксис и семантика. Нотацията се определя като визуализация на даден модел с помощта на графични символи. Синтаксисът описва елементи и правила за управление на структурата на моделите. Семантиката засяга значението на връзките между елементите. Втората част от техниката за моделиране, методът за моделиране, се определя като спецификация, която използва и включва езика за моделиране. Накрая, инструментът за моделиране трябва да се вземе предвид в процеса на моделиране, заедно с техниката за моделиране. В продължение на контекста на моделирането са описани подробно стандартните техники за моделиране и различните приложения. Описаните техники за моделиране на бизнес процеси са BPMN 2.0, UML, YAWL, EPC и мрежите на Петри. Накрая се обяснява съответствието на езика за моделиране BPMN 2.0 в контекста на моделите на бизнес процеси. По отношение на нотацията са описани четири основни категории: поточни обекти (flow objects), свързващи обекти (connecting objects), плаващи пътеки (swim lanes) и артефакти (artifacts). След разясняване и ограничаване на символите се обясняват и правилата за свързване.

Глава 3 – Проучване на съвременни подходи на прогностичен процесен мониторинг

В глава 3 се представя съвременното състояние на прогностичния процесен мониторинг. В първата част се представят изчерпателно основните положения при мониторинга на бизнес процесите и връзката му с целия цикъл на управление на бизнес процесите. Традиционните подходи за процесен мониторинг могат да бъдат категоризирани на офлайн и онлайн такива. Тези техники обаче са реактивни, което означава, че проблемите с процеса се откриват само след като тези проблеми са възникнали. За разлика от тях, прогностичният процесен мониторинг - една нововъзникваща възможност, се справя с ограниченията на традиционните подходи за мониторинг чрез систематично използване на данни за процеса по време на изпълнението му и прогнозиране на бъдещето.

Има няколко разлики и характеристики, които трябва да се имат предвид в сравнение с други задачи за прогнозиране. Първо, техниките за прогностичен процесен мониторинг могат да бъдат разделени на два подхода: а) контролният поток, като входни данни, се разглежда изрично в модела за прогнозиране и б) модели за прогнозиране, при които контролният поток се разглежда имплицитно. Тъй като дисертационният труд се занимава с оценка на модела на бизнес процеса, фокусирането върху методите, съобразени с процеса, е по своята същност логично. На второ място, прогностичният процесен мониторинг предвижда резултатите онлайн (по време на изпълнение), а не офлайн. Онлайн прогнозиране означава, че прогнозата е направена в определено време за изпълнение и има само свой префикс. Префиксът е непълно работещо копие, съдържащо само поредицата от събития, които са налични в момента. Основата на всеки подход за прогностичен процесен мониторинг е да се изгради точна техника за прогнозиране, като се премине през два етапа.

Първият етап на рамката за прогностичен процесен мониторинг, етапа на обучение, представлява етап на обучение, при който моделите за прогнозиране се изграждат въз основа на исторически входни данни, базирани на приключени случаи. Не е необичайно след приключване на случаите да остане огромно количество съхранена информация. Данните се подготвят и разпределят за обучение относно метода за прогнозиране. За да се оценят резултатите от прогнозния модел, е необходимо да се вземе предвид вида на прогнозния модел и обекта на прогнозиране. Тази класификация е полезна, тъй като методите, използвани за създаване на модела, и показателите за тяхното оценяване обикновено зависят от тези характеристики.

По време на втория етап, етапът на изпълнение, трябва да се предскажат различни резултати, като се използват незавършени префикси. До днес са предложени много различни подходи за прогнозиране на различни резултати. Сред регресионните методи, съобразени с процеса, се въвеждат предложения, базирани на три машинни обучения, три аотирани преходни системи и пет статистически модела. Заедно с регресионните методи, съобразени с процеса, се въвеждат класификационните методи, които могат да бъдат разделени на две машинни обучения, две аотирани преходни системи и два статистически метода.

След въвеждане на експериментални настройки според вида на метода за прогнозиране, фокусът се поставя върху резултатите от прогнозирането. Резултатите от прогнозата

могат да бъдат класифицирани в три основни макроизмерения: Цифрова прогноза (прогнози, свързани с цифрови или непрекъснати мерки от интерес), категориална прогноза (прогнози, свързани с категорични или булеви резултати) и прогнозиране на последователност от дейности (прогнози, свързани с последователности от бъдещи дейности). Тази класификация е полезна, тъй като методите, използвани за създаване и оценка на прогнозния модел, зависят от тези измерения.

Дисертационният труд се фокусира върху методите за прогнозиране в областта на прогностичния процесен мониторинг, при които моделът на бизнес процеса, като входни данни, се разглежда експлицитно. Въпреки това, един модел на бизнес процес не е непременно показателен, когато се използват други софтуерни подходи, като SAP или Oracle. Дори ако тези системи предлагат функционалност на работния процес, изпълнените процеси трудно могат да бъдат идентифицирани и да съществуват през повечето време само в съзнанието на своите потребители. Поради това през последните десетилетия Интелигентния анализ на процесите (Process Mining) се открие като научноизследователска област, която се фокусира върху анализа на изпълнението на процесите. Регистрите на събитията (Event logs) са фактор от решаващо значение за Интелигентния анализ на процесите. Наличието на регистри за събития в различните системи доведе до нарастваща възможност за организациите да подобрят и идентифицират своите бизнес процеси основани на данни. Интелигентният анализ на процесите получава информация, събрана в регистрационните файлове, и извлича ценни данни за процеса, докато той протича в реално време.

В обобщение е представен изчерпателен списък от 17 проучвания в областта, разделени съобразно методите за прогнозиране. Освен това проучванията са описани според резултата от прогнозата. Въз основа на разработката на темата се дава отговор на научноизследователски въпрос 1 за това как структурата на модела на бизнес процеси допринася за изследванията в областта на прогностичния процесен мониторинг. Установяват се следните факти: Техниките за прогностичен процесен мониторинг могат да бъдат разделени на методи, съобразени с процеса, и методи, които не са съобразени с процеса. Освен това, моделите на бизнес процеса могат изрично да се считат за входни данни, заедно с други измерения, оказващи влияние върху резултата от прогнозата. От тези наблюдения се прави заключение, че моделите на бизнес процеса имат решаваща роля в контекста на рамката на прогностичен процесен мониторинг. Освен това се правят и опити модели на бизнес процеси да се използват като критерии за сравнение. Тези наблюдения и резултати допринасят за развитието на областта на знание, като предоставят възможност за нов и задълбочен анализ, за да се разбере по-добре дали моделите на бизнес процеса играят съществена роля в рамката на прогностичен процесен мониторинг.

Глава 4 – Изследване на метрични показатели на модел на бизнес процес

В тази глава се представят съвременни проучвания на метрични показатели на модел на бизнес процес. В първия раздел се дефинира сложността на модела на бизнес процеса по отношение на езика за моделиране на бизнес процеси. В следващия раздел се обяснява теорията на метричните единици и теоретичното и емпирично валидиране. След това се илюстрира сходството между софтуерното инженерство и метричните показатели на

модела на бизнес процеса с три примера. В последния раздел се дава частично отговор на научноизследователски въпрос 2, като се извършва преглед на литературата, за да идентифицират съответните метрични показатели на модела на бизнес процес.

Тъй като управлението на бизнес процеси обикновено се използва за внедряване и интегриране на модели на бизнес процеси, има нарастваща нужда от познания в тази област. В повечето случаи обаче липсват доказателства за това дали сложността на модела на бизнес процеса е определящ фактор, който оказва влияние. Липсата на доказателства е свързана с факта, че сложността на модела на бизнес процеса е сравнително нова изследователска област в управлението на бизнес процеси. Следователно, той предоставя само ограничено разбиране за тълкуването на обекти му. От логическа гледна точка моделите на бизнес процеси се фокусират върху сложността им. За целите на този дисертационен труд, сложността на моделите на бизнес процеси е свързана с езика за моделиране, който определя техническата структура и логиката на моделите на бизнес процеса. Въз основа на тази дефиниция, следващият раздел представя теорията за метричните показатели за целите на емпиричната оценка.

Има две опции за дефиниране на нови метрични показатели. От една страна, чрез изучаване на поведението на атрибути и обекти и, от друга страна, чрез приемане на съществуващи метрични показатели от свързани области. По същество теоретичното и емпирично валидиране се отнася до това дали заключенията, базирани на метрични показатели, са точни и дали показателят обхваща това, което е предназначен да измерва. Ако показателят не е валиден, е невъзможно да се направят обосновани заключения.

В третия раздел са обяснени асоциациите между софтуерна програма и модел на бизнес процес, като се изхожда от факта, че софтуерната програма представлява графика на потока. Представят се три усъвършенствани метрични показателя за софтуерно инженерство. Те се сравняват с контекста на модела на бизнес процеса: Ред от код (Line-of-Code), Цикломатична сложност на МакКейб и метрика на сложността на Халстед.

Например метричният показател Ред от код е един от най-ранните и най-основни мерки на софтуер. Той просто отчита броя на редовете от кодове. Софтуерният метричен показател се трансформира в три метрични показателя на модела на бизнес процеса: брой на дейностите, брой на дейностите и елементите на контролния поток и брой на дейностите, разделянията и обединяванията. В заключение, може да се отбележи, че всички примери показват съществено сходство между програмите и моделите на бизнес процеса.

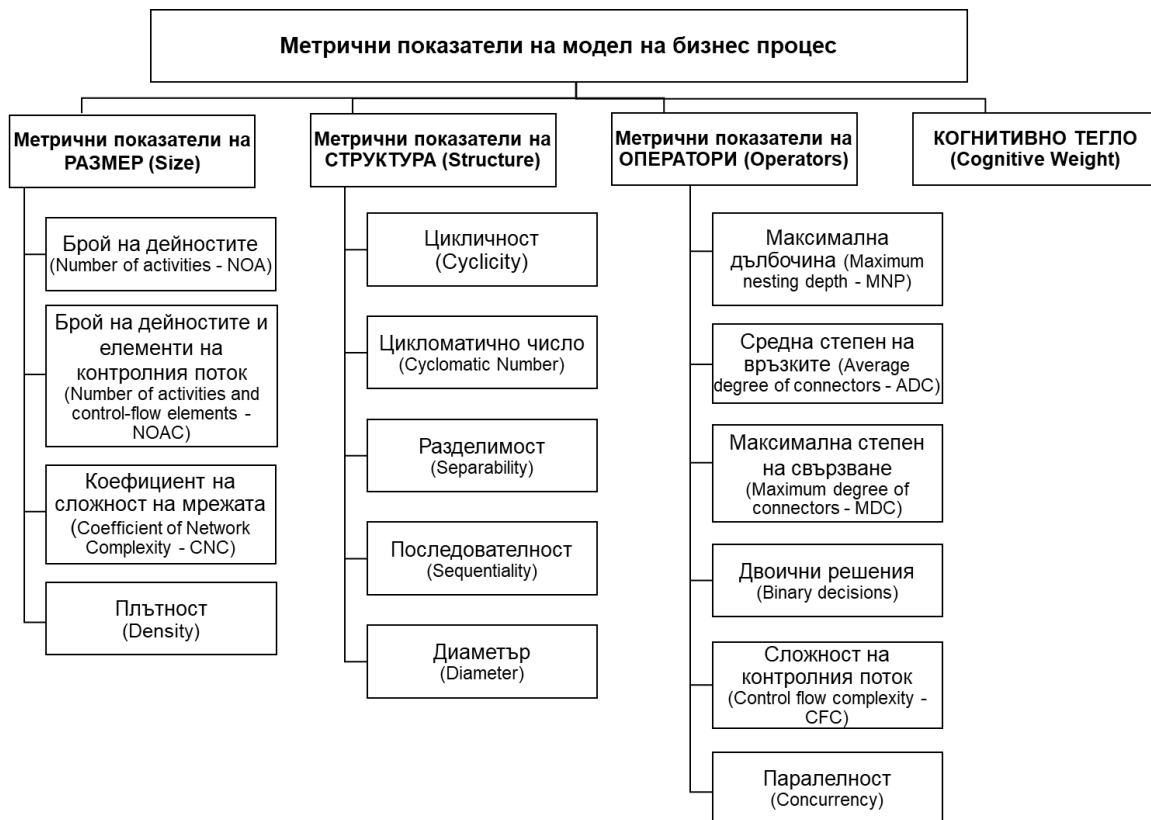
С последния раздел се въвежда стандартизирана дефиниция на съответните метрични показатели на модела на бизнес процеса по категории. Мотивацията е, че стандартизацията като инструмент помага за разпространението на знания в световен мащаб и гарантира увеличаването на знанията сред специалистите от практиката и изследователите. Първо се прави широк преглед на литературата. Второ, съответните метрични показатели на модела на бизнес процеса се идентифицират чрез прилагане на критерии за резултатите от прегледа на литературата. След това съответните метрични показатели се категоризират, за да даде стандартизирана дефиниция, сортирана по категория.

Отправната точка е съществуващ систематичен преглед на литературата от 2020 г., който води до създаване на 9 уникални публикации в областта на метричните показатели на модели на бизнес процес. Освен това, допълнително са добавени известни публикации в

областта на метричните показатели на модела на бизнес процес. По време на процеса на преглед на литературните източници към публикациите се считат за потенциално подходяща литература. В резултат на това прегледът на литературата идентифицира 28 публикации, свързани с метрични показатели на модела на бизнес процес. След това идентифицираните публикации се разделят на първични и вторични проучвания. Широкият преглед на литературата и публикациите доведоха до определяне на 19 първични и девет вторични проучвания. След прилагане на критериите се идентифицират 16 съответстващи метрични показатели на модела на бизнес процес.

Тъй като сложността на модела на даден бизнес процес не може да бъде определена от един метричен показател, категоризирането на метричните показатели на модела на бизнес процеса въз основа на общи прилики води към подходящо измерване и разбираемо представяне. В резултат на това са представени четири категории. Първата категория, *Размер*, включва всички метрични показатели, които се отнасят до физическия размер, т.е. колко голям е моделът на бизнес процеса. Тъй като Размерът сам по себе си няма значение, категорията *Структура* се въвежда като общ термин, който се отнася до всяка метрична единица, която се фокусира върху подреждането на графичните елементи един спрямо друг. Третата категория, *Оператор*, се отнася до общ термин за всички метрични показатели, отнасящи се до връзката между логическите оператори. И накрая, последната категория, *Когнитивно тегло*, разглежда модела на процеса в контекста на елементите и неговата разбираемост.

В обобщение, прегледът на литературата идентифицира 16 подходящи метрични показатели, разделени в четири категории в зависимост от техния тип измерване. Следващата фигура показва резултатите чрез таксономия - Таксономично дърво.

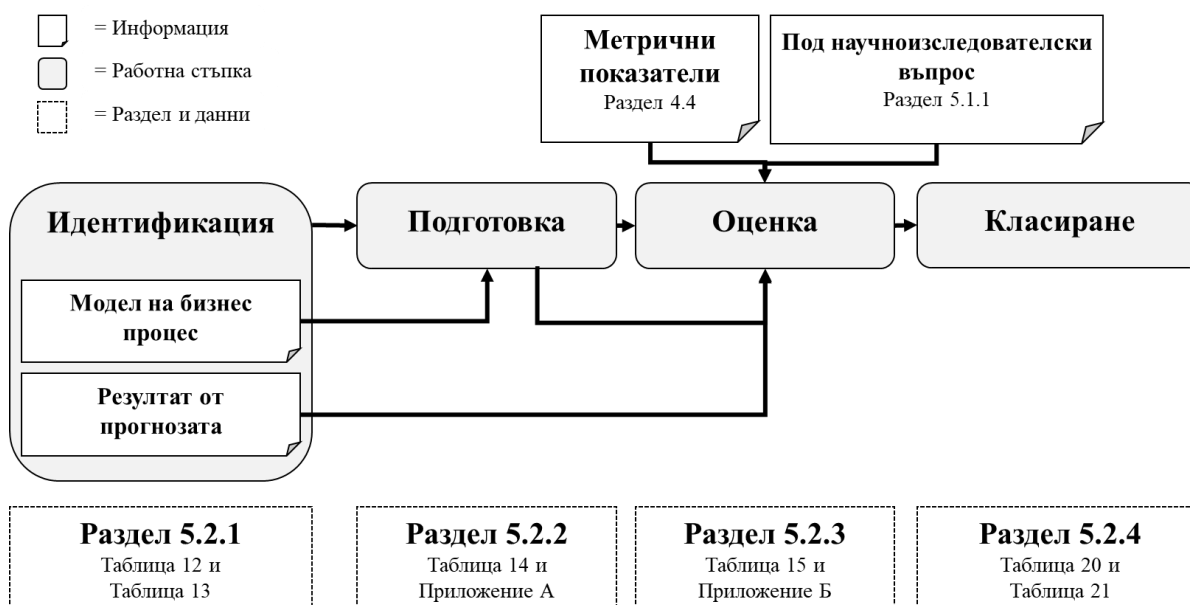


Фигура 4. Общ преглед на метричните показатели на модела на бизнес процеси с помощта на таксономично дърво

Глава 5 – Експериментална оценка

В глава 5 се извършва експериментална оценка с цел изследване на връзката между сложността на модела на бизнес процеса и резултатите от прогнозата. Сложността на модела на бизнес процеса се измерва с помощта на метрични показатели, а резултатите от прогнозата се предоставят с помощта на мярка за точност или RMSE (Root Mean Square Error) в зависимост от метода на прогнозиране. Оценката използва 16 метрични показатели и 11 модели на процеси, за да отговори на научноизследователски въпрос 2. Освен това процесът на оценка е документиран достатъчно задълбочено, за да повтори оценката или за да позволи на изследователите да използват приложената методология.

Първият раздел описва подробно подхода на качествения метод на изследване и неговите компоненти. Първо се аргументира изследователският подход. Качественият подход на изследване е предпочитан, тъй като наборът от данни е минимален. Изводите от изследването се основават на наблюдение и предлагат причинно-следствена връзка между метричните показатели на модела на бизнес процеса и резултатите от прогнозата. Следователно, целта е да се изследват и открият нови познания по проучвателен начин и да се класират резултатите. Работните стъпки са документираны в таблици и приложения, за да се осигури висока степен на разбираемост.



Фигура 5. Експериментална настройка за това как да се класират характеристиките на модела на бизнес процеси

В раздел 5.2.1 се *идентифицират* експериментални настройки, съобразени с процеса, за формиране на база данни за изпълнение на всички следващи стъпки. В идентифицираните експериментални настройки се търси два типа информация: приложен модел на бизнес процес и резултат от прогнозата. От една страна, моделът на бизнес процеса е база за оценка на метричните показатели. От друга страна, резултатът от прогнозата е централен фактор за успех. Освен това се предполага, че един модел на бизнес процес винаги е свързан с един метод за прогнозиране, което води до точно един резултат от прогнозиране. Като отправна точка са налични 17 ориентирани към процеса експериментални настройки. След прилагане на общи условия и критерии за включване и изключване са идентифицирани 11 експериментални настройки, съобразени с процеса.

Филтрираните настройки са разделени в зависимост от това, дали се използват регресионни и класификационни методи за прогнозиране.

Раздел 5.2.2, *подготвителна* работна стъпка, осигурява еквивалентна база данни сред всички идентифицирани експериментални настройки чрез предоставяне на една и съща Структура и графични елементи за всеки модел на бизнес процеса. Тъй като стандартът е BPMN 2.0, може да е необходима подготовка, например чрез конвертиране на UML 2.0 диаграми или мрежи на Петри в BPMN 2.0. След подготовката се извършва *оценката*. В обобщение, всички 11 модела на бизнес процеси са подготвени успешно.

В раздел 5.2.3 се оценяват подготвените модели на бизнес процеса, като от една страна се използват метричните показатели на модела на бизнес процеса, и от друга страна идентифицирания резултат от прогнозата. Оценката използва ръчно генерирани метрични данни от автора и автоматизирано генерирани метрични данни от PREVA, за да се сведе до минимум вероятността от грешка при изпълнение на стъпката за оценка.

Класирането е разделено на четири под научноизследователски въпроса въз основа на четирите категоризации на метрични показатели:

- Под научноизследователски въпрос 2.1 (Размер): Влошава ли увеличаването на Размера резултата от прогнозата?
- Под научноизследователски въпрос 2.2 (Структура): Влошава ли увеличаването на Структурата резултата от прогнозата?
- Под научноизследователски въпрос 2.3 (Оператор): Влошава ли увеличаването на Оператора резултата от прогнозата?
- Под научноизследователски въпрос 2.4 (Когнитивно тегло): Влошава ли увеличаването на Когнитивното тегло резултата от прогнозата?

Отправната точка на концепцията за оценка по отношение на класирането е високото ниво на абстракция, което оценява стойността на категорията в контекста на резултата от прогнозата. Стойността на категорията служи като базова линия за по-ниското ниво на абстракция и се определя като сума или средна стойност на всички присвоени на категорията метрични показатели. Следователно наблюденията на високото ниво на абстракция могат да бъдат обосновани чрез позоваване на отделни показатели по време на оценката на по-ниското ниво на абстракция. Тази процедура позволява едно по-задълбочено изследване и стесняване на наблюденията. По-долу са обобщени резултатите от изследването за всеки научноизследователски въпрос.

- Под научноизследователски въпрос 2.1 (Размер): Влошава ли увеличаването на Размера резултата от прогнозата?

Въз основа на наличните данни са направени следните заключения. Първо се обобщава методът на класификация. Стойността на категорията представлява обратното на хипотезата. Увеличаването на стойността на категорията може като цяло да подобри резултата от прогнозата. Броят дейности и Броят дейности и елементи на контролния поток потвърждават тенденцията на ниво метрични показатели, докато Коефициентът на сложност на мрежата и Плътноста нямат видимо значение. В случай, че се използва регресионния метод, стойността на категорията представлява очаквания резултат: с увеличаване на Размера се увеличава сложността, което понижава резултата от прогнозата. Хипотезата се потвърждава на ниво метрични показатели от Броя дейности и Броя дейности и елементи на контролния поток, но не и от Плътноста, която

противоречи на хипотезата. В заключение, стойността на категорията на Размера изглежда надежен показател и за двата метода за прогнозиране, дори ако стойността трябва да се тълкува по различен начин. На ниво метрични показатели Броят дейности и Броят дейности и елементи на контролния поток изглеждат най-надеждните показатели за резултатите от прогнозирането, но също така означават различно твърдение в зависимост от метода за прогнозиране. По-специално, Броят дейности и елементи на контролния поток изглежда осигурява най-високата информативна стойност. В заключение може да се отбележи, че Плътноста и Коефициентът на сложност на мрежата нямат или имат много малко значение.

- Под научноизследователски въпрос 2.2 (Структура): Влошава ли увеличаването на Структурата резултата от прогнозата?

Въз основа на наличните данни са направени следните заключения. Първо се обобщава методът на класификация. Стойността на категорията не подкрепя хипотезата като цяло. На ниво метрични показатели, увеличаването на Цикличността и Диаметъра изглеждат надеждни показатели за подобряване на резултата от прогнозата. Цикломатичното число обаче изглежда противоречи на хипотезата. От друга страна, категорията и метричните стойности на регресионния метод потвърждават хипотезата. В заключение може да се отбележи, че стойността на категорията на Структурата изглежда надежен показател за регресионни методи, но не и за класификационни методи. На ниво метрични показатели Цикличността, Цикломатичното число и Диаметърът са надеждни показатели и за двата метода за прогнозиране. Въпреки това, Цикломатичното число означава различно твърдение в зависимост от метода за прогнозиране. По-специално, Цикличността изглежда осигурява най-високата информативна стойност. В заключение може да се отбележи, че Разделимостта и Последователността нямат или имат много малко значение.

- Под научноизследователски въпрос 2.3 (Оператор): Влошава ли увеличаването на Оператора резултата от прогнозата?

Въз основа на наличните данни са направени следните заключения. Първо се обобщава методът на класификация. Поради минималния набор от данни стойността на категорията може да се разглежда само като незначителен показател въз основа на корелацията с резултата от прогнозата. Два от шест метрични показателя обаче позволяват да се правят заключения въз основа на наблюдение. Високата стойност на Двоичното решение изглежда влошава резултата от прогнозата, докато високата стойност на Паралелността изглежда подобрява резултата от прогнозата. Обратно, стойността на категорията при регресионния метод и всички показатели с изключение на Паралелността потвърждават хипотезата. Паралелността не позволява оценка въз основа на наличния набор от данни. В заключение може да се отбележи, че стойността на категорията на Оператора изглежда надежен показател за регресионни методи, но не и за класификационни методи. На ниво метрични показатели в контекста на класификационните методи, Двоичното решение и Паралелността са надеждни показатели и за двата метода за прогнозиране. Независимо от това, Двоичното решение трябва да се разгледа по-подробно поради своите характеристики. От гледна точка на регресионните методи всички стойности с изключение на Паралелността изглеждат са надеждно значими. В заключение може да се отбележи, че минималният набор от данни затруднява отчитането на качествени параметри за научноизследователски въпрос 2.3.

- Под научноизследователски въпрос 2.4 (Когнитивно тегло): Влошава ли увеличаването на Когнитивното тегло резултата от прогнозата?

Въз основа на наличните данни са направени следните заключения. Стойността на категорията в контекста на класификационните методи не е самостоятелен показател за подобрени или влошени резултати от прогнозата. Въпреки това, в контекста на регресионните методи, стойността на категорията потвърждава хипотезата въз основа на наличния набор от данни. В обобщение, нарастващото Когнитивно тегло в контекста на регресионните методи е надежден показател за влошаване на резултатите от прогнозата.

- Предлагане на класиране на метричните показатели за количествено определяне на важността им

В този раздел се предлага класиране въз основа на оценката, извършена в предишните раздели, за да се отговори на научноизследователски въпрос 2 относно класирането на метричните показатели на модела на бизнес процеси в контекста на резултата от прогнозата. Класирането е разделено на класиране по класификационни и регресионни методи.

- Класиране по класификационни методи

Като цяло, увеличаването на общата стойност на категориите показва подобрение в резултата от прогнозата. При класиране на категориите помежду им и като се вземе предвид извършената оценка от раздел 5.2.3 се предлага категориите да се класират въз основа на причина и следствие, както следва: **Оператор, Структура, Когнитивно тегло и Размер**. Класирането на категориите определя и ранга на метричните показатели в следващата таблица. В контекста на класификационните методи може да се обобщи, че комбинираните категории и отделните категории са значими. Най-значима категория изглежда е Оператор, а категория Размер е най-малко значима. Отделните метрични показатели също могат да имат потенциала да бъдат показатели. Въпреки това не могат да бъдат направени препоръки поради минималния набор от данни. В заключение може да се отбележи, че една комбинация от стойности изглежда по-значима от отделна стойност.

- Класиране по регресионни методи

В резултат на това, увеличението на общата стойност на категориите може като цяло да показва влошаване на резултата от прогнозата. Въз основа на наблюденията и при отчитане на оценката се предлага категориите да се класират въз основа на причина и следствие, както следва: **Оператор, Структура, Размер и Когнитивно тегло**. В контекста на регресионните методи може да се обобщи, че комбинираните категории и отделните категории са значими. Най-значими категории изглежда са Оператор и Структура, а категория Когнитивно тегло е най-малко значима. Отделните метрични показатели също могат да имат потенциала да бъдат показатели. Въпреки това не могат да бъдат направени препоръки поради минималния набор от данни. В заключение може да се отбележи, че една комбинация от ценности изглежда по-значима от отделните стойности.

Накрая резултатите от класирането са обединени и визуализирани на следващата фигура.



Фигура 6. Обобщение на класацията по метода за прогнозиране

Следователно следните твърдения могат да бъдат приложени и за двата метода за прогнозиране. Категориите са надеждно значими както в комбинация, така и поотделно. Най-значими категории изглежда са Оператор и Структура, а категории Размер и Когнитивно тегло е най-малко значими. Отделните метрични показатели също могат да бъдат показатели, но не се препоръчват поради минималния набор от данни. В заключение може да се отбележи, че една комбинация от стойности изглежда по-значима от отделна стойност.

Глава 6 – Проектиране и разработване на PREVA

Тази глава представя разработването на прототипа PREVA, давайки отговор на научноизследователски въпрос 3 за това как да се включат метрични показатели на модел на бизнес процес в софтуерен артефакт. На първо място, в Раздел 6.1 се дава отговор на научноизследователски въпрос 3, като се предоставя информация за концепцията на софтуера и се разграничава прототипа от известни BPM решения, като APROMORE. Също така се представя средата за разработване на PREVA. На второ място се предлагат два практически подхода за включване на PREVA в рамката за прогностичен процесен мониторинг. От една страна, за да се даде възможност за превантивни действия за подобряване на резултата от прогнозата, а от друга страна, за да се даде възможност за сравнимост и разбираемост въз основа на метричните показатели на модела на бизнес процеси. И накрая, в Раздел 6.3 се документира софтуерната архитектура на PREVA и се описва как работят отделните основни компоненти. PREVA се състои от четири основни компонента. Първо, компонентът за качване изисква BPMN 2.0 модели на бизнес процеси като входни данни. След успешно качване на модела, той се анализира с помощта на внедрени метрични показатели. След това третият основен компонент, панел за управление, визуализира резултата. По желание резултатът може да бъде експортиран като файл, това е четвъртата функция. След обяснение на архитектурата се документира

процеса на проверка и валидиране, като се прави позоваване на две различни версии и на два етапа. Накрая се дава отговор на научноизследователски въпрос 3 чрез въвеждане на нова софтуерна концепция и предлагане на практически подходи. Освен това www.processevaluation.de е свободно достъпен надежден прототип.

Глава 7 – Изводи

В тази глава се обсъждат резултатите от дисертационния труд. По-долу са обобщени научните и практическите приноси и са формулирани отворени въпроси за бъдещи изследвания въз основа на резултатите от дисертационния труд. Резултатите включват **осем нови приноса**, които са обяснени по-подробно в **ЧАСТ III**. Освен това дисертационният труд проправя пътя за няколко насоки за бъдеща работа.

Разглеждане на други фактори: Като цяло дисертационният труд се фокусира върху модели на бизнес процеси. Въпреки това, други фактори в сложната изследователска област на прогностичен процесен мониторинг не са взети предвид. По-специално, различни входни данни, техники за прогнозиране, области, и резултати от прогнозирането могат да бъдат приложими. Например, различни входящи фактори, като качество или количество на данните, и фактори, свързани с резултата, като ефективност и преждевременност. Описаните фактори могат да имат значително влияние и трябва да бъдат проучени.

Проектиране на модели на бизнес процес: В този дисертационен труд са събрани теоретични и качествени доказателства, че няколко характеристики на модела на процеса са свързани с резултатите от прогнозата. Тези заключения позволяват на метричните показатели на модела на бизнес процес да подпомагат проектирането на модели на бизнес процес в широк диапазон от приложения. Освен това PREVA предоставя стандартизиран и публично достъпен инструмент за намаляване на пречките пред научните изследвания.

Избор на и корелации между метричните показатели: Въпреки че дисертационният труд събра значителни теоретични и качествени доказателства, изборът на и корелацията между метричните показатели по време на процедурата за оценка не бяха допълнително разработени. В бъдещата работа фокусът може да бъде поставен върху корелацията на различни метрични показатели и поставянето под въпрос или коригирането на избора им.

Устойчивост на резултатите чрез проучвания: Базата с данни за този дисертационен труд е минимална поради младата изследователска област. В бъдеще резултатите от този труд могат да бъдат доразвивани с помощта на по-широка гама от модели на процеси. Използването на данни от реалния живот чрез сътрудничество с бизнеса също е потенциален сценарий.

III. Научни и практически приноси

В този дисертационен труд се разработва нова холистична *методология за класиране на метрични показатели на модели на бизнес процеси в контекста на прогностичния процесен мониторинг*. Чрез използване на съвременни научни постижения се създават нови открития и резултати, като общ научен и практически принос за областта на знание. Те са обобщени както следва:

- *Научни приноси*

Определено е значението на моделите на бизнес процеси в контекста на прогностичния процесен мониторинг. Дисертационният труд показва, че моделите на даден бизнес процес имат съществена роля за прогностичния процесен мониторинг. Идентифицират се два основни аспекта чрез систематично извличане и анализиране на публикувана изследователска работа. Първо, настройките за прогнозиране могат да бъдат категоризирани в методи, съобразени с процеса, и методи, които не са съобразени с процеса. Методите, съобразени с процеса, изрично разглеждат моделите на бизнес процеса като входни данни. Второ, първите опити в изследването използват измерението на модела на бизнес процеса като критерий за сравнение чрез представяне на метрични показатели на модели на бизнес процеса, например брой на уникални събития, брой на под пътища и най-голяма дължина на пътя. Въпреки това повечето опити показват, че количественото определяне е от голяма полза, но се различава по типа на прилаганите показатели и следователно им липсва общ характер.

Идентифицирани са ориентирани към модела на процеса експериментални настройки за прогностичен процесен мониторинг. В изследванията в областта на прогностичния процесен мониторинг бяха идентифицирани 17 експериментални настройки, съобразени с бизнес процеса. Идентифицираните експериментални настройки са разделени на класификация на методите за прогнозиране и регресия. Освен това са идентифицирани моделът на прогнозиране, методът и резултатът. Резултатите могат да се използват и за по-нататъшни изследвания.

Идентифицирани са метрични показатели на модели на бизнес процес. В Раздел 4.4 се идентифицират метричните показатели на модела на бизнес процес чрез проучване на литературата. Процедурата за проучване и определяне на литературата доведе съответно до създаване на 16 метрични показателя на модела на бизнес процес. Всеки показател беше включен към една от предложените категории: Размер, Структура, Оператор и Когнитивно тегло. Освен това всички метрични показатели са документирани по стандартизиран начин и достатъчно задълбочено, включително чрез дискусия и примери. Резултатът е разработена таксономия - Таксономично дърво, което го прави достъпен и разбираем за всички.

Класирани са метричните показатели на модела на бизнес процес. Има малко емпирични доказателства, че метричните показатели на модела на бизнес процес могат да се използват като предиктор за по-добри или по-лоши резултати при прогнозиране. За да се реши проблемът с липсващите емпирични доказателства, при изготвяне на дисертационния труд се проведе уникална процедура за оценка, за да се класират метричните показатели на модела на бизнес процес в контекста на прогностичния процесен мониторинг. Резултатите са разделени на четири под научноизследователски въпроса, за да се осигурят по-задълбочени знания за причината и следствието. В заключение може да се отбележи, че една комбинация от стойности изглежда по-значима от отделните стойности, а най-значимите категории изглежда са Оператор и Структура.

- *Практически приноси*

Разработен е софтуерен прототип (PREVA). Съгласно методологията на науката за проектиране трябва да бъде проектирано и разработено софтуерно разширение, за да се докаже практическото приложение на изследването, проведено в този дисертационен

труд, а именно PREVA, който включва четири основни компонента и предоставя автоматизирана услуга за всички 16 метрични показателя. PREVA е публично достъпен на линка www.processevaluation.de.

Разработени са конвенции за PREVA. Предложени са насоки за конвенции за PREVA, като се взимат предвид техническите ограничения и общите проблеми с моделирането. Насоките могат да подпомагат потребителите да използват софтуера и улесняват разбирането.

Предложена е рамката за използване на PREVA за прогностичен процесен мониторинг. PREVA може да се приложи в два възможни сценария. Първо, като предиктор за предотвратяване на нежелан резултат, преди прогнозата да е напреднала. Второ, като критерий за сравнение, след като прогнозата е напреднала, за да се осигури сравнимост и разбираемост за други изследователи. Всяко предложение е свързано с различни стъпки в рамката за прогностичен процесен мониторинг.

Разработена е методология за класиране на метричните показатели в контекста на прогностичен процесен мониторинг. Дисертационният труд представя нов подход за класиране на метричните показатели в областта на изследване на прогностичния процесен мониторинг, използвайки качествен изследователски подход. Дисертационният труд представлява добре структурирана и подробна документация, която предоставя холистичен подход за идентифициране, подготовка, оценка и класиране на набори от данни с цел решаване на съществуващ проблем.

DEVELOPING A METHODOLOGY FOR RANKING BUSINESS PROCESS MODEL CHARACTERISTICS IN THE CONTEXT OF PREDICTIVE PROCESS MONITORING

Abstract in English

Florian Spree's Ph.D. thesis is entitled "Developing a methodology to rank business process model metrics in the context of predictive process monitoring", which comprises 128 pages and, in addition to a table of contents, a list of literature and appendices. The thesis provides evidence-based insights into how business process model metrics impact prediction outcomes in the context of predictive process monitoring. The business process models are ranked based on the experimental evaluation. Further, a designed artifact called PREVA is available at www.processevaluation.de.

In terms of content, the work initially presents the academic background of business process management, explaining the term and business process modeling. In the following, the state of the art of predictive process monitoring is introduced, focusing on the framework and current academic work. The academic work is restricted to process-aware methods. Following, business process model metrics are introduced and categorized. The documentation of metrics is standardized to ensure easy accessibility for everyone. Then, business process models in the area of predictive process monitoring setups are evaluated, using business process model metrics compared to the prediction outcomes. Based on the results, a ranking of individual metrics and metric categories is proposed. The results then are operationalized in a software artifact called PREVA, which is available at www.processevaluation.de.

The Ph.D. thesis justifies the relevance of business process models in the context of predictive process monitoring. Further, 17 business process-aware experimental setups in the research field of predictive process monitoring are identified. Next to the experimental setups, based on a literature review, 16 business process model metrics are identified. Finally, business process model metrics are ranked based on their impact on prediction outcomes related to business process-aware experimental setups. Finally, according to the design science methodology, a software increment called PREVA is designed and developed to demonstrate the practical application of the research conducted in this Ph.D. thesis.