

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ

Марија З. Ивановић

**МОДЕЛ ЗА ДЕТЕКЦИЈУ И АНАЛИЗУ
УЗРОКА КАШЊЕЊА НА ПРОЈЕКТИМА
БАЗИРАН НА ПОДАЦИМА ИЗДВОЈЕНИМ ИЗ
НЕСТРУКТУРИРАНИХ ИЗВОРА**

докторска дисертација

Београд, 2023

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Marija Z. Ivanović

**A MODEL FOR DETECTION AND ANALYSIS
OF CAUSES OF DELAY ON PROJECTS
BASED ON UNSTRUCTURED TEXTUAL
SOURCES**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2023

Подаци о ментору и члановима комисије за оцену и одбрану:

Ментор:

др Зоран Стојадиновић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

Чланови комисије:

др Ненад Иванишевић, редовни професор
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

др Милан Тривунић, редовни професор
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

др Дејан Маринковић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

др Ђорђе Недељковић, доцент
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

Датум одбране:

Скраћенице

AI - *Artificial Intelligence*

BERT - *Bidirectional Encoder Representations from Transformers*

CDBS - *Causes of Delay Breakdown Structure*

CIOB - *Chartered Institute of Building*

DGI - *Digital Globalization Index*

DL - *Deep machine Learning*

DOT - *Department of Transportation*

DREAM - *Delay Root causes Extraction and Analysis Model*

DT - *Decision Tree*

GPT - *Generative Pretrained Transformer*

IR - *Information Retrieval*

KD - *Knowledge Discovery*

KNN - *K-nearest Neighbor*

MoM - *Minutes of Meetings*

NLP - *Natural Learning Processing*

PEGASUS - *Pre-training with Extracted Gap-sentences for Abstractive Summarization)*

PMI - *Project Management Institute*

RCA - *Root Cause Analysis*

RII - *Relative Importance Index*

RNN - *Recurrent Neural Network*

TM - *Text Mining*

SCL - *Society of Construction Law*

SI - *Severity Index*

SVM - *Support Vector Machine*

Изјава захвалности:

Желела бих да изразим велику захвалност професорима, члановима комисије, колегама, породици, пријатељима и свима који су на различите начине допринели овом истраживању.

Прво, захвалила бих се свом ментору, професору Зорану Стојадиновићу, који ми је пружио велику подршку током целог истраживања. Хвала Вам што сте уложили велики труд у процесу израде ове докторске дисертација. Такође, хвала Вам на подршци коју ми пружате током стручног усавршавања.

Велику захвалност дугујем професору Ненаду Иванишевићу, који је био мој татор на докторским студијама. Хвала Вам на подршци и саветима који су, као и увек, допринели квалитету истраживања. Не могу да заборавим велику подршку која је увек долазила од професора Бранислава Ивковића. Хвала Вам што сте чинили све што је у Вашој моћи да ми пружите помоћ и подршку. Захвалила бих се и професору Милану Тривунићу на ефикасној сарадњи и вредним коментарима који су унапредили докторску дисертацију.

Посебно хвала мом колеги, доценту Ђорђу Недељковићу који је пратио цео процес израде моје докторске дисертације и био ту за све недоумице и дилеме. Такође, желела бих да се захвалим професору Дејану Маринковићу који је уложио труд у моју едукацију и поставио темеље мог садашњег знања у области управљања пројектима. Велико хвала и колегиницама Невени Симић, Ани Надажди, Зорани Петојевић, Диани Вранешевић и Александри Парезановић које су биле мој „ветар у леђа“. Дугујем захвалност свим колегама са Катедре за управљање пројектима у грађевинарству за подршку коју су ми пружили и обезбедили услове за завршетак овог истраживања. Моја захвалност иде и Александру Сенићу, Николи Ћирићу и Јелени Ђуровић Војиновић који су уложили велики труд и пружили помоћ у процесу прикупљања података за ово истраживање.

Велико хвала мом професору математике Сави Сарићу који је са мном делио и успехе и неуспехе, са подједнаким ентузијазмом. Захваљујући Вама сам спремно дочекала студије на Грађевинском факултету. Најдубљу захвалност дугујем професору Драгану Аризановићу који ме је, осим грађевинарству учио и животу. Хвала Вам на свакој речи подршке. Ви сте део моје породице.

Дубоку захвалност дугујем члановима моје породице без којих овај успех не би имао смисла. Прво, хвала мом оцу на великој подршци и љубави коју ми је пружио. Ти си мој животни узор и мотивација за успех. Велику захвалност дугујем мојој сестри Милици која је највише допринела безбрижној изради моје докторске дисертације. Хвала ти на свему.

Коначно, хвала мом супругу Александру и ћерки Емилији који су ме својом љубављу мотивасали и дали ми снагу да се борим и напредујем. Ви сте неисцрпни извор моје среће и животна мотивација.

На крају, ову докторску дисертацију посвећујем мојој мајци Снежани којој сам обећала да ћу успети на овом путу. Ово је било једно од последњих обећања које сам јој дала и срећна сам што сам успела да га испуним.

МОДЕЛ ЗА ДЕТЕКЦИЈУ И АНАЛИЗУ УЗРОКА КАШЊЕЊА НА ПРОЈЕКТИМА БАЗИРАН НА ПОДАЦИМА ИЗДВОЈЕНИМ ИЗ НЕСТРУКТУРИРАНИХ ИЗВОРА

Резиме

Прекорачење рокова на грађевинским пројектима представља глобални феномен који се истражује већ деценијама. Традиционални приступ детекцији и анализи узрока кашњења најчешће подразумева прикупљање искустава експерата везано за групе сродних пројеката (по врсти или географској локацији). Резултат таквог приступа је листа узрока кашњења хијерархијски поређана према њиховом значају. Таква емпиријска истраживања су неминовно обојена субјективизмом и пристрасношћу експерата и не доводе до утврђивања који су то базни узроци кашњења (*root causes of delay*) на нивоу појединачног пројекта.

У циљу приказа наведених слабости традиционалног приступа, као и због стварања основе за дефинисање и каснију валидацију новог приступа, прикупљени су подаци са 75 пројеката путне инфраструктуре који су реализовани у Србији у периоду од 2004. до 2021. године и формирана је одговарајућа база података. Резултати истраживања и анализе података из базе указују да је преко 80% пројеката имало кашњење док је просечно прекорачење износило више од 90% уговореног трајања. На основу спроведене анкете кључних учесника на пројектима из базе, формирана је листа узрока која не одступа у односу на већину студија. При томе, добијене су ниске вредности Spearman-овог ранга корелације (0,204 - 0,565) између ставова различитих учесника, што потврђује значајно присуство субјективизма и пристрасности у спроведеним емпиријским истраживањима (анкетама).

Главни циљ докторске дисертације је формирање новог модела за непристрасно откривање базних узрока кашњења на нивоу појединачног пројекта и његових физичких целина, применом машинског учења на неструктурираној текстуалној документацији са пројекта. Изабрани текстуални документи за развој модела су записници са састанака (*Minutes of Meetings*), зато што они садрже свеобухватне информације о кашњењима, настале у време настанка проблема и то са прецизном временском одредницом. Технике машинског учења, користећи *Transformer* језичке моделе, омогућавају аутоматску детекцију узрока кашњења. Фокусирано експертско знање се користи за додатно непристрасно обучавање модела за изабрани домен путне инфраструктуре, повезивањем делова текста са узроцима кашњења из претходно дефинисане листе. Препознате физичке целине путних инфраструктурних пројеката су: тунел, траса и мост. Комбинујући наведене елементе, у дисертацији је развијен аналитички Модел за детекцију и анализу узрока кашњења на грађевинским пројектима путне инфраструктуре, назван DREAM (*Delay Root-causes Extraction and Analysis Model*).

У првој фази, DREAM аутоматски генерише листу детектованих узрока кашњења по пројектним целинама, засновану на учесталости њиховог

појављивања у записницима са састанака. Резултати показују да је модел у стању да детектује узроке кашњења са задовољавајућим вредностима одзива ($recall = 0,69$, за најчесталије узроке кашњења).

У другој фази, DREAM, захваљујући временској компоненти записника, омогућава потпуно нову и јединствену функционалност - графичку презентацију временске дистрибуције узрока кашњења током пројекта. Квалитативном анализом информативних графикана који показују учесталост и интензитет појединачних узрока кашњења, стручњаци могу да разумеју природу проблема и открију базне узроке кашњења (*root causes of delay*), што је кључни циљ свих истраживања о кашњењима на грађевинским пројектима.

Спроведено истраживање пружа научни и стручни допринос. Предложен је нов приступ идентификацији и анализи узрока кашњења, кроз развијен аналитички модел базиран на текстуалним подацима, машинском учењу и фокусираној употреби експертског знања. DREAM превазилази недостатке традиционалног приступа приликом формирања листе узрока кашњења, и омогућава откривање базних узрока кашњења применом јединствене функционалности – временске дистрибуције узрока кашњења. У стручном смислу, предложени модел пружа непристрасну помоћ при реконструкцији догађаја који су проузроковали кашњење на нивоу појединачног пројекта и његових целина, што доприноси смањењу спорова између уговорних страна и помажу приликом интелигентног доношења одлука на будућим пројектима.

Кључне речи: кашњење, базни узроци кашњења, изградња путне инфраструктуре, машинско учење, рударење по текстуалним документима, *Transformer*, неструктурирани подаци

Научна област: Грађевинарство

Ужа научна област: Менаџмент, технологије и управљање пројектима у грађевинарству

A MODEL FOR DETECTION AND ANALYSIS OF CAUSES OF DELAY ON PROJECTS BASED ON UNSTRUCTURED TEXTUAL SOURCES

Abstract

Time overrun in construction projects is a global phenomenon that has been researched for decades. The traditional approach to detection and analysis of causes of delay usually involves gathering experts' experiences acquired on similar projects (grouped by their type or geographical location). The result of such an approach is list of causes of delay, hierarchically arranged according to their importance. Such empirical research is burdened with bias and subjectivism of experts and does not lead to the detection of the root causes of delay at a single project level.

A database, formed using data collected from 75 road infrastructure projects implemented in Serbia between 2004 and 2021, is used to demonstrate the traditional approach's weaknesses and to create a basis for establishing a new approach. The results of research and analysis of the database show that over 80% of projects got delayed with an average time overrun greater than 90% of the contract duration. Based on the survey involving key stakeholders on the database projects, a causes of delay list was formed that does not deviate from lists in most studies. Furthermore, low values of Spearman rank correlation were obtained (0,204 - 0,565) between attitudes of different stakeholders, which confirms the significant presence of subjectivism and bias in the conducted empirical research (surveys).

The main goal of the doctoral dissertation is to create a new model for unbiased discovery of the root causes of delays at the single project level and its entities, using machine learning on unstructured text documentation from the project. The chosen documentation for the development of the model is Minutes of Meetings (MoM) because they contain comprehensive information about delays, which occurred at the time of the issues, with a precise time frame. Machine learning techniques using Transformer language models enable automatic detection of causes of delays. Focused expert knowledge is used for additional unbiased training of the model for the selected domain of road infrastructure, by connecting parts of the text with causes of delay from a previously defined list. Recognized entities of road infrastructure projects are tunnel, route, and bridge. By combining the mentioned elements, the dissertation developed an analytical Model for the detection and analysis of the causes of delays in road infrastructure construction projects, called DREAM (Delay Root-causes Extraction and Analysis Model).

In the first phase, DREAM automatically generates a causes of delay list by project entities, based on the frequency of their occurrence in Minute of Meetings. The results show that the model can detect the causes of delay, returning acceptable recall values (recall = 0.69, for the most frequent causes of delay).

In the second phase, enabled by MoM dates, DREAM adds a new and unique feature – graphs of the temporal distribution of causes of delay during the project.

By qualitatively analyzing these graphs that show the frequency and intensity of individual causes of delay, experts can understand the nature of the causes of delay, which enables them to detect root causes, the ultimate goal of all research related to delays on construction projects.

The conducted research provides scientific and practical contribution. A new approach to the causes of delays identification and analysis is proposed through a developed analytical model based on unstructured data, machine learning, and the focused use of expert knowledge. DREAM overcomes the disadvantages of the traditional approach when creating a causes of delay list, and enables the discovering of the root causes of delay by applying a unique feature - temporal distribution of the causes of delay. In a practical sense, the proposed model provides unbiased support in reconstructing the events related to delay at the single project level and its entities, which contributes to the reduction of disputes between contracting parties and aide intelligent decision-making on future projects.

Keywords: delay, root cause of delay, construction of road infrastructure, machine learning, text mining, Transformer, unstructured data

Scientific field: Civil Engineering

Scientific subfield: Management, Technologies and Project Management in Construction

Садржај

ЛИСТА ТАБЕЛА	XIII
ЛИСТА ГРАФИЧКИХ ПРИЛОГА	XV
1. УВОД	1
1.1 ПОЗАДИНА ИСТРАЖИВАЊА	1
1.2 ИСТРАЖИВАЧКЕ ХИПОТЕЗЕ И ЦИЉЕВИ	2
1.3 СТРУКТУРА ДИСЕРТАЦИЈЕ.....	4
2. АНАЛИЗА ЛИТЕРАТУРЕ И ТЕОРИЈСКА РАЗМАТРАЊА	7
2.1 УВОД.....	7
2.2 УСПЕХ ПРОЈЕКТА	10
2.2.1 Критеријуми успеха пројекта	11
2.2.2 Критични фактори успеха.....	13
2.3 ПЕРФОРМАНСЕ ГРАЂЕВИНСКИХ ПРОЈЕКТА	14
2.3.1 Кашњења на грађевинским пројектима	16
2.3.2 Варијабле од значаја.....	17
2.4 РИЗИЦИ НА ГРАЂЕВИНСКИМ ПРОЈЕКТИМА.....	19
2.4.1 Управљање ризицима	20
2.4.2 Идентификација ризика.....	21
2.4.3 Узроци кашњења на грађевинским пројектима	22
2.4.4 Недостаци постојећих приступа	31
2.5 РУДАРЕЊЕ ПО ТЕКСТУАЛНИМ ПОДАЦИМА (ТЕХТ МИНИНГ) У УПРАВЉАЊУ ПРОЈЕКТИМА	36
2.5.1 Процеси рударења по текстуалним подацима	38
2.5.2 Језички модели.....	39
2.5.3 Области примене	41
2.5.4 Документација као ресурс	43
2.6 ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА.....	48
3. ПЕРФОРМАНСЕ ГРАЂЕВИНСКИХ ПРОЈЕКТА ПУТНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ У СРБИЈИ 50	
3.1 УВОД.....	50
3.2 ФОРМИРАЊЕ И ОПИС БАЗЕ	51
3.2.1 Припрема података	52
3.3 АНАЛИЗА ПОДАТАКА	53
3.3.1 Карактеристике перформанси пројекта путне инфраструктуре у Србији.....	53
3.3.2 Анализа варијабле од значаја за прекорачење рока.....	58
3.4 ЗАКЉУЧАК	63
4. УСПОСТАВЉАЊЕ ХИЈЕРАРХИЈСКЕ СТРУКТУРЕ УЗРОКА КАШЊЕЊА - CDBS	65
4.1 УВОД.....	65
4.2 ИЗБОР РЕЛЕВАНТНИХ СТУДИЈА ВЕЗАНИХ ЗА УЗРОКЕ КАШЊЕЊА.....	66
4.3 ПИЛОТ СТУДИЈА.....	67
4.4 РЕЗУЛТАТИ.....	67
4.5 ЗАКЉУЧАК	70
5. ЕМПИРИЈСКО ИСТРАЖИВАЊЕ УЗРОКА КАШЊЕЊА НА ПРОЈЕКТИМА ПУТНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ – ПОСТОЈЕЋИ ПРИСТУП	72
5.1 УВОД.....	72
5.2 МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА	73
5.2.1 Формирање упитника	74
5.2.2 Статистичке методе за анализу резултата	76
5.3 АНАЛИЗА И ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА	77
5.3.1 Општи подаци о учесницима анкете	77

5.3.2	Оригинално трајање као узрок кашњења на пројектима?	78
5.3.3	Оцена квалитета пројектне документације	80
5.3.4	Узроци кашњења на пројектима путне инфраструктуре у Србији	82
5.3.5	Значај ранга корелације	88
5.4	ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА	92
6.	МОДЕЛ ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЈУ И АНАЛИЗУ УЗРОКА КАШЊЕЊА БАЗИРАН НА НЕСТРУКТУРИРАНИМ ДОКУМЕНТИМА	94
6.1	Увод	94
6.2	МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА	96
6.2.1	Компоненте DREAM-а	96
6.2.2	Моделирање процеса – Експериментални сценарији	108
6.2.3	Валидација и перформансе модела	111
6.2.4	Временска дистрибуција узрока кашњења	113
6.3	ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ	114
6.3.1	Модел за детекцију и анализу узрока кашњења	114
6.3.2	Квалитативна анализа временске дистрибуције	120
6.4	ЗАКЉУЧАК	127
7.	ДИСКУСИЈА	129
8.	ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА	132
8.1	ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА	134
8.2	ОГРАНИЧЕЊА ИСТРАЖИВАЊА	135
8.3	ПРАВЦИ ДЕЉЕГ ИСТРАЖИВАЊА	136
	ЛИТЕРАТУРА	137
	ПРИЛОГ А	150
	ПРИЛОГ Б	151
	ПРИЛОГ В	162
	БИОГРАФИЈА АУТОРА	164

Листа табела

ТАБЕЛА БРОЈ 1: УСПЕХ ПРОЈЕКТА КРОЗ ВРЕМЕ (MONTENEGRO И ОСТАЛИ, 2021)	12
ТАБЕЛА БРОЈ 2: ДЕФИНИЦИЈА КРИТИЧНИХ ФАКТОРА УСПЕХА ПРОЈЕКТА (PINTO И SLEVIN, 1987)	13
ТАБЕЛА БРОЈ 3: ВРЕМЕНСКЕ ПЕРФРОМАНСЕ ГРАЂЕВИНСКИХ ПРОЈЕКТА ПО КОНТИНЕНТИМА (RIVERA И ОСТАЛИ, 2017).....	16
ТАБЕЛА БРОЈ 4: ВАРИЈАБЛЕ ОД ЗНАЧАЈА ЗА ПРЕКОРАЧЕЊЕ РОКА КРОЗ ПРЕГЛЕД ОДАБРАНИХ СТУДИЈА: СО (COST OVERRUN) – SO (SCHEDULE OVERRUN)	19
ТАБЕЛА БРОЈ 5: АЛАТИ И ТЕХНИКЕ ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЈУ РИЗИКА НА ГРАЂЕВИНСКИМ ПРОЈЕКТИМА (SIRAJ & FAYEK, 2019).	22
ТАБЕЛА БРОЈ 6: РАНГИРАЊЕ ПРЕМА ЗАСТУПЉЕНОСТИ У ЛИТЕРАТУРИ (SIRAJ & FAYEK, 2019)	22
ТАБЕЛА БРОЈ 7: ЗАСТУПЉЕНОСТ СТУДИЈА ПО ВРСТАМА ГРАЂЕВИНСКИХ ПРОЈЕКТА	23
ТАБЕЛА БРОЈ 8: ОДАБРАНЕ СТУДИЈЕ СА ПРЕДЛОЖЕНОМ СТРУКТУРОМ; Q; IE	28
ТАБЕЛА БРОЈ 9: ИДЕНТИФИКОВАНИ УЗРОЦИ КАШЊЕЊА КРОЗ РАЗЛИЧИТЕ СТУДИЈЕ	30
ТАБЕЛА БРОЈ 10: ПРЕГЛЕД СТУДИЈА КОЈЕ ИСТРАЖУЈУ БАЗНЕ УЗРОКЕ КАШЊЕЊА И ОДАБРАНА МЕТОДОЛОГИЈА	33
ТАБЕЛА БРОЈ 11: КОРЕЛАЦИОНЕ МЕРЕ СТАВОВА РАЗЛИЧИТИХ УЧЕСНИКА ЗА ОДАБРАНЕ СТУДИЈЕ	34
ТАБЕЛА БРОЈ 12: ДЕСЕТ НАЈЗНАЧАЈНИЈИХ ВРСТА ПРИСТРАСНОСТИ УЧЕСНИКА У УПРАВЉАЊУ ПРОЈЕКТИМА ПРЕМА (FLYVBJERG, 2021)	36
ТАБЕЛА БРОЈ 13: ПРЕГЛЕД ОДАБРАНИХ СТУДИЈА СА МЕТОДОМ ТА И ЦИЉЕМ ИСТРАЖИВАЊА	47
ТАБЕЛА БРОЈ 14: СТРУКТУРА БАЗЕ ПОДАТАКА СА УГОВОРЕНОМ ВРЕДНОШЋУ РАДОВА КАО УСВОЈЕНОМ МЕРОМ ЗА ВЕЛИЧИНУ ПРОЈЕКТА	52
ТАБЕЛА БРОЈ 15: СТАТИСТИЧКЕ ВРЕДНОСТИ ПРЕКОРАЧЕЊА РОКА ЗА РАЗЛИЧИТЕ ТИПОВЕ ГРАЂЕВИНСКИХ ПРОЈЕКТА	55
ТАБЕЛА БРОЈ 16: СТАТИСТИЧКЕ ВРЕДНОСТИ ПРЕКОРАЧЕЊА ТРОШКОВА	56
ТАБЕЛА БРОЈ 17: ОДАБРАНЕ ВАРИЈАБЛЕ ЗА ИСПИТИВАЊЕ КОРЕЛАЦИЈЕ СА СТЕПЕНОМ ПРЕКОРАЧЕЊА РОКА И ПРЕТХОДНЕ СТУДИЈЕ КАО ИЗВОР	59
ТАБЕЛА БРОЈ 18: СУМАРНИ ПРЕГЛЕД РЕЗУЛТАТА РЕГРЕСИОНЕ АНАЛИЗЕ ЗАВИСНОСТИ ПРЕКОРАЧЕЊА РОКА И ОДАБРАНИХ ВАРИЈАБЛИ	64
ТАБЕЛА БРОЈ 19: КОНАЧНА ЛИСТРА УЗРОКА КАШЊЕЊА ГРУПИСАНИХ У 8 КАТЕГОРИЈА	68
ТАБЕЛА БРОЈ 20: ПОНУЂЕНА КВАЛИТАТИВНА ЛИКЕРТОВА СКАЛА ЗА ОЦЕНУ УТИЦАЈА УЗРОКА ЗА КАШЊЕЊА НА ПРОЈЕКТУ	75
ТАБЕЛА БРОЈ 21: ВРЕДНОСТИ КОЕФИЦИЈЕНТА КОРЕЛАЦИЈЕ ЗА РАЗЛИЧИТЕ ГРУПЕ УЧЕСНИКА НА ПРОЈЕКТУ	80
ТАБЕЛА БРОЈ 22: ВРЕДНОСТ КОЕФ. КОРЕЛАЦИЈЕ РАЗЛИЧИТИХ УЧЕСНИКА ЗА ОЦЕНУ КВАЛИТЕТА ПРОЈЕКТНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ	82
ТАБЕЛА БРОЈ 23: 10 НАЈЗНАЧАЈНИЈИХ УЗРОКА КАШЊЕЊА ЗА ПРОЈЕКТЕ ПУТНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ У СРБИЈИ	82
ТАБЕЛА БРОЈ 24: 10 НАЈЗНАЧАЈНИЈИХ УЗРОКА КАШЊЕЊА ПРЕМА ПЕРЦЕПЦИЈИ ИЗВОЂАЧА	83
ТАБЕЛА БРОЈ 25: 10 НАЈЗНАЧАЈНИЈИХ УЗРОКА КАШЊЕЊА ПРЕМА ПЕРЦЕПЦИЈИ СТРУЧНОГ НАДЗОРА	83
ТАБЕЛА БРОЈ 26: 10 НАЈЗНАЧАЈНИЈИХ УЗРОКА КАШЊЕЊА ПРЕМА ПЕРЦЕПЦИЈИ ИНВЕСТИТОРА	84
ТАБЕЛА БРОЈ 27: УПОРЕДНИ ПРИКАЗ 10 НАЈЗНАЧАЈНИЈИХ УЗРОКА КАШЊЕЊА ИЗ ПЕРСПЕКТИВЕ РАЗЛИЧИТИХ УЧЕСНИКА НА ПРОЈЕКТУ	85
ТАБЕЛА БРОЈ 28: ГРУПЕ УЗРОКА КАШЊЕЊА И ЗНАЧАЈ ЗА ПРЕКОРАЧЕЊЕ РОКА НА ПРОЈЕКТИМА	86
ТАБЕЛА БРОЈ 29: УПОРЕДНИ ПРИКАЗ ГРУПА УЗРОКА КАШЊЕЊА ИЗ ПЕРСПЕКТИВЕ УЧЕСНИКА НА ПРОЈЕКТУ	87
ТАБЕЛА БРОЈ 30: <i>SPEARMAN RANK CORRELATION</i> R_s ЗА ОДАБРАНА ИСТРАЖИВАЊА	88
ТАБЕЛА БРОЈ 31: ВРЕДНОСТИ <i>SPEARMAN</i> -ОВОГ РАНГА КОРЕЛАЦИЈЕ r_s ЗА РАЗЛИЧИТЕ ГРУПЕ УЧЕСНИКА НА ПРОЈЕКТУ	89
ТАБЕЛА БРОЈ 32: СПИСАК КРИТЕРИЈУМА ЗА ИЗБОР РЕЛЕВЕНАТНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ ЗА РАЗВОЈ МОДЕЛА СА ОПИСИМА	98
ТАБЕЛА БРОЈ 33: КАРАКТЕРИСТИКЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ У КОНТЕКСТУ ИЗБОРА РЕЛЕВАНТНОГ ИЗВОРА ЗА РАЗВОЈ МОДЕЛА	100
ТАБЕЛА БРОЈ 34: УЧЕСТАЛОСТ ОБЕЛЕЖЕНИХ ИЗЈАВА, ПРЕМА ПРОЈЕКТНИМ ЕНТИТЕТИМА И ГРУПА УЗРОКА КАШЊЕЊА	104

ТАБЕЛА БРОЈ 35: ПРВЕ ДВЕ КОЛОНЕ: УЗРОЦИ КАШЊЕЊА И БРОЈ ИНСТАНЦИ. ТРЕЋА И ЧЕТВРТА КОЛОНА: ПОРЕЂЕЊЕ МЕТРИКЕ ОДЗИВА (<i>RECALL</i>) ЗА ЕКСПЕРИМЕНТЕ Е1 И Е4. ПЕТА И ШЕСТА КОЛОНА: ПОРЕЂЕЊЕ МЕТРИКЕ F-МЕРЕ ЗА ЕКСПЕРИМЕНТЕ Е4 И Е5.	119
ТАБЕЛА БРОЈ 36: УПОРЕДНА АНАЛИЗА ЕМПИРИЈСКОГ ПРИСТУПА ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЈУ И АНАЛИЗУ УЗРОКА КАШЊЕЊА И ПРЕДЖЕНОГ ПРИСТУПА -DREAM	129
ТАБЕЛА БРОЈ 37: БАЗА ПОДАТАКА СА СТЕПЕНОМ ПРЕКОРАЧЕЊА РОКА ЗА ПРОЈЕКТЕ ПУТНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ У СРБИЈИ РЕАЛИЗОВАНЕ У ПЕРИОДУ 2004. – 2021. ГОДИНЕ	150

Листа графичких прилога

СЛИКА БРОЈ 1: ШЕМАТСКИ ПРИКАЗ СТРУКТУРЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: DREAM (DELAY ROOT CAUSES EXTRACTION AND ANALYSIS MODEL); CDBS (CAUSES OF DELAY BREAKDOWN STRUCTURE); CDLB (BIASED CAUSES OF DELAY LIST); CDLU (UNBIASED CAUSES OF DELAY LIST)	6
СЛИКА БРОЈ 2: ОБЛАСТИ ОБУХВАЋЕНЕ ПРЕГЛЕДОМ ЛИТЕРАТУРЕ У ЦИЉУ ПОСТАВЉАЊА ИСТРАЖИВАЧКОГ ЗАДАТКА	7
СЛИКА БРОЈ 3: СТРУКТУРА И ОБЛАСТИ ОБУХВАЋЕНЕ ПРЕГЛЕДОМ ЛИТЕРАТУРЕ У ЦИЉУ УТВРЂИВАЊА ЈАЗА У ДОСАДАШЊИМ ИСТРАЖИВАЊИМА (RESEARCH GAP)	9
СЛИКА БРОЈ 4: МАКРО И МИКРО ПОГЛЕД НА УСПЕХ ПРОЈЕКТА (COOKE-DAVIES, 2002)	12
СЛИКА БРОЈ 5: КОНЦЕПТ “SQUARE ROUTE“ (ATKINSON, 1999)	13
СЛИКА БРОЈ 6: ШЕМА ПРОЦЕСА УПРАВЉАЊА РИЗИЦИМА (PMI, 2013)	20
СЛИКА БРОЈ 7: ПРЕГЛЕД СТУДИЈА ОБУХВАЋЕНИХ ИСТРАЖИВАЊЕМ О УЗРОЦИМА КАШЊЕЊА	24
СЛИКА БРОЈ 8: МЕТОДЕ ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЈУ УЗРОКА КАШЊЕЊА	28
СЛИКА БРОЈ 9: ТРЕНД ИСТРАЖИВАЊА ВЕЗАНИХ ЗА РУДАРЕЊЕ ПО ТЕКСТУАЛНИМ ПОДАЦИМА У ОБЛАСТИ ГРАЂЕВИНАРСТВА У ПЕРИОДУ 2000. – 2022. ГОДИНА (DING ET AL., 2022)	38
СЛИКА БРОЈ 10: Циљ поглавља – кашњења на грађевинским пројектима у Србији	50
СЛИКА БРОЈ 11: СТРУКТУРА ТРЕЋЕГ ПОГЛАВЉА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈА	51
СЛИКА БРОЈ 12: ДИСТРИБУЦИЈА КАШЊЕЊА НА ПРОЈЕКТИМА ПУТНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ У СРБИЈИ	54
СЛИКА БРОЈ 13: ДИСТРИБУЦИЈА ПРЕКОРАЧЕЊА ТРОШКОВА НА ПРОЈЕКТИМА ПУТНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ У СРБИЈИ	56
СЛИКА БРОЈ 14: УПОРЕДНИ ПРИКАЗ ДИСТРИБУЦИЈЕ ПРЕКОРАЧЕЊА ТРОШКОВА И ВРЕМЕНА НА ПРОЈЕКТИМА У СРБИЈИ	57
СЛИКА БРОЈ 15: ЗАВИСНОСТ ПРЕКОРАЧЕЊА РОКА И ВРСТЕ ГРАЂЕВИНСКИХ ПРОЈЕКТА (1 – ИЗГРАДЊА; 2 – РЕКОНСТРУКЦИЈА)	59
СЛИКА БРОЈ 16: ПРЕКОРАЧЕЊЕ РОКА И ПРЕКОРАЧЕЊЕ ТРОШКОВА ПРОЈЕКТА (ЛЕВО- ИЗГРАДЊА, ДЕСНО – РЕКОНСТРУКЦИЈА)	60
СЛИКА БРОЈ 17: ПРЕКОРАЧЕЊЕ РОКА И ДУЖИНА ТРАЈАЊА ПРОЈЕКТА, ТЈ. ДУЖИНА ИМПЛЕМЕНТАЦИОНОГ ПЕРИОДА (ЛЕВО- ИЗГРАДЊА, ДЕСНО – РЕКОНСТРУКЦИЈА)	61
СЛИКА БРОЈ 18: ЗАВИСНОСТ КАШЊЕЊА И ГОДИНЕ ПОЧЕТКА РЕАЛИЗАЦИЈЕ ПРОЈЕКТА (ЛЕВО- ИЗГРАДЊА, ДЕСНО – РЕКОНСТРУКЦИЈА)	62
СЛИКА БРОЈ 19: ПРЕКОРАЧЕЊЕ РОКА И ВЕЛИЧИНА ПРОЈЕКТА (ЛЕВО- ИЗГРАДЊА, ДЕСНО – РЕКОНСТРУКЦИЈА)	63
СЛИКА БРОЈ 20: ИЛУСТРАЦИЈА ПРИМЕНЕ ХИЈЕРАРХИЈСКИ СТРУКТУРИРАНЕ ЛИСТЕ УЗРОКА КАШЊЕЊА (CDBS) У ФАЗАМА ИСТРАЖИВАЊА ДИСЕРТАЦИЈЕ	65
СЛИКА БРОЈ 21: МЕТОДОЛОШКИ ПОСТУПАК ЗА УСПОСТАВЉАЊЕ ХИЈЕРАРХИЈСКЕ СТРУКТУРЕ УЗРОКА КАШЊЕЊА (CDBS)	65
СЛИКА БРОЈ 22: ХИЈЕРАРХИЈСКА СТРУКТУРА УЗРОКА КАШЊЕЊА: НИВО I – ГРУПЕ УЗРОКА КАШЊЕЊА; НИВО II – ПОЈЕДИНАЧНИ УЗРОЦИ КАШЊЕЊА	71
СЛИКА БРОЈ 23: ШЕМАТСКИ ПРИКАЗ ЦИЉЕВА ПЕТОГ ПОГЛАВЉА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: 1. ИДЕНТИФИКАЦИЈА УЗРОКА КАШЊЕЊА; 2. ИСТРАЖИВАЊЕ КОНСЕНЗУСА КЉУЧНИХ УЧЕСНИКА О УЗРОЦИМА КАШЊЕЊА	72
СЛИКА БРОЈ 24: СТРУКТУРА И КОРАЦИ ИСТРАЖИВАЊА 5. ПОГЛАВЉА; CDBS – ХИЈЕРАРХИЈСКА СТРУКТУРА УЗРОКА КАШЊЕЊА	73
СЛИКА БРОЈ 25: СТРУКТУРА РАДНОГ ИСКУСТВА УЧЕСНИКА У АНКЕТИ	77
СЛИКА БРОЈ 26: СТРУКТУРА ОДГОВОРА НА ПИТАЊЕ ДА ЛИ ЈЕ ТРАЈАЊЕ ПРОЈЕКТА БИЛО ОДГОВАРАЈУЋЕ, ОДНОСНО ДА ЛИ ЈЕ ПРОЦЕНА БИЛА АДЕКВАТНА?	79
СЛИКА БРОЈ 27: ПЕРЦЕПЦИЈА КЉУЧНИХ УЧЕСНИКА О ПРОЦЕЊЕНОМ ТРАЈАЊУ ПРОЈЕКТА	79
СЛИКА БРОЈ 28: СТРУКТУРА ОДГОВОРА НА ПИТАЊЕ О КВАЛИТЕТУ ПРОЈЕКТНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ	81
СЛИКА БРОЈ 29: СТРУКТУРА ОДГОВОРА О ПРОЦЕНИ КВАЛИТЕТА ПРОЈЕКТНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ ИЗ ПЕРСПЕКТИВЕ РАЗЛИЧИТИХ УЧЕСНИКА НА ПРОЈЕКТУ	81
СЛИКА БРОЈ 30: МАКСИМАЛНЕ И МИНИМАЛНЕ ВРЕДНОСТИ SPEARMAN-ОВОГ РАНГА КОРЕЛАЦИЈЕ НА НИВОУ ПОЈЕДИНАЧНОГ ПРОЈЕКТА (N=35)	90
СЛИКА БРОЈ 31: ИНДЕКС КОРЕЛАЦИЈЕ (IC) СЛАГАЊА СТАВОВА РАЗЛИЧИТИХ УЧЕСНИКА НА НИВОУ ПОЈЕДИНАЧНОГ ПРОЈЕКТА	90
СЛИКА БРОЈ 32: СРЕДЊА ВРЕДНОСТ КОЕФИЦИЈЕНТА КОРЕЛАЦИЈЕ НА ПРОЈЕКТНОМ НИВОУ (N=35)	91

Слика број 33: Лево- Зависност степена прекорачења рока и индекса корелације: Десно - Зависност степена прекорачења рока и средње вредности ранга корелације	91
Слика број 34: Развој и примена модела	95
Слика број 35: Методологија за развој DREAM - а	96
Слика број 36: Кључне компоненте DREAM-а	97
Слика број 37: Пример структуре прве стране записника са састанка (услед заштите података одређена поља су засенчена).....	101
Слика број 38: Протокол за панел чији је циљ експертско обележавање текста.....	103
Слика број 39: Пример оригиналних делова текста са експертским обележавањем.....	104
Слика број 40: Архитектура трансформер модела (VASWANI ET AL., 2017)	106
Слика број 41: Шематски приказ експерименталних сценарија при развоју DREAM - а.....	110
Слика број 42: Пример матрице конфузије за бинарну класификацију	112
Слика број 43: Матрица конфузије за експеримент Е1 – класификација узрока кашњења.....	115
Слика број 44: Матрица конфузије за експеримент Е2 – класификација узрока кашњења на групе	117
Слика број 45: Матрица конфузије за експеримент Е3 – класификација узрока кашњења на пројектне целине	118
Слика број 46: Апсолутна вредност временске дистрибуције узрока кашњења на кварталном нивоу – цео пројекат	121
Слика број 47: Релативна вредност временске дистрибуције узрока кашњења на кварталном нивоу – цео пројекат	121
Слика број 48: Апсолутна дистрибуција пет најзаступљенијих узрока кашњења на кварталном нивоу	123
Слика број 49: Релативна дистрибуција 5 најчесталијих узрока кашњења кашњења на кварталном нивоу.....	124
Слика број 50: Апсолутна дистрибуција узрока кашњења на нивоу група кашњења на кварталном нивоу.....	125
Слика број 51: Релативна дистрибуција узрока кашњења на нивоу група на кварталном нивоу	126
Слика број 52: Апсолутна заступљеност узрока кашњења на нивоу пројектних целина на кварталном нивоу.....	126
Слика број 53: Релативна заступљеност узрока кашњења на нивоу пројектних целина	127

1. Увод

Поглавље има за циљ да представи домен и процес истраживања и послужи као водич читаоцима. На самом почетку је дефинисан проблем истраживања. Надаље су приказане главне истраживачке хипотезе и циљеви. Поглавље се завршава приказом структуре и организације докторске дисертације.

1.1 Позадина истраживања

Грађевински пројекти су јединствени, уникатни и комплексни подухвати. Карактеришу их повратни процеси, сложени односи и велики број учесника који производе значајан корпус података. Грађевински пројекти су посебно склони поремећајима, односно „црним лабудовима“ (*black swans*) (Taleb, 2007), који могу значајно пореметити ток пројекта. Поменуте карактеристике, као и сложени односи међу заинтересованим странама, могу утицати на успех пројекта. Успех пројекта подразумева остварење пројектих циљева дефинисаних пре почетка реализације. Поред традиционалних циљева (гвоздени троугао – време, цена и квалитет) савремени грађевински пројекти треба да задовоље и аспекте одрживог развоја. Међутим, тренутна истраживања о успеху пројеката у контексту времена и трошкова сведоче да је остварење традиционалних циљева и даље изазован задатак.

Према већини аутора, време се апострофира као један од најзначајнијих циљева пројекта чији неуспех се може одразити и на остале циљеве. Упркос свом значају, претходна истраживања указују на велики број пројеката који су завршени са значајним прекорачењем времена изградње. Према истраживању СIOB - а (*The Chartered Institute of Building*) кашњења су присутна на грађевинским пројектима широм света, у распону од 29% до 81%, у зависности од врсте пројеката.

Иако је прошло више од 50 година од првих истраживања на ову тему, кашњења су и даље присутна на грађевинским пројектима, без уоченог тренда опадања. Показало се кроз различите студије да се слична питања везана за кашњење често „рециклирају“. Већина студија се заснива на емпиријским приступима прикупљању и анализи података о узроцима кашњења, углавном се ослањајући на упитнике или интервјуе са стручњацима. Садржај таквих истраживања је дескриптиван, уз идентификовану листу узрока кашњења рангирану према утврђеном значају. Такав приступ је значајан извор знања, али није у контексту превенције или умањења кашњења на будућим пројектима (AlSehaimi et al., 2013).

Постојеће приступе за идентификацију и анализу узрока кашњења на пројектима критикују различити истраживачи наводећи неколико разлога за оспоравање. Примарно, субјективизам и пристрасност различитих учесника емпиријских истраживања утиче на поузданост резултата о узроцима кашњења. Иако се не морају посматрати у негативном контексту, различити

ставови учесника на пројекту отежавају „реконструкцију“ догађаја и доношење закључака на нивоу појединачног пројекта. Идентификовани узроци кашњења су, најчешће, само последица базних узрока кашњења (*root causes of delay*) које је потребно открити како би се утврдило „шта је тачно пошло по злу“. Детаљна анализа узрока и околности које доводе до поремећаја може се користити за ублажавање кашњења и омогућавање интелигентног доношења одлука на будућим пројектима. С обзиром да је сваки пројекат јединствен и уникатан подухват, потребне су анализе на нивоу појединачног пројекта. На крају, постојећа истраживања нису искористила потенцијал базе историјских података за описивање поремећаја на пројектима.

Према истраживањима (A. Rivera et al., 2017), развој грађевинске индустрије биће већи у наредних 30 година него у последњих 2000 година. Прогнозе показују да ће раст глобалне грађевинске индустрије бити већи за 30% до 2030. године (Robinson et al., 2021). Овакав напредак за последицу има и повећање броја података са сваког пројекта. У студијама које описују пораст обима података кроз време, утврђено је да просечан грађевински пројекат садржи око 6,6 терабајта. За само 10 година забележено је повећање броја података за више од 60 пута (Ђ. L. Nedeljković, 2018).

Највећи део података је складиштен у текстуалном облику. Процењује се да просечан пројекат средње величине произведе око 10.000 различитих докумената током свог животног циклуса. Међутим, конвенционално управљање овим информацијама постаје напорно и подложно грешкама. С друге стране, према (Abbaszadegan & Grau, 2015) од 50% од 80% проблема на грађевинским пројектима проузроковано је кашњењем и неадекватним управљањем информацијама. Вештачка интелигенција (*Artificial Intelligence - AI*) може помоћи да се акумулирани подаци трансформишу у корисно знање, што доводи до интелигентног доношења одлука на будућим грађевинским пројектима. Истраживања су показала да управљање засновано на подацима повећава продуктивност рада за око 5% (Abbaszadegan & Grau, 2015). Сходно томе, потребно је развити приступе који користе потенцијал садржаја текстуалне документације са пројекта.

Коначно, у светлу наведених ограничења, могуће је дефинисати главно истраживачко питање: *Да ли је могуће побољшати постојеће приступе идентификацији и анализи узрока кашњења користећи потенцијал текстуалне документације са пројекта?*

1.2 Истраживачке хипотезе и циљеви

Како би се превазишао дефинисани истраживачки проблем који је описан у претходном делу, дефинисани су циљеви истраживања. Главни циљ јесте развој модела за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на подацима издвојеним из неструктурираних, текстуалних, извора. Поред главног циља овог истраживања постављено је и неколико специфичних циљева:

- 1) Формирање базе података и испитивање временских перформанси на грађевинским пројектима путне инфраструктуре у Србији;

- 2) Анализа значајних параметара и њихова корелација са кашњењима на пројектном нивоу;
- 3) Идентификација узрока кашњења на грађевинским пројектима путне инфраструктуре у Србији на бази емпиријског истраживања (анкета);
- 4) Критичка анализа поузданости резултата постојећих приступа за идентификацију и анализу узрока кашњења;
- 5) Испитивање могућности примене метода вештачке интелигенције (технике рударења по текстуалним подацима – *text mining*) за класификацију текста у домену детекције и анализе узрока кашњења на грађевинским пројектима;
- 6) Предлог оригиналног алгоритма за издвајање информација о узроцима кашњења на пројекту, заснованог на надгледаном учењу над експертски обележеним текстовима (на неструктурираним изворима података) применом метода вештачке интелигенције);
- 7) Предлог и анализа сегментираног модела за идентификацију узрока кашњења по предложеним пројектним целинама;
- 8) Креирање графова временске дистрибуције узрока кашњења на бази записника са састанака;
- 9) Квалитативна анализа временске дистрибуције узрока кашњења у циљу откривања базних узрока кашњења (*root causes of delay*);

Главна хипотеза овог истраживања јесте да модел базиран на неструктурираним текстуалним подацима омогућава непристрасну аутоматску идентификацију узрока кашњења на нивоу појединачног пројекта. Осим главне, а у складу са дефинисаним циљевима, постављене су и следеће хипотезе:

- 1) Постојећи емпиријски приступ за идентификацију узрока кашњења на пројекту садржи ризик од експертске пристрасности и субјективизма и тешко је применљив на нивоу појединачног пројекта;
- 2) Могуће је искористити потенцијал података екстрахованих из неструктурираних текстуалних извора у циљу издвајања корисних знања везаних за узроке кашњења;
- 3) Записници са састанака (*Minute of Meetings* – MoM) садрже релевантне информације за идентификацију узрока кашњења на пројекту;
- 4) Истраживање узрока кашњења на нивоу пројектних целина (траса, мост, тунел) у циљу развоја сегментираног приступа може допринети бољем сагледавању базних узрока кашњења (*root causes of delay*) на пројекту као и развоју мера за умањење штетних последица;

- 5) Могућа је репрезентација временске дистрибуције идентификованих узрока кашњења на бази записника са састанака, као изабране документације;
- 6) Праћење и визуелизација узрока кашњења кроз животни циклус пројекта може бити од користи у утврђивању скривених образаца и трендова у циљу откривања базних узрока кашњења.

1.3 Структура дисертације

Докторска дисертација је структурирана кроз 8 поглавља: 1. Увод; 2. Анализа литературе и теоријска разматрања; 3. Перформансе грађевинских пројеката путне инфраструктуре у Србији; 4. Успостављање хијерархијске структуре узрока кашњења; 5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре у Србији; 6. Модел за детекцију и анализу узрока кашњења базиран на подацима издвојеним из неструктурираних извора - DREAM; 7. Дискусија и 8. Закључна разматрања. У наставку следи кратак опис структуре сваког од поглавља.

Поглавље 1 - Увод даје уводне напомене и оправданост истраживања. Поред тога дефинисан је проблем и домен истраживања. У складу са дефинисаним проблемом постављене су истраживачке хипотезе и циљеви. Општим освртом на структуру завршава се прво поглавље докторске дисертације.

Поглавље 2 - Анализа литературе и теоријска разматрања пружа приказ тренутног стања у литератури за домен истраживања. Полазна тачка овог дела јесте анализа успеха и критеријума за успех пројекта. Истраживање се сужава на домен анализе перформанси пројеката, првенствено у погледу кашњења. Посебан акценат је на фази идентификације узрока кашњења. Поглавље се затим фокусира на технике вештачке интелигенције у области управљања пројектима. Истраживање се сужава на област рударења по текстуалној документацији (*text mining*). Поглавље се завршава анализом и критичким освртом на постојеће стање у литератури.

Поглавље 3 - Перформансе грађевинских пројеката путне инфраструктуре у Србији представља први корак истраживања. Задатак поглавља представља успостављање базе завршених пројеката путне инфраструктуре за потребе статистичке анализе кашњења на пројектима. Поглавље је подељено у два дела. Циљ првог дела јесте утврђивање трендова кашњења на пројектима путне инфраструктуре у Србији користећи методе дескриптивне статистике. Други део разматра зависност кашњења на пројектима и значајних варијабли користећи математичке корелационе анализе. Поглавље се завршава анализом трендова прекорачења пројеката у Србији у односу на постојећа истраживања у свету.

Поглавље 4 - Успостављање хијерархијске структуре узрока кашњења описује поступак за формирање и организацију листе узрока кашњења. Предложена CDBS (*Causes of Delay Breakdown Structure*) биће формирана на бази систематичног прегледа литературе и пилот студије. Формирана листа узрока кашњења биће коришћена у две фазе истраживања: при формирању

упитника за потребе емпиријског истраживања (5. поглавље) и за потребе развоја модела за детекцију и анализу узрока кашњења базираног на неструктурираним изворима (6. поглавље).

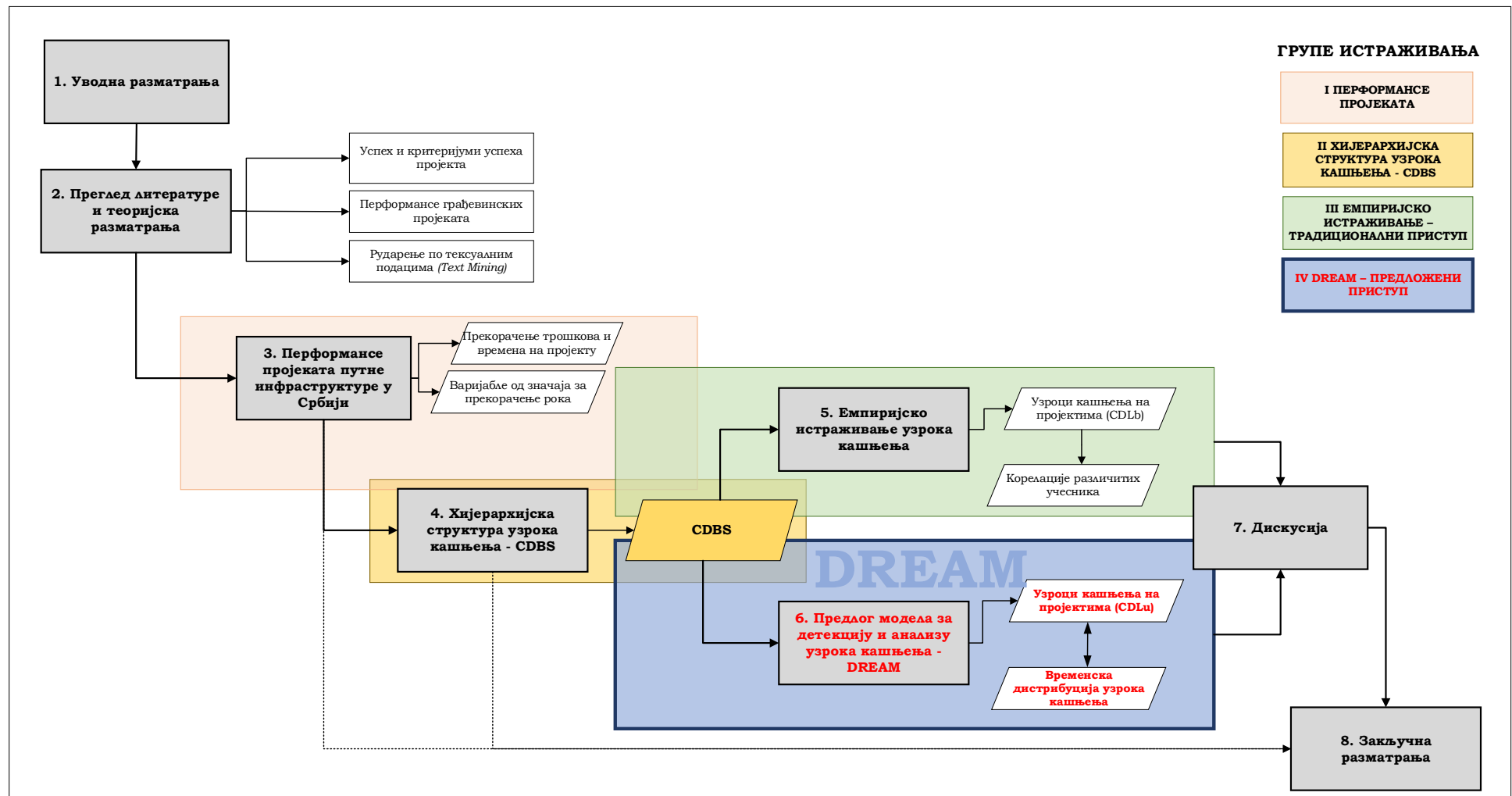
Поглавље 5 - Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре у Србији представља други део истраживања који има за циљ тестирање недостатака постојећег емпиријског приступа. Прикупљање података биће спроведено на бази затвореног анкетног упитника. У овој фази истраживања биће креиран јединствени упитник користећи CDBS успостављену у претходној фази истраживања. Посебан акценат у овом делу биће тестирање степена слагања ставова кључних учесника на пројекту (инвеститор, стручни надзор и извођач) користећи корелационе метрике. Вредности коефицијената корелације биће основ за дискусију о недостацима емпиријског приступа и поузданости резултата на нивоу појединачног пројекта.

Поглавље 6 - Модел за детекцију и анализу узрока кашњења базиран на подацима издвојеним из неструктурираних извора - DREAM описује методолошки оквир, поступак валидације и резултате предложеног модела и представља трећи, кључни део истраживања. Кроз поглавље ће бити детаљно разматране компоненте модела и образложења за њихов избор. У наставку следе резултати и потенцијал модела. Посебна пажња биће посвећена квалитативној анализи временске дистрибуције у циљу откривања базних узрока кашњења. Илустрација потенцијала предложеног модела биће приказана на примеру пројекта студије случаја. На крају поглавља ће бити дата закључна разматрања и допринос предложеног модела.

Поглавље 7 - Дискусија детаљно разматра резултате емпиријског истраживања и предложеног модела. Посебна пажња биће посвећена упоредној анализи слабости постојећих приступа и потенцијала предложеног **DREAM** - а у погледу идентификације и анализе узрока кашњења.

Поглавље 8 - Закључна разматрања представља закључно поглавље докторске дисертације. Кроз ово поглавље биће представљени кључни резултати истраживања. Поглавље се завршава ограничењима и правцима будућих истраживања.

Слика број 1 илуструје шематски приказ структуре докторске дисертације. Истакнуте су кључне области истраживања представљене кроз одговарајућа поглавља као и њихова међусобна зависност.



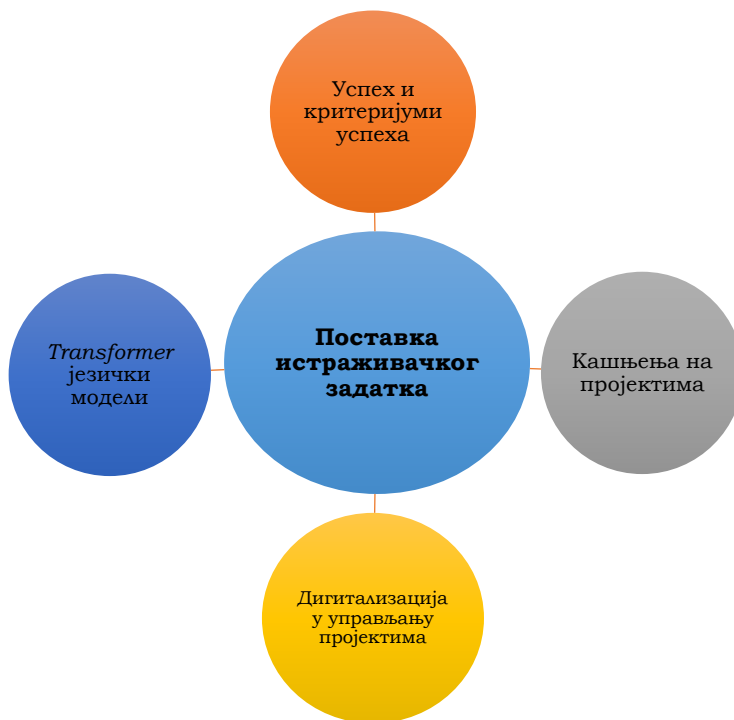
Слика број 1: Шематски приказ структуре докторске дисертације: **DREAM** (*Delay Root causes Extraction and Analysis Model*); **CDBS** (*Causes of Delay Breakdown Structure*); **CDLb** (*Biased Causes of Delay List*); **CDLu** (*Unbiased Causes of Delay List*)

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

2.1 Увод

Ово поглавље представља полазну тачку истраживања. С обзиром на мултидисциплинарност проблема поглавље је подељено на два дела. Први део разматра време као један од фундаменталних пројектних циљева са посебним акцентом на контекст кашњења на грађевинским пројектима. Други део се односи на примену вештачке интелигенције (AI) у домену дигитализације на грађевинским пројектима. Посебна пажња је посвећена техникама дубоког машинског учења (DL) у процесу рударења по текстуалној документацији (TM) као извору знања од значаја за процесе управљања пројектима.

Основне области које су обухваћене прегледом литературе су приказане на слици број 2 и односе се на успех и критеријуме успеха пројекта, кашњења на грађевинским пројектима, вештачку интелигенцију и дигитализацију у управљању пројектима у грађевинарству и *Transformer* језичке моделе за рударење по текстуалним подацима.



Слика број 2: Области обухваћене прегледом литературе у циљу постављања истраживачког задатка

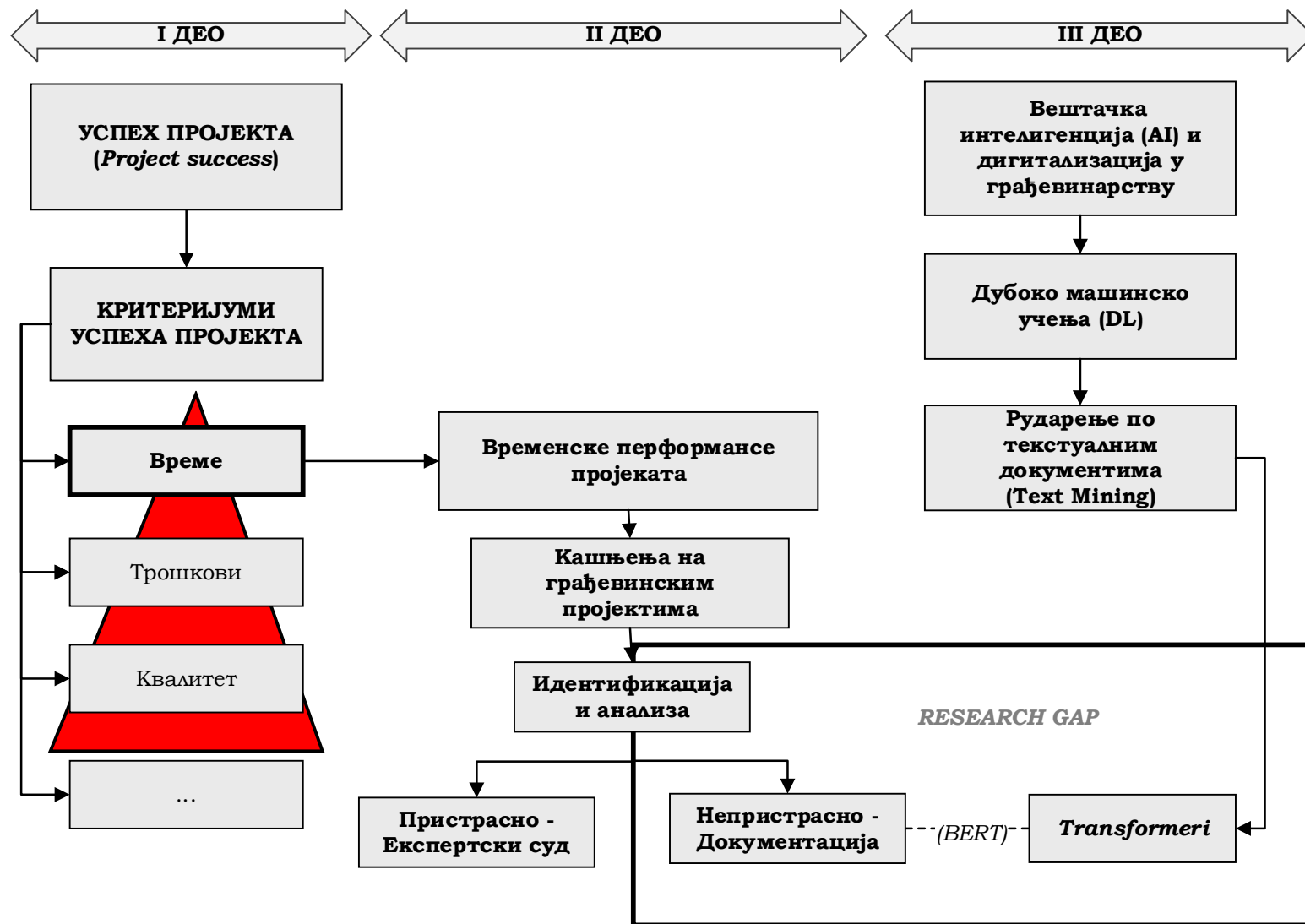
Поглавље даје теоријска разматрања и преглед постојећег стања у литератури за поменуте области које су од значаја за предмет истраживања докторске дисертације. Осим систематизације претходних студија, биће дат и критички осврт на досадашње истраживачке приступе.

У наредном тексту описана је структура овог поглавља докторске дисертације (слика број 3):

- **Први део поглавља** се бави успехом грађевинских пројеката. Кроз овај део прегледа литературе се разматрају приступи различитих аутора у контексту дефинисања успеха и критеријума за оцену успеха пројекта. Посебна пажња је усмерена на традиционалне елементе и њихову стабилност кроз време.
- **Други део поглавља** почиње анализом перформанси и трендова прекорачења времена и трошкова на грађевинским пројектима кроз различите студије. Посебан акценат је стављен на преглед досадашњих истраживања везаних за идентификацију и анализу узрока кашњења. Овај део прегледа литературе се завршава дискусијом и критичким освртом на постојеће приступе и њихове недостатке.
- **Трећи део поглавља** разматра доприносе примене вештачке интелигенције и дигитализације у управљању пројектима у домену модела за природну обраду језика (NLP). Посебна пажња је посвећена различитим документима са грађевинских пројеката и њиховом потенцијалу у области рударења по текстуалним подацима. На крају овог дела поглавља приказан је преглед најсавременијих језичких модела за обраду текста и њихова примена у управљању пројектима у грађевинарству.

На крају поглавља дата су свеобухватна закључна разматрања о тренутном стању одабраних области у литератури.

Извори литературе су ограничени на научне публикације, техничке извештаје и другу документацију релевантних организација (CIOB, PMI, статистички завод и др.). Преглед литературе је базиран на *Scopus*, *Science Direct*, *Kobson* и *Google Scholar* академску мрежу. Већина публикација објављена је у интервалу 1990. - 2022. године у следећим научним часописима: *Automation in Construction*, *International Journal of Project Management*, *Journal of Construction Engineering and Management*, *Engineering Construction and Architectural Management*, *Journal of Management in Engineering*, *Journal of Financial Management of Property and Construction*, *Journal of Civil Engineering and Management*. Највећи број публикација је на енглеском језику.



Слика број 3: Структура и области обухваћене прегледом литературе у циљу утврђивања јазу у досадашњим истраживањима (*Research gap*)

2.2 Успех пројекта

Грађевинска индустрија је једна од најзначајнијих индустријских грана једне земље. Као резултат тога, успех грађевинских пројеката је важно питање како за учеснике на пројекту тако и за владу и ширу заједницу (Alzahrani & Emsley, 2013). Успех и мере успеха пројекта су тема која је широко заступљена у литератури (Cooke-Davies, 2002). За разлику од других области управљања пројектима, позитиван тренд код истраживача је задржала и до данас (Montenegro et al., 2021). Један од разлога јесте и то да је успех пројекта тема на пољу управљања пројектима о којој се често расправљало али се ретко постигао консензус (Pinto & Slevin, 1987). Концепт успешног пројекта је развијен да би се поставили стандарди и критеријуми као помоћ учесницима да се пројекат заврши са најпожељнијим резултатом (А. Р. С. Chan & Chan, 2004). Упркос вишедеценијском истраживању, унапређењу колективног искуства у области управљања пројектима и значајном повећању броја пројеката у грађевинској индустрији, пројекти су и даље неуспешни (Cooke-Davies, 2002).

Успех пројекта различито тумаче учесници на пројекту (Alzahrani & Emsley, 2013; А. Р. С. Chan & Chan, 2004). Исти аутори сматрају да учесници имају различите интересе на пројекту па стога и перцепција о успеху може да варира. Инвеститор може оценити пројекат као успешан, док у исто време пројекат може бити потпуно неуспешан за извођача или крајњег корисника (Toor & Ogunlana, 2008). Ово је посебно значајно у случају грађевинских пројеката где постоји велики број учесника на пројекту. Додатно, у случају великих грађевинских пројеката присутни су учесници различитих националних и културолошких припадности што додатно доприноси јазу у посматрању критеријума за успех пројекта. Према томе, тешко је објективно проценити да ли је пројекат успешан или не.

Tuman (1986) заступа дефиницију успех грађевинског пројекта у контексту „да све испадне како је планирано“. Ashley et.al., (1987) су представили успех пројекта у контексту „да се све догоди према или изнад очекивања у смислу трошкова, времена, квалитета, безбедности и задовољства учесника на пројекту“ (Alzahrani & Emsley, 2013). Wit (1988) је сматрао да се под успехом пројекта подразумева испуњење техничких захтева и остварење високог степена задовољства међу кључним учесницима на пројекту. (Sanvido et al., 1992) су дефинисали успех пројекта у смислу да су испуњена очекивања учесника, било да је власник, планер, инжењер или извођач радова. (Nguyen et al., 2004) заступају традиционалан приступ разумевању успеха у погледу трошкова времена, квалитета и задовољства учесника на пројекту.

Без обзира на различите дефиниције успеха пројекта, потребно је разликовати критеријуме успеха пројекта (*project success criteria*) и факторе успеха пројекта (*project success factors*) (Cooke-Davies, 2002; Montenegro et al., 2021).

2.2.1 Критеријуми успеха пројекта

Већина аутора се слаже да је тешко направити универзалну листу критеријума за мерење успеха пројекта. Концепт гвозденог троугла (*Iron Triangle*), који се назива и троструко ограничење (*Triple Constraint*) или троугао управљања пројектом представља основ за разумевање успеха пројекта (Pollack et al., 2018).

Перцепција о успеха пројекта и критеријуми су се мењали кроз време (табела број 1). До 90-их година прошлог века успех се посматрао само кроз остварење традиционалних пројектних циљева – време трошкови и квалитет (Montenegro et al., 2021). Троструко ограничење заступа идеју о избалансираном односу између рока, трошкова и квалитета. Традиционалне мере су дуго били доминантни критеријуми успеха грађевинских пројеката (Alzahrani & Emsley, 2013). Не само у грађевинарству већ и у другим индустријама, гвоздени троугао (*Iron Triangle*) представља најчешће разматране мере успеха пројекта (Pollack et al., 2018). На бази ових критеријума, једноставно је прогласити успех пројекта. Другим речима, овај концепт представља недвосмислено и једноставно мерило учинка пројекта. Међутим иако лако мерљиви и очигледни критеријуми, постоје и одређена ограничења у вези са „гвозденим троуглом“. Испуњење ова три критеријума не мора да значи задовољство крајњег корисника или других учесника на пројекту.

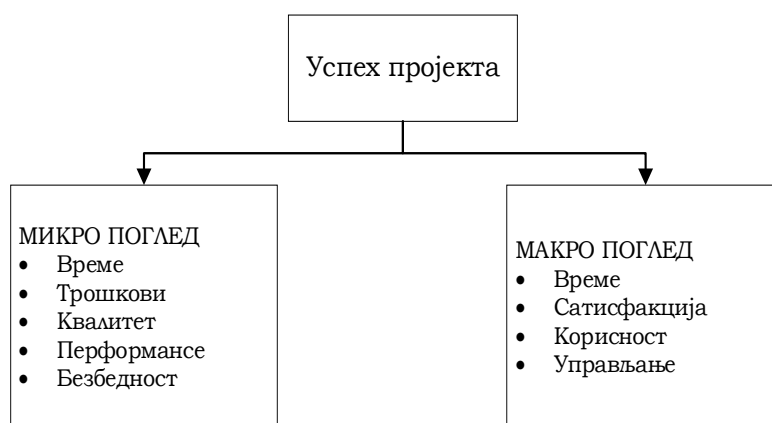
Након 90-их година критеријуми успеха су се проширили и на друге аспекте као што су комуникација, организациони циљеви, односи и задовољство учесника на пројекту, трансфер технологија, здравље и безбедност на раду (Montenegro et al., 2021; A. Wang et al., 2006). У истраживању (Montenegro et al., 2021) истиче се значај емоционалне интелигенције учесника на успех пројекта. Овакве субјективне мере су у литератури познате као „меке“ мере успеха пројекта (A. P. C. Chan & Chan, 2004). У прилог томе, (Pheng & Chuan, 2006) сугеришу да се успех пројекта не може ограничити само на елементе гвозденог троугла. Надаље, неки од аутора су сматрали да је за успех пројекта пресудно одсуство правних потраживања (A. P. C. Chan & Chan, 2004). На крају, можемо говорити о листи критеријума која никада неће бити коначна.

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

Табела број 1: Успех пројекта кроз време (Montenegro et al., 2021)

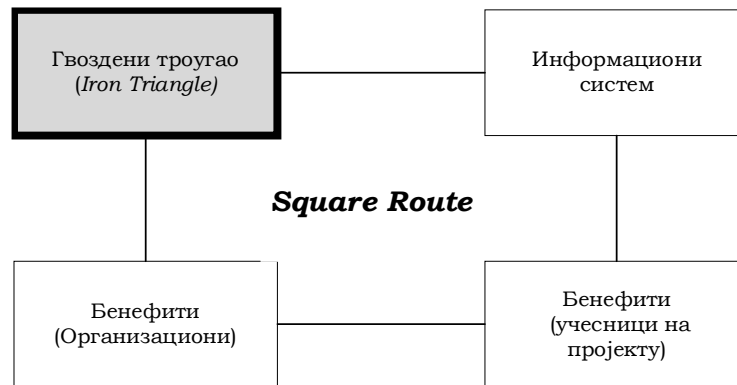
	Период 1 1960 - 1980	Период 2 1980 - 2000	Период 3 21. век
Критеријуми успеха	„Гвоздени троугао“ (Време, трошкови и квалитет)	„Гвоздени троугао“ Задовољство инвеститора Задовољство крајњег корисника Бенефити за учеснике Бенефити за особље	„Гвоздени троугао“ Стратешки циљ инвеститора Задовољство крајњег корисника Бенефити за учеснике на пројекту Бенефити за особље и симболичке и реторичке евалуација успеха и неуспех
Фактори успеха	„Anecdotic lists“	Листе и оквири за CSF	Инклузивнији оквир CSF и симболички и реторички фактори успеха
Акценат	Успех управљања пројектом	Успех Пројекта/ Производа	Пројекат/производ, портфолио, програм успеха и наративи успеха и неуспеха

Успех пројекта могуће је посматрати из различитих визура. На пример, у студији (Lim & Zain Mohamed, 1999) успех пројекта се посматра на макро и микро нивоу (слика број 4). Микро ниво се односи на традиционалне елементе и перспективу стручног надзора и извођача радова. С друге стране, макро ниво разматра интересе крајњих корисника и инвеститора. Макро ниво има дугорочни поглед на пројекат, док микро ниво разматра краткорочне домете. Слична аналогија забележена је и код (Cooke-Davies, 2002) где је дефинисана разлика између успеха пројекта, који се мери у односу на циљеве и успеха у управљању пројектима, тј. успех управљања перформансама. У сваком случају, и макро и микро ниво подразумевају испуњење традиционалних критеријума (време, трошкови и квалитет) (Cooke-Davies, 2002).



Слика број 4: Макро и микро поглед на успех пројекта (Cooke-Davies, 2002)

Занимљиво је истаћи концепт “*Square Route*” који предлаже (Atkinson, 1999) (слика број 5). Овакав приступ сматра неопходним и фундаменталним критеријумима елементе гвозденог троугла. Осим ове групе, укључени су и други критеријуми сврстани у три нове категорије: информациони систем, директне користи за учеснике на пројекту и индиректне користи за ширу заједницу.



Слика број 5: Концепт “*Square Route*” (Atkinson, 1999)

2.2.2 Критични фактори успеха

Критични фактори успеха су инпути који директно или индиректно доприносе постизању успеха пројекта. Различити фактори одређују успеха или неуспех пројекта у смислу дефинисаних циљева. Многи аутори дају предност емпиријском истраживању кроз интервјуе са експертима у циљу идентификације фактора успеха/неуспеха пројекта. Неки аутори сматрају да је дефинисање фактора успеха пројекта предуслов за успех и начин за мерење нивоа зрелости пословања. Различити аутори представљају различите листе. Међутим, може се изнети општи закључак да не постоји универзална листа критичних фактора успеха свих пројеката. Овај закључак важи и за грађевински сектор.

Многи истраживачи су генерисали различите скупове критичних фактора успеха у жељи да објасне узроке успеха, односно неуспеха пројекта (табела број 2).

Табела број 2: Дефиниција критичних фактора успеха пројекта (Pinto & Slevin, 1987)

Фактори успеха пројекта	Дефиниција
Мисија пројекта	Јасни циљеви и општи правци
Подршка највишег руководства	Спремност највишег руководства да обезбеди неопходне ресурсе и овлашћења за успех пројекта
Пројектни планови	Детаљна спецификација појединачних корака потребних за имплементацију пројекта
Консултације са послодавцем (client)	Комуникација, консултације и активно сарадња свих заинтересованих страна
Особље	Регрутација, селекција и обука потребног особља за пројектни тим

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

Технички задаци	Доступност потребне технологије и стручности за постизање специфичних задатака
Прихватање од стране послодавца (client)	Чин „продаје“ коначног пројекта његовом крајњем предвиђеном кориснику
Праћење и повратне информације	Правовремено пружање свеобухватних контролних информација у свакој фази процеса имплементације
Комуникација	Обезбеђивање одговарајуће мреже и неопходних података свим кључним актерима у имплементацији пројекта
Решавање проблема	Способност да се носи са неочекиваним кризама и одступања од плана

У контексту инфраструктурних пројеката финансираних од стране Светске банке препознато је 5 критичних фактора за успех пројекта: контрола, координација, квалитет пројектно-техничке документације, обука и институционални оквир и окружење (Mikić, 2015).

Повећање критеријума доприноси сагледавању различитих области у животном циклусу једног пројекта али и доприноси конфузији управљања пројектом. Један од разлога за повећање броја елемената успеха пројекта јесте тај што су пројекти и даље неуспешни.

Прегледом досадашњих истраживања уочено је да је концепт гвозденог троугла најшире прихваћени критеријуми за оцену успеха пројекта (Pollack et al., 2018). Велики број истраживача се фокусира на развој нових критеријума, док је уочен недостатак студија који разматра разлоге за неуспех у погледу традиционалних циљева. Циљ наредног дела јесте истраживање перформанси грађевинских пројеката са посебним акцентом на време као један од фундаменталних пројектних циљева.

2.3 Перформансе грађевинских пројеката

У овом делу прегледа литературе истражују се трендови кашњења и прекорачења трошкова на грађевинским пројектима широм света. Иако је докторска дисертација ограничена на домен кашњења на пројектима, кроз преглед литературе биће разматрано и прекорачење трошкова. Главни разлог јесте тај што велики број истраживача посматра прекорачење трошкова и времена као један поремећај на пројекту. Додатно, биће разматране студије које истражују зависност кашњења на пројектима и различитих варијабли.

Овај део литературе треба да одговори на следећа питања:

- *Какви су трендови прекорачења времена и трошкова на грађевинским пројектима у различитим истраживањима?*
- *Које су варијабле од значаја за прекорачање рока на грађевинским пројектима?*

Грађевински пројекти се завршавају са значајним прекорачењем рока и изнад планираног буџета (Flyvbjerg Vent, 2011). Иако је у претходном делу приказан

пораст броја критеријума (табела број 1), време и трошкови се и даље сматрају доминантним критеријумима успеха пројекта. Прекорачења трошкова и времена на пројектима имају вишеструке последице. Осим што утичу на перформансе пројекта, доводе и до штетних ефеката на раст националних економија и успоравају развој грађевинске индустрије (Senouci et al., 2016). На крају, пројекти са значајним прекорачењима могу изгубити своју економску оправданост што може довести до обуставе радова и раскида уговора.

Пројекат се сматра неуспешним уколико нису остварени циљеви пројекта. У студији (Locatelli et al., 2014), више од 40% грађевинских пројеката је проглашено неуспешним. Кашњења и прекорачења трошкова на грађевинским пројектима имају *status quo* у грађевинској индустрији (Assaad et al., 2020). Ово поткрепљују глобалне студије и трендови прекорачења на пројектима широм света. Истраживања показују да се грађевинске индустрије широм света „боре“ са прекорачењима трошкова и времена на пројекту. Новија истраживања негирају ставове да су лоше перформансе пројеката присутне само у земљама „трећег света“ (A. Rivera et al., 2017). Иако технолошки напредније и богатије, и развијене земље се суочавају са прекорачењима на грађевинским пројектима (Kolltveit & Grønhaug, 2004). Глобална истраживања показују да је преко 70% пројеката изложено кашњењу са повећањем планираног трајања за приближно 40%, док је 63% изложено прекорачењу трошкова са просечним прекорачењем од 24% уговорене вредности радова (A. Rivera et al., 2017).

Просечно прекорачење трошкова на пројектима путне инфраструктуре у Норвешкој је износило око 8% са запажањем да су мањи пројекти били изложени већем прекорачењу (Odeck, 2004). У студији (Flyvbjerg et al., 2003) дошло се до резултата да је више од 90% инфраструктурних пројекта широм света било изложено прекорачењу трошкова наводећи оптимистично понашање учесника на пројекту као један од главних разлога за поремећаје.

Према истраживању (Negavi & Mohammadian, 2021), око 93% грађевинских пројеката у Ирану је завршено уз прекорачење буџета и уговореног трајања радова. Истраживање које је спроведено на пројектима у Гани указује да је 75% пројеката било изложено кашњењу истичући „осетљивост“ земаља у развоју на проблеме прекорачења на пројектима (Frimpong et al., 2003). Истраживање перформанси грађевинских пројеката у Катару наводи да је просечно прекорачење трошкова 54% планираних вредности радова, док је прекорачење рока 72% планираног трајања (Senouci et al., 2016).

Прекорачења трошкова и времена су резултат фактора који се јављају у различитим фазама животног циклуса пројекта (Bhargava et al., 2010). Ови фактори укључују повећање обима пројекта, неповољне временске услове, грешке у пројектној документацији, комуникацију учесника на пројекту и друге промене везане за пројекат.

Постоје различити приступи анализи временских и трошковних перформанси. Неки од аутора сматрају да истовремена процена перформанси даје боље резултате у односу на приступ посматрања ових варијабли појединачно (Bhargava et al., 2010). Поред идентификације степена прекорачења, велики

број студија разматра њихове узроке. Неке студије наводе да су разлози за прекорачења трошкова и времена различите природе, док неке студије износе да су проблеми слични (Olawale & Sun, 2015).

Значај времена изградње се често користи за контролу учинка и има директан утицај на економска питања (González et al., 2014). Такође у студији (Hwang et al., 2013) се наводи да је време критичан фактор успеха пројекта.

2.3.1 Кашњења на грађевинским пројектима

Динамички планови се израђују у фази планирања тј. пре почетка реализације, али и током трајања пројекта. Планирање и израда динамичких планова представља логичку анализу редоследа изградње објекта познавајући методе, материјале и праксу. Ова фаза представља важну улогу за успешно управљање пројектом (Sami Ur Rehman et al., 2022). Свака активност из динамичког плана укључује неизвесности и ризике различитог степена који доприносе кашњењу на грађевинским пројектима.

Студије о кашњењима на грађевинским пројектима се спроводе више од 50 година. Кашњења су присутна и у развијеним земљама као и у земљама у развоју (Assaf & Al-Hejji, 2006) (табела број 3). Кашњење представља уобичајен ризик на грађевинским пројектима (Rachid et al., 2019; Sami Ur Rehman et al., 2022). Међутим, иако је присутан на великом броју пројеката то не умањује значај и озбиљност овог ризика. Кашњења су постала интегрални део животног циклуса једног грађевинског пројекта (G. Sweis et al., 2008).

Табела број 3: Временске перфоомансе грађевинских пројеката по континентима (A. Rivera et al., 2017)

Континент	% пројекта изложених кашњењу	% кашњења на пројектима
Африка	75%	53%
Северна Америка	98%	37%
Азија	68%	37%
Европа	53%	55%

Кашњење се може дефинисати као касни завршетак радова у односу на планирани рок за завршетак радова или неки други рок око кога су се стране на пројекту договориле (Assaf & Al-Hejji, 2006). Кашњење може изазвати било која уговорна страна и може бити последица једног или више узрока. Многи истраживачи сматрају да је завршетак пројекта у планираном року један од главних критеријума да ли је пројекат успешан или не (Frimpong et al., 2003; Olawale & Sun, 2015; Vacanas & Danezis, 2021). За разлику од осталих циљева пројекта, кашњење пројекта негативно утиче на све учеснике на пројекту. Извођач радова повећава своје индиректне трошкове, трошкове ангажовања радне снаге и материјала (Rachid et al., 2019) и умањује ангажованост на другим пројектима. С друге стране, инвеститор трпи губитак профита јер пројекат касни са експлоатацијом и пуштањем у рад (Assaf & Al-Hejji, 2006;

Welde & Bukkestein, 2021). Додатно, инвеститор је услед кашњења на пројекту изложен индиректним трошковима управљања и надзора на пројекту (Rachid et al., 2019).

Кашњења на пројектима могу имати негативан утицај на остале критеријуме успеха пројекта. На пример, кашњења могу проузроковати повећање трошкова, смањен квалитет и могу неповољно утицати на безбедност на раду (González et al., 2014). Главне последице кашњења идентификоване кроз истраживање (Sambasivan & Soon, 2007) су: прекорачење трошкова, парнице, спорови, арбитраже и раскид уговора. Додатно, кашњења могу негативно утицати на односе међу учесницима, задовољство и комуникацију учесника на пројектима (Hwang et al., 2013). На крају, кашњења су један од најзначајнијих критеријума за конкурентност грађевинских компанија на тржишту.

Бројни пројекти кроз историју сведоче о прекорачењима током реализације. Најдуже кашњење пројекта забележено је при изградњи католичке базилике Саграда фамилија у Барселони. Радови су почели 1882. и још увек трају. Бостонски *Big Dig* је био најскупљи пројекат путне инфраструктуре у US. Кашњење реализације је износило 9 година. Аеродром у Берлину отворен 2020. године достигао је прекорачење рока од 8 година у односу на планирано трајање. Седиште Централне европске банке (*European Central Bank*) у Франкфурту завршено је уз прекорачење рока од 3 године и прекорачење трошкова од приближно 50%. *Elbphilharmonie* концертна дворана у Хамбургу завршена је уз кашњење од 7 година и прекорачење трошкова од чак 1025% (Steininger et al., 2021). У истраживању (Singh, 2010) закључује се да су највећа кашњења забележена у железничком сектору и то 118% прекорачење рока као да је 98% пројеката било изложено кашњењу.

До кашњења на грађевинским пројектима долази услед различитих утицаја из различитих извора. Неки се односе на перформансе учесника на пројекту, уговорне одредбе док се неки односе и на пројектно окружење (G. Sweis et al., 2008), као на пример лоша организација радова, квалитет документације, лоша продуктивност радне снаге и кварови механизације. Осим ових разлога за које ризик преузима нека од уговорних страна, постоје узроци кашњења који су последица дејста више силе или у литератури познати као *Arts of God* (G. Sweis et al., 2008). Осим великог броја различитих фактора који утичу на кашњење пројеката, проблем додатно усложњава и њихова потенцијална каузалност. Све ово доприноси сложености проблема које се односи на истраживање узрока кашњења на грађевинским пројектима.

2.3.2 Варијабле од значаја

Велики број истраживача се бавио питањем перформанси пројеката у грађевинској индустрији, нарочито у погледу трошкова и времена. Приметан је велики број студија везаних за трошковне перформансе (Andrić et al., 2019; Flyvbjerg et al., 2003; Williams & Gong, 2014), док мањи број студија разматра временске перформансе грађевинских пројеката (Enshassi et al., 2009; Larsen et al., 2016; Vasanas & Danezis, 2021). Осим у погледу степена одступања у односу на планиране вредности, значајно је утврдити које су варијабле у корелацији са прекорачењима (табела број 4).

У студији (Andrić et al., 2019) разматран је однос степен прекорачења трошкова и независних варијабли: врста пројекта, регион, величина пројекта и имплементациони период. Студија користи линеарну регресиону анализу за утврђивање зависности прекорачења трошкова и одабраних варијабли за инфраструктурне пројекте у Азији. Резултати указују да постоји корелације између прекорачења трошкова и поменутих варијабли.

У студији (Love et al., 2014) су анализирана прекорачења трошкова и времена на пројектима саобраћајне инфраструктуре у Аустралији. Студија је истраживали зависност прекорачења трошкова и прекорачења рока изградње за одабране варијабле. Користећи ANOVA статистички тест дошло се до следећих закључака:

- није било значајне разлике између врсте и величине пројекта, појединачно и прекорачења трошкова;
- није било значајне разлике између врсте и величине пројекта, појединачно и прекорачења рока изградње;

Сprovedено је истраживање прекорачења трошкова и времена на грађевинским пројектима у Ирану (Heravi & Mohammadian, 2021) где је предмет истраживања била зависност прекорачења трошкова и рока изградње на пројектима у односу на варијабле: планирано трајања, планирани трошкови, врста и природа пројекта и стопа инфлације. Резултати су указали да постоји корелација између прекорачења трошкова и времена, док није било значајне везе између прекорачења трошкова и времена и стопе инфлације.

Flyvbjerg et al., 2003 су анализирали зависност прекорачења трошкова и типа пројекта, регија и година одлуке за изградњу за 258 пројеката саобраћајне инфраструктуре широм света. Резултати су показали да није било значајне зависности између прекорачења трошкова и године одлуке о изградњи и географске регије.

У студији (Mahamid, 2017) вршено је истраживање о кашњењима на пројектима путне инфраструктуре у Палестини. На бази података од 101 пројекта анализирана је зависност кашњења и три независне варијабле: процењено трајање, величина пројекта и физичке карактеристике пројекта. Користећи линеарну регресију дошло до резултата да постоји зависност између прекорачења рока и величине пројекта, физичких карактеристика и процењеног трајања.

Студија (Senouci et al., 2016) је разматрала прекорачења трошкова и времена на грађевинским пројектима у Катару. База података је обухватила 122 грађевинска пројекта у Катару. Користећи ANOVA тестове дошло се до закључка да није било значајне везе између прекорачења рока и типа пројекта. Међутим, постојала је статистички значајна веза између прекорачења рока и године завршетка и трајања пројекта.

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

Табела број 4: Варијабле од значаја за прекорачење рока кроз преглед одабраних студија

Аутори	Локација	Зависна променљива	Независне променљива	Корелационе анализе
(Love et al., 2014)	Аустралија	SO и CO	Тип и величина пројекта	ANOVA
(Andrić et al., 2019)	Азија	CO	Врста пројекта, регион, величина и имплементациони период	Регресиона анализа
(Mahamid, 2017)	Палестина	SO	процењено трајање величина пројекта физичке карактеристике пројекта	Регресиона анализа
(Shrestha et al., 2013)	USA	SO и CO	Тип и величина пројекта	ANOVA
(Heravi & Mohammadian, 2021)	Иран	SO и CO	Планирани трошкови, планирано трајање, врста пројекта, стопа инфлације	Регресиона анализа
(Senouci et al., 2016)	Катар	SO и CO	Врста пројекта, категорија, величина пројекта, година завршетка, трајање пројекта	ANOVA
(Flyvbjerg et al., 2003)	Свет	CO	Тип пројекта, регија и година одлуке за изградњу	F тест

CO (Cost Overrun) – SO (Schedule Overrun)

Постоји консензус међу истраживачима да је кашњење пројекта једно од најважнијих питања у области управљања пројектима (Assaf & Al-Hejji, 2006; Rachid et al., 2019). За разумевање проблема важно је сагледати њихов приступ идентификацији и анализи узрока кашњења. Следећи део се односи на преглед главних узрока кашњења на грађевинским пројектима широм света.

2.4 Ризици на грађевинским пројектима

Ризик представља концепт који варира у зависности од гледишта, ставова и искуства, те стога има различито значење за различите групе (Baloi & Price, 2003). Грађевински пројекти су склони неизвесностима које могу угрозити циљеве пројекта. Најважнији ризици на пројекту се односе на испуњење пројектних циљева. Када су грађевински пројекти у питању ризик се може дефинисати као вероватноћа да ће се реализовати догађај штетан по пројекат (Baloi & Price, 2003). Како су пројектни циљеви дефинисани у погледу трошкова, времена и квалитета, најважнији ризици се односе на испуњење ових циљева.

Према PMI ризик представља „неизвестан догађај или стање које, ако се догоди, има позитиван или негативан ефекат на пројектне циљеве“ (Project Management Institute, 2016). Ризици могу представљати и прилике, али чињеница да већина ризика има негативне исходе наводи истраживаче на посматрање само негативне стране (Baloi & Price, 2003).

Грађевинска индустрија је подложна већем броју ризика у односу на друге области због своје сложености, посебно у координацији широког спектра различитих учесника. Сложеност је додатно отежана у спровођење пројеката јавног сектора. Инфраструктурни пројекти су комплексни па код таквих пројеката успех зависи од ефикасног управљања ризицима.

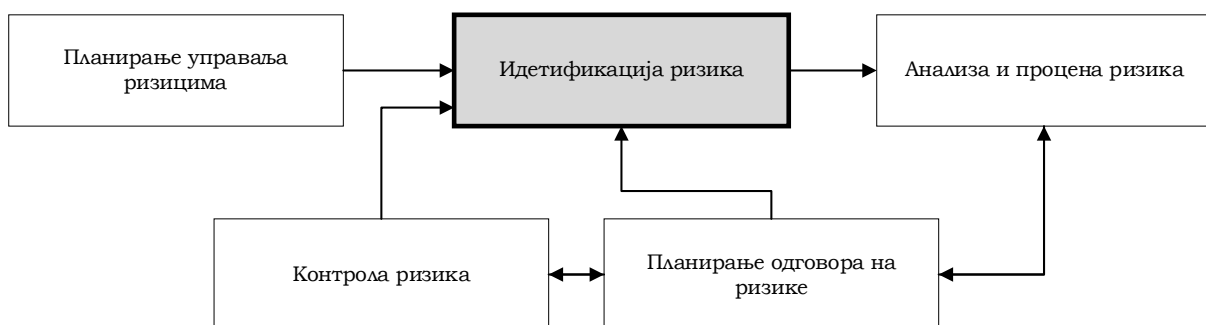
2.4.1 Управљање ризицима

Резултати емпиријских истраживања су показали да је управљање ризицима један од кључних фактора који доводи до успеха пројекта. Управљање ризицима представља једну од 10 области управљања пројектима према (Project Management Institute, 2016):

- Интеграција пројекта
- Дефинисање обима пројекта
- Управљање временом
- Управљање трошковима
- Управљање квалитетом
- Управљање људским ресурсима
- Управљање комуникацијама на пројекту
- Управљање ризиком
- Управљање набавкама
- Управљање учесницима на пројекту

Управљање ризицима је процес који се састоји од следећих корака (слика број 6) (Project Management Institute, 2016)

- планирање управљања ризиком,
- идентификација ризика,
- квалитативна и квантитативна анализа ризика,
- планирање одговора на ризик,
- праћење и контрола ризика.



Слика број 6: Шема процеса управљања ризицима (Project Management Institute, 2016)

С обзиром да постоје различити стандарди за управљање ризицима, присутне су и различите процедуре. Међутим, може се закључити да су четири процеса заједничка за све стандарде (Mikić, 2015):

1. Идентификација
2. Анализа
3. Третирање
4. Контрола и извештавање

Идентификација представља почетни и кључни корак у процесу управљања ризицима. Тачност резултата добијених у овој фази директно утиче на доношење одлука у наредним фазама управљања ризиком.

2.4.2 Идентификација ризика

Учење на бази искустава са завршених пројеката представља значајан процес у идентификацији ризика чиме се доприноси спречавању понављања сличних грешака у будућности (G. Wang et al., 2022). Идентификација представља процес систематичног и континуираног истраживања могућих ризика и потенцијалних последица по пројекат користећи различите алате и технике, као и идентификујући њихове базне узроке (*root causes*) (Jamal Al-Bahar & Crandall, 1990; Siraj & Fayek, 2019). Идентификација омогућава учесницима на пројекту да разумеју специфичне случајеве неизвесности, одреде потенцијални утицај на пројекат као и да развију стратегију за ублажавање последица (Siraj & Fayek, 2019).

Идентификација представља први и најважнији корак у процесу управљања ризиком јер се сви наредни кораци могу извести само на бази идентификације (Agrawal Ajay Kumar et al., 2021; Siraj & Fayek, 2019). Велики број експерата сматра да главна предност система за управљање ризицима долази из фазе идентификације.

Према (Project Management Institute, 2016) идентификација ризика на грађевинским пројектима захтева учешће чланова тима за управљање ризицима, спољашње експерте, руководиоце са других пројеката и друге експерте, у зависности од врсте и захтева пројекта. Идентификација ризика се спроводи кроз различите приступе који се могу поделити у две категорије: (1) субјективне и (2) објективне (G. Wang et al., 2022).

Субјективни приступи се базирају на искуству и знању експерата. Преглед литературе, интервјуи и анкете су најчешће коришћени алати. Иако експертски суд представља важан извор знања у овој области, субјективне методе поседују и одређена ограничења као што су године искуства, улога на пројекту, пристрасност и субјективизам, квалитет упитника и др. (Siraj & Fayek, 2019).

Објективни приступ подразумева преглед базе историјских података и документације са пројекта како би се извршила „реконструкција“ догађаја. Дијаграми *узрок - последица* су само неке од метода (G. Wang et al., 2022). Обим и сложеност велике количине података коју баштине грађевински пројекти су један од разлога зашто постоји недостатак ове групе истраживања.

Избор одговарајућих техника и алата зависи од различитих фактора као што су сложеност пројекта, фазе пројекта, доступност експерата за анализу ризика

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

и слично (Siraj & Fayek, 2019). Идентификација ризика представља процес који се базира на следећим изворима (Wang и остали, 2022):

- искуство и општа перцепција учесника на пројекту;
- историјски подаци и документација са пројекта.

У табели број 5 приказане су најзаступљеније технике за идентификацију ризика на грађевинским пројектима (Siraj & Fayek, 2019).

Табела број 5: Алати и технике за идентификацију ризика на грађевинским пројектима (Siraj & Fayek, 2019).

Ранг	Технике
1	Преглед литературе
2	Анкета
3	Интервјуи са експертима
4	Експертски панели
4	Базе историјских података
6	Преглед документације
7	<i>Brainstorming</i>
7	<i>Delphi</i> техника
9	Радионице
10	Контролне листе

НАПОМЕНА: Рангирање је извршено према заступљености у литератури.

Поред појединачних, могуће је користити комбинацију постојећих техника како би се искористио потенцијал сваке од њих. Најчешће комбинације техника су приказане у табели број 6.

Табела број 6: Рангирање према заступљености у литератури (Siraj & Fayek, 2019)

Ранг	Технике
1	Преглед литературе и упитник
2	Преглед литературе, интервјуи са експертима и упитници
3	Преглед литературе и интервјуи са експертима

У даљем тексту биће речи о студијама које су се бавиле идентификацијом и анализом узрока кашњења на грађевинским пројектима.

2.4.3 Узроци кашњења на грађевинским пројектима

Знања о узроцима кашњења на пројекту имају и теоријски и практични значај. У теоријском смислу, узроци кашњења могу пружити корисне податке како би се развили алати за управљање ризицима на пројектима и повећала база идентификованих ризика кроз различита истраживања. У практичном смислу, идентификовани узроци кашњења могу бити од користи при формирању стратегије за проактивно управљање ризицима током реализације пројекта.

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

За превенцију и умањење ризика од кашњења важно је сагледати базне узроке (*root causes*) који доводе до прекорачења рока на пројектима. Другим речима, ризик од кашњења пројекта могуће је свести на минимум само уз правилну идентификацију ризика и формирање превентивних мера за умањење кашњења (Jyh-Bin Yang et al., 2013; Zidane & Andersen, 2018).

Иако је предмет истраживања у овој студији саобраћајна инфраструктура, прегледом литературе обухваћене су и студије које су се бавиле и другим врстама грађевинских пројеката. Преглед литературе је обухватио 80 чланака у временском интервалу од 1985. до 2022. године. Највећи број студија разматра грађевинске пројекте у целости, док постоје и студије које су се бавиле специфичним типовима грађевинских пројеката (табела број 7).

Табела број 7: Заступљеност студија о узроцима кашњења по врстама грађевинских пројеката

Врста пројекта	Број студија
Грађевински пројекти	40
Нискоградња	15
Високоградња	10
Велики пројекти	5
Јавни пројекти	4
Енергетски сектор	4
Сектор заштите животне средине	2

Од укупног броја разматраних студија, највећи број публикације се односи на афричке и азијске земље (слика број 7). До сличних закључака су дошли и (Viles et al., 2020; Zidane & Andersen, 2018). Прегледом студија које се односе на узроке кашњења на грађевинским пројектима уочен је најмањи број студија за европске земље (Srđić & Šelih, 2015; Vacanas & Danezis, 2021; Zidane & Andersen, 2018). Један од разлога се може везати за посматрање кашњења у склопу општих ризика и неизвесности на грађевинским пројектима.

Осим у територијалном смислу, постоје и други разлози за претпоставку да су узроци кашњења везани за конкретан контекст, односно за сваку студију случаја посебно. На пример, главни узроци кашњења при изградњи путева у Камбоџи везани су за временске услове, односно кише и поплаве (Santoso & Soeng, 2016). С друге стране, главни узроци кашњења у Палестини се односе на нестабилну политичку ситуацију која се одражава на све сегменте грађевинске индустрије (Mahamid et al., 2012). Још један показатељ да је потребно истражити узроке кашњења и за српско тржиште и упоредити га са другим студијама.



Слика број 7: Истраживања узрока кашњења и њихова заступљеност кроз различите земље

Један од најцитиранијих радова ове области односи се на истраживање узрока кашњења за велике грађевинске пројекте у Саудијској Арабији (Assaf & Al-Hejji, 2006). Истраживање је показало да је 70% укупног броја пројеката било изложено кашњењу док се просечно прекорачење рока кретало у интервалу од 10% до 30% уговореног трајања. Студија је идентификовала 73 узрока кашњења који су груписани у 9 категорија према извору кашњења: пројекат, инвеститор, извођач, стручни надзор, пројектни тим, материјали, опрема, радна снага и спољашњи. Рангирање узрока кашњења је вршено према RII. На бази 57 успешно попуњених упитника дошло се до закључка да су најзначајнији узроци кашњења: (1) налози за измене од стране инвеститора током изградње; (2) кашњења у плаћању; (3) неефикасно планирање; (4) недостатак радне снаге; (5) потешкоће у финансирању од стране извођача радова. Осим идентификовања узрока кашњења, циљ ове студије је био на истраживању перцепције различитих учесника о кашњењу на арабијским пројектима користећи Spearman-ов ранг корелације. Резултати су показали да постоји висок степен слагања ставова све три групе учесника чиме је потврђена валидност истраживања.

У студији (Zidane & Andersen, 2018) су се истраживали узроци кашњења великих грађевинских пројеката у Норвешкој. Методологија истраживања је обухватила преглед литературе, отворене упитнике и интервјуе са учесницима на пројекту. Према резултатима 202 попуњења упитника, утврђени су главни узроци кашњења: (1) лоше и неадекватно планирање; (2) споро доношење одлука; (3) интерне административне процедуре и бирократија унутар пројектних организација; (4) недостатак ресурса (људски ресурси, машине, опрема); (5) лоша комуникација и координација између учесника; (6) спор процес контроле квалитета; (7) измене пројекта током изградње; (8) недостатак посвећености инвеститора и/или јасних захтева (циљева и задатака); (9) проблеми у седишту фирме; (10) закаснела и непотпуна пројектна документација. За разлику од већине истраживања, ова студија се бавила

квалитативном анализом између узрока кашњења и мерама за њихову превенцију или умањење.

Студија (Arantes et al., 2015) је разматрала узроке кашњења на грађевинским пројектима у Португалу. Методологија истраживања је обухватила пилот студију и коначан упитник који се састојао од 47 узрока кашњења груписаних у 9 категорија. За рангирање узрока кашњења коришћен је RII. Према резултатима 139 испитаника идентификовани су главни узроци кашњења: (1) спорост у доношењу одлука; (2) налози за измене; (3) неодговарајућа динамика радова и уговорне одредбе; (4) финансијска ограничења извођача; (5) врста надметања током тендерског поступка. Допринос ове студије се огледа и у идентификацији последица које кашњења имају по грађевински пројекат и то: (1) прекорачење рока, (2) прекорачење трошкова и (3) спорови.

У студији (Vacanas & Danezis, 2021) су истраживани главни узроци кашњења на грађевинским пројектима на Кипру. На бази 54 успешно попуњене анкете дошло се до закључка о најзначајнијим узроцима кашњења и то: (1) различити захтеви и измене од стране инвеститора; (2) грешке и недостаци пројектне документације; (3) ниска продуктивност; (4) неадекватно искуство стручног надзора; (5) потешкоће у финансирању од стране извођача.

Srdić & Šelih, 2015 су истраживани проблеме кашњења на грађевинским пројектима у Словенији. Резултати спроведеног истраживања указују да само 40% испитаника користи стандардне алате за планирање и контролу пројекта. Кад је реч о основним узроцима кашњења дошло се до сазнања да су основни узроци правне природе - процес добијања грађевинске дозволе. Један од закључака је да је велики број узрока кашњења из групе за које одговорност преузима инвеститор, а односи се на спорост у доношењу одлука, измене пројекта током извођења, кашњење и непотпуна пројекта документација

D. W. M. Chan & Kumaraswamy, 1997 су истраживали узроке кашњења на грађевинским пројектима у Хонг Конгу. Кроз истраживање је предложена листа од 83 узрока кашњења груписаних у 8 категорија: пројекат, инвеститор, извођач, пројектни тим, материјали, опрема, радна снага и спољашњи. Након истраживања спроведених путем анкете на бази прикупљања мишљења од стране извођача, стручног надзора и инвеститора, дошло се до закључка да су све три групе испитаника сагласне да је 5 најзначајнијих фактора који утичу на пројекте у Хонг Конгу: лоше управљање градилиштем, непредвиђени услови у тлу, споро доношење одлука за све групе учесника, измене пројекта од стране послодавца и неопходне измене на пројектима. Када је у питању перцепција испитиваних група, за утврђивање степена слагања ставова коришћен је RAF (*rank agreement factor*). Заљкучак је био да постоји консензуз између ставова стручног надзора и послодавца док је мањи степен усаглашености између извођача и инвеститора.

У студији (Т. К. Wang et al., 2018), аутори су истраживали узроке кашњења на грађевинским пројектима у фази изградње у Кини. Након неколико фаза (интервјуисање локалних експерата, академских професора и стручне заједнице) формиран је коначни списак узрока кашњења. Крајњи листа је представљена кроз 37 узрока кашњења који су подељени у 7 група (инвеститор,

стручни надзор, извођач, људски фактор, пројекат, ресурси и спољашњи) Анкета је дизајнирана да прикупља податке о две важне карактеристике узрока кашњења: (1) учесталост појаве и (2) величина утицаја. Као мера оцене, коришћена је петостепена Ликертова скала. Прикупљено је 115 валидних одговора (36% послатих анкета). Главни узроци кашњења су: (1) кашњења у плаћању; (2) измене радова; (3) изразито ниска понуда; (4) кашњења номинованих подизвођача.

Студија (Kazaz et al., 2012) је имала за циљ да истражи најзначајније узроке кашњења на грађевинским пројектима у Турској. Идентификовано је 34 узрока кашњења груписаних у 7 категорија (животна средина, финансије, радна снага, управљање, инвеститор, пројекат и ресурси). Резултати су показали да су главни узроци кашњења из групе финансија (кашњења у плаћању, проблеми везани за *cash flow*) и финансијске потешкоће извођача). Осим финансијских потешкоћа, слаба продуктивност радне снаге је идентификована као један од главних узрока кашњења. Ове околности су аутори повезали са извозом домаће, високо-квалификоване радне снаге на међународне пројекте ван Турске. Истраживање је показало да послодавци не користе савремене методе управљања. Такође, извођачи не придају значај студијама изводљивости што додатно доприноси продужетку времена изградње и дефектима током реализације. Студија је показала да постоји спор темпо развоја савремених метода управљања и планирања што доводи до додатних финансијских и временских последица.

Doloi et al., 2012 су истраживали главне узроке кашњења на грађевинским пројектима у Индији. Перцепција стручне јавности је испитана користећи упитник и рангирањем 45 узрока кашњења груписаних у 6 категорија: пројекат; градилиште; процеси; радна снага; државни органи; техничка питања. Користећи RII и петостепену Ликерову скалу извршено је рангирање узрока кашњења. Занимљиво је да су своје ставове о узроцима кашњења износили инвеститори, извођачи, стручни надзор и пројектанти/архитекте. Најзначајнији узроци су: (1) кашњења у достави материјала; (2) кашњења са достављањем пројектне документације; (3) финансијска ограничења извођача; (4) повећање обима радова; (5) кашњења са добијањем дозвола; (6) кашњења са доставом материјала од стране инвеститора; (7) споро доношење одлука од стране инвеститора.

Студија (Rachid et al., 2019) је истраживала узроке кашњења на великим инфраструктурним пројектима као што су аутопутеви, бране и водоводне мреже у Алжиру. Кроз истраживање је формиран упитник од 59 узрока кашњења груписаних у 9 категорија (пројекат, инвеститор, извођач, стручни надзор, пројектант, материјали, опрема, радна снага, спољашњи). Коришћен је Индекс релативне важности за рангирање узрока кашњења (RII) прикупљених из 52 успешно попуњена упитника. Анкетирани су инвеститори, извођачи и стручни надзор. Ова студија истиче значај мерења слагања ставова различитих учесника. Анализирајући перцепције различитих ученика закључено је да постоји релативно добра усаглашеност међу ставовима. Резултати истраживања су указали да су главни узроци кашњења: (1) спорост у доношењу одлука; (2) неодговарајуће трајање пројекта; (3) спорост у

изменама; (4) кашњења у плаћању и неефикасно планирање од стране извођача; (5) почетак радова без комплетне пројектне документације. Такође, аутори су дошли до закључка да је за највећи број узрока кашњења одговоран послодавац (6 од 10).

У студији (Kongchasing & Sua-Iam, 2021) истраживани су главни узроци кашњења изградње великих тржних центара и стамбених објеката на Тајланду. Користили су *Delphi* технику за добијање података стручне јавности о узроцима кашњења. *Delphi* техника је структурирани интерактивни алат који се користи у сврху предвиђања, ослањајући се на мишљење експерата. Било је потребно спровести два круга *Delphi* анкете како би се постигао консензус за све узроке. Најзначајнији узроци кашњења из перспективе извођача и консултанта јесу недостатак квалификоване радне снаге, измене пројекта од стране власника и лоша финансијска ситуација извођача.

Истраживање узрока кашњења спроведено је у USA само за регију Флориде (Ahmed & Azhar, 2002). Анализом одговорности дошло се до закључка да је за скоро 50% узрока кашњења одговоран извођач (прецизно 44%). Послодавац је одговоран за 24%, док је консултант одговоран за 6% узрока кашњења. Један од најзначајнијих узрока кашњења представља процес одобрења грађевинских дозвола. Аутори сматрају да законодвне власти морају поједноставити и убрзати процедуре везане за добијање грађевинских дозвола. Када су у питању грешке везане за пројектовање, аутори сматрају да стручни надзор има веома важну улогу као и да постоји подељена одговорност са послодавцем. Аутори скрећу пажњу на важност фазе пројектовања. Одлуке донете у раним фазама пројекта, тј у фази планирања и пројектовања имају значајне последице по остварење пројектих циљева.

Студија (Fallahnejad, 2013) је разматрала узроке кашњења на пројектима изградње гасовода у Ирану. Резултати емпиријског истраживања су показали да су главни узроци кашњења: (1) способност извођача за увоз материјала; (2) нереално трајање радова из уговора; (3) спора испорука материјала од стране инвеститора; (4) проблеми са експропријацијом; (5) измене услед повећаног обима радова. У овом истраживању аутори наводе да је, осим интервјуа са експертима и прегледа литературе, разматрана документација са пројекта (уговорну документацију, преписку, извештаји о напретку, записници са састанака и одштетни захтеви извођача) у циљу идентификације узрока кашњења. Презентована су и ограничења у прегледу документације која се односе на доступност и обим.

Узроци кашњења на пројектима путне инфраструктуре у Палестини били су предмет истраживања (Mahamid et al., 2012). Прикупљање података је спроведено уз помоћ упитника који се састојао од 52 узрока кашњења груписана у 8 категорија (пројекат, инвеститор, стручни надзор, извођач, спољашњи, радна снага, материјал и опрема и пројектна документација). Рангирање узрока кашњења је вршено на бази индекса значаја (*Severity index* – SI). Најзначајнији узроци кашњења су: (1) нестабилна политичка ситуација; (2) изолованост регије *West Bank* и ограничена кретања; (3) критеријум за

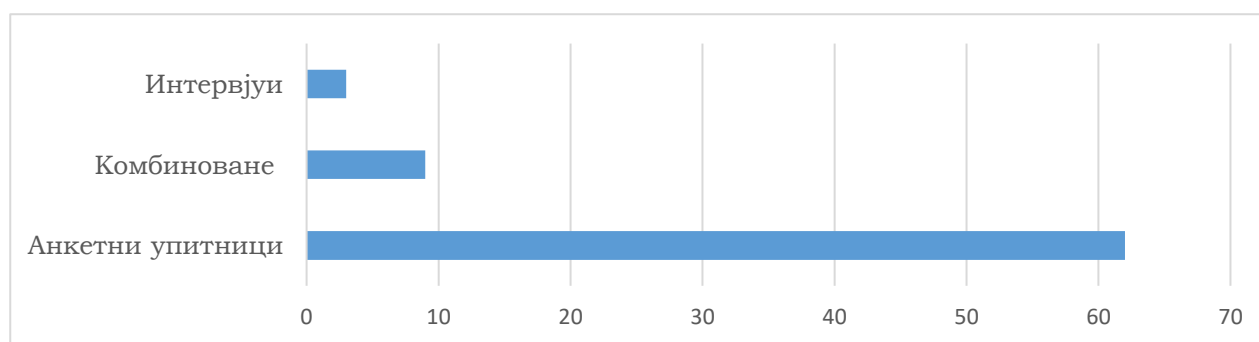
2. Анализа литературе и теоријска разматрања

доделу уговора – најнижа цена; (4) кашњења са плаћањем од стране инвеститора; (5) недостатак опреме.

Прегледом литературе препознате су најзаступљеније методе за идентификацију узрока кашњења:

- Анкетни упитници (Assaf & Al-Hejji, 2006; Dolo et al., 2012; Rachid et al., 2019; Sambasivan & Soon, 2007);
- Интервјуи са експертима (Agyekum-Mensah & Knight, 2017);
- Експертски панели (Kongchasing & Sua-Iam, 2021).

Недвосмислено је највећи број студија које користе анкетни упитник за идентификацију узрока кашњења (слика број 8).



Слика број 8: Методе за идентификацију узрока кашњења (илустрација аутора дисертације настала након систематичног прегледа литературе)

Осим различитих метода за прикупљање података о узроцима кашњења, примећен је и недостатак консензуса у погледу класификације. Табела број 8 приказује предложена груписања узрока кашњења кроз одабране студије.

Табела број 8: Одабране студије са предложеном структуром

Студија	Регион	Врста пројекта	Број узрока	Предложена структура узрока
(Assaf & Al-Hejji, 2006)	УАЕ	Велики инфраструктурни пројекти	73	Пројекат Инвеститор Извођач Пројектна документација Материјал Опрема Радна снага Спољашњи
(Sambasivan & Soon, 2007)	Малезија	Грађевински пројекти	28	Инвеститор Извођач Консултант Материјал и опрема Радна снага Уговор Фактори везани за уговорне односе Спољашњи
(Arantes et al., 2015)	Португал	Грађевински пројекти	47	Инвеститор Извођач Консултант

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

				Материјали Опрема и радна снага Пројектна документација Уговор и уговорни односи Спољашњи Власт
(Mahamid et al., 2012)	Палестина	Путна инфраструктура	52	Пројекат Инвеститор Извођач Консултант Пројектна документација Материјал и опрема Радна снага Спољашњи
(Doloi et al., 2012)	Индија	Грађевински пројекти	45	Пројекат Градилиште Просеци Технички Власт (регулатива) Људи
(Abbasi et al., 2020)	Иран	Грађевински пројекти	127	Извођач Инвеститор Пројекат Тендерска процедура Опрема Консултант Радна снага Разно
(L. Rivera et al., 2020)	Земље у развоју (25)	Грађевински пројекти	84	Извођач Инвеститор Консултант Спољашњи Заједнички
(Banobi & Jung, 2019)	Танзанија	Енергетски пројекти	35	Извођач Инвеститор Пројектна документација Спољашњи Инфраструктура и друштвени
(Fallahnejad, 2013)	Иран	Гасоводи	43	Извођач Инвеститор Инжењер Материјал Спољашњи Комуникација Уговор Радна снага и опрема <i>Интерфејс</i>
(T. K. Wang et al., 2018)	Кина	Грађевински пројекти	75	Инвеститор Инжењер Извођач Људство Пројекат Спољашњи Ресурси

Преглед резултата досадашњих студија указује да се узроци кашњења разликују кроз различите студије (табела број 9). Различито рангирање је последица специфичности у погледу предмета истраживања. Већина студија

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

која се бави анализом узрока кашњења пажњу усмерава на резултате идентификованих узрока док се методолошки поступак прикупљања података запоставља.

Табела број 9: Идентификовани узроци кашњења кроз одабране студије

Студија	Регион	Врста пројекта	Узроци кашњења
(D. W. M. Chan & Kumaraswamy, 1997)	Хонг Конг	Путна инфраструктура	Лоше управљање градилиштем Непредвиђени услови у тлу Споро доношење одлука свих учесника на пројекту Измене на захтев послодавца Неопходне измене на пројекту
(Vacanas & Danezis, 2021)	Кипар	Грађевински пројекти	Измене на захтев послодавца Грешке или недостаци у документацији Слаба продуктивност извођача Неадекватно искуство стручног надзора Кашњење са инструкцијама од стране стручног надзора
(Doloi et al., 2012)	Индија	Грађевински пројекти	Кашњења са испорукама материјала Кашњење са пројектном документацијом Финансијске потешкоће извођача Повећање обима радова Кашњење са добијањем дозвола од стране локалних власти
(Assaf & Al-Hejji, 2006)	Саудијска Арабија	Грађевински пројекти	Измене на захтев послодавца Кашњења у плаћању Неефикасно планирање Недостатак радне снаге Потешкоће у финансирању од стране извођача
(T. K. Wang et al., 2018)	Кина	Грађевински пројекти	Изузетно ниска понуда Недостатак радне снаге Непредвиђени услови на терену Измене на пројекту Недостатак финансијских средстава од стране извођача
(Rachid et al., 2019)	Алжир	Инфраструктурни пројекти	Споро доношење одлука свих учесника на пројекту Неадекватно трајање радова Спорост у изменама на пројекту Кашњења у плаћању Неадекватно планирање од стране извођача
(Zidane & Andersen, 2018)	Норвешка	Грађевински пројекти	Неадекватно планирање од стране извођача Споро доношење одлука свих учесника Унутрашње административне процедуре и бирократија Недостатак ресурса Лоша комуникација између учесника
(Arantes et al., 2015)	Португал	Грађевински пројекти	Споро доношење одлука свих учесника Измене на пројекту Неадекватно планирање Неадекватне уговорне одредбе Финансијска ограничења

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

(L. Rivera et al., 2020)	Земље у развоју (25)	Грађевински пројекти	Недостатака искуства руководиоца изградње Неадекватно планирање Проблеми са експропријацијом Лоша комуникација између учесника Честе измене пројектне документације
--------------------------	----------------------	----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Основна претпоставка емпиријских истраживања јесте да су учесници компетентни и да су својим одговорима дали најбољу могућу процену (Nkado, 1995). Овакви трендови могу бити објашњени и мотивима истраживача чији је фокус на узроцима кашњења, а не да поступку за идентификацију. Квантитативне технике, као што су анкетни упитници, пружају информације о узроцима кашњења али уз одређена ограничења. О недостацима постојећих приступа биће речи у наредном делу.

2.4.4 Недостаци постојећих приступа

Препознате методе, као што су упитници, интервјуи или њихова комбинација се у највећој мери користе за прикупљање података о узроцима кашњења (слика број 8). Резултати таквих истраживања јесу идентификоване листе узрока кашњења рангиране према мишљењу изабраних учесника на пројекту. Такав приступ је важан извор знања, али често није у контексту решавања проблема (AlSehaimi et al., 2013; Flyvbjerg Bent, 2011). Додатно, експертски суд може бити подложен субјективизму и пристрасности што може утицати на поузданост резултата. Према томе, постојећа истраживања, поред великог значаја експертског мишљења, поседују и одређена ограничења:

- недостатак истраживања о базним узроцима кашњења (*root causes of delay*);
- експертска пристрасност (*bias*) и субјективизам присутан у одговорима учесника истраживања.

Узроци VS базни узроци кашњења

Досадашња истраживања су склона конвенционалним објашњењима неуспеха пројекта као што су сложеност, недостатак радне снаге и материјала на тржишту, геолошки услови, неусклађеност делова пројектне документације и слично (табела број 9). Препознати узроци кашњења су засигурно били присутни на пројекту. Међутим, потреба је идентификовати шта је *шта је тачно пошло по злу на нивоу појединачног пројекта*. Само детаљна анализа узрока и околности које су довеле до поремећаја може бити од користи у превенцији и умањењу кашњења на будућим пројектима. Једна од најутицајнијих студија ове области указује на значај разлике између узрока (*causes*) и базних узрока (*root causes*) кашњења (Flyvbjerg Bent, 2011).

Базни узроци кашњења представљају фундаменталне узроке кашњења који су настали нарушавањем основних принципа (Ellis et al., 2003). На пример, измене услед грешака или лошег квалитета током изградње представља узрок кашњења препознат у већини студија. Нема сумње да је овај узрок у некој фази реализације пројекта имао директан утицај на прекорачење рока. Међутим, постоји основ за детаљнију анализу како би се утврдиле околности настанка

овог узрока. Грешке или лош квалитет радова се могу довести у везу са перформансама извођача радова. Према томе, основни узрок кашњења, у овом примеру, могу бити лоше перформансе извођача. Затим, грешке у планирању представљају узрок кашњења, док базни узрок кашњења представља кршење принципа анализе трошкова и времена чије се последице огледају у квалитету плана. С друге стране, у студији (Flyvbjerg Bent, 2011) наводе да главни узрок грешака у планирању може бити оптимизам планера. Све поменуто представља само илустрацију потребе за идентификацијом корена проблема, тј. базних узрока кашњења (*root causes of delay*). У сваком случају, потребне су детаљне анализе поремећаја на пројекту како би се утврдили базни узроци кашњења.

Постоји мали број истраживања који дефинише разлику између узрока и базних узрока кашњења (Flyvbjerg, 2011) (табела број 10). У литератури се разматрају неки од начина да се утврде базних узроци кашњења. На пример, (Viles и остали, 2020) наводи да идентификацији основних узрока кашњења доприноси подела узрока на групе. Осим тога, користе се различите технике као што су RCA, in-depth интервјуи и слично. У наставку следе наводи студија које су истраживале базне узроке кашњења и њихови резултати.

У студији која се односи на грађевинске пројекте у Ирану разматрани су базни узроци кашњења користећи RCA (*Root cause analysis*) анализу (Sweis и остали, 2019). Овај приступ се заснива на анализи ланчаних догађаја који су повезани са кашњењем. И ова студија је, за иницијално прикупљање података користила анкетни упитник. Према резултатима аутора, пет најзначајнијих базних узрока кашњења су: (1) лоше управљање буџетом пројекта; (2) измене у регулативи; (3) политичка ситуација; (4) искуство и компетенције учесника; (5) финансијске потешкоће инвеститора, извођача и подизвођача.

У студији (Abbasi и остали, 2020) су идентификовани базни узроци кашњења на грађевинским пројектима у Ирану. Прикупљање података је спроведене кроз структурирани упитник који је дизајниран да рангира узроке у контексту три индекса: важност (*importance*), вероватноћа (*occurrence probability*) и утицај (*impact*) на кашњење. Категоризација је омогућила израду *fishbone* и *Ishikawa* дијаграма у циљу откривања базних узрока кашњења. Резултати указују да су базни узроци кашњења на грађевинским пројектима у Ирану везани за финансијске проблеме извођача радова и извођача генерално.

На бази спроведених детаљних интервјуа, посета градилиштима и разраде студија случаја са специфичним прекорачењима рока, у студији (Ellis и остали, 2002) су идентификовани базни узроци кашњења за изградњу аутопутева. Базни узроци кашњења су дефинисани као ситуације или услови који су нарушили основне принципа, а дефинисани су довољно детаљно да су омогућили предузимање корективних радњи. Базни узроци кашњења препознати кроз ово истраживање се односе на праксу пословања, процедуре, неадекватне и непредвиђене услове на терену, грешке у пројекту и локацијска ограничења.

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

Табела број 10: Преглед студија које истражују базне узроке кашњења и одабрана методологија

Студија	Тип пројекта	Земља	Методологија	Базни узроци кашњења (RCD)
(Sweis и остали, 2019)	Нафтоводи и гасоводи	Иран	RCA	Лоше управљање буџетом, измене у регулативи, политичка ситуација, искуство и компетенције учесника, финансијске потешкоће
(Ellis и остали, 2002)	Аутопутеви	Флорида	<i>in-depth</i> интервјуи, студије случаја	Пракса пословања, процедуре, неадекватни и непредвиђени услови на терену, грешке у пројекту
(Abbasi и остали, 2020)	Грађевински пројекти	Иран	fishbone и Ishikawa дијаграми	Финансијски проблеми извођача радова

Fishbone и *Ishikawa* – дијаграми узрок - последица; RCA (*Root Cause Analysis*) – анализа базних узрока

Поменуте студије пружају вредан допринос идентификујући базне узроке кашњења. Међутим, почетно прикупљање података о узроцима кашњења је базирано на мишљењима учесника на пројекту. На тај начин, добијени резултати агрегирају субјективизам и пристрасност.

Перцепција различитих учесника

С обзиром да грађевинске пројекте карактерише мултидисциплинарно окружење, избор учесника у истраживањима везаним за узроке кашњења представља важан задатак. Избор учесника и слагања ставова представљају важан сегмент емпиријских истраживања.

Поступак прикупљања података подразумева и анализу профила учесника истраживања. Важно је да избор учесника омогући поуздане информације о узроцима кашњења за посматрано истраживање. Другим речима, учесници истраживања треба да буду укључени у све процесе на пројекту од почетка реализације па до самог краја. С обзиром на изражено трајање грађевинских пројеката, нарочито инфраструктурних, изазов је прикупити експерте који су присутни на пројекту од самог почетка до краја реализације. Прикупљање података о учесницима који су делимично присутни на пројекту значајно утиче на поузданост резултата.

Најчешће се анализира позиција на пројекту, стручна спрема и број година искуства. Највећи број истраживања разматра ставове три групе учесника: извођач, инвеститор и стручни надзор (Assaf & Al-Hejji, 2006; Zidane & Andersen, 2018). Осим три групе кључних учесника, у студији (Doloi et al., 2012)

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

су разматрани и ставови других учесника на пројекту као што су пројектанти, администратори уговора и др.

Једна од најчешћих анализа када су у питању емпиријска истраживања се односи на слагање ставова или перцепције различитих учесника. Као мера слагања ставова примењују се различити коефицијенти корелације. У студијама (Assaf & Al-Hejji, 2006; Sambasivan & Soon, 2007) се користио *Spearman*-ов корелациони коефицијент r_s . Висока вредност овог коефицијента обезбеђује поузданост резултата добијених анкетом (Assaf & Al-Hejji, 2006). *Spearman*-овог ранга корелације не захтева нормалност дистрибуције или хомогеност података што доприноси заступљености у односу на друге приступе (Gunduz & Yahya, 2018). Осим *Spearman*-овог ранга корелације, у литератури се користе *Pearson*-ов корелациони коефицијент који мери линеарну везу између две варијабле (R. Sweis et al., 2019) и *Mann-Whitney U-test*, као непараметарска статистичка анализа која потврђује разлику између две групе узорака у случајевима када се не ради о нормалној дистрибуцији (Banobi & Jung, 2019; T. K. Wang et al., 2018). У табели број 11 су приказане вредности корелационих коефицијената за различите студије и различите статистичке тестове.

Табела број 11: Корелационе вредности ставова различитих учесника за одабране студије

Аутори	Тип пројекта	Земља	Mann-Whitney U-test	Pearson correlation coefficient (r)	Spearman Rank Correlation (rs)
(Assaf & Al-Hejji, 2006)	Грађевински пројекти	С.Арабија			0,568 - 0,724
(R. Sweis et al., 2019)	Нафта и гас	Иран		0,746 – 0,855	
(Sambasivan & Soon, 2007)	Грађевински пројекти	Малезија			0,772 - 0,896
(Le-Hoai et al., 2008)	Грађевински пројекти	Вијетнам			0,572 - 0,776
(Enshassi et al., 2009)	Грађевински пројекти	Земље у развоју			0,421- 0,595
(T. K. Wang et al., 2018)	Грађевински пројекти	Кина			
(Aziz & Abdel-Hakam, 2016)	Путеви	Египат			0,666 - 0,838
(Fallahnejad, 2013)	Гасоводи	Иран			0,710 - 0,846
(Seboru, 2015)	Путеви	Кенија			0,64
(Bajjou & Chafi, 2020)	Грађевински пројекти	Мароко			0,939 0,983
(El-Sayegh & Mansour, 2015)	Аутопутеви	У.А.Емирати			0,694
(Abd El-Razek et al., 2008)	Грађевински пројекти	Египат			0,47 - 0,69
(Banobi & Jung, 2019)	Енергетски пројекти	Танзанија	0,009 - 0,930		
(Arantes et al., 2015)	Грађевински пројекти	Португал			0,648 – 0,831
(Rachid et al., 2019)	Грађевински пројекти	Алжир			0,58 – 0,64

У студији (Abd El-Razek et al., 2008) су забележене ниске вредности корелационих коефицијената између извођача и инвеститора док је постојала

добра корелација између стручног надзора и друге две групе учесника на пројекту (извођач и инвеститор). Ово је објашњено присуством субјективизма и пристрасности учесника на пројекту. Неке студије заступају став да је стручни надзор најмање пристрасан имајући у виду његову позицију на пројекту (Abd El-Razek et al., 2008).

Уочава се да највећи број истраживања користи Spearman-ов ранг корелације. Вредности корелационих коефицијената немају специфичан тренд већ свака студија има одређене резултате и закључке које су повезане за праксом пословања, врстама уговора, околностима на пројекту и остало.

Експертски субјективизам

Позивајући се на почетак овог поглавља и разматрање развоја критеријума за оцену успеха пројекта, може се уочити пораст критеријума у домену „меких“ аспеката као што су социјалне вештине, емоционална интелигенција (Montenegro et al., 2021), понашање и односи међу учесницима (Flyvbjerg, 2021) и др. С тиме у вези ни не чуди велики број истраживања у области управљања пројектима који истражују понашање учесника и везу са успехом пројекта.

Иако су за истраживања у области управљања пројектима мишљења учесника веома значајан извор, они агрегирају и одређена ограничења. Мишљења учесника на пројекту су подложна субјективизму и пристрасности (Doloi et al., 2012). Највећи број студија и наводи као једно од ограничења емпиријских истраживања „*могућу експертске пристрасности и субјективизма*“

У студији (Flyvbjerg, 2021) идентификовано је 10 најзначајнијих врста пристрасности учесника у управљању пројектима (табела број 12): (1) стратешки погрешно представљање; (2) пристрасност оптимизма; (3) пристрасност јединствености; (4) грешке у планирању; (5) пристрасност превеликог самопоуздања; (6) ретроспективна пристрасност; (7) пристрасност доступности; (8) заблуда основне стопе; (9) сидрење; (10) ескалација посвећености.

Стратешки погрешно представљање јесте циљано и свесно погрешно представљање информација о неком пројекту као на пример, стратешко подцењивање трошкова и рокова на пројекту у циљу добијања „посла“. Когнитивна пристрасност представља тенденцију прецењивања будућег успеха, нарочито у погледу трошкова и рокова (Flyvbjerg Bent, 2011) . За разлику од политичке, овај вид пристрасности није намеран. Јединствена пристрасност представља склоност планера да свој пројекат посматра као јединствен. Овај вид пристрасности онемогућава учеснике пројекта да уче са претходних пројеката уз оправдање да су њихови пројекти специфични и јединствени. Грешке планирања представљају вид пристрасности који произилази од планера чији су планови нереални. Пристрасност претераног самопоуздања је склоност ка претераном поверењу у своје одлуке. Пристрасност основне стопе представља тенденцију игнорисања података на нивоу великог узорка и фокусирање на изузетке или мањи узорак. Људи често мисле да су информације које имају релевантније него што јесу или су „слепи“ за релевантне информације они немају. Ескалација посвећености представља

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

склоност оправдања повећаних улагања на бази претходних улагања упркос новим доказима који сугеришу да би одлука могла бити погрешно и додатни трошкови неће бити надокнађени користима.

Табела број 12: Десет најзначајнијих врста пристрасности учесника у управљању пројектима према (Flyvbjerg, 2021)

Врста пристрасности	Опис
Стратешки погрешно представљање	Склоност да се намерно наводе погрешне информације у стратешке сврхе
Когнитивна пристрасност <i>Optimism bias</i>	Склоност ка претераном оптимизму у планирању будућих догађања. Истицање позитивних и потцењивање учесталости негативних догађаја
Пристрасност јединствености <i>Uniqueness bias</i>	Склоност да се пројекат посматра јединственим више него што заправо јесте
Грешке планирања <i>Planning fallacy</i>	Тенденција потцењивања трошкова и рока (прецењивање користи и могућности)
Пристрасност претераног самопоуздања <i>Overconfidence bias</i>	Склоност ка претераном самопоуздању у сопственим одговорима
Ретроспективна пристрасност <i>Hindsight bias</i>	Склоност да су се прошли догађаји у тренутку дешавања могли предвидети (познат као <i>ефекат I-knew-it-all-along</i>)
Пристрасност доступности <i>Availability bias</i>	Тенденција да се прецењује вероватноћа догађаја са већом извесношћу
Грешке основне стопе <i>Base rate fallacy</i>	Тенденција да се игнорише генеричка базна стопа информације и фокусирање на конкретне информације које се односе на одређени случај или мали узорак
Сидрење <i>Anchoring</i>	Тенденција да се превише ослањамо на прву информацију стечену на релевантном субјекту.
Ескалација привржености <i>Escalation of commitment</i>	Тенденција правдања улагања на основу претходних улагања, упркос чињеницама које сугеришу да одлука може бити погрешна

Савремена литература износи препоруке и одређена упутства за смањење различитих врста пристрасности.

2.5 Рударење по текстуалним подацима (*text mining*) у управљању пројектима

У овом делу прегледа литературе биће разматране различите студије које користе језичке моделе рударења по текстуалним подацима (*text mining*) у процесу дигитализације у грађевинарству. Ово поглавље треба да пружи одговор на следећа питања:

- Који су *state of the art* језички модели?

- У којим областима управљања пројектима у грађевинарству и над којом документацијом се користе технике рударења по текстуалној документацији?

Четврта индустријска револуција је проглашена 2016. године. Доминантни термини који су обележили ову фазу развоја глобалне индустрије су велики скупови података (*big data*), вештачка интелигенција (*artificial intelligence*) и машинско учење (*machine learning*) (Baek et al., 2021). Грађевинска индустрија има једну од најнижих стопа дигитализације (*digital globalization index*) на глобалном нивоу (Ding et al., 2022). Међутим, тренутна истраживања сведоче о прихватању глобалних трендова базираних на дигитализацији користећи напредне алате и технике, роботе, сензоре, BIM (Sami Ur Rehman et al., 2022) и друго.

У процесу дигитализације, грађевински пројекти се похрањују подацима у облику различитих текстуалних формата (Ding et al., 2022). Према неким истраживањима, просечан грађевински пројекат произведе око 10.000 различитих докумената. Преко 80% информација са грађевинских пројеката доступно је у текстуалном формату (Marzouk & Enaba, 2019).

Према структури садржаја, документација са пројекта се може поделити на следеће типове (Caldas & Soibelman, 2003):

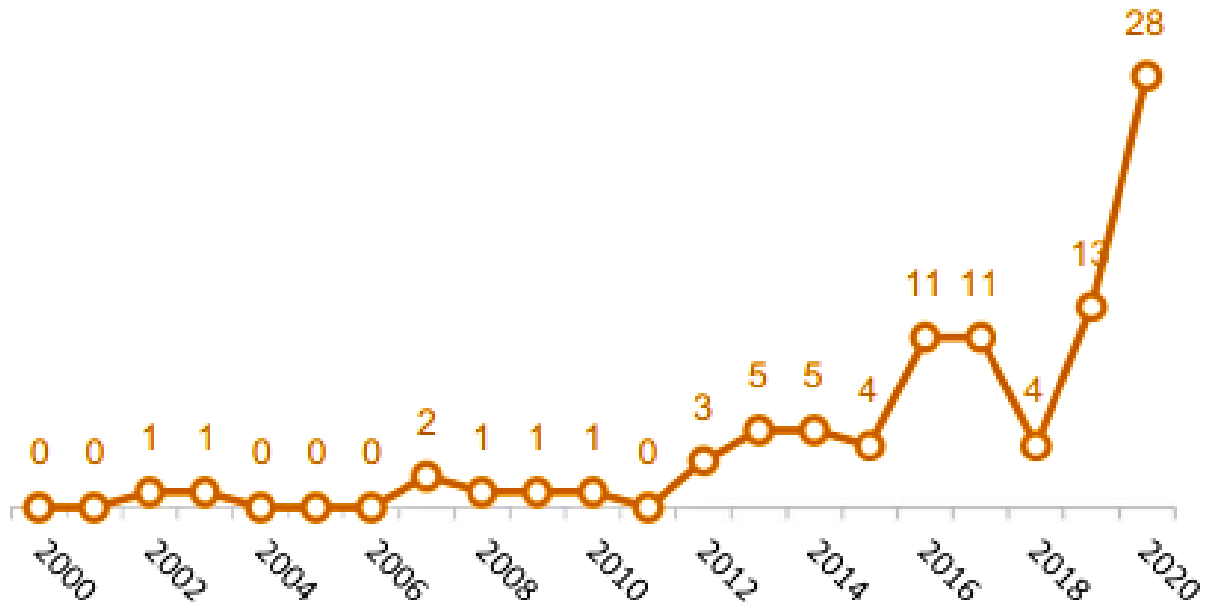
- структурирана документација - базе података, динамички планови, финансијски документи (рачуни, фактуре и сл.) и друго;
- полуструктурирана документација – *Hyper Text Markup Language* (HTML), *Extensible Markup Language* (XML) и друго;
- неструктурирана текстуална документација - уговори, записници са састанака, налози за измене, спецификације, преписка на пројекту и друго;
- неструктурирана графичка документација - 2D и 3D цртежи;
- неструктурирана мултимедијална документација - фотографије, аудио и видео записи.

Најзначајније информације се налазе у неструктурираном облику. Потребан је велики технички и мануелни напор да се управља неструктурираним изворима информација у циљу откривања корисног знања и скривених образаца (Marzouk & Enaba, 2019; Ur-Rahman & Harding, 2012; C. Wu et al., 2021). Према истраживањима више од 50% проблема на грађевинским пројектима је проузроковано недостатком и кашњењем информација (Abbaszadegan & Grau, 2015). Према (Brunjolfsson & Hitt, 2011), доношење одлука на бази података повећава продуктивност грађевинског пројекта за више од 5%.

Као суштински грана вештачке интелигенције (AI), природна обрада језика (NLP) пружа интелигентан начин за обраду текстуалних података на начин сличан људском уму. Дакле, NLP технологије значајно унапређују дигитализацију у области грађевинарства (Ding et al., 2022).

Рударење по текстуалним подацима (*text mining - TM*) представља процес трансформације неструктурираног текста у структурирани формат како би се

идентификовали смислени обрасци (Nassiri & Akhloufi, 2022). Повећање број истраживања у области ТМ веже се и за почетак четврте генерације глобалне индустријске револуције, али и за развој језичких модела за обраду текстуалне документације (слика број 9).



Слика број 9: Тренд истраживања везаних за рударење по текстуалним подацима у области грађевинарства у периоду 2000. – 2022. година (Ding et al., 2022)

Многи аутори сматрају да су анализе засноване на рударењу по текстуалним подацима супериорније у односу на традиционалне анализе података јер омогућавају анализу великог број неструктурираних докумената (Fan & Li, 2013) који у неким областима надмашују стручну експертизу (Devlin et al., 2018).

2.5.1 Процеси рударења по текстуалним подацима

Истраживање засновано на рударењу по текстуалним подацима (ТМ) је процес који се спроводи кроз следеће фазе (Xu et al., 2022):

- Прикупљање података (*Corpus acquisition*);
- Претходна обрада (*Pre-processing*);
- Репрезентација текста (*Text Representation*);
- Тренирање модела (*Model Training*);

Прикупљање података подразумева прикупљање текстуалних (Word, PDF, и др.) или фото датотека (Yang et al., 2023). Различити типови документације са пројекта и потенцијал садржаја кроз различите студије биће детаљно приказане у делу 2.5.4.

Претходна обрада подразумева рад са сировим текстуалним подацима пре кодирања текста као машински читљивог формата. Претходна обрада укључује токенизацију, нормализацију, уклањање стоп речи и др. (Moon et al.,

2022). Напредни језички модели имају за циљ да процес претходне обраде сведу на најмању могућу меру (Baek et al., 2021).

Репрезентација текста или генерисање карактеристика (*feature generation*) је процес кодирања необрађених текстуалних података у репрезентације засноване на карактеристикама. У овој фази се врши трансформација текстуалних података у нумерички, тј. векторски простор како би се омогућила дигитална читљивост и разумљивост података. У литератури су забележене различите методе као што су *Parsing*, *TF*, *TF-IDF*, *Doc2Vec* и друге (Baek et al., 2021).

Тренирање модела представља екстракцију доменски значајних информација из текстуалних података и представља последњу фазу у процесу рударења по текстуалним подацима (ТМ). У грађевинској индустрији рударење по текстуалним подацима има три основна поља примене (C. Wu et al., 2021):

- проналажење информација (*information retrieval*);
- класификација докумената (*document classification*);
- откривање знања (*knowledge discovery*).

За тренирање модела се користе различити језички модели о којима ће бити речи у наредном делу.

2.5.2 Језички модели

Аутоматска обрада текста могућа је захваљујући развоју техника дубоког машинског учења DL (*Deep learning*). Појавом концепта DL значајно су се унапредиле перформансе језичких модела. Технике дубоког машинског учења спроводе *end-to-end* процедуру где се репрезентације уче из обимне базе података за обуку без експертизе у домену за екстракцију карактеристика (Fang et al., 2020). Приступ класификације текста засновани на дубоком учењу захтевају реч уграђивање – *embedding*. Да би се додатно повећала флексибилност репрезентације дубоког учења уведени су механизми пажње (*attention*).

У досадањим истраживањима разматране су различите технике обраде језика базиране на претходно генерисаним карактеристикама. Једна од најзаступљенијих је *Support Vector Machine* (SVM) (Hassan & Le, 2020). Значајно су заступљене и *Naive Bayesian* (NB) (Mohammed Alsubaey et al., 2015), *Decision Tree* (DT), *K-nearest Neighbor* (KNN) и друге. Према неким истраживањима, рекурентне неуронске мреже (RNN) су показале одличне перформансе јер разумеју карактеристике природног језика (Xu et al., 2022; R. Zhang & El-Gohary, 2023).

Најновија истраживања која се односе на анализу текста препоручују моделе који се заснивају на механизмима самопажње (*self - attention*) показујући високе перформансе при природној обради језика (NLP). Иако нема много студија које користе језичке моделе засноване на механизмима самопажње (*self - attention*), перформансе таквих модела су најбоље до сада (Xu et al., 2022).

Према различитим истраживачима, *Transformer* језички модели су *state-of-the-art* (SOTA) у области обраде природног језика (Amer et al., 2021; Ding et al., 2022; Yang et al., 2023; R. Zhang & El-Gohary, 2023) које су развиле су глобалне компаније као што су *Google*, *Facebook*, *IBM* и *Amazon*. Према последњим истраживањима, најбоље перформансе имају модели који се састоје од енкодера и декодера који су повезани кроз механизам пажње (Devlin et al., 2018).

***Transformer* модели**

Transformer језички модели представљају моделе дубоког машинског учења који уче контекст, а самим тим и значење праћењем односа у секвенцијалним подацима. Први пут је описан 2017. године и представљен као један од најмоћнијих језичких модела заснован на принципа самопажње (*self-attention*) (Vaswani et al., 2017) Исти аутори наводе да је „самопажња, која се понекад назива унутрашња пажња, механизам пажње који повезује различите позиције једне секвенце да би се израчунала репрезентација низа“. У поређењу са другим моделима машинског учења за обраду текста, *Transformer* модели имају боље перформансе у погледу анализе дугорочних зависности у тексту и ефикасној рачунарској обуци модела (R. Zhang & El-Gohary, 2023), што је посебно важно за област грађевинарства.

Приступи засновани на *Transformerima* се такође користе у истраживањима везаним за грађевинску индустрију. У студији (H. Wu et al., 2021) коришћени су *Transformer* модели за препознавање комуникационих ентитета који се јављају у ICT патентима у изградњи, што је резултирало побољшаним перформансама у односу на основни модел дубоког машинског учења (DL). У студији (R. Zhang & El-Gohary, 2023) се предлаже метод дубоког учења за семантичко усклађивање информација IFC регулативе. Предложени приступ се базира на *Transformer* моделу како си се ускладили IFC и регулативе. (Amer et al., 2021) су предложили модел за управљање временом на пројекту користећи синхрони поглед на краткорочне (*look-ahead*) и дугорочне (*master*) планове. Предложени приступ се базира на *Transformer* језичким моделима за усклађивање активности између две врсте планова омогућавајући оптимално планирање на пројекту. Једно од последњих истраживања користи *Transformer* моделе за откривање небезбедних радњи и понашање радника на градилишту базираном мултимедијалној документацији у форми видео записа са сигурносних камера (Yang et al., 2023).

Постоје различити модели засновани на трансформерској структури као што су *Generative Pretrained Transformer* (GPT), *Bidirectional Encoder Representations from Transformers* (BERT), *Robustly Optimized BERT* (RoBERT), *Distilled version of BERT* (DistilBERT) и други.

BERT (Bidirectional encoder representations from transformers) језички модел

Један од најсавременијих језичких модела базиран на трансформерској структури јесте **BERT** (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*). Развијен је и представљен 2018. године (Devlin et al., 2018). BERT представља

репрезентативни језички модел који користи механизме самопажње (self-attention). Вишејезични BERT модели су доступни за 100 најпопуларнијих језика на Википедији (Kim et al., 2022)

Мали број студија користи напредне моделе као што је BERT (Kim et al., 2022). Један од главних разлога је тај што их научна заједница тек упознаје. BERT извршава задатке из двосмерне претходне обуке језичких репрезентација ради финог подешавања унапред обучених параметара модела (Kim et al., 2022). У истраживању (Moon et al., 2022), предложен је модел за аутоматску детекцију клаузула према утврђеним ризицима. Модел користи категорије ризика из прегледа литературе и BERT модел како би аутоматски открио ризике за сваку дефинисану клаузулу из уговора. Студија (Fang et al., 2020) користи фино подешен BERT за детекцију „near misses“ догађаји у извештајима о безбедности на раду показујући боље перформансе у односу на друге предложене методе класификације текста. Општи, унапред обучени BERT модел је коришћен за проналажење релевантних параграфа који садрже информације о оштећењу инфраструктуре услед урагана и земљотреса (Kim et al., 2022). Фино подешен модел је био способан да идентификује одговоре на питања која се односе на подручја оштећена услед тропских урагана и земљотреса. BERT модел укључује велики број параметара и значајано време за закључивање што га чини тешко применљивим на уређајима као што су мобилни телефони. У циљу превазилажења овог ограничења, представљен је DistilBERT (Kim et al., 2022).

2.5.3 Области примене

С обзиром на велику количину документације коју баштине грађевински пројекти, рударење по текстуалним подацима има широку примену у грађевинарству. Следи опис кључних области примене рударења по текстуалним подацима на бази прегледа досадашњих истраживања.

Управљање ризицима (Risk Management)

Прегледом литературе уочен је значајан број студија који користе примену рударења по текстуалним подацима у циљу управљања ризицима на пројекту. Један део студија разматра ризике у фази тендерског поступка (J. H. Lee & Yi, 2017; Son & Lee, 2019), док друг део разматра ризике у фази извођења радова (Mohammed Alsubaey et al., 2015). Уколико се изузму ризици по безбедности и здравље на раду, највећи број студија посматра ризике у контексту прекорачења трошкова и времена на пројекту (Agrawal Ajay Kumar et al., 2021; Erfani & Cui, 2022).

У студији (Erfani & Cui, 2022) формиран је модел за предвиђање ризика на бази историјских података и регистра ризика пројеката путне инфраструктуре у U.S. Кроз студију су представљена главна ограничења традиционалног приступа која се односе на пристрасност и субјективизма, дуготрајну обраду и скупе процесе експертског ангажовања. Кроз студију је представљен оквир за идентификацију ризика на бази историјских података са прошлих пројеката користећи *word embedding* моделе. Модел је у стању да предвиди последице у погледу времена и трошкова у процесу анализе ризика.

(Williams & Gong, 2014) су користили методе рударења по текстуалним подацима са ANN и KNN за развој модела за предвиђање прекорачења трошкова пројекта у фази тендерског поступка. Поред нумеричких података о трошковима и броју понуђача на тендеру, модел је укључивао текстуалне податке. За рударење текста коришћени су кратки описи из тендерске документације. Закључак истраживања је био да комбинација текстуалних и нумеричких података даје боље перформансе од модела који је користио само нумеричке податке. Слично, у студији (J. Lee et al., 2019) је развијен модел за проактивно управљање ризицима на пројекту. Модел користи NLP за аутоматско издвајање „*poisonous clauses*“ из уговорне документације. Модел је показао боље перформансе у односу на традиционалну, мануелну, анализу уговорне документације. Један од главних доприноса модел је представљен као подршка доносиоцима одлука у процесу управљања ризиком у фази уговарања.

(Choi et al., 2021) су развили дигитални EPC (*execution of engineering, procurement and construction*) модел за анализу уговорних ризика из перспективе извођача радова, користећи технике вештачке интелигенције и рударења по текстуалним подацима. Истраживање је предложило алгоритам за издвајање текста из позива за подношење понуда (*Invitation to Bid*). Студија описује два основна модула та оцену ризика: (1) провера критичности ризика и (2) анализа учесталости термина. Кроз студију је представљен систем подршке анализи ризика на пројекта и доношењу одлука на бази аутоматске детекције и процене ризика.

У студији (Ђ. Nedeljković & Kovačević, 2017) су коришћене технике анализе текста да се аутоматски детектују кључне фразе у фази извођења грађевинских пројекта. Кроз истраживање је предложена временска дистрибуција појављивања критичних фраза у записницима са састанка (MoM) и њихово повезивање са различитим заинтересованим странама. На тај начин је креирано окружење за пружање увида у релевантне радње које се односе на посматране концепте.

У студији (Mohammed Alsubaey et al., 2015) су коришћени записници са састанака (MoM) у циљу развоја предиктивне методологије раног упозоравања на неуспех пројекта (*early warning system*). Модел је идентификовао главне разлоге за неуспех пројекта користећи NB модел.

Управљање безбедношћу (*Safety Management*)

Различите студије су се бавиле истраживањима у контексту безбедности на градилишту користећи технике рударења по текстуалним подацима. Главни циљеви таквих истраживања су били класификација документације, идентификација ризика по безбедност на пројекту, идентификација несрећа и повреда на раду.

У студији (F. Zhang et al., 2019) су користили различите технике рударења текста и обраде природног језика (NLP) за анализу извештаја о незгодама на градилиштима. Кроз студију је предложен приступ ненадгледаном (*unsupervised*) груписању како би се уочили објекти везани за узроке несрећа.

Li et al., (2020) су користили технике рударења по текстуалним подацима за компјутерску класификацију докумената који се односе на потраживања везана за несреће на градилишту (Li et al., 2020). Аутори су закључили да су главне предности предложеног приступа смањење времена обраде, односно уштеда људских ресурса у поступку класификације документације.

Управљање документацијом

Главни циљеви примене рударења по текстуалним подацима су: екстракција знања (*knowledge extraction*), откривање знања (*knowledge retrieval*) и класификација докумената (*document classification/clustering*) (Xu et al., 2022).

(Marzouk & Enaba, 2019) су користили рударење текста за анализу и визуелни приказ уговора на грађевинским пројектима и преписке на пројекту. У раду је развијен модел "*Dynamic Text Analytical Model for Contract and Correspondence*" за издвајање смислених образаца из документације коришћењем BIM - а. Аутори су истакли значај визуелног приказа текстуалне документације за проналажење скривених образаца и трендова у циљу проактивног одговора на неизвесности на пројекту.

Студија (Hassan & Le, 2020) је развила модел за аутоматско издвајање експлицитних и имплицитних форми из уговорне документације у контексту управљања уговором на пројекту. Модел базиран на SVM алгоритму је показао боље резултате у односу на преостала три језичка модела. Као мера перформанси модела разматрана је вредност одзива (*recall*). Кроз студију (Caldas & Soibelman, 2003) је предложена методологија за аутоматску хијерархијску класификацију неструктуриране документације на пројекту.

Анализа усклађености различитих докумената

С обзиром на велики број различитих докумената, аутоматска провера усклађености са важећим прописима и законима (*Automated Compliance Checking*) представља значајну и важну област управљања документацијом на пројектима (Moon et al., 2022). Мануелна провера усклађености различитих докумената је скупа и подложна грешкама (J. Zhang & El-Gohary, 2016). Стога аутоматска провера усклађености користећи технике рударења по текстуалним подацима представља велики искорак у овој области (Xu et al., 2022).

У студији (J. Zhang & El-Gohary, 2016) је представљен семантички модел базиран на NLP за аутоматско издвајање информација у циљу провере усклађености са различитим регулативама.

2.5.4 Документација као ресурс

Грађевински пројекти баштине велику количину текстуалних података као што су грађевински дневници, одштетни захтеви, налози за измене, кореспонденција на пројекту, записници са састанака, извештаји о прогресу радова и друго. Осим фазе грађења присутна је и велика количина података у почетним фазама пројекта као што су тендерска документација, уговорна

документација, динамички планови као и документација везана за обим радова.

Претходне судије су користиле различите текстуалне документе произведене током животног циклуса грађевинског пројекта, укључујући тендерску процедуру (Williams & Gong, 2014), пројектовање (Shen et al., 2017), изградњу (Amer et al., 2021; Mohammed Alsubaey et al., 2015; Đ. Nedeljković & Kovačević, 2017) и одржавање (Mo et al., 2020).

Први корак у процесу рударења по текстуалним подацима (ТМ) јесте избор релевантне документације као извора информација и знања за посматрани контекст. У наставку следи преглед различитих типова текстуалне документације и њихов потенцијал кроз одабране студије. Систематизација одабраних студија са главним карактеристикама је приказана у табели број 13.

Документација о безбедности (Safety documents)

Прегледом различитих студија о употреби анализе текста у контексту грађевинских пројеката, документација о несрећама на градилишту је један од доминантних текстуалних извора. Укључује извештаји о несрећама, извештаје о повредама, потраживања (*claims*) везано за безбедност на раду, различите стандарде и др.

У студији (F. Zhang et al., 2019) технике рударења по текстуалним подацима се примењују за анализу несрећа на градилишту користећи податке из Управе за безбедност и здравље на раду (*Occupational Safety and Health Administration – OSHA стандарди*). Предложен је модел за класификацију узрока несрећа. Модел је допринео овој области не само по питању класификације узрока незгода већ и при идентификацији опасних објеката у циљу развијања превенције на будућим пројектима. Bertke et al., (2012) су развили модел за класификацију одштетних захтева услед повреда на раду на бази Naive Bayesian (Bertke et al., 2012). Слично документацију су користили и (Li et al., 2020). У студији (Na и остали, 2016) је представљен оквир за идентификацију и анализу безбедносних ризика на бази извештаја о несрећама на пројектима метроа. Допринос студије представља идентификација базних узрока (*root causes*) који су представљени као неизвесности који повећавају вероватноћу директног ризика. У студије је предложен приступ базиран на NLP у циљу аутоматске детекције повреда на бази извештаја о повредама (Tixier et al., 2016).

Тендерска документација (Bidding documents)

Тендерски поступак се одвија у раним фазама грађевинског пројекта и укључује многобројне неизвесности с обзиром на мали број познатих података о пројекту. Тендерски подаци су веома значајна али истовремено и врло осетљива категорија података. С тиме у вези постоји ограничен број студија где се ова врста докумената користи као извор података. Најчешћа сврха анализе тендерске документације се односи на анализу ризика по успех пројекта. Према неким истраживањима анализа тендерске документације

може значајно допринети успеху пројекта. Међутим, овој задатак је веома захтеван услед потребе за сагледавањем великог број различитих докумената. Важност прегледа тендерске документација се одржава и на фазу извођења. Тендерска документација обухвата захтеве за информације (*request for information, request for proposal*) појашњења (*pre bid clarification*) и друго.

У студији (Williams & Gong, 2014) коришћени су документи са позивом за подношење понуда (*Invitation to Bid*) за развој алата за анализу ризика из угла извођача. Студија је обезбедила систем подршке анализи ризика пројекта и доношењу одлука аутоматским издвајањем и проценом ризика. Студија истиче значај текстуалних података као извор знања о ризицима на пројекту. Сличан тип података коришћен је и у студији (Choi et al., 2021). Предложен је модел који користи NLP технике за анализу ризика са аспекта извођача на бази Invitation to Bid (ITB) за EPC (Engineering, procurement and construction) пројекте. У студији (J. H. Lee & Yi, 2017), аутори су користили комбинацију неструктурираних (*pre-bid clarification*) и структурираних (нумеричких) података за идентификацију степена ризика тендерске документације

Документација са пројекта (*Project documents*)

Грађевински пројекти током фазе грађења агрегирају велику количину различитих докумената као што су дневни извештаји, кореспонденција, записници са састанака, различити захтеви и друго. Највећи број ових докумената је у неструктурираном формату. Услед велике количине и сложености, традиционалне технике за обраду и анализу садржаја се ретко примењују.

У студији (Amer et al., 2021) је предложен модел за управљање временом на пројекту на бази краткорочних и дугорочних планова (*Master u look-ahead* планови). Предложени приступ се базира на језичким моделима за усклађивање активности између две врсте планова.

У студији (Mohammed Alsubaey et al., 2015) су коришћени записници са састанака у формирању система раног упозорења од неуспеха на пројекту. Главни допринос записника са састанака јесте њихов садржај који се односи на кључне информације о потенцијалним ризицима и одступањима од планираног распореда. Записници са састанака представљају подуструктуриране документе које садрже временску инстанцу што је истакнуто као важно својство. У студији (Ђ. Nedeljković & Kovačević, 2017) су коришћени записници са састанака за праћење одређеног концепта кроз време и према изјавама различитих учесника.

Уговорна документација (*Contract documentation*)

Уговорна документација садржи права и обавезе и има за циљ минимизирање опортунистичког понашања уговорних страна (Agrawal Ajay Kumar et al., 2021). Пре потписивања уговора, учесници на пројекту су ретко у потпуности способни да процењују његову оптималност у погледу дефинисаних права и обавеза (Agrawal Ajay Kumar et al., 2021).

У студији (Marzouk & Enaba, 2019) коришћена је уговорну документацију при анализи и визуелизацији кореспонденције на пројекту. Истраживање истиче значај визуелизације текстуалних података током реализације грађевинским пројеката. Студија (Agrawal Ajaу Kumar et al., 2021) предлаже методологија за квантитативну анализу степена контроле у различитим облицима уговора користећи технике рударења по текстуалним подацима. (J. Lee et al., 2020) су представили модел проактивне процене ризика, из угла извођача, кроз идентификацију недостајућих клаузула FIDIC-ових услова уговора или клаузула које су склоне споровима. У студији (J. Lee et al., 2019) је предложен модел за издвајање уговорних ризика (contract-risk) базиран на NLP. Предложени модел детектује спорне клаузуле како би се пружила подршка процесу управљања уговорном документацијом.

Регулатива (regulatory documents)

У контексту регулативе, кроз досадашња истраживања, разматрани су различити стандарди у области заштите животне средине, енергетског сектора, безбедности на раду, квалитета изведених радова и друго.

У истраживању (J. Zhang & El-Gohary, 2016) представљен је модел за подршку провере усклађености са прописима (регулативом) користећи технике обраде природног језика (NLP). Кроз истраживање је представљен модел за аутоматско издвајање информација из различитих регулатива као што су технички услови, правилници, стандарди, услови заштите животне средине и др).

Пост-пројектне анализе (Post Project Reviews - PPRs)

Пост-пројектни извештаји су један од најважнијих докумената који сведоче о перформансама завршених пројеката. Настају као последица заједничког деловања свих учесника на пројекту. Кроз ову врсту извештаја дата је могућност пројектним тимовима да деле, дискутују и чак појашњавају своја искуства кроз директне, олакшане интеракције, пре него што се пројекти тим распусти (Choudhary et al., 2009). Један од главних бенефита садржаја ових докумената јесте и мултидисциплинарност тимова који разматрају аспекте успеха/неуспеха пројекта. Пост-пројектни извештаји су богат извор информација о добрим и лошим искуствима са пројекта. Пракса говори да се анализи ових извештаја не посвећује довољна пажња. Препознати бенефити пост-пројектних извештаја су олакшавање колективног учења и обезбеђење сврсисходног знања за потребе будућих пројеката.

Класификација документације и детекција корисног знања извршена је на пост-пројектним извештајима (Ur-Rahman & Harding, 2012). Класификација је обухватала поделу на добре и лоше информације у вези са трошковима и временом на пројекту. У студији (Choudhary et al., 2009) пост-пројектни извештаји су коришћени за идентификацију скривених знања. Научене лекције (*lessons learned*) 13 ЕРС пројеката били су предмет истраживања које су спровели (Son & Lee, 2019). Циљ студије је био идентификација ризика од кашњења на будућим пројектима.

Интернет подаци и академски чланци

Интернет подаци и академски чланци имају предност у односу на друге изворе, нарочито услед велико броја текстуалних записа. Додатно, могуће је преузимање библиографских података укључујући наслове чланака, сажетке, ауторе и кључне речи у уобичајеним типовима датотека (нпр. txt, csv, xlsx и html). Као резултат тога, истраживања заснована на академским публикацијама су се недавно повећала. Главна предност таквих студија јесте систематизација знања и утврђивање даљих праваца истраживања (Baek et al., 2021).

Табела број 13: Преглед одабраних студија са методама за обраду текста (ТAM) и циљем истраживања

Студија	TAM	Текстуални извор	Циљ истраживања
(J. H. Lee & Yi, 2017)	ANN SVM KNN NB	Тендерска документација (<i>pre-bid clarification</i>)	Идентификација ризика у фази тендерске процедуре
(Bertke et al., 2012)	NB	Потраживања (<i>claims</i>) везано за повреде на раду	Класификација документације
(Tixier et al., 2016)	NLP	Извештаји о повредама на раду	Аутоматска детекција повреда
(J. Lee et al., 2020)	NLP	Уговорна документација	Процена ризика (идентификација недостајућих клаузула)
(Agrawal Ajay Kumar et al., 2021)	NLP	Уговорна документација	Анализа чланова уговора (са аспекта контроле)
(Marzouk & Enaba, 2019)	NLP	Уговорна документација	Анализа уговора и кореспонденције
(Đ. Nedeljković & Kovačević, 2017)	-	Кореспонденција	Визуелизација текста кроз праћење кључних фраза
(J. Zhang & El- Gohary, 2016)	NLP	Технички услови, правилници, стандарди	Провера усклађености
(Alsubaey et al., 2016)	NB	Записници са састанака (MoM)	Систем раног упозорења од неуспеха
(Williams & Gong, 2014)	KA	Тендерска документација	Предвиђање прекорачења трошкова
(Choi et al., 2021)	NLP	Уговорна документација	Анализа ризика
(F. Zhang et al., 2019)	NLP	Извештаји о несрећама и стандарди	Идентификација узрока несрећа
(Hassan & Le, 2020)	SVM	Уговори	Издавање захтева из уговорне документације
(Kim et al., 2022)	Transformers	Извештаји о несрећама	Идентификација штете
(H. Wu et al., 2021)	Transformers	<i>Patent documents</i>	Анализа комуникације
(Erfani & Cui, 2022)	NLP	База историјских података	Детекција ризика на пројектима путне инфраструктуре
(Kim et al., 2022)	BERT	Извештаји о климатским несрећама	Информације о оштећењима инфраструктуре у регијама

2. Анализа литературе и теоријска разматрања

			погођене тропским циклонима и земљотресима
(Amer et al., 2021)	Transformers	Master u look-ahead планови	Управљање временом на пројекту
(R. Zhang & El-Gohary, 2023)	Transformers	IFC (Industry Foundation Classes)	Класификација и усклађивање информација
(Moon et al., 2022)	BERT	Уговорна документација и спецификације	Класификација клаузула према ризицима
(L. Zhang et al., 2022)	BERT	Фото документација	Управљање безбедношћу на градилишту
(Fang et al., 2020)	BERT	Извештаји о несрећама	Идентификација радних подручја и околности које доводе до несрећа
(Mo et al., 2020)	NLP	Евиденција о одржавању зграда	Staff assignment
(Yang et al., 2023)	STR-Transformers	Видео запис	Управљање безбедношћу на градилишту

ANN - Artificial Neural Network; NLP - Natural language processing; DT - Decision Tree; NB - Naive Bayes; SVM - Support Vector Machine; KNN - K-Nearest Neighbour; КА - алгоритми класификације;

2.6 Закључна разматрања

Кроз поглавље су представљена теоријска разматрања и *state-of-the-art* за домен истраживања представљен у уводном делу докторске дисертације. Прегледом досадашњих истраживања, уочено стање у литератури се може сумирати у неколико тачака:

- Постојећи приступи за идентификацију и анализу узрока кашњења су базирани на искуствима учесника на пројекту. Препознате методе, као што су упитници, интервјуи, *brainstorming* или њихова комбинација се у највећој мери користе за прикупљање података о узроцима кашњења. Експертско мишљење је значајно, али може довести до пристрасних резултата што је истицано као једно од ограничења у великом броју студија (детаљније видети 2.4.4).
- Резултати претходних студија представљају листе ранжираних узрока кашњења према утврђеном значају. Такви закључци су генералног карактера без анализе поремећаја на нивоу појединачног пројекта у циљу откривања базних узрока кашњења. Највећи број истраживања не истиче разлику између узрока (*causes*) и базних узрока (*root causes*) кашњења (детаљније видети 2.4.4).
- Уочен је мали број студија које се ослањају да документацију са пројекта као извор од значаја за идентификацију узрока кашњења. Изабрана документација се углавном ослања на пост-пројектне извештаје, тендерску и уговорну документацију која се анализира традиционалним методама. Дневни извештаји, записници са састанака и кореспонденција нису били предмет досадашњим истраживања која су разматрала идентификацију узрока кашњења на грађевинским пројектима.
- Аутоматска обрада текстуалне документације са пројекта је област у експанзији у последњих 5 година (слика број 9) Истраживања везна за примену модела за рударење по текстуалним подацима (ТМ) указују да

ова област брзо напредује генеришући широк спектар алата и техника који доприносе дигитализацији у грађевинарству. Систематичним прегледом литературе уочени су *state-of-the-art* (SOTA) језички модели у 2023. години. SOTA језички модели обезбеђују највише перформансе при обради природног језика уз минималну претходну припрему података.

- Језички модели базирани на *Transformerima* представљају најмоћније језичке моделе до сада чија се прецизност може поредити са експертском за одређене области. Прегледом досадашњим истраживања уочен је мали број студија који користе ове језичке моделе у домену управљања пројектима. Празнина у литератури (Research gap) се односи на примену ових језичких модела у процесу идентификације узрока кашњења на грађевинским пројектима.

Нема сумње да су претходна истраживања допринела идентификацији узрока кашњења са различитих аспеката. Већина њих, међутим, износи опште закључке о узроцима кашњења за дефинисано географско подручје или врсту грађевинског пројекта. С друге стране, није искоришћен потенцијал документације са пројекта, нарочито неструктуриране као што су записници са састанака, дневни извештаји и кореспонденција чији садржај може дати одговор *шта је тачно пошло по злу* на нивоу појединачног пројекта.

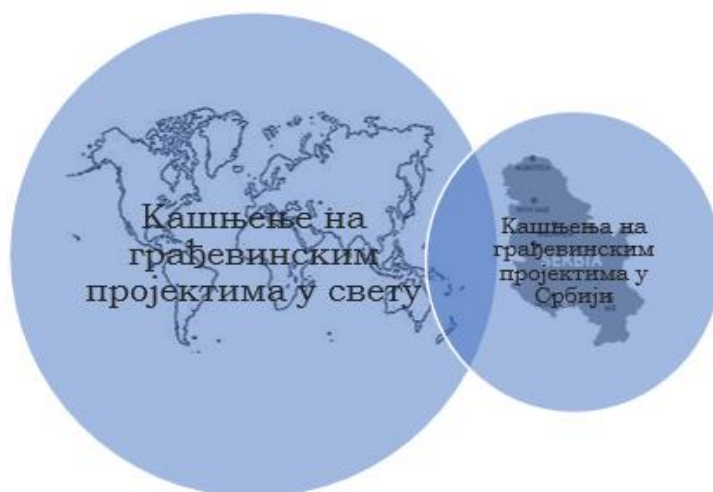
На основу прегледа постојећих студија, потребан је приступ који може идентификовати узроке кашњења на нивоу појединачног пројекта уз смањење експертске пристрасности као би се открили базни узроци кашњења што је представљено као један од главних циљева дисертације. Захваљујући развоју техника рударења по текстуалним подацима кроз језичке моделе високих перформанси могуће је обрадити обимне сетове података генерисаних са грађевинских пројеката.

Кроз ово истраживање биће представљен јединствен модел за идентификацију и анализу узрока кашњења користећи *state-of-the-art* језичке моделе - *Transformere* и неструктурирану документацију са пројекта са крајњим циљем да се открију базни узроци кашњења.

3. Перформансе грађевинских пројеката путне инфраструктуре у Србији

3.1 Увод

Студије широм света указују на глобално присуство прекорачења трошкова и времена на грађевинским пројектима. Степен прекорачење зависи од различитих фактора као што су врста пројеката, географска целина, начин финансирања и друго. Различити истраживачи су дошли до истог закључка – потребне су појединачне студије за свако грађевинско тржиште како би се утврдили трендови и умањила прекорачења на будућим пројектима. Прегледом литературе уочен је недостатак студија о прекорачењима трошкова и времена на грађевинским пројектима у Србији (слика број 10).



Слика број 10: Циљ поглавља – кашњења на грађевинским пројектима у Србији

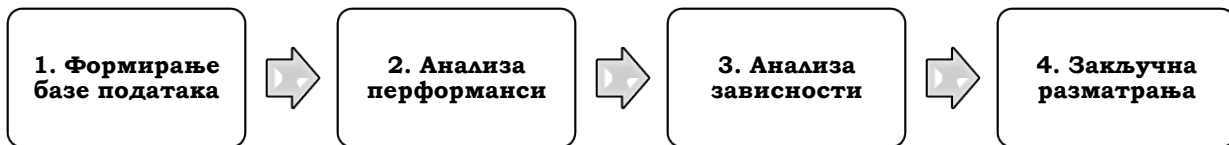
Главни циљ овог поглавља дисертације јесте истраживање трендова кашњења на грађевинским пројектима у Србији. Поред главног циља овог дела истраживања дефинисани су и следећи циљеви:

- Утврђивање трендова прекорачења трошкова и кашњења на грађевинским пројектима у Србији;
- Анализа варијабли од значаја за прекорачење рока на грађевинским пројектима у Србији.

Како би се испунили постављени циљеви, дефинисан је први истраживачки задатак – формирање базе података грађевинских пројеката саобраћајне инфраструктуре у Србији.

Структура овог дела истраживања је приказана на слици број 11. Поглавље је подељено на четири целине. Први део се односи на формирање базе података

пројеката путне инфраструктуре у Србији и припрему података за анализу. Други део се заснива на примени дескриптивних статистичких метода за утврђивање трендова прекорачења трошкова и времена на пројектима из формиране базе. Трећи део разматра и тестира варијабле од значаја за прекорачење рока изградње користећи математичке корелационе анализе. На крају, добијени резултати се дискутују и износе се закључна разматрања.



Слика број 11: Структура трећег поглавља докторске дисертација

3.2 Формирање и опис базе

Формирање базе података представља први истраживачки задатак ове докторске дисертације. За потребе формирања базе извршено је експериментално истраживања у трајању од шест месеци. Прикупљени су квантитативни подаци о реализованим пројектима путне инфраструктуре у интервалу 2004. – 2021. година на територији Републике Србије.

Основи подаци су груписани у 4 целине:

- **Општи подаци о пројекту и учесницима:**
 - Тип радова (изградња/реконструкција)
 - Датум потписивања уговора између извођача и инвеститора
 - Тип уговора
 - Подаци о учесницима (инвеститор, стручни надзор и извођач)
 - Тип финансирања
 - Подаци о типу тендерског поступка
- **Физички параметри:**
 - Укупна дужина деонице
 - Дужина објеката (мостови и тунели)
- **Финансијски параметри:**
 - Уговорена вредност радова
 - Укупни трошкови завршеног пројекта (обрачун коначне ситуације)
- **Временски параметри:**
 - Уговорено трајање радова
 - Стварно трајање завршеног пројекта

Прикупљање података је спроведено на бази прегледа документације (уговори, динамички планови и окончане ситуације). Мањи део података, а који нису били доступни кроз претходно наведену документацију, је прикупљен кроз интервјуе са руководиоцима изградње и представницима извођача радова. При сакупљању података помоћ су пружили професори и сарадници са Катедре за Управљање пројектима у грађевинарству.

Резултат ове фазе истраживања јесте база података од 75 пројеката путне инфраструктуре (Прилог А). Услед заштите података уклоњени су подаци који могу угрозити тајност информација о сваком пројекту.

Укупна уговорна вредност радова за прикупљене пројекте је износила приближно две милијарде евра (табела број 14).

Табела број 14: Структура базе података са уговореном вредношћу радова као усвојеном мером за величину пројекта

Врста пројекта	Број пројеката	Укупна вредност радова
Изградња	48	€ 1.643.054.784,30
Реконструкција (појачано одржавање)	27	€ 112.979.744,05

3.2.1 Припрема података

Како је напоменуто у опису базе, прикупљени су подаци о реализованим грађевинским пројектима у периоду 2004. – 2021. године. Прикупљен је сет података који се односи на финансијске карактеристике, односно уговорене и остварене трошкове, сваког од пројеката у различитим периодима уговарања и реализације. Један део анализе се односи и на анализу трошковних података (нарочито уговорене вредности радова као метрике којом се представља величина пројекта (Andrić et al., 2019)). Како би трошковни подаци из различитих временских интервала били упоредиви, потребна је претходна припрема и то:

- Нормализација
- Ревалоризација

У овом истраживању, под нормализацијом трошковних вредности се подразумева свођење свих уговорених вредности радова на исту монетарну јединицу (€). Поред €, постојале су уговорене вредности у динарима (РСД) и доларима (\$). Поступак је спроведен тако што су разматране вредности курсева поменутих монетарних јединица у тренутку потписивања уговора о реализацији радова (базни датум).

Како би подаци из различитих година били упоредиви било је потребно свођење на исту временску тачку кроз поступак ревалоризације. Захваљујући ревалоризацији постиже се дефинисање разлике вредности уговорене цене сваког пројекта у односу на остале пројекте из базе. За поступак ревалоризације потребне су вредности на базни датум и текући датум (датум за који се врши ревалоризација) (Peško, 2013). За базни датум изабран је фебруар 2020. године (година потписивања уговора последњег пројекта из базе). Ревалоризација је извршена применом индексне методе на бази индекса цене произвођача индустријских производа за Републику Србију (Peško, 2013).

Након спроведене нормализације и ревалоризације, трошковне вредности различитих пројеката су директно упоредиве.

3.3 Анализа података

Први део анализе података се односи на дескриптивне статистичке анализе, док се други део односи на математичку анализу корелације варијабли од значаја за степен прекорачења рока. За анализу корелације биће коришћена линеарна регресиона анализа. Примена регресионе анализе је опште прихваћен приступ при утврђивању корелација различитих варијабли (Asiedu & Gyadu-Asiedu, 2020; Odeck, 2004).

Општи облик регресионе једначине гласи:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k + \varepsilon \quad k = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где је:

Y – зависна променљива;

X – независне променљиве;

a – регресиона константа;

b – процењени коефицијенти регресије;

ε – вредност грешке.

Као резултат степена слагања зависне и независних варијабли биће разматране вредности коефицијента детерминације R^2 . Вредности коефицијента детерминације се крећу у интервалу од 0 до 1, где 1 представља потпуну корелацију две варијабле, док 0 указује на потпуни недостатак корелације.

3.3.1 Карактеристике перформанси пројеката путне инфраструктуре у Србији

Под перформансама пројеката, у овом истраживању, биће разматране трошковне и временске перформансе. Различите студије разматрају прекорачења трошкова и времена као један феномен. Како је ово истраживање, у највећој мери фокусирано на прекорачење рока, дистрибуције кашњења и прекорачења трошкова биће посматране као две независне целине.

Прекорачење рока изградње – кашњење пројекта

Временске перформансе представљају кашњење пројекта изражено у % износу и представља количник разлике стварног трајања (AD) радова и уговореног трајања (ED) и уговореног трајања радова (ED):

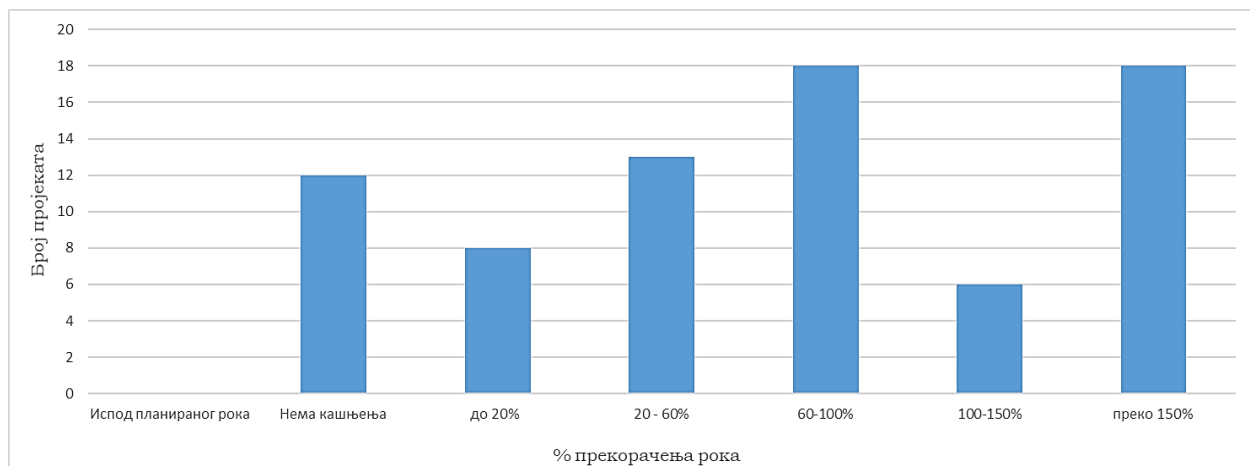
$$\% \text{ прекорачења рока} = \frac{AD - ED}{ED} \quad (2)$$

где је:

- ED (*Estimation Duration*) - уговорено трајање, тј. процењено трајање пре почетка извођења радова;
- AC (*Actual Duration*) - стварно трајање, тј. трајање реализације завршеног пројекта.

Стварно трајање пројекта се може одредити на основу вредности из *as built* динамичког плана, док уговорено трајање представља трајање радова из *baseline* динамичког плана.

Хистограм дистрибуције кашњења пројеката путне инфраструктуре у Србији приказан је на слици број 12.



Слика број 12: Дистрибуција кашњења на пројектима путне инфраструктуре у Србији

На бази прикупљених пројеката дошло се до следећих закључака:

- **84%** пројеката је било изложено кашњењу, док је **16%** пројеката завршено у оквиру планираног рока;
- Нису постојали пројекти који су завршени пре планираног рока изградње;
- **32%** пројеката је реализовано уз двоструко прекорачење рока изградње у односу на уговорени програм радова;
- Просечно прекорачење рока изградње је износило **92%** уговореног трајања ($SD=0,95$).

Како је база података садржала пројекте изградње и реконструкције, могуће је анализирати кашњења сваке групе пројеката посебно. У табели број 15 су приказани статистички параметри прекорачења рока за пројекте изградње и реконструкције.

Табела број 15: Статистичке вредности прекорачења рока за различите типове грађевинских пројеката

Тип пројекта	Број пројеката	Средња вредност (MEAN) %	Стандардна девијација (SD)	Медиана (MED) %
Укупно	75	91,34	0,95	67,67
1. Изградња	48	106,46	1,05	71,23
2. Реконструкција	27	63,69	0,72	37,14

Просечно прекорачење рока пројеката изградње је износило 106% уговореног трајања. Прекорачење рока изградње пројеката реконструкције је износило приближно 64%.

Генерално посматрано, просечне вредности прекорачења рока изградње су изражене (у односу на друга истраживања) имајући у виду да је трећина пројеката имала двоструко кашњење у односу на планирани програм радова.

Прекорачење трошкова изградње

Трошковне перформансе представљају степен прекорачења трошкова изградње изражен у % запису као количник разлике вредности стварних трошкова завршеног пројекта (AC) и вредности уговорених радова (EC) и вредности уговорених радова (EC):

$$\% \text{ прекорачења трошкова} = \frac{AC - EC}{EC} \quad (3)$$

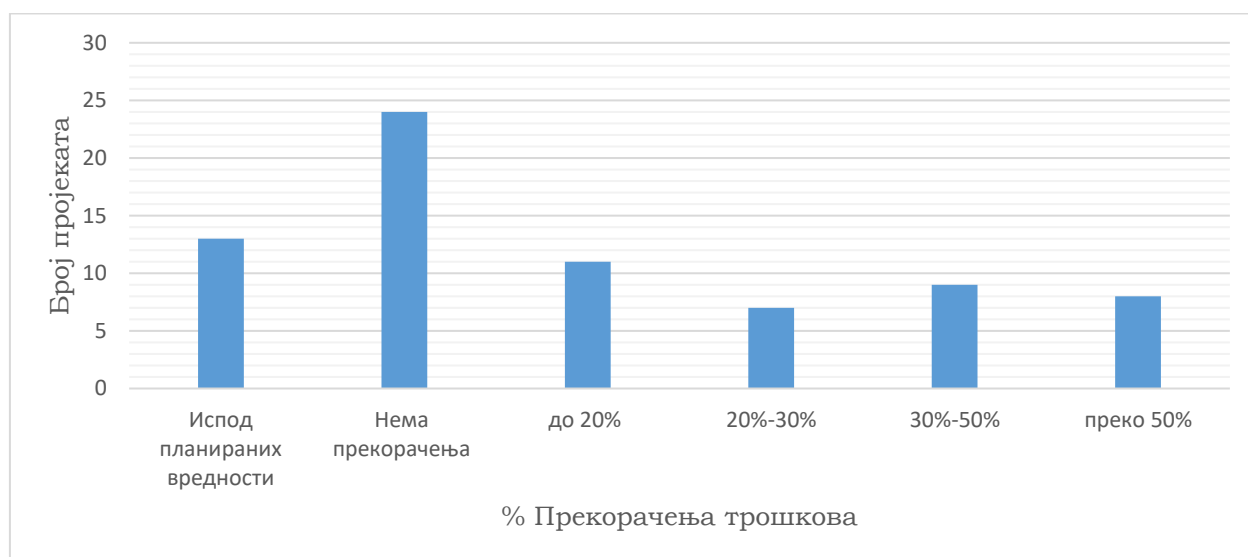
где је:

- EC (*Estimated Cost*) – процењени трошкови пројекта пре почетка грађења;
- AC (*Actual Cost*) – стварни трошкови завршеног пројекта.

Вредност стварних трошкова завршеног пројекта представља вредност окончане ситуације, док уговорена вредност радова представља износ из уговора (*Contract Sum*).

Хистограм дистрибуције прекорачења трошкова изградње пројеката путне инфраструктуре у Србији приказан је на слици број 13.

3. Перформансе грађевинских пројеката путне инфраструктуре у Србији



Слика број 13: Дистрибуција прекорачења трошкова на пројектима путне инфраструктуре у Србији

Анализом података о прекорачењу трошкова дошло се до следећих закључака:

- **52%** пројеката је завршено уз прекорачење трошкова, **32%** је завршено у оквиру планираног буџета, док је **16%** пројеката завршено испод планираних трошкова;
- Просечно прекорачење трошкова је износило **25,51%** (SD=0,64).

Статистичке вредности за прекорачења трошкова су приказане у табели број 16.

Табела број 16: Статистичке вредности прекорачења трошкова

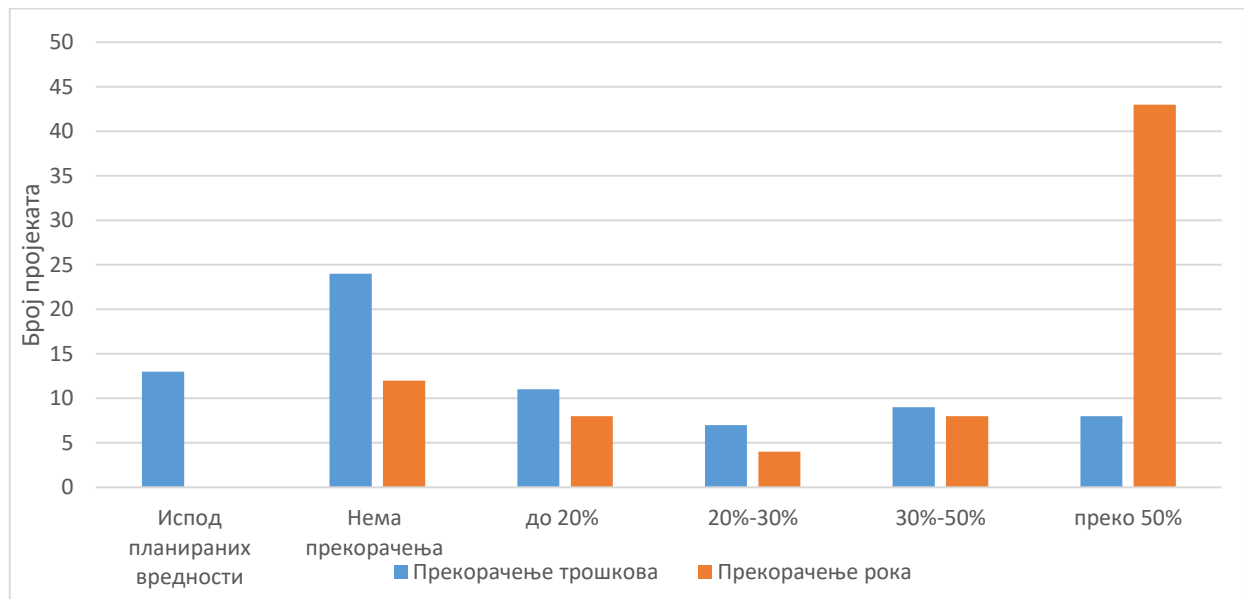
Тип пројекта	Број пројеката	Средња вредност (MEAN) %	Стандардна девијација (SD)	Медиана (MED) %
Укупно	75	25,51	0,64	7

У поређењу са другим студијама, прекорачења трошкова су нижа у односу на трендове у свету (видети 2.3).

Упоредни приказ кашњења и прекорачења трошкова

Добијени подаци, који се односе на формирану базу пројеката путне инфраструктуре у Србији, указују да су потребна додатна истраживања како би се стекла знања, нарочито у области ризика од прекорачења рока изградње. Упоредни приказ дистрибуције прекорачења трошкова и времена приказан је на слици број 14.

3. Перформансе грађевинских пројеката путне инфраструктуре у Србији



Слика број 14: Упоредни приказ дистрибуције прекојачења трошкова и времена на пројектима у Србији

У односу на независне анализе прекојачења трошкова и времена, упоредни приказ даје детаљнију слику о трендовима и дистрибуцији поремећаја на пројектима у Србији. У квалитативном смислу може се закључити да су трендови прекојачења трошкова и времена слични за пројекте чији су поремећаји ових вредности у интервалу од 0-50% уговорених вредности. Повећањем одступања преко +50% и испод 0%, дистрибуције ове две варијабле значајно одступају. Уочавање ових образаца захтева додатна истраживања како би се приступ управљања прекојачењима развијао у домену RFC (*Reference Class Forecasting*) (Flyvbjerg Bent, 2011). Ово ће бити предмет једног од будућих истраживања.

Србија није изузетак по питању прекојачења на пројектима. Глобалне студије о трендовима грађевинске индустрију указују да је просечно прекојачење рока изградње више од 20% планираног трајања док прекојачење трошкова достиже и вредности од 80% планираног буџета (Agarwal Rajat et al., 2018).

Појединачне студије сведоче о великој дисперзији резултата без јасног тренда. (Love et al., 2014) су истраживали прекојачења на пројектима путне инфраструктуре у Аустралији. На бази 58 пројеката путне инфраструктуре просечно прекојачење трошкова је износило 13,28%, док је прекојачење рока износило 8,91% уговорених вредности. Истраживања у Нигерији указују да је просечно прекојачење рока износило од 59% до 93%, у зависности од вредности пројекта, тј величине пројекта (Aibinu & Jagboro, 2002). Грађевински пројекти у Великој Британији су имали прекојачење рока у интервалу од 28% до 45% (A. Rivera et al., 2017).

Очигледно је да су прекојачењима трошкова и времена изложени пројекти широм света, како у развијеним земљама (Love et al., 2014), тако и у земљама у развоју (Aibinu & Jagboro, 2002). Све наведено наводи на закључак да је свако тржиште специфично и да заслужује посебна истраживања.

На бази прикупљених података, у даљем тексту биће тестирана корелација степена прекорачења рока и варијабли од значаја.

3.3.2 Анализа варијабли од значаја за прекорачење рока

Први део истраживања перформанси се односио на анализу прекорачења трошкова и рокова изградње на основу формиране базе података. Осим одговора на питање о степену прекорачења трошкова и трајања радова, закључци су и да су потребне детаљније анализе „осетљивости“ пројеката на прекорачења. Овај део истраживања сужава разматрање поремећаја на анализу времена, тј. прекорачење рока изградње. Циљ, како је напоменуто у уводном делу поглавља, представља утврђивање варијабли од значаја за прекорачење рока изградње.

Највећи број досадашњих истраживања је посвећен анализи прекорачења трошкова (Andrić et al., 2019; Cantarelli et al., 2012; Flyvbjerg et al., 2003; Lovrinčević & Vukomanović, 2022; Williams & Gong, 2014). Знатно мањи број студија разматра прекорачење времена изградње (Asiedu & Gyadu-Asiedu, 2020). Додатно, значајан број студија посматра трошкове и време као једну променљиву представљајући овакав приступ супериорнијим у односу на парцијално посматрање поремећаја (Bhargava et al., 2010; Heravi & Mohammadian, 2021).

У складу са дефинисаним циљевима истраживања, али и услед значајне ескалације кашњења, у наставку ће бити анализирани зависности кашњења на пројекту и одабраних варијабли.

Према прегледу постојећих студија али и сазнањима аутора, за потребе овог истраживања биће тестиране корелације кашњења и следећих независних варијабли (табела број 17):

- Врста радова – тип пројекта;
- Прекорачење трошкова – разлика између остварених и процењених трошкова;
- Планирано трајање – процењено трајање пре почетка радова;
- Дужина имплементационог периода – стварно трајање пројекта;
- Година почетка радова;
- Величина пројекта – процењени трошкови пројекта.

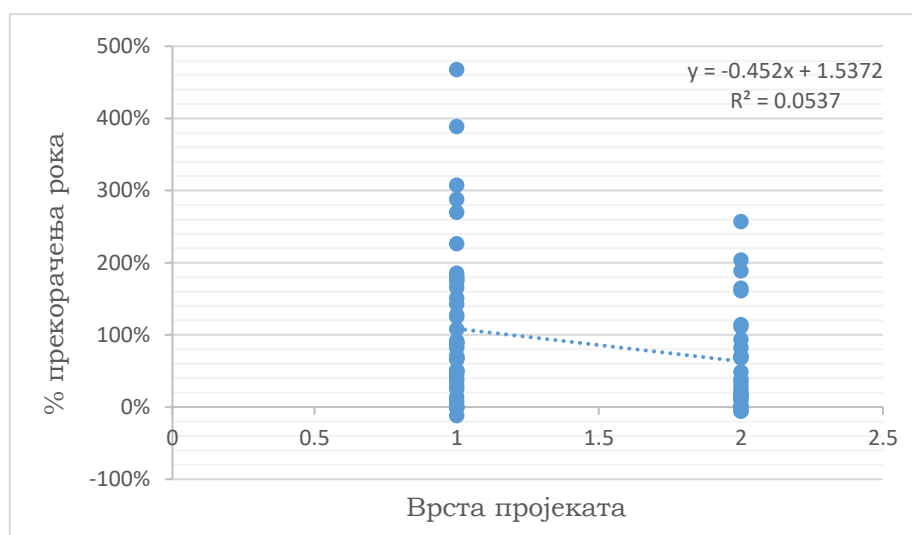
Тестирање корелације степена прекорачења рока и предложених варијабли биће спроведено уз помоћ линеарне регресионе анализе како је и напоменуто на почетку. Као мера степена зависности две варијабле биће разматране вредности коефицијента детерминације R^2 .

Табела број 17: Одабране варијабле за испитивање корелације са степеном прекорачења рока и претходне студије као извор

Независна променљива	Претходне студије као извор
Врста радова (тип пројекта)	(Heravi & Mohammadian, 2021; Love et al., 2014; Mahamid, 2017; Senouci et al., 2016)
Прекорачење трошкова	(Cooke-Davies, 2002; Heravi & Mohammadian, 2021; Welde & Bukkestein, 2021)
Планирано трајање	(Senouci et al., 2016)
Имплементациони период (стварно трајање пројекта)	(Aibinu & Jagboro, 2002; Mahamid, 2017)
Година почетка реализације радова	(Welde & Bukkestein, 2021)
Величина пројекта (процењени трошкови)	(Heravi & Mohammadian, 2021; Love et al., 2014; Senouci et al., 2016)

Кашњење пројекта и врста радова

Врста радова и тип пројекта су параметри који могу утицати на временске и трошковне варијације на пројекту (Heravi & Mohammadian, 2021). Различите студије широм света указују на значај ове варијабле по прекорачење рока. Тестирање значаја врсте пројекта на кашњење могуће је захваљујући статистички значајном броју пројеката изградње (48) и реконструкције (27). Зависност прекорачења рока и врсте радова приказана је на слици број 15. Врста радова је критеријум који у овој студији има две вредности: (1) изградња и (2) реконструкција.



Слика број 15: Зависност прекорачења рока и врсте грађевинских пројеката (1 – изградња; 2 – реконструкција)

Вредност коефицијента детерминације износи $R^2=0,05$ што указује да не постоји корелације између ове две варијабле. У студији (Love et al., 2014) се дошло до закључака да нема статистички значајне везе између кашњења и

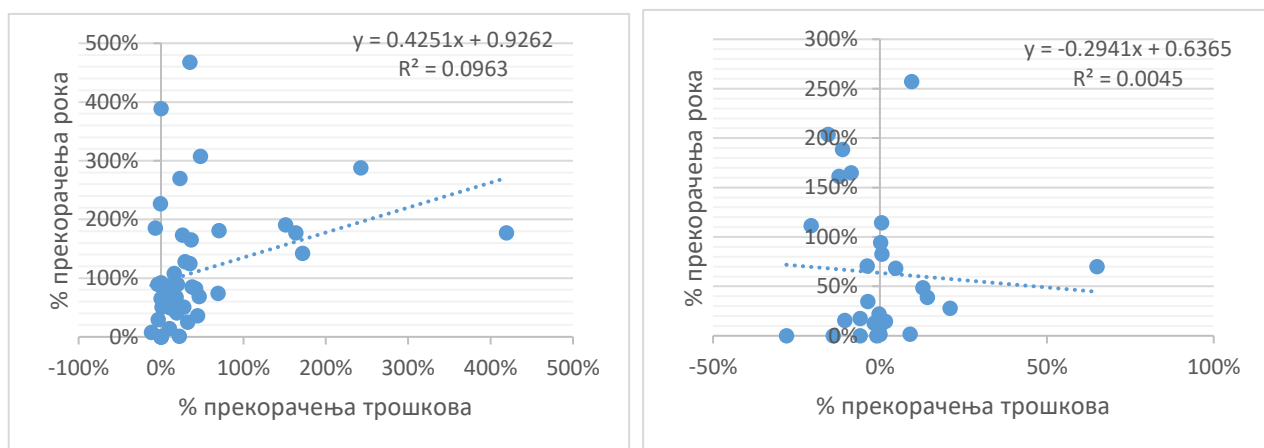
различитих типова пројеката путне инфраструктуре. У студији (Heravi & Mohammadian, 2021), такође, није постојала корелација кашњења између пројеката изградње и реконструкције. Резултати овог дела истраживања могу се тумачити у контексту да кашњења не зависе од комплексности пројекта.

Кашњење пројекта и прекорачење трошкова

Прекорачење трошкова је показатељ проблема који могу повећати ризик од кашњења пројекта и обрнуто. У сваком случају однос ове две варијабле није потпуно јасан (Welde & Bukkesteyn, 2021). Тестирање односа прекорачења трошкова и времена је важно из неколико разлога. Један од основних је тврдња да интегрисан (време и трошкови) приступ анализи перформанси доприноси успеху пројекта (Assaad et al., 2020). Велики број истраживача заговара овакав приступ прекорачењима на пројекту (Bhargava et al., 2010; Enshassi et al., 2009; Kaming et al., 1997; Le-Hoai et al., 2008). Један од разлога зашто је очекивано да ове две варијабле буду у корелацији јесте и чињеница да су праксе управљања временом и трошковима на пројекту такође у корелацији (Cooke-Davies, 2002).

Просечно прекорачење рока за пројекте путне инфраструктуре у Србији је износило око 25% што није карактеристично за трендове у свету, а још мање за земље у развоју (детаљније видети поглавље 2.3). На пример, норвешки грађевински пројекти су били изложени прекорачењу трошкова од око 160% у односу на планиране трошкове (Kolltveit & Grønhaug, 2004). Студија (Flyvbjerg et al., 2003) указује на прекорачење трошкова на инфраструктурним пројектима у Данској у интервалу од 80% до 280% процењених трошкова.

Утврђивање корелације прекорачења трошкова и кашњења је приказано на слици број 16.



Слика број 16: Прекорачење рока и прекорачење трошкова пројекта (лево-изградња, десно – реконструкција)

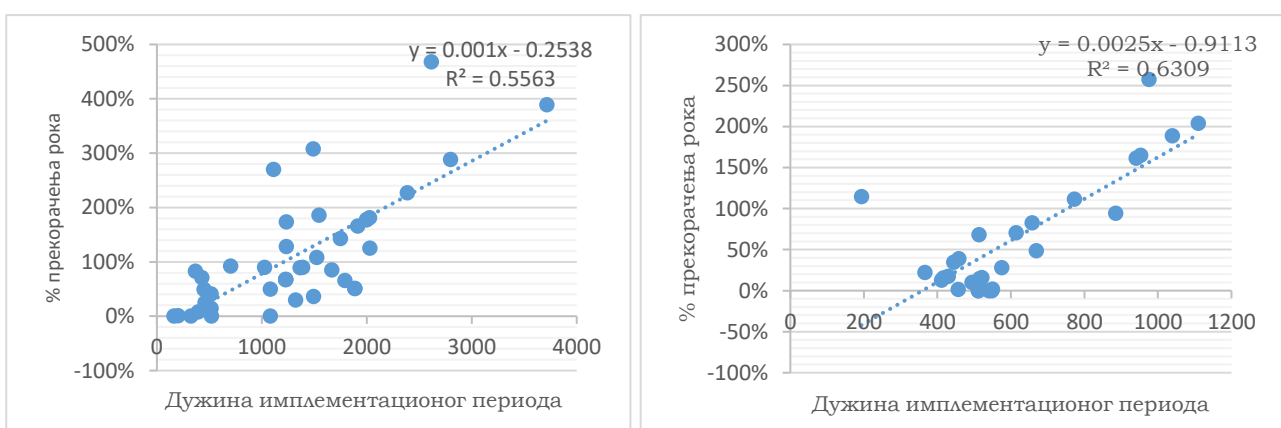
Резултати указују да не постоји корелација прекорачења трошкова и рока како на пројектима изградње ($R^2=0,09$), тако и на пројектима реконструкције ($R^2=0,004$). Овакви резултати могу указивати на то да су узроци кашњења и прекорачења трошкова различите природе. Додатно, за пројекте српског

тржишта, нема значајних индиција да заједничко посматрање времена и трошкова на пројекту доприноси бољим резултатима имајући у виду добијене резултате.

У студији (Negavi & Mohammadian, 2021) је утврђен висок степен зависности прекорачења трошкова и кашњења на пројекту. Студија која је разматрала пројекте саобраћајне инфраструктуре у Сједињеним Америчким Државама дошла је до закључка да постоји корелација између прекорачења трошкова и прекорачења рока (Bhargava et al., 2010). Исти аутор, на бази резултата истраживања, предлаже разматрање прекорачења трошкова и кашњења на пројекту истовремено. У студији (Cooke-Davies, 2002) је истраживана корелација прекорачења времена и трошкова на европским пројектима у периоду 1994. – 2000. године. Иако је забележен низак степен ескалације трошкова проузрокованих кашњењем, постојала је висока корелација ($R^2=0,553$) између ове две варијабле. Са друге стране, студија (Welde & Bukkestein, 2021) указује да нема значајне везе између кашњења и прекорачења рока на пројектима. Према неким ауторима, овај контраинтуитивни закључак може бити последица тога да разлози прекорачења неке од ових варијабли леже у спољашњим факторима.

Кашњење пројекта и трајање радова – имплементациони период

Имплементациони период је приказан као период између формалног почетка радова и стварног завршетка пројекта (Andrić et al., 2019). Другим речима, имплементациони период, у овој студији, је представљен као стварно трајање пројекта. Значај ове варијабле се огледа у идентификацији утицаја трајања реализације пројекта на кашњење. За очекивати је да дуже трајање пројекта узрокује већи степен прекорачења рока. Зависност кашњења и дужине имплементационог периода је испитана користећи линеарну регресиону анализу (слика број 17).



Слика број 17: Прекорачење рока и дужина трајања пројекта, тј. дужина имплементационог периода (лево- изградња, десно – реконструкција)

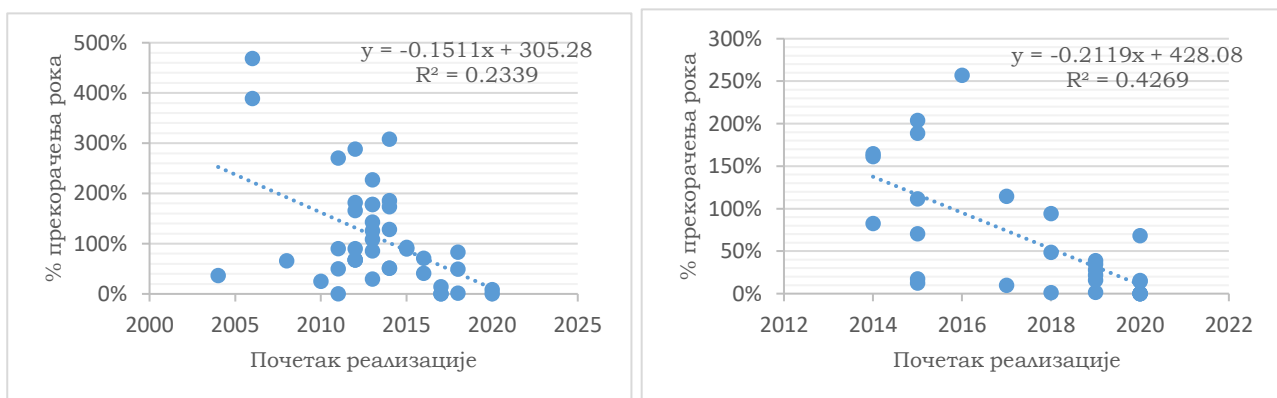
Резултати показују висок степен корелације између степена прекорачења рока и дужине имплементационог периода како за објекте изградње ($R^2=0,56$) тако и за објекте реконструкције ($R^2=0,63$).

Резултати ове анализе су очекивани имајући у виду и резултате претходних студија. Постојала је значајна статистичка веза између ове две варијабле и у студији (Mahamid, 2017). Такође, пројекти у Нигерији указују на висок степен корелације ове две варијабле (Aibinu & Jagboro, 2002). Дужина имплементационог периода је анализирана у корелацији са прекорачењем трошкова. Висок степен корелације забележили су (Andrić et al., 2019; Flyvbjerg et al., 2003). Међутим, како је већ напоменуто, трошкови као зависна варијабла су остали ван контекста овог истраживања.

Кашњење пројекта и година почетка радова

Учење и напредовање кроз процес учења је суштински део свих организација. С тиме у вези, корисно је разматрати степен прекорачења рока кроз време. Година почетка се односи на годину када су радови заиста почели чиме се може истражити степен напретка перформанси пројекта кроз време (Flyvbjerg et al., 2003).

У овом делу дисертације постављено је истраживачко питање „Да ли су се временске перформансе пројеката током времена побољшале“. Одговор ће бити резултат линеарне регресионе анализе приказане на слици број 18.



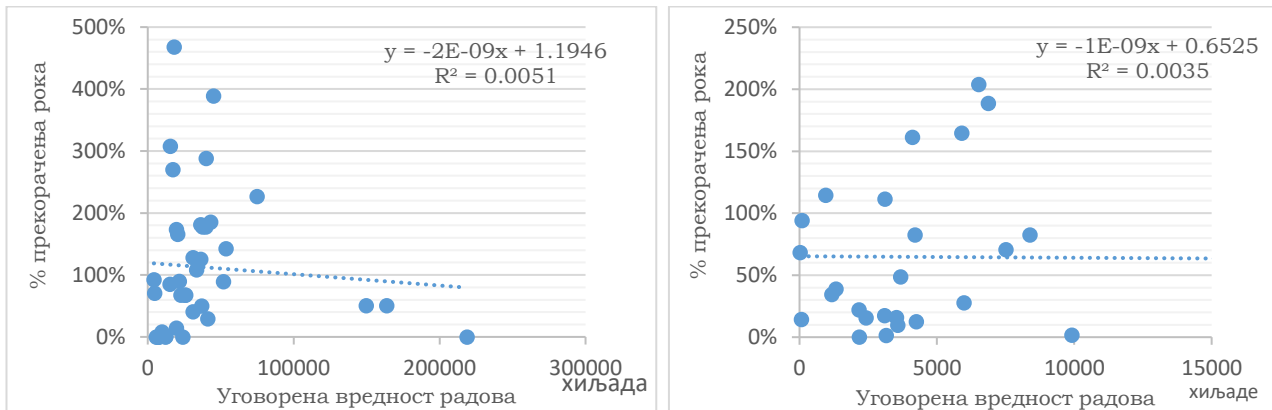
Слика број 18: Зависност кашњења и године почетка реализације пројекта (лево – изградња, десно – реконструкција)

Коефицијенти детерминације за пројекте изградње ($R^2=0,24$) и реконструкције ($R^2=0,43$) указују да постоји корелација између степена прекорачења рока и године почетка радова. Резултат ове анализе се може тумачити у контексту да постоји побољшање приступа управљању кашњењем на пројекту кроз време. До сличних закључака су дошли и (Welde & Bukkestein, 2021).

Кашњење пројекта и величина пројекта

Величина пројекта је дефинисана као процењени трошак у тренутку доношења одлуке о изградњи (Andrić et al., 2019; Bhargava et al., 2010; Love et al., 2014). Многи истраживачи су утврђивали однос величине пројекта и степена прекорачења рока (Heravi & Mohammadian, 2021; Love et al., 2014). У оквиру ове студије, однос између величине пројекта (процењени трошкови) и степена прекорачења рока приказан је на слици број 19.

3. Перформансе грађевинских пројеката путне инфраструктуре у Србији



Слика број 19: Прекорачење рока и величина пројекта (лево- изградња, десно – реконструкција)

Коефицијент детерминације између степена прекорачења рока и величине пројеката изградње је износио $R^2=0,005$, док је за пројекте реконструкције износио $R^2=0,0036$.

Резултати указују да нема корелације између прекорачења трошкова и величине пројеката на обе врсте пројеката. Слични резултати добијени су и у студији аустралијских пројеката (Love et al., 2014).

3.4 Закључак

Познавање перформанси пројеката и карактеристике прекорачења времена и трошкова су значајни подаци за све учеснике који планирају ангажовање на будућим пројектима. У овом поглављу дисертације разматрани су трендови кашњења и прекорачења трошкова на основу формиране базе података пројеката путне инфраструктуре у Србији. Поред тога, анализирани су зависности прекорачења рока и одабраних варијабли од значаја.

У првом делу истраживања формирана је база од 75 пројеката (48 – изградња и 27 – реконструкција) и на тај начин је испуњен први истраживачки задатак. Главни резултати анализе трендова пројеката у погледу прекорачења се могу сумирати кроз неколико значајности:

- више од 80% пројеката је било изложено кашњењу;
- нису идентификовани пројекти који су завршени пре планираног рока за завршетак радова;
- око 30% укупног броја пројеката је удвостручило трајање у односу на планирано;
- просечно прекорачење рока је износило 91,34% (106% за пројекте изградње и 63% за пројекте реконструкције);
- просечно прекорачење трошкова је износило око 25% уговорене вредности радова.

Поредећи резултате у односу на друге студије, нема великих одступања нарочито у погледу временских перформанси. Када је реч о трошковним перформансама забележен је нижи степен у односу на студије широм света.

Детаљне анализе трошковних перформанси су остале ван контекста овог истраживања осим у случају анализе зависности са временским перформансама.

Други део овог поглавља је разматрао корелације прекорачења рока и варијабли од значаја за прекорачење. Избор варијабли је вршен на бази доступне литературе. Главни резултати се могу представити у неколико закључака (табела број 18):

- Није постојала корелације између кашњења и: (1) врсте пројеката, (2) степена прекорачења трошкова и (3) величине пројекта;
- Постигнута је зависност између кашњења и: (1) дужине имплементационог периода и (2) године почетка реализације пројекта.

Табела број 18: Сумарни преглед резултата регресионе анализе зависности између прекорачења рока и одабраних варијабли

	Врста радова	Прекорачење трошкова	Имплементациони период	Година почетка реализације	Величина пројекта
	R ²	R ²	R ²	R ²	R ²
Изградња	0,05	0,09	0,56	0,23	0,005
Реконструкција		0,004	0,63	0,43	0,003

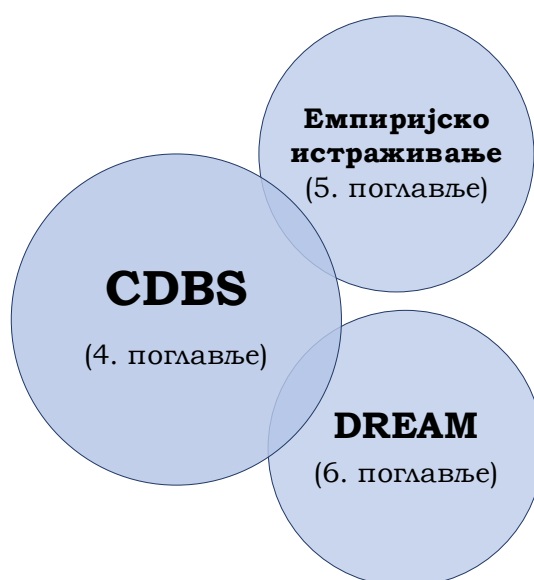
Иако се чини да нема корелације између прекорачења трошкова и прекорачења рока изградње, детаљнија анализа ове две варијабле је указала на приближне трендове за поремећаје у интервалу од 0% до 50% уговорених вредности (слика број 14). Детаљнија анализа у оквиру под - категорија ће бити предмет неког од будућих истраживања.

Резултати истраживања зависности кашњења и варијабли које су познате пре почетка реализације се могу тумачити у светлу да су главни индикатори везани за кашњење пројеката у фази имплементације пројекта. Добијени резултати могу бити полазна тачка за спречавање или ублажавање кашњења у циљу побољшања ефикасног управљања пројектом. Главно ограничење овог дела истраживања јесте величина базе прикупљених пројеката (75).

4. Успостављање хијерархијске структуре узрока кашњења - CDBS

4.1 Увод

Ово поглавље представља другу фазу истраживања. Циљ ове фазе јесте успостављање хијерархијске структуре узрока кашњења на грађевинским пројектима – **CDBS** (*Causes of Delay Breakdown Structure*). Предложена листа биће коришћена за потребе емпиријског истраживања (5. Поглавље) и за развој модела за идентификацију и анализу узрока кашњења на грађевинским пројектима – **DREAM** (6. Поглавље) (слика број 20).



Слика број 20: Илустрација примене хијерархијски структуриране листе узрока кашњења (CDBS) у фазама истраживања дисертације

Пратећи препоруке у литератури (Assaf & Al-Hejji, 2006; T. K. Wang et al., 2018), коначна листа узрока кашњења биће формирана у две фазе: I – преглед литературе и II – пилот истраживање (слика број 21).



Слика број 21: Методолошки поступак за успостављање хијерархијске структуре узрока кашњења (CDBS)

Први корак подразумева преглед и систематизацију релевантних студија у овој области. Циљ прегледа литературе јесте идентификација узрока кашњења представљених у различитим студијама. Додатно, разматране су препоруке за класификацију узрока кашњења (детаљније видети 2.4.3). Други корак се

односи на пилот студију која има за циљ унапређење исхода прегледа постојећих студија.

4.2 Избор релевантних студија везаних за узроке кашњења

Значајан део поступка избора релевантних студија обухваћених овим истраживањем је описан у поглављу 2. *Преглед литературе и теоријска разматрања*. Нарочит значај је приписан овом делу истраживања. Главни разлог јесте потреба за свеобухватном листом узрока кашњења које су препознате у различитим студијама. Предложена листа биће коришћена при формирању универзалног модела за идентификацију и анализу узрока кашњења – DREAM коме ће бити посвећено 6. поглавље докторске дисертације.

Преглед литературе је обухватио следеће изворе: *Google Scholar*, *Research gate*, *Scopus* и *Kobson* академску мрежу. Претрага је вршена према следећим кључним речима:

- *Causes of delay*
- *Causes of time overrun*
- *Delay risk*
- *Delay time*
- *Time delay*
- *Delay factor*

Избор кључних речи се базирао на неколико релевантних студија ове области (Assaf & Al-Hejji, 2006; Doloi et al., 2012; Sambasivan & Soon, 2007; T. K. Wang et al., 2018). Оваквом претрагом прикупљени су чланци који су се бавили истраживањем узрока кашњења грађевинских пројеката. За систематичан приступ, од користи су били само радови који су својим садржајем обухватили предложену листу узрока кашњења. На овакав начин добијена је листа од 80 публикација у интервалу од 1985. до 2022. године. Иако је предмет истраживања докторске дисертације саобраћајна инфраструктура, анализирани су радови који су се бавили и другим грађевинским пројектима. Највећи број прегледаних студија посматра контекст кашњења на грађевинским пројектима у целини (табела број 8).

Од 80 студија изабрано је 10 релевантних са укупном цитираношћу од 10.000 цитата¹. Унија прегледаних радова резултирала је листом од 167 идентификованих узрока кашњења. Након сређивања листе одбацавањем дупликата и здруживањем сродних узрока, добијена је листа од 94 узрока кашњења.

Наредни корак представља спровођење пилот студије како би се листа узрока кашњења добијена на бази прегледа литературе унапредила и оптимизовала.

¹ *Google Scholar*

4.3 Пилот студија

Друга фаза ка формирању јединствене листе узрока кашњења односи се на Пилот студију. Пилот студија је, као међукорак ка успостављању коначне листе узрока кашњења, препозната у већини истраживања из ове области (Faridi & El-Sayegh, 2006; T. K. Wang et al., 2018). У пилот студији су учествовала три грађевинска инжењера са преко 20 година искуства у области управљања пројектима.

Пилот студија је имала за циљ:

- Верификацију предложене листе идентификованих узрока кашњења из претходне фазе;
- Идентификацију, евентуалних, узрока кашњења који нису обухваћени досадашњим истраживањима, а са којима су се сусрели учесници пилот студије.

Након спроведене Пилот студије добијена је листа од 53 узрока кашњења груписаних у 8 категорија. Осим здруживања већ постојећих узрока кашњења у логичке целине, допринос пилот студије јесу и два узрока кашњења која нису обухваћена досадашњим студијама: 2.2 *Критеријум за доделу уговора – Рок као параметар за вредновање понуде* и 2.3 *Дуг период додатног уговарања за непредвиђене и накнадне радове (нарочито за измене током реализације)* (табела број 19).

4.4 Резултати

PMI (*Project Management Institute*) препоручује дељење структуре ризика на хијерархијске нивое (*Risk Breakdown Structure - RBS*) како би се искористио потенцијал ризика на различитим нивоима (El-Sayegh & Mansour, 2015). Следећи препоруке (*Project Management Institute*, 2016) и имајући у виду да су узроци кашњења ризици на будућим пројектима, ова студија уводи хијерархијску структуру узрока кашњења. Предложена структура се састоји од два нивоа и то: ниво I – групе узрока кашњења и ниво II – појединачни узроци кашњења (слика број 22).

Груписање узрока кашњења на пројекту могуће је на основу различитих критеријума. Критеријум поделе којим се водио аутор докторске дисертације јесте извор узрока кашњења (Assaf & Al-Hejji, 2006). На основу тога усвојено је 8 група узрока кашњења:

- **Пројектна документација** : Група узрока кашњења заступљена у готово свим студијама. Односи се на квалитет пројектне документације у погледу времена испоруке, недостатака, грешака и слично. Овом групом обухваћено је шест узрока кашњења.
- **Тендерски поступак**: Група узрока кашњења која се односи на услове и тендерске процедуре. Утицај ове групе узрока је тешко квантификовати (подаци најчешће нису доступни) те је стога експертско мишљење о узроцима из ове групе веома значајно. Приметан је мали број узрока кашњења ове групе у литератури. Значајан допринос пружили су

експерти додавањем два узрока кашњења (видети табелу 19). Овом групом обухваћена су три узрока кашњења.

- **Ресурси:** Узроци кашњења који се односе на набавку и управљање радном снагом, материјалом и механизацијом. У оквиру ове групе разматрано је седам узрока кашњења.
- **Инвеститор:** Група која обухвата узроке кашњења који су ризик инвеститора. Односи се на способност инвеститора да финансира радове, комуникацију са осталим учесницима и друго. Група обухвата шест узрока кашњења.
- **Извођач:** Највише детектованих узрока везано је груписање око Извођача радова. То је и очекивано с обзиром на велики број неизвесности током извођења. Овој групи би се могли придодати и узроци који се односе на ресурсе. Међутим, пратећи препоруке у литератури (Assaf & Al-Hejji, 2006), предложене су две независне групе. Група садржи седам узрока кашњења и односе се на финансијски статус извођача, комуникацију са осталим учесницима, квалитет радова и друго.
- **Стручни надзор:** Узроци кашњења који се односе на продуктивност и квалитет тима стручног надзора на пројекту. Група садржи седам узрока кашњења.
- **Пројекат:** Група узрока кашњења која се односи на пројекат у целости. Обухвата карактеристике пројекта у контексту обима и комплексности као и уговорних одредби. Група обухвата девет узрока кашњења.
- **Спољашњи:** Узроци кашњења који се односе на спољашње параметре у погледу експлозијације, законодавног система, еколошких услова и временских прилика. Група обухвата осам узрока кашњења.

Слична класификација забележена је и у другим студијама (Mahamid et al., 2012; Sambasivan & Soon, 2007; T. K. Wang et al., 2018). Узроци кашњења и припадајуће групе са изворима су приказани у табели број 19.

Табела број 19: Коначна листа узрока кашњења груписаних у 8 категорија

Ниво 1	Ниво 2	Узрок кашњења	Извор
1. Пројектна документација	1.1	Неусаглашеност пројекта са условима окружења – услед неодговарајућих подлога за пројектовање	[6] [9] [10]
	1.2	Недостатак детаља и спецификација у пројектној документацији (Недовољно разрађени делови пројектне документације)	[2] [6]
	1.3	Пројектована сложена или неодговарајућа технологија извођења	[2] [6]
	1.4	Неусклађеност делова пројектне документације	[2] [9] [10]
	1.5	Кашњења у изради или изменама пројектне документације током извођења (препројектовање)	[2] [3]
	1.6	Лош предмер радова (нпр. погрешан обрачун)	[6]

4. Успостављање хијерархијске структуре узрока кашњења – CDBS

2. Тендерски услови	2.1	Критеријум за доделу уговора – Критеријум најнижа цена	[2] [5] [7]
	2.2	Критеријум за доделу уговора – Рок као параметар за вредновање понуде	*Пилот студија
	2.3	Дуг период додатног уговарања за непредвиђене и накнадне радове (нарочито за измене током реализације)	*Пилот студија
3. Ресурси	3.1	Недостатак радне снаге	[2] [3] [4]
	3.2	Ниска продуктивност и неквалификована радна снага	[2] [3] [5]
	3.3	Недостатак материјала на тржишту	[1] [9] [10]
	3.4	Кашњења у испоруци материјала и опреме	[2] [4] [6]
	3.5	Неадекватан квалитет материјала	[3] [5] [9]
	3.6	Кварови опреме и застарела механизације	[7] [8] [9]
	3.7	Недостатак опреме (механизације)	[2] [3] [6]
4. Инвеститор	4.1	Кашњења у плаћању ситуација од стране послодавца	[2] [6] [7]
	4.2	Измене на захтев послодавца	[1] [6] [7]
	4.3	Спорост у одлучивању (доношењу одлука)	[4] [5] [6]
	4.4	Лоша комуникација послодавца са осталим учесницима на пројекту	[1] [5] [6]
	4.5	Недостатак средстава или дуготрајна процедура за финансирање непредвиђених радова и вишкова радова	[5] [7]
	4.6	Кашњење са предајом (делова) градилишта извођача	[2] [6] [7]
5. Извођач	5.1	Поново извођење радова услед грешака или лошег квалитета изведених радова	[2] [5] [8]
	5.2	Лоше финансијско стање извођача	[2] [7] [8]
	5.3	Неефикасно планирање и управљање радовима на градилишту	[1] [6] [8]
	5.4	Лоша комуникација извођача са осталим учесницима на пројекту	[2] [8] [9]
	5.5	Неадекватно искуство извођача	[1] [7] [8]
	5.6	Неодговорно извођење радова и угрожавање безбедности осталих радова	[2] [9]
	5.7	Кашњења подизвођача	[1] [2] [9]
6. Стручни надзор	6.1	Лоша комуникација надзорног органа са осталим учесницима на пројекту	[1] [4] [5]
	6.2	Недостатак искуства и стручности од стране надзорног органа	[2] [7]
	6.3	Недовољан број чланова тима надзорног органа	[1] [5]
	6.4	Избегавање стручног надзора да заузме проактивну улогу и издаје инструкције	[9]
	6.5	Кашњења у прегледању и оверавању изведених радова	[2] [7]
	6.6	Кашњења у прегледу и одобрењу поступка извођења радова (<i>Method Statement</i>)	[2]
	6.7	Кашњења у прегледу и одобрењу материјала	[2] [7]

7. Пројекат у целини	7.1	Неадекватно трајање пројекта, према уговору	[2] [3] [10]
	7.2	Неадекватни или непрецизни услови уговора	[2] [5]
	7.3	Неразрешени одштетни захтеви, варијације и VEP	[2] [10]
	7.4	Висока комплексност пројекта (Обим радова, топографија, ограничења у приступу, нове технологије итд.):	[5] [7]
	7.5	Спорови између различитих страна на пројекту у току реализације радова	[2] [6] [10]
	7.6	Неодговарајући <i>cash flow</i> пројекта	[2]
	7.7	Лош <i>contract management</i>	[2] [9]
	7.8	Недостатак управљања ризицима	[2] [3] [7]
	7.9	Несреће на градилишту	[2] [9]
8. Спољашњи	8.1	Проблеми са имовинско-правним односима (нпр. експропријација и сл.)	[1] [2] [5]
	8.2	Кашњење у добијању дозволе и сагласности од стране надлежних органа	[2] [9]
	8.3	Измене у законима и прописима	[2] [4]
	8.4	Корупција и нестабилна политичка ситуација у земљи	[5] [7]
	8.5	Нестабилност курса и скок цена ресурса	[6] [10]
	8.6	Нова еколошка ограничења или непредвиђене околности (археолошка налазишта, подземни каблови или цевоводи, минско-експлозивна средства и сл.):	[2] [9]
	8.7	Неочекивано лоши временски услови	[6] [9]
	8.8	Више сила (природне непогоде, пандемија, епидемија)	[6] [9]

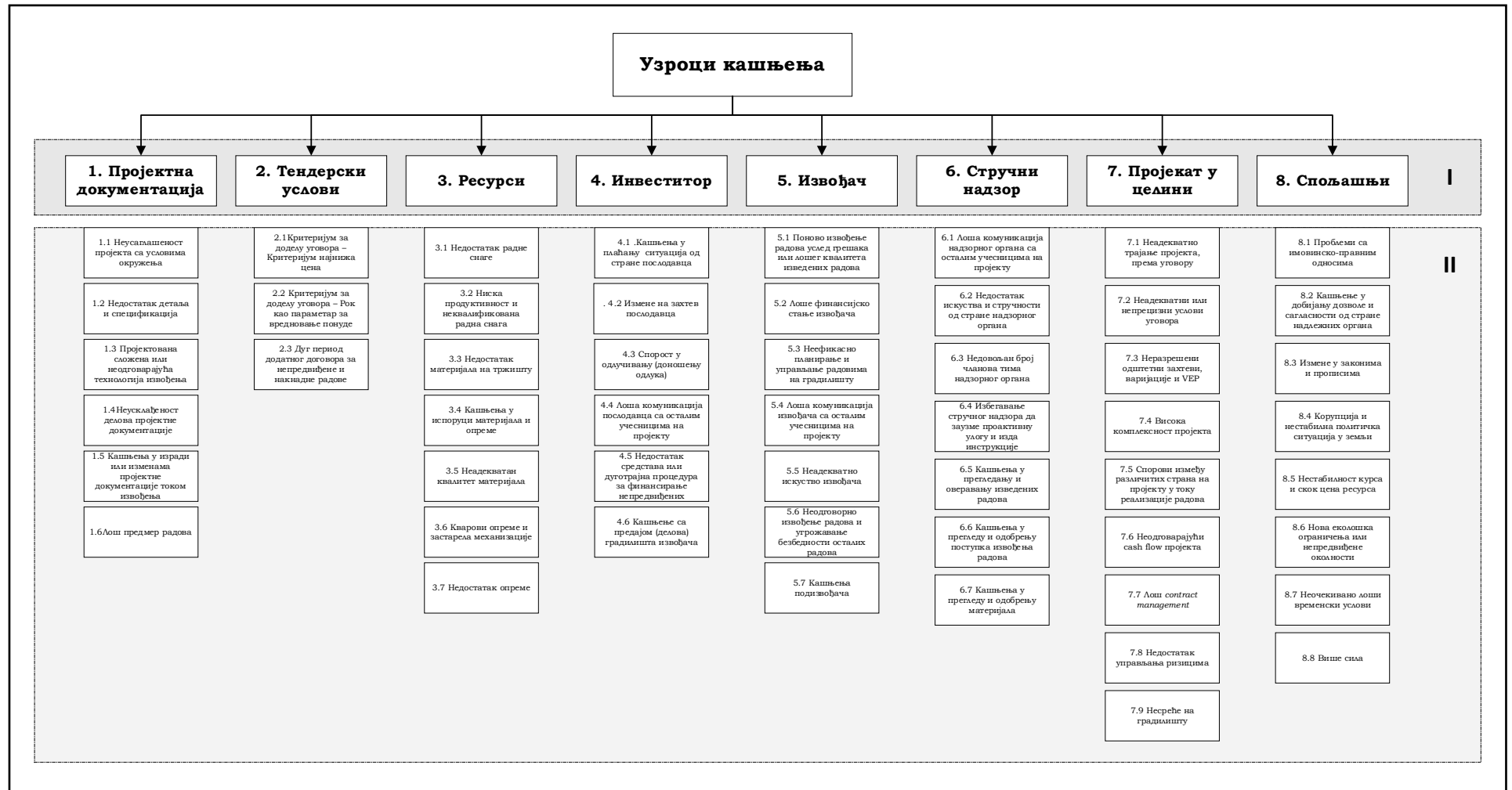
Извори узрока кашњења: [1] (D. W. M. Chan & Kumaraswamy, 1997); [2] (Assaf & Al-Hejji, 2006); [3] (Sambasivan & Soon, 2007); [4] (Abd El-Razek et al., 2008); [5] (Mahamid et al., 2012); [6] (Gunduz & Yahya, 2018); [7] (Santoso & Soeng, 2016); [8] (Rachid et al., 2019); [9] (T. K. Wang et al., 2018); [10] (Gondia et al., 2020); [*] Пилот студија

4.5 Закључак

У овом делу истраживања је представљена јединствена хијерархијски структурирана листа узрока кашњења CDBS (слика број 22). Листа је обухватила 53 узрока кашњења груписаних у 8 категорија. Додатно, кроз пилот студије су идентификована и два нова узрока кашњења: 2.2 *Критеријум за доделу уговора – Рок као параметар за вредновање понуде* и 2.3 *Дуг период додатног уговарања за непредвиђене и накнадне радове (нарочито за измене током реализације)* који нису били предмет досадашњих студија.

Шематски приказана структура истраживања докторске дисертације (слика број 1) јасно назначава употребу овог дела у наредним фазама истраживања. Наредно поглавље дисертације има за циљ да тестира поузданости и испита слабости постојећег приступа за идентификацију и анализу узрока кашњења.

4. Успостављање хијерархијске структуре узрока кашњења - CDBS



Слика број 22: Хијерархијска структура узрока кашњења: Ниво I – Групе узрока кашњења; Ниво II – Појединачни узроци кашњења

5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре – постојећи приступ

5.1 Увод

Ово поглавље се бави традиционалним, емпиријским истраживањем узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре у Србији. Истраживање се спроводи користећи анкетни упитник који је идентификован, кроз преглед литературе, као најзаступљенији методолошки приступ прикупљања података о узроцима кашњења. Главни циљеви поглавља представљају допринос идентификацији узрока кашњења за пројекте путне инфраструктуре у Србији као и тестирање поузданости резултата постојећег приступа на нивоу појединачног пројекта (слика број 23).



Слика број 23: Шематски приказ циљева петог поглавља докторске дисертације:

1. Идентификација узрока кашњења; 2. Истраживање консензуса кључних учесника о узроцима кашњења

Поглавље је подељено у три дела: Први део описује методологију користећи резултате претходног дела истраживања (4. Поглавље). Резултати идентификованих узрока кашњења, из перспективе три кључне групе учесника на пројекту, биће приказани у средњем делу поглавља. На крају ће бити приказана дискусија и закључна разматрања у два правца:

1. Идентификовани узроци кашњења из перспективе инвеститора, стручног надзора и извођача радова;
2. Степен слагања ставова различитих група учесника и поузданост постојећег методолошког приступа на нивоу појединачног пројекта.

Структура и кораци истраживања су приказани на слици број 24.



Слика број 24: Структура и кораци истраживања 5. поглавља; CDBS – хијерархијска структура узрока кашњења

Поглавље почиње формирањем пилот упитника, на бази хијерархијски структуриране листе узрока кашњења (CDBS) из претходног дела истраживања. Након пилот упитника, врши се дистрибуција коначног упитника и циљано прикупљање одговора о узроцима кашњења за пројекте из формиране базе. Обрада резултата има за циљ идентификацију узрока кашњења генерално, као и из перспективе различитих група учесника на пројекту. На крају се изводе закључна разматрања у складу са резултатима и дефинисаним циљевима истраживања.

5.2 Методологија истраживања

Ово поглавље истраживања усваја најчесталији приступ идентификацији узрока кашњења (слика број 8) – анкетни упитник. Овакав приступ представља облик неексперименталног истраживања базиран на личном ставу испитаника прибављеном уз помоћ низа стандардизованих питања организованих у анкетни упитник (Mikić, 2015).

Хетерогеност испитаника је важан критеријум у идентификацији узрока који доприносе кашњењу на пројекту (Sambasivan & Soon, 2007). Како је приказано у прегледу литературе (детаљније видети 2.4.4), избор учесника емпиријског истраживања варира кроз различите студије. Најзаступљенији учесници су стручни надзор², извођач и инвеститор³. Ово је разумљиво с обзиром да су ове групе учесника укључене у све процесе реализације пројекта, што није случај са осталим учесницима (на пример пројектанти). Како би се добили поуздани резултати, кључни учесници емпиријског истраживања биће извођачи, инвеститори и стручни надзор.

Методологија истраживања поглавља започиње и директно се ослања на резултате приказане у 4. поглављу (слика број 22). Добијена листа узрока кашњења биће коришћена при формирању Пилот упитника. Иако је предефинисана листа (4. Поглавље - CDBS) последица пилот студије чији је фокус био на садржају листе узрока кашњења, било је потребно спровести и пилот студију чији је задатак евалуација и верификација форме упитника. Након формирања коначног упитника врши се експериментално истраживање, тј. спровођење анкете. На крају се приступа анализи и обради резултата.

² Превод прилагођен уговорним странама на пројектима у Србији (eng. *Consultant*)

³ Превод прилагођен уговорним странама на пројектима у Србији (eng. *Owner, Client, Employer*)

5.2.1 Формирање упитника

Пилот студија

Пре дистрибуције коначног упитника спроведена је пилот студија. Основна сврха пилот студије је била верификација комплетног упитника, укључујући и формалне детаље везане за организацију самог документа.

Пилот студија је обухватила три експерта са преко 20 година искуства у области управљања пројектима у грађевинарству (исти учесници као и пилот студија у 4. поглављу). Експертима је представљен пилот упитник који се састојао из два дела: (1) опште информације о учесницима (2) предефинисана листа узрока кашњења дефинисана у 4. поглављу. Понуђене узроке кашњења је било потребно оценити према мери утицаја на кашњења на пројекту, обраћајући пажњу на степен разумевања садржаја. Након попуњавања упитника, спроведена је мини дискусија како би се разменили међусобни ставови и запажања учесника пилот студије.

Кључна примедба експерата се односила на распон петостепене Ликертове скале за рангирање значаја узрока (1 - нема или веома ниска, 2 - ниска, 3 - просечна, 4 - висока и 5 - веома висока) (Assaf & Al-Hejji, 2006), која је пилот упитником предложена. Експерти су сугерисали да су имали потешкоће у одлучивању између 3 - 4 и 4 - 5. На основу ових сугестија усвојена је четворостепена Ликертова скала коришћена и у другим студијама (Nkado, 1995). Осим примедбе везане за распон скале, експерти су предложили да упитник обухвати и неколико општих питања чија је сврха детаљније упознавање са околностима на конкретном пројекту. Постигнут је консензус да се у упитник уврсти додатна група од два питања која се односе на: (1) оцену квалитета пројектне документације и (2) процењено трајање радова пројекта.

Након усвојених сугестија од стране учесника пилот студије, формиран је коначан упитник.

Коначан упитник

Коначан упитник се састојао из три дела: (1) опште информације о испитаницима; (2) опште информације о посматраном пројекту и (3) понуђена листа узрока кашњења груписана у 8 категорија (Прилог Б):

Први део:

- Назив пројекта;
- Позиција на пројекту;
- Број година искуства у струци;

Други део:

- Да ли сматрате да је трајање пројекта било одговарајуће?

5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре – постојећи приступ

- Уколико сматрате да је уговорен рок нереалан, одредите за колико процената је требало увећати уговорени рок да би био реално остварив;
- Према вашем мишљењу, оцените квалитет пројектне документације;

Трећи део:

- Листа од 53 узрока кашњења груписаних у 8 категорија која је дефинисана у претходном поглављу;

Испитаници су обавештени да сваки узрок кашњења оцене према усвојеној четворостепеној Ликертовој скали (Nkado, 1995) (табела број 20).

Табела број 20: Понуђена квалитативна Ликертова скала за оцену утицаја узрока за кашњења на пројекту

0	1	2	3
нема или веома мали утицај	мали утицај	средњи утицај	велики до веома велики утицај

Пратећи препоруке у литератури уведена је опција „не знам“ како би се смањио субјективизам и повећала тачност и прецизност одговора (Doloi et al., 2012). Услед интернационалне структуре учесника на пројектима, формиран је двојезични упитник.

Прикупљање и анализа података

За потребе истраживања формирана је и база података завршених пројеката путне инфраструктуре детаљно објашњења у 3. поглављу докторске дисертације. Осим података о перформансама, прикупљени су и општи подаци о кључним учесницима, (извођач, стручни надзор и инвеститор) на пројекту као и њихови контакти. Циљ прикупљања ових података јесте директна комуникација са учесницима на пројекту како би се мотивисали за учествовање у истраживању. Једна од полазних хипотеза овог истраживања јесте да детаљна анализа узрока кашњења захтева анализу поремећаја на нивоу појединачног пројекта. Услед потребе да се за сваки пројекат прикупе мишљења три кључне групе учесника био је неопходан специфичан приступ. Циљано анкетирање, према сазнањима аутора, није примењивано у другим студијама. С обзиром да су неки од пројеката завршени пре пет и више година и да су учесници биле стране компаније, није било могуће прибавити комплетне податке за све три групе учесника за сваки пројекат из базе (75). Комплетни подаци о учесницима и њиховим контактима су прикупљени за укупно 35 пројеката.

Истиче се да се прикупљање података уз помоћ анкете спроводи поштујући сва права заштите и безбедности података учесника анкете и самог пројекта.

5.2.2 Статистичке методе за анализу резултата

За анализу података ће бити коришћене следеће статистичке методе коришћене у досадашњим истраживањима:

(1) Анализа унутрашње конзистентности

За тестирање унутрашње конзистентности међу узроцима кашњења користи се Cronbach коефицијент α (Т. К. Wang et al., 2018):

$$\alpha = Kc / (v + (K - 1)c) \quad (4)$$

где је α - Cronbach коефицијент; K - број компонената; C - средња вредност коваријансе међу компонентама; v - варијанса за сваку компоненту.

Вредности коефицијента α се крећу у интервалу од 0 до 1. Према препорукама у другим студијама, вредности преко 0.7 се сматрају прихватљивим (Т. К. Wang et al., 2018).

(2) Индекс значаја (%)

Предложени узроци кашњења на пројектима путне инфраструктуре у Србији се рангирају мерењем индекса значаја (*Severty Index - SI*) (Mahamid et al., 2012) према формули:

$$SI = \sum \alpha = \left(\frac{n}{N}\right) * 100 / \pi r^2 \quad (5)$$

Где је α – вредност значаја дата сваком узроку која се креће у интервалу од 0 (нема утицаја) до 3 (веома велики утицај); n – учесталост одговора; N – укупан број одговора.

(3) Spearman-ов ранг корелације

Као мера поузданости резултата користи се *Spearman*-ов ранг корелације r_s . *Spearman*-ов ранг корелације представља непараметарски тест који има за циљ мерење и упоређивање ставова две стране на пројекту, док се занемарују ставови треће стране (Assaf & Al-Hejji, 2006; El-Sayegh & Mansour, 2015). *Spearman*-ов ранг корелације се рачуна према формули:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n^3 - n} \quad (6)$$

где је: r_s - *Spearman*-ов ранг корелације, d - разлика између рангова за сваки узрок, n – број парова у рангу.

Вредност коефицијента корелације се креће у интервалу од +1 до -1, где +1 представља апсолутну позитивну корелацију између две стране (апсолутно

слагање), док -1 представља апсолутну негативну корелацију (апсолутно неслагање) (Mahamid et al., 2012). Вредности око 0 и 0 указују да не постоји слагање између ставова две стране о одређеном проблему.

У овом истраживању *Spearman*-ов ранг корелације биће рачунат за рангове различитих група учесника ($n = 3$) на нивоу појединачних пројеката ($n = 35$) као и на нивоу целе базе, за све узроке кашњења ($n = 53$).

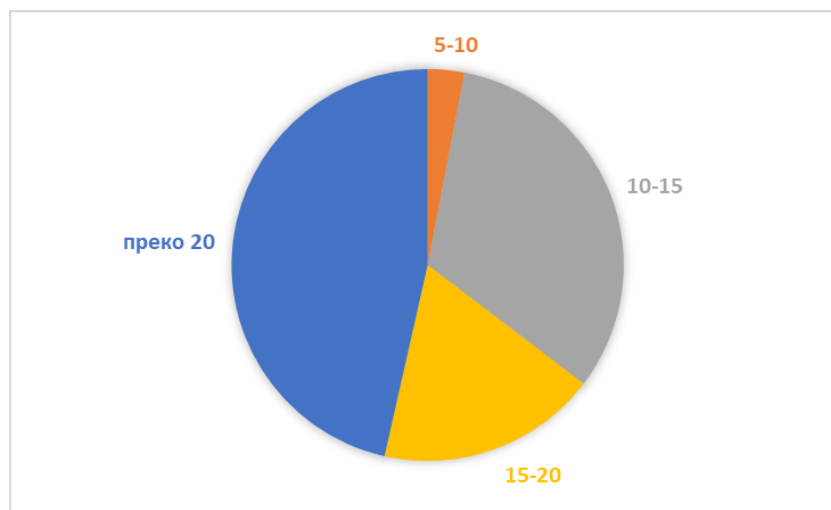
5.3 Анализа и дискусија резултата

Пре анализе података, извршено је тестирање унутрашње поузданости мере утицаја на кашњења на пројекту уз помоћ *Cronbach* коефицијент α . Прорачуната вредност је износила $\alpha = 0,957$ што представља висок степен поузданости према (Т. К. Wang et al., 2018).

5.3.1 Општи подаци о учесницима анкете

Како је претходно и описано, извршено је циљано анкетирање учесника на пројектима. Захваљујући оваквом приступу стопа одзива је износила 100%. За сваки од 35 пројеката прикупљена су мишљења три кључне групе учесника на пројекту. Другим речима, укупан број попуњених анкета је износио 105.

Структура испитаника у погледу радног искуства приказана је на слици број 25. Од укупног броја, 46 (44%) испитаника је са преко 20 година искуства, 18 (17 %) у интервалу између 15 и 20, 32 (31%) у интервалу између 10 и 15 и 9 (8%) у интервалу између 5 и 10 година радног искуства.



Слика број 25: Структура радног искуства учесника у анкети

Највећи број испитаника, 46% од укупног узорка, је са преко 20 година искуства у струци. Овај податак је очекиван, имајући на уму да је спроведено циљано анкетирање учесника, односно репрезентативног и искусног представника сваке стране учесника на пројекту.

5.3.2 Оригинално трајање као узрок кашњења на пројектима?

Кашњења на пројектима могу проистећи из различитих извора који укључују грешке учесника током реализације, непредвиђене догађаје, спорове међу учесницима или претерано оптимистично процењено трајање радова (Maskova et al., 2017). Уговорни услови су, неретко, такви да теже оптимистичким проценама времена и трошкова (Doloi et al., 2012). Потцењивање трошкова и времена изградње пре почетка радова представља феномен препознат у различитим студијама (Cantarelli et al., 2012). У већини случајева процене су подложне претераном оптимизму планера (Flyvbjerg Bent, 2011), док су некада и последица стратегије да се понуда прихвати и „победи“ у тендерском надметању (Flyvbjerg, 2021; Steininger et al., 2021). Сходно томе, ово истраживање, за разлику од већине студија, издваја групу узрока кашњења које се односе на *Тендерски поступак*. Када се говори о пристрасности и претераном оптимизму у евалуацијама (Flyvbjerg Bent, 2011), не мисли се на намеру учесника да свесно потцене трошкове и рок, већ се мисли на последице когнитивних аспеката учесника. У том случају, такво потцењивање не би требало бити дугорочног карактера (Steininger et al., 2021). О пристрасности и субјективизму детаљно је било речи у прегледу литературе (детаљније видети 2.4.4).

Без обзира на узроке, прецењивање или потцењивање времена реализације може довести до озбиљних проблема у реализација пројекта. Многе студије су дошле до закључка да је један од најзначајнијих узрока кашњења неадекватно процењено трајање (Т. К. Wang et al., 2018). Студија (Agyekum-Mensah & Knight, 2017) која је укључивала истраживање о узроцима кашњења у Великој Британији је објавила је транскрипте интервјуа са различитим експертима:

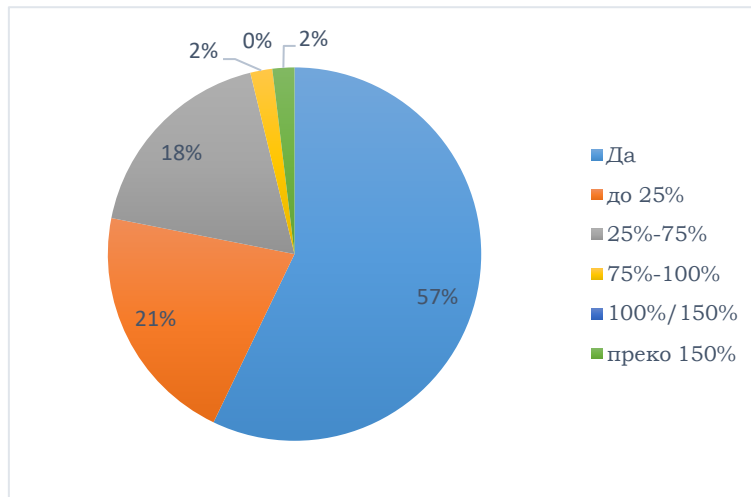
„...понекад говоримо о кашњењима која нису кашњења сама по себи, већ неадекватно планирање пре почетка пројекта...“ или „... првобитно трајање, дато од инвеститора, је сувише кратак рок за извођење...“.

Анализом резултата базе података прикупљених у 3. поглављу, просечно прекорачење рока изградње је износило 92% уговореног трајања. Висок степен прекорачења рока у поређењу са другим студијама указује на то да је једно од најважнијих питања које одређује даљу анализу узрока кашњења - *Да ли је трајање пројекта било одговарајуће, односно да ли је процена била адекватна.*

Како не би дошло до забуне, један од идентификованих узрока кашњења понуђених у делу 3 упитника јесте и *7.1 Процењено трајање пројекта је неадекватно*. Рангирањем овог узрока према понуђеној скали добија се само квалитативна оцена утицаја овог параметра на кашњења на пројекту. Међутим, детаљнија анализа процењеног трајања и мера одступања од реалног трајања, обрађена кроз питање у делу 2 упитника, омогућава увид у латентне (или базне – root) узроке прекорачења на пројекту који се могу елиминисати и умањити адекватним моделима за процену. Модели за процену трајања су остали ван контекста овог истраживања.

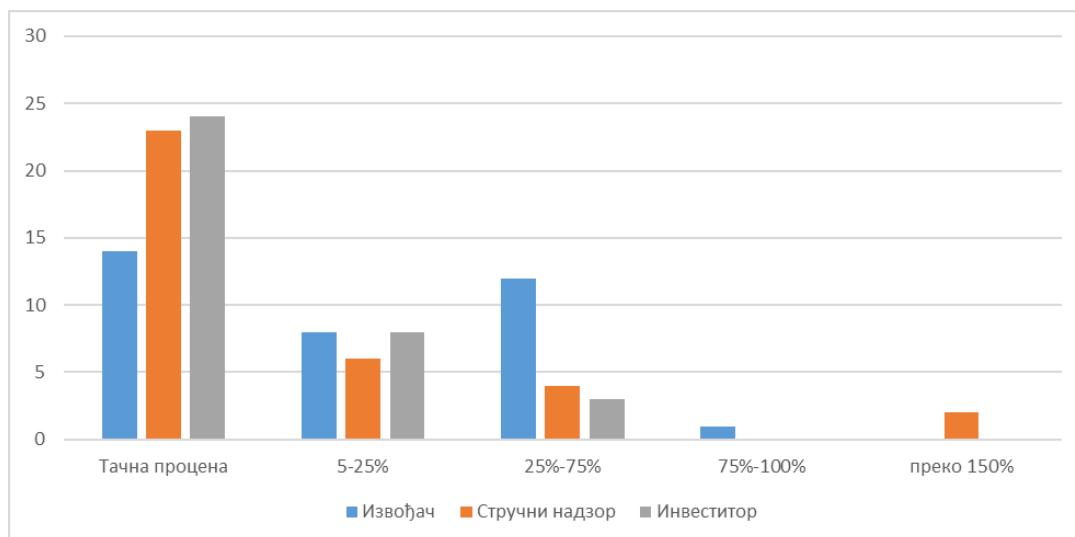
5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре – постојећи приступ

Резултати анкетирања кључних учесника су приказани на слици број 26. Више од половине укупног броја анкетираних учесника, прецизније 57%, су имали став да је процењено трајање пројекта било одговарајуће. Око 20% испитаника се изјаснило да је реално трајање пројекта требало бити веће за 25% процењеног трајања, док је преостали број (око 20% укупног броја испитаника) сматрао да је процењено трајање требало бити веће за више од 25% процењеног трајања.



Слика број 26: Структура одговора на питање *Да ли је трајање пројекта било одговарајуће, односно да ли је процена била адекватна?*

Значајно је посматрати перцепције различитих група учесника по овом питању. Структура одговора по групама кључних учесника је приказана на слици број 27.



Слика број 27: Перцепција кључних учесника о процењеном трајању пројекта

Од укупног броја све три групе испитаника, највећи број сматра да није било прекорачења рока услед неодговарајуће процене трајања пројекта, односно, да су процене трајања биле адекватне.

Вредности *Spearman* – овог коефицијента корелације r_s су приказани у табели број 21.

Табела број 21: Вредности *Spearman* – овог коефицијента корелације за различите групе учесника на пројекту

Учесници на пројекту	Spearman Rank Correlation r_s
Извођач – Стручни надзор	0.286
Инвеститор – Стручни надзор	0.305
Инвеститор – Извођач	0.248

Највиши степен слагања постигнут је између инвеститора и стручног надзора ($r_s = 0,305$), док је најнижи степен корелације између инвеститора и извођача ($r_s = 0,248$). Ове вредности су очекиване, имајући у виду уговорне релације између различитих група учесника на пројекту (Т. К. Wang et al., 2018).

Резултати указују да процена трајања пројекта није један од најзначајнијих узрока кашњења на пројектима у Србији. Међутим, поузданост резултата се доводи у питање анализирајући степен слагања ставова различитих учесника. Вреди напоменути да се истраживање односи на завршене пројекте па је за очекивати да учесници на пројекту имају већи степен усаглашености ставова него у случају пројеката у будућности. Додатно тумачење резултата биће предмет дискусије.

5.3.3 Оцена квалитета пројектне документације

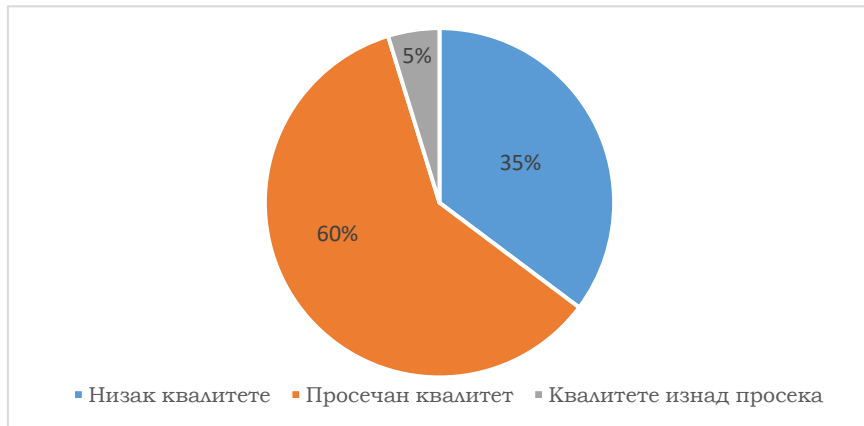
Квалитет пројектне документације представља узрок, не само кашњења, него и свих других поремећаја одговорних за успех пројекта. Измене су само један од многобројних узрока кашњења који могу бити последица лошег квалитета пројектне документације. Низак квалитет пројектне документације присутан је на грађевинским тржиштима широм света. Прегледом литературе уочен је велики број студија који истичу утицај групе узрока кашњења који се односе на пројектну документацију и њен квалитет (Assaf & Al-Hejji, 2006; Doloï et al., 2012; Kazaz et al., 2012; Rachid et al., 2019). За детаљну анализу узрока кашњења важно је утврдити степен квалитета пројектне документације на нивоу појединачног пројекта, јер сви догађаји који проистичу из овог узрока су само последица па се може створити погрешна слика о кашњењима.

Упитником је обухваћено 6 узрока кашњења који се односе на квалитет пројектне документације (слика број 22). Анализом резултата о узроцима који се односе на групу 1. *Пројектна документација* није једноставно донети општи закључак о самом квалитету пројектне документације. С циљем да се истакне значај овог проблема који је истакнут у претходним истраживањима, али и од стране експерата у пилот студији, ово питање је издвојено у делу 2 упитника.

Од укупног броја испитаника, 63 (60%) је истакло да је пројектна документација просечног квалитета, 37 (35%) да је квалитет испод просека,

5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре – постојећи приступ

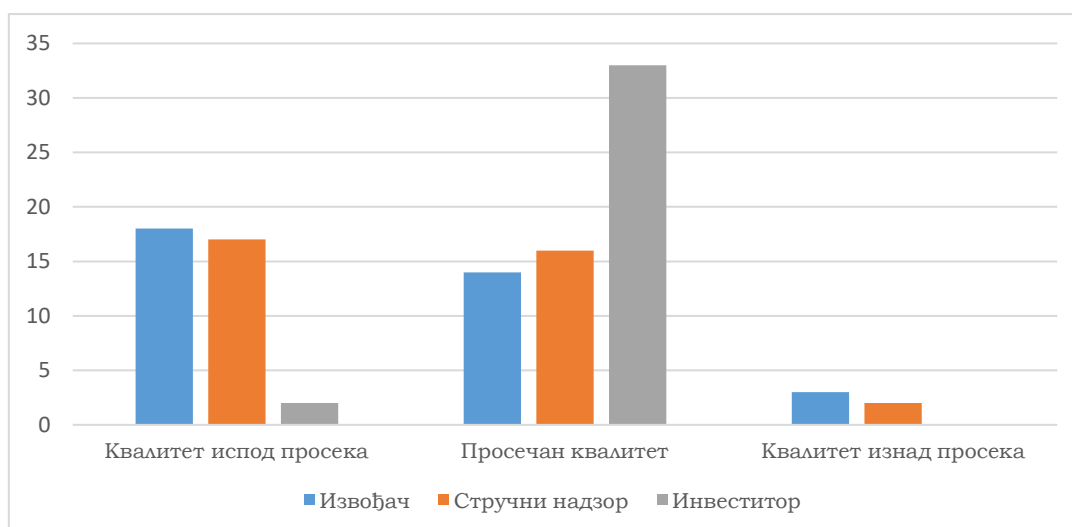
док се само 5 учесника анкете (5%) изјаснило о квалитету изнад просека (слика број 28).



Слика број 28: Структура одговора на питање о квалитету пројектне документације

Од укупног броја испитаника, 65% је оценило квалитет пројекте документације као просечан или изнад просека, док је 35% испитаника указало на низак степен квалитета пројекте документације.

Како су сви пројекти из базе података уговорени по *Red Fidic (Conditions of Contract for Construction for Building and Engineering Works Designed by the Employer)* условима уговора, ризик за квалитет пројектне документације преузима инвеститор. Стога је занимљиво посматрати ставове учесника по овом основу када су познати општи уговорни услови. На слици број 29 је дат упоредни приказ резултата ставова три групе испитаника о оцени квалитета пројектне документације.



Слика број 29: Структура одговора о процени квалитета пројектне документације из перспективе различитих учесника на пројекту

5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре – постојећи приступ

Вредности степена корелације између различитих учесника су приказане у табели број 22.

Табела број 22: Вредност коефицијента корелације различитих учесника за оцену квалитета пројектне документације

Стране на пројекту	Spearman Rank Correlation r_s
Извођач – Стручни надзор	0.367
Инвеститор – Стручни надзор	0.244
Инвеститор – Извођач	0.007

Занимљиво је да је само 0,5% представника инвеститора оценило квалитет пројектне документације испод просека.

Ниске вредности степена корелације, нарочито између извођача и инвеститора у погледу квалитета пројектне документације указују да постоји пристрасност (Flyvbjerg Bent, 2011) и субјективизам учесника приликом оцењивања нарочито када су питању познате одговорности учесника. Додатна тумачења резултата биће предмет дискусије на крају поглавља.

5.3.4 Узроци кашњења на пројектима путне инфраструктуре у Србији

На бази 105 успешно попуњених упитника, добијена је листа најзначајнијих узрока кашњења на грађевинским пројектима. Рангирање је извршено према методологији описаној у 5.2 и обухватило је ставове све три стране учесника на пројекту. По угледу на друге студије биће приказано десет најзначајнијих узрока кашњења док ће комплетна листа резултата бити приказана у прилогу В. Табела број 23 илуструје десет најзначајнијих узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре у Србији из перспективе све три групе учесника.

Табела број 23: 10 најзначајнијих узрока кашњења за пројекте путне инфраструктуре у Србији

Ранг	Узрок кашњења	SI
1	Проблеми са имовинско-правним односима	2,048
2	Неусаглашеност пројекта са условима окружења – услед неодговарајућих подлога за пројектовање	1,933
3	Недостатак детаља и спецификација у пројектној документацији	1,629
4	Кашњења у изради или изменама пројектне документације током извођења (препројектовање)	1,41
5	Измене на захтев послодавца	1,371
6	Дуг период додатног уговарања за непредвиђене и накнадне радове	1,343
7	Критеријум за доделу уговора – Критеријум најнижа цена	1,333
8	Кашњење у добијању дозволе и сагласности од стране надлежних органа	1,295
9	Кашњење са предајом (делова) градилишта извођачу	1,229

5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре – постојећи приступ

10	Спорост у одлучивању (доношењу одлука)	1,19
----	----------------------------------------	------

Генерално, на нивоу укупног узорка, најзначајнији узроци кашњења су 8.1 *Проблеми са имовинско-правним односима - експропријацијом* и 1.1 *Неусаглашеност пројектне документације са условима окружења*. 6.5 *Кашњења у прегледу и оверавању изведених радова* као и 6.6 *Кашњења у одобрењу технологије извођења радова* су најмање значајни узроци кашњења.

Циљано анкетирање је омогућило сагледавање перцепције различитих група учесника на пројекту. У табели број 24 је приказано десет најзначајнијих узрока кашњења према мишљењу извођача.

Табела број 24: 10 најзначајнијих узрока кашњења према перцепцији извођача

Ранг	Узрок кашњења	SI
1	Проблеми са имовинско-правним односима	2.029
2	Неусаглашеност пројекта са условима окружења – услед неодговарајућих подлога за пројектовање (геодетске, геолошке и сл.)	1.914
3	Измене на захтев послодавца	1.857
4	Недостатак детаља и спецификација у пројектној документацији	1.686
5	Кашњења у изради или изменама пројектне документације током извођења (препројектовање):	1.600
6	Дуг период додатног уговарања за непредвиђене и накнадне радове	1.543
7	Ниска продуктивност и неквалификована радна снага	1.486
8	Спорост у одлучивању (доношењу одлука)	1.457
9	Кашњење са предајом (делова) градилишта извођачу	1.457
10	Кашњење у добијању дозволе и сагласности од стране надлежних органа	1.457

У квалитативном смислу, ставови извођача су слични генералном ставу свих испитаника (8 од 10 узрока кашњења детектованих од стране извођача се подударе са генералним ставом). Најзначајнији узроци кашњења се односе на 8.1 *Проблеми са имовинско-правним односима – експропријацијом*, 1.1 *Неусаглашеност пројектне документације са условима окружења* и 4.2 *Измене на захтев послодавца*.

Стручни надзор, према неким ауторима (Т. К. Wang et al., 2018), има најмање пристрасан став на пројекту у односу на остале учеснике. У табели број 25 је приказано 10 најзначајнијих узрока кашњења према мишљењу стручног надзора.

Табела број 25: 10 најзначајнијих узрока кашњења према перцепцији стручног надзора

Ранг	Узрок кашњења	SI
1	Неусаглашеност пројекта са условима окружења – услед неодговарајућих подлога за пројектовање (геодетске, геолошке и сл.)	2.800
2	Проблеми са имовинско-правним односима	2.657

5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре – постојећи приступ

3	Недостатак детаља и спецификација у пројектној документацији	2.229
4	Кашњење у добијању дозволе и сагласности од стране надлежних органа	1.971
5	Кашњења у изради или изменама пројектне документације током извођења (препројектовање)	1.914
6	Неусклађеност делова пројектне документације	1.771
7	Спорост у одлучивању (доношењу одлука)	1.714
8	Кашњење са предајом (делова) градилишта извођачу	1.600
9	Критеријум за доделу уговора – Критеријум најнижа цена	1.571
10	Избегавање стручног надзора да заузме проактивну улогу и издаје инструкције	1.571

Занимљиво је истаћи да је стручни надзор оценио *б.4 Избегавање стручног надзора да заузме проактивну улогу и издаје инструкције* у 10 најзначајнијих узрока кашњења, док друге две стране нису препознале овај узрок као значајан.

Узроци кашњења према ставовима инвеститора су приказани у табели број 26. Ставови инвеститора у погледу узрока кашњења у највећој мери одступају у односу на генералан став свих учесника (5 од 10 најзначајнијих узрока кашњења се поклапа са генералним ставом свих учесника).

Табела број 26: 10 најзначајнијих узрока кашњења према перцепцији инвеститора

Ранг	Узрок кашњења	SI
1	Проблеми са имовинско-правним односима	1.457
2	Недостатак радне снаге	1.200
3	Неефикасно планирање и управљање радовима на градилишту	1.171
4	Поново извођење радова услед грешака или лошег квалитета изведених радова	1.114
5	Критеријум за доделу уговора – Критеријум најнижа цена	1.114
6	Неусаглашеност пројекта са условима окружења – услед неодговарајућих подлога за пројектовање (геодетске, геолошке и сл.)	1.086
7	Дуг период додатног уговарања за непредвиђене и накнадне радове (нарочито за измене током реализације)	1.029
8	Ниска продуктивност и неквалификована радна снага	1.000
9	Недостатак детаља и спецификација у пројектној документацији (Недовољно разрађени делови пројектне документације)	0.971
10	Лоше финансијско стање извођача	0.943

Упоредни приказ 10 најзначајнијих узрока кашњења из перспективе различитих група учесника приказана је у табели број 27. Квантитативне вредности коефицијената корелације различитих група учесника биће предмет наредног поглавља.

5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре – постојећи приступ

Табела број 27: Упоредни приказ 10 најзначајнијих узрока кашњења из перспективе различитих учесника на пројекту

Извођач	Стручни надзор	Инвеститор
<u>Проблеми са имовинско-правним односима</u>	<u>Неусаглашеност пројекта са условима окружења – услед неодговарајућих подлога за пројектовање</u>	<u>Проблеми са имовинско-правним односима</u>
<u>Неусаглашеност пројекта са условима окружења – услед неодговарајућих подлога за пројектовање</u>	<u>Проблеми са имовинско-правним односима</u>	Недостатак радне снаге
Измене на захтев послодавца	<u>Недостатак детаља и спецификација у пројектној документацији (Недовољно разрађени делови пројектне документације)</u>	Неефикасно планирање и управљање радовима на градилишту
<u>Недостатак детаља и спецификација у пројектној документацији (Недовољно разрађени делови пројектне документације)</u>	Кашњење у добијању дозволе и сагласности од стране надлежних органа	Поново извођење радова услед грешака или лошег квалитета изведених радова
Кашњења у изради или изменама пројектне документације током извођења	Кашњења у изради или изменама пројектне документације током извођења	Критеријум за доделу уговора – Критеријум најнижа цена:
Дуг период додатног договора за непредвиђене и накнадне радове	Неусклађеност делова пројектне документације	<u>Неусаглашеност пројекта са условима окружења – услед неодговарајућих подлога за пројектовање</u>
Ниска продуктивност и неквалификована радна снага	Спорост у одлучивању	Дуг период додатног договора за непредвиђене и накнадне радове
Спорост у одлучивању (доношењу одлука)	Кашњење са предајом (делова) градилишта извођачу	Ниска продуктивност и неквалификована радна снага
Кашњење са предајом (делова) градилишта извођачу	Критеријум за доделу уговора – Критеријум најнижа цена	<u>Недостатак детаља и спецификација у пројектној документацији (Недовољно разрађени делови пројектне документације):</u>
Кашњење у добијању дозволе и сагласности од стране надлежних органа	Избегавање стручног надзора да заузме проактивну улогу и издаје инструкције	Лоше финансијско стање извођача

Квалитативна оцена резултата указује да су само три узрока кашњења присутна у све три групе за 10 најзначајнијих узрока кашњења и то: 8.1 *Проблеми са имовинско-правним односима*, 1.1 *Неусаглашеност пројекта са условима окружења – услед неодговарајућих подлога за пројектовање* и 1.2

Недостатак детаља и спецификација у пројектној документацији (недовољно разрађени делови пројектне документације).

Групе узрока кашњења

Како су узроци класификовани у 8 група (4. Поглавље), значајно је посматрати која је група највише допринела кашњењима на пројектима. Рангирање значаја према групама узрока кашњења, на бази генералног узорка, је приказано у табели број 28.

Табела број 28: Групе узрока кашњења и значај за прекорачење рока на пројектима

Ранг	Група узрока кашњења	SI
1	Пројектна документација	1.273
2	Тендерски поступак	1.111
3	Спољашњи	0.964
4	Инвеститор	0.940
5	Извођач	0.883
6	Ресурси	0.835
7	Пројекат	0.764
8	Стручни надзор	0.499

Општи став на нивоу укупног узорка јесте да је најзначајнија група узрока кашњења везана за *Пројектну документацију*. Најмањи утицај су имали узроци кашњења који се односе на групу *Стручни надзор*.

Рангирање група узрока из перспективе различитих учесника може пружити занимљиве трендове (табела број 29). На пример, на бази одговора инвеститора група узрока кашњења која се односи на Пројектну документацију се налази на 4. месту по значају. Извођач и стручни надзор су оценили ову групу као најзначајнију за кашњења на грађевинским пројектима. С друге стране, извођач и стручни надзор су високо оценили узроке кашњења који се односе на инвеститора, док је сам инвеститор оценио да ова група узрока кашњења нема велики значај на кашњења на пројекту.

5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре – постојећи приступ

Табела број 29: Упоредни приказ група узрока кашњења из перспективе учесника на пројекту

Ранг	Извођач	SI	Стручни надзор	SI	Инвеститор	SI
1	Пројектна документација	1.852	Пројектна документација	1.281	Тендерски поступак	0.829
2	Тендерски поступак	1.410	Стручни надзор	1.118	Извођач	0.812
3	Инвеститор	1.310	Инвеститор	1.095	Спољашњи	0.751
4	Стручни надзор	1.282	Тендерски поступак	1.095	Пројектна документација	0.686
5	Пројекат	1.069	Спољашњи	1.020	Стручни надзор	0.493
6	Ресурси	0.951	Извођач	0.947	Инвеститор	0.414
7	Извођач	0.890	Пројекат	0.826	Пројекат	0.397
8	Спољашњи	0.735	Ресурси	0.314	Ресурси	0.233

5.3.5 Значај ранга корелације

Истраживање перцепције узрока кашњења различитих заинтересованих страна је од суштинског значаја. У литератури су разматрани различити приступи избору релевантних учесника емпиријског истраживања. Студија (Doloi et al., 2012) је спровела емпиријско истраживање о узроцима кашњења који је укључивао инвеститоре, пројектанте, стручни надзор уговора, пројектанте и шефове градилишта. С друге стране, у студији (Mahamid et al., 2012) су анализирани узроци кашњења само на бази консултаната и извођача. У циљу поузданости резултата добијених емпиријским путем важно је обухватити мишљења свих релевантних учесника на пројекту који својом позицијом имају увид у узроке кашњења на пројекту кроз све фазе реализације.

Осим избора учесника анкете важно је тестирати слагање њихових ставова. За доношење генералних закључака, нарочито на нивоу појединачног пројекта, потребно је да постоји висок степен слагања ставова различитих учесника. Ово је нарочито значајно јер се ради о завршеним пројектима. За очекивати је да ће постојати већи степен сагласности учесника када се врши анализа завршених пројеката, него у случају предвиђања ризика на будућим пројектима. Једна од најчешће коришћених метрика за испитивање степена слагања између ставова различитих заинтересованих страна је *Spearman*-ов непараметарски тест корелације ранга (табела број 11 – преглед литературе). Како је напоменуто у делу 5.2.2, вредност ранга корелације се користи при тестирању поузданости резултата добијених путем емпиријског истраживања (Assaf & Al-Hejji, 2006; Mahamid et al., 2012).

У табели број 30 је представљен преглед вредности *Spearman*-ов ранга корелације за одабране студије. Прегледом резултата може се донети закључак да се не може уочити никакав специфичан тренд у зависности од типа пројекта, географске целине и сл. Додатно, перцепција учесника о кашњењу може зависити од позиције учесника на пројекту али и од околности и степена кашњења. У студији (Vanobi & Jung, 2019) су анализирани узроци кашњења из угла извођача и инвеститора на пројектима изградње енергетских постројења у Танзанији. Студија је показала да неслагање између учесника на пројекту расте са повећањем кашњења на пројекту.

Табела број 30: *Spearman Rank Correlation* r_s за одабрана истраживања

Аутори	Тип пројекта	Земља	<i>Spearman Rank Correlation</i> r_s
(Assaf & Al-Hejji, 2006)	Грађевински пројекти	С. Арабија	0,568 – 0,724
(Sambasivan & Soon, 2007)	Грађевински пројекти	Малезија	0,772 – 0,896
(Le-Hoai et al., 2008)	Грађевински пројекти	Вијетнам	0,572 – 0,776
(Abd El-Razek et al., 2008)	Грађевински пројекти	Египат	0,47 – 0,69
(Enshassi et al., 2009)	Грађевински пројекти	Земље у развоју	0,421 – 0,595

5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре – постојећи приступ

(Aziz & Abdel-Hakam, 2016)	Путеви	Египат	0,666 - 0,838
(Fallahnejad, 2013)	Гасоводи	Иран	0,710 – 0,846
(Seboru, 2015)	Путеви	Кенија	0,64
(Bajjou & Chafi, 2020)	Грађевински пројекти	Мароко	0,939 – 0,983
(Rachid et al., 2019)	Грађевински пројекти	Алжир	0,58 – 0,64

На бази резултата анкете као и поступка за прорачун, добијене су вредности *Spearman*-овог ранга корелације за три групе учесника. Резултати *Spearman*-овог ранга корелације су приказани у табели број 31.

Табела број 31: Вредности *Spearman*-овог ранга корелације r_s за различите групе учесника на пројекту

Учесници на пројекту	Spearman Rank Correlation r_s
Извођач – Стручни надзор	0,501
Извођач - Инвеститор	0,204
Инвеститор – Стручни надзор	0,565

Висок степен корелације је забележен између инвеститора и стручног надзора ($r_s = 0,565$) и као и извођача и стручног надзора ($r_s = 0,501$). Ниска вредност корелације се односи на слагање ставова извођача и инвеститора ($r_s = 0,204$). Посматрајући вредности ранга корелације на нивоу целе базе вредности су прихватљиве, али су и у доњим границама у односу на изабране студије (табела број 30).

Добијени резултати отварају различите истраживачке теме на пољу повезаности комуникације и односа учесника на пројекту и успеха пројекта у контексту завршетка без кашњења. У наставку ће бити тестирана претпоставка да пројекти са већим степеном прекорачења рока генеришу и нижи степен слагања ставова различитих група учесника.

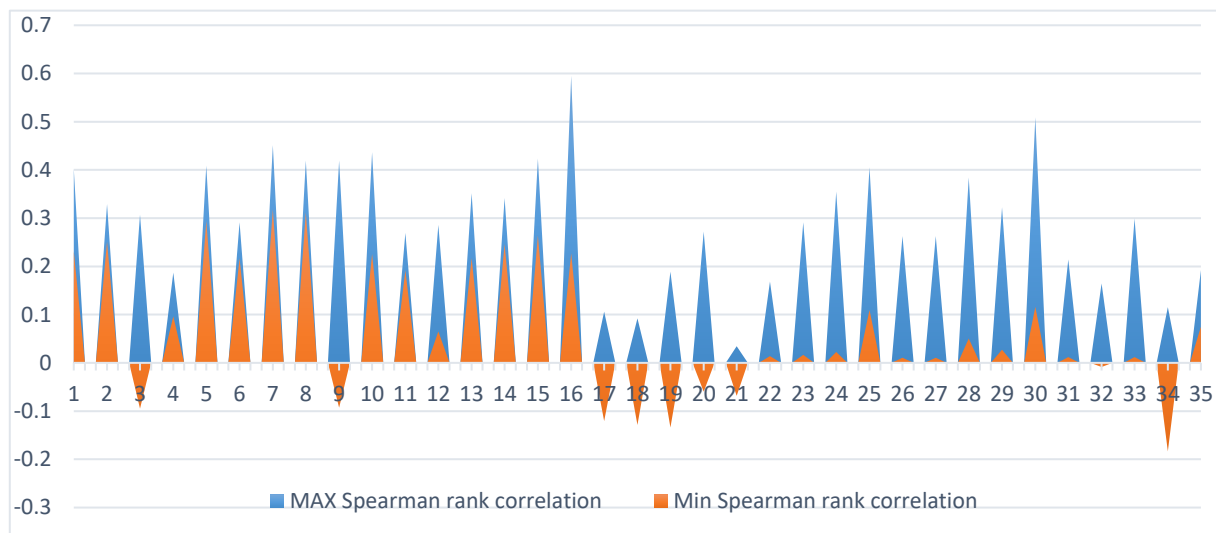
Прекорачење рока VS степен корелације

Још у самом уводу је истакнут значај посматрања узрока кашњења на нивоу појединачног пројекта како би се извршила детаљна анализа узрока који могу изазвати кашњења на пројекту. Циљано анкетирање је омогућило прорачун коефицијента корелације на нивоу сваког пројекта појединачно. С обзиром да за сваки пројекат постоје 3 ранга корелације (за различите комбинације учесника) као мере слагања ставова различитих учесника на нивоу појединачног пројекта биће уведене вредности:

- *Индекс корелације (IC)* који представља разлику између максималног и минималног ранга корелације на нивоу појединачног пројекта;
- *Средња вредност корелације (MC)* која представља просечну вредност коефицијената корелације r_s на нивоу појединачног пројекта.

5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре – постојећи приступ

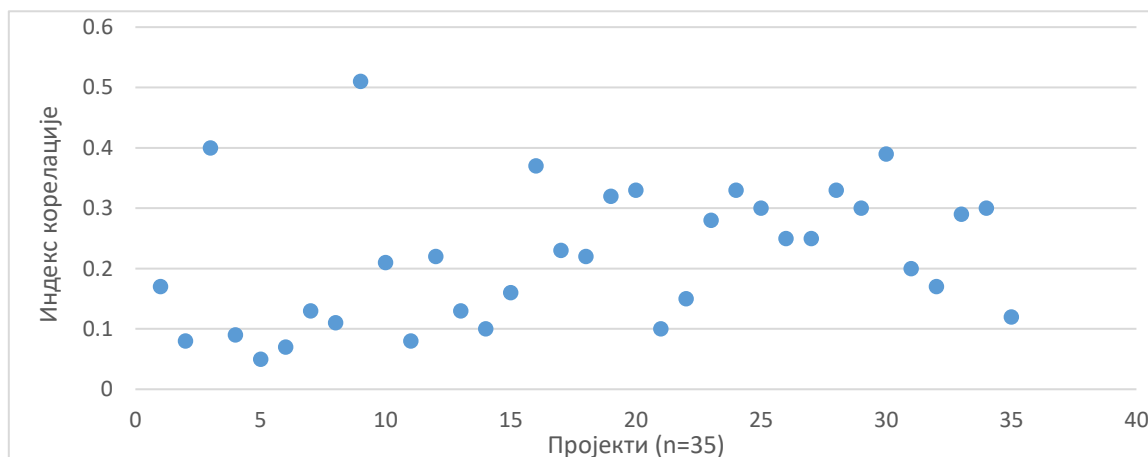
Вредности максималног и минималног коефицијента корелације, као и њихов међусобни однос, на нивоу појединачног пројекта су приказани на слици број 30.



Слика број 30: Максималне и минималне вредности *Spearman*-овог ранга корелације на нивоу појединачног пројекта (n=35)

Максимална вредност достиже 0,57 док је минимална вредност -0,17.

Вредности индекса корелације (IC) на нивоу појединачног пројекта су представљене на слици број 31.

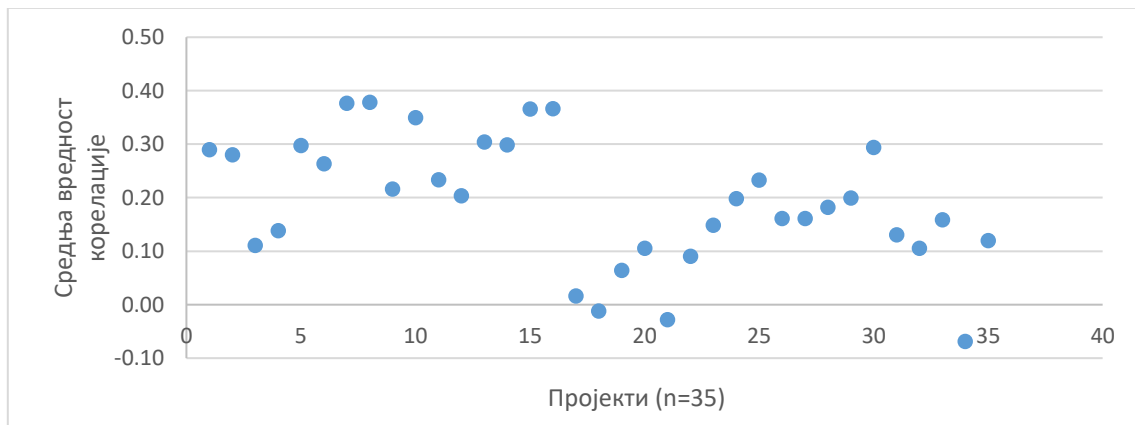


Слика број 31: Индекс корелације (IC) слагања ставова различитих учесника на нивоу појединачног пројекта

Максималне вредности индекса корелације износе 0,51, док је минимална вредност 0,05.

Средња вредност слагања (MC) ставова три групе учесника на нивоу појединачног пројекта је приказана на слици број 32.

5. Емпиријско истраживање узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре – постојећи приступ

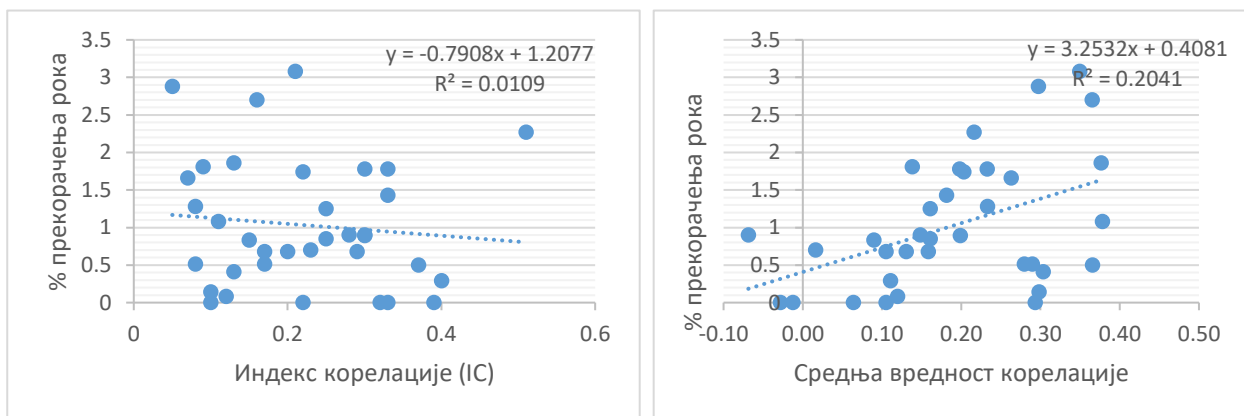


Слика број 32: Средња вредност коефицијента корелације на пројектном нивоу (n=35)

Максимална вредност средње вредности корелације износи 0,38 док је минимална вредности – 0,069.

Након познатих вредности индекса корелације (IC) и средње вредности корелација (MC) ставова различитих учесника на нивоу појединачног пројекта, могуће је утврдити потенцијалну зависност између степена прекорачења рока (Y) и поменутих независних варијабли (X).

Однос зависне варијабле – проценат прекорачења рока и независних варијабли – Индекс корелације и Средња вредност корелације тестирана је користећи линеарну регресиону анализу. Регресионе криве су приказане на слици број 33.



Слика број 33: Лево- Зависност степена прекорачења рока и индекса корелације;
Десно - Зависност степена прекорачења рока и средње вредности ранга корелације

Вредност коефицијента детерминације између прекорачења рока и индекса корелације износи $R^2 = 0,01$, што значи да нема корелације између ове две варијабле. С друге стране, коефицијент детерминације између прекорачења рока и средње вредности корелације износи $R^2 = 0,20$. Добијени резултат

указује да постоји зависност између средње вредности коефицијента корелације и прекорачења рока.

Овом анализом се долази до закључка да постоји веза између међусобног односа учесника на пројекту и кашњења. Сличне закључке је извео и (Vanobi & Jung, 2019). Резултати овог дела истраживања представљају само почетне анализе утврђивања каузалности традиционалних и „меких пројектних циљева“ у контексту комуникације и односа учесника на пројекту. Ово ће бити предмет неког од будућих истраживања.

5.4 Закључна разматрања

Није непознато да су кашњења ризик са којим се суочавају пројекти широм света. Прегледом постојећих студија уочен је мали број истраживања о узроцима кашњења за европске земље (слика број 7 – преглед литературе). Такође, примећен је недостатак студија које разматрају поузданости резултата добијених на бази експертског мишљења. Ово поглавље докторске дисертације је резултатима допринело:

- Идентификацији узрока кашњења за пројекте путне инфраструктуре у Србији;
- Тестирању поузданости резултата емпиријског истраживања на нивоу појединачног пројекта.

На основу емпиријског истраживања, идентификовани су узроци и групе узрока кашњења за пројекте путне инфраструктуре у Србији. Најзначајнији узроци кашњења су: (1) *8.1 Проблеми са имовинско-правним односима*, (2) *1.1 Неусаглашеност пројекта са условима окружења – услед неодговарајућих подлога за пројектовање*, (3) *1.2 Недостатак детаља и спецификација у пројектној документацији*, (4) *1.5 Кашњења у изради или изменама пројектне документације током извођења (препројектовање)*, (5) *4.2 Измене на захтев послодавца*. Најмање значајни узроци су *6.5 Кашњења у прегледу и оверавању изведених радова* и *6.6 Кашњења у одобрењу технологије извођења радова*.

Најзначајније групе узрока кашњења су: (1) Пројектна документација; (2) Тендерски поступак; (3) Спољашњи; (4) Инвеститор; (5) Извођач. Најмање значајни узроци кашњења се односе на групу Стручни надзор.

У погледу идентификованих узрока кашњења, Србија не одступа у односу на друге студије широм света. Међутим, ово истраживање се фокусирао на поузданост резултата добијених анкетним упитником.

Циљано анкетирање је омогућило дискусију резултата према ставовима различитих учесника. На бази квалитативне анализе дошло се до закључка да се само три узрока налазе у десет најзначајнијих узрока кашњења све три групе учесника на пројекту. Резултати Spearman-овог ранга корелације се крећу у интервалу од 0,204 (извођач – инвеститор) до 0,565 (инвеститор – стручни надзор). Ови резултати указују на недостатак консензуса различитих

учесника на пројекту нарочито на нивоу појединачног пројекта. Осим препознатог значаја ранга корелације у теоријском смислу, консензус је потребан и у практичном смислу. Наиме, закључци о узроцима кашњења на бази емпиријског истраживања на нивоу појединачног пројекта су могући само уколико постоји консензус. У супротном закључци о узроцима кашњења имају другачији контекст.

Резултати о узроцима кашњења на нивоу група указују на тренд пребацивања одговорности на супротну страну (у уговорном смислу извођач – инвеститор). Извођач радова наводи пројектну документацију и узроке груписане око инвеститора за главне узроке прекорачења рока. С друге стране, инвеститор је става да су узроци кашњења груписани око извођача и спољашњих околности у највећој мери допринели кашњењу на пројекту. Ова два поларизована става не доприносе генералном закључку о узроцима, осим што потенцијално скрећу пажњу на међусобне односе и комуникацију на пројекту.

На самом крају овог поглавља предложене су метрике за оцену слагања ставова различитих учесника на појединачном пројекту. Резултати указују да постоји зависност између средње вредности ранга корелације и степена прекорачења рока. Међутим, комуникација између учесника и њен утицај на поремећаје на пројекту ће бити предмет неког од будућих истраживања.

Закључак овог дела истраживања је да постоји потреба за унапређењем приступа детекцији и анализи узрока кашњења који ће бити отпоран на субјективизам и пристрасност и прикладан за ниво појединачног пројекта. Осим теоријске потребе у циљу развоја иновативних модела који прате еру дигитализације и аутоматизације у грађевинарству, постоји и практична потреба за новим приступом који ће бити у стању да детектује шта је тачно „пошло по злу“ на нивоу појединачног пројекта. Овако конципирана знања могу помоћи доносиоцима одлука на будућим пројектима у циљу умањења кашњења, али и смањења броја спорова у грађевинарству.

Циљ наредног поглавља дисертације биће развој новог приступа за идентификацију и анализу узрока кашњења који је отпоран на субјективизам, експертску пристрасност са крајњим циљем откривања основних узрока кашњења.

6. Модел за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на неструктурираним документима

6.1 Увод

У овом поглављу дисертације разматра се развој и примена модела за идентификацију и анализу узрока кашњења базираног на подацима издвојеним из неструктурираних извора - *Delay Root causes Extraction and Analysis Model (DREAM)*. Предложени модел комбинује експертско знање, технике машинског учења и неструктуриране текстуалне изворе у циљу детекције узрока кашњења на пројектима путне инфраструктуре са крајњим циљем да се открију базни узроци кашњења (*root causes of delay*). Синергија компонената модела омогућава реконструкцију догађаја који су утицали на кашњење на пројекту одговарајући на питање „шта је тачно пошло по злу“ на нивоу појединачног пројекта.

Модел, осим детекције узрока кашњења на нивоу појединачног пројекта, омогућава идентификацију узрока кашњења по пројектним целинама. На тај начин модел уводи сегментирани приступ проблему. Сегменти представљају пројектне целине подељене према типовима конструкција пројекта путне инфраструктуре. Кроз ово истраживање се предлаже следећа сегментација према типовима објеката:

- *Тунел* – подземни радови;
- *Траса* – објекти нискоградње;
- *Мост* – објекти високоградње.

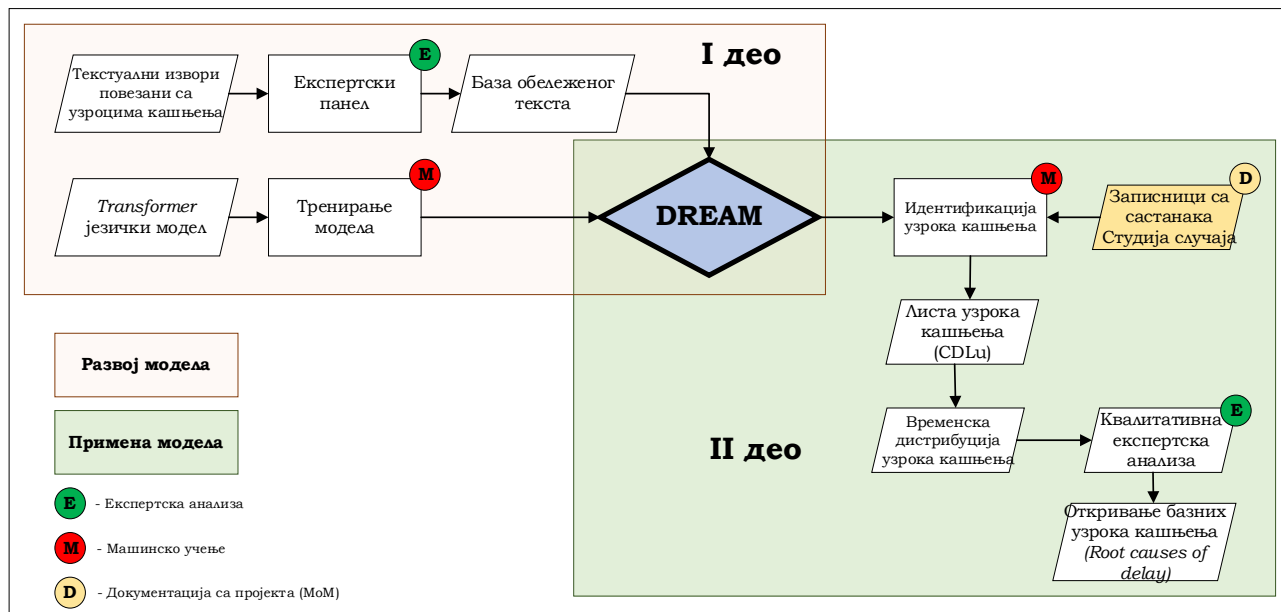
Мотив за сегментираним моделом се базира на претпоставци да различите пројектне целине агрегирају специфичне узроке кашњења. Засебним посматрањем сваке пројектне целине могуће је спровести детаљнију анализу идентификованих узрока. Сегментирани модел омогућава детекцију и узрока кашњења који најчешће нису квантификовани кроз потраживања, а присутни су на пројекту. На пример, кашњење на мостовима на почетку пројекта (са значајном временском резервом) тешко може директно угрозити рок. Међутим, кашњење и „коришћење“ временске резерве може створити ланчану реакцију и тиме утицати на наредне активности, а самим тим и на рок за завршетак радова. Наведени пример илуструје значај детектовања свих догађаја који су имали поремећаје у планираном року како би се открили базни узроци кашњења (*root causes of delay*).

Захваљујући изабраном типу документације, модел уводи нови атрибут за описивање узрока кашњења - временску дистрибуцију, јединствену карактеристику DREAM-а, који омогућава детаљнију анализу узрока током трајања пројекта. Описивање „*понашања*“ узрока кроз фазе пројекта

6. Модел за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на неструктурираним документима

омогућава анализу скривених информација о сваком временском поремећају. Синергија информација које пружају машинско учење и стручно знања има за циљ да открије базне узроке кашњења (*root causes of delay*).

Поглавље је подељено на два дела (слика број 34). Први део се односи на развој модела на бази предложене методологије, док се други део односи на примену модела на пројекту студије случаја.



Слика број 34: Развој и примена модела (Ivanović et al., 2022)

Поглавље почиње детаљним описом методологије и елемената за развој модела док други део илуструје резултате студије случаје пројекта путне инфраструктуре. На крају су приказана закључна разматрања која се односе на предложени модел и добијене резултате.

Важно је напоменути да је једна од основних предности предложеног модела, у односу на постојеће емпиријске приступе, непристрасна детекција узрока кашњења. Међутим, према структури модела (слика број 34), предвиђа се укљученост експерата и примена експертског знања у два процеса и то:

- Експертско обележавање у циљу тренирања модела (I део);
- Квалитативна експертска анализа у циљу откривања базних узрока кашњења (II део).

Иако ангажовање експерата за последицу има и присуство пристрасности, кроз предложени модел се успостављају процедуре за њихово умањење.

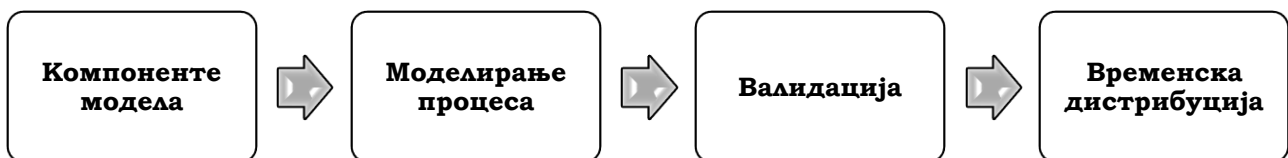
О процедурама за умањење и контролу пристрасности биће речи у циљаним деловима овог поглавља.

6.2 Методологија истраживања

У овом делу биће разматрана методологија истраживања за развој предложеног модела. Пре него што се размотре фазе развоја, важно је нагласити основне принципе интегрисане у модел:

- **Доступност:** Модел треба да буде применљив за пројекте у реалном окружењу, односно, улазни подаци треба да буду документи доступни на свим пројектима путне инфраструктуре;
- **Универзалност:** Модел треба да има универзалан карактер, односно мора бити применљив на пројектима широм света (енглески језик интегрисан у модел);
- **Једноставност коришћења:** Модел треба да буде прилагођен кориснику просечног знања и искуства на грађевинским пројектима. Другим речима, модел не треба да захтева значајан труд корисника за савладавање;
- **Интерактивност:** Предложени модел треба да омогући интерактивни аналитички интерфејс како би се унапредио процес анализе резултата;
- **Унапређење:** Структура модела треба да омогући унапређење кроз процес додатног тренирања;
- **Вредновање:** Корисници модела учествују у оцењивању резултата што заступа позитиван ефекат за интеракцију са моделом.

Методологија развоја модела је подељена у 4 фазе (слика број 35):



Слика број 35: Методологија за развој DREAM - а

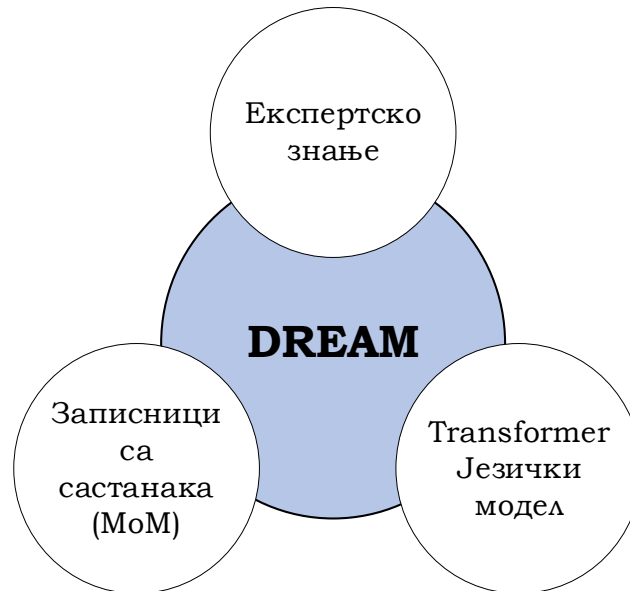
У првој фази се разматрају компоненте модела. Друга фаза се односи на моделирање процеса, односно на дефинисање експерименталних сценарија. Трећа фаза предлаже поступак валидације предложеног модела. Последња фаза предлаже квалитативну анализу временске дистрибуције узрока кашњења у циљу откривања базних узрока.

6.2.1 Компоненте DREAM-а

Кључне компоненте за развој и валидацију модела су (слика број 36):

- Записници са састанака (*Minute of Meetings* - MoM), као изабрана документација која садржи податке о узроцима кашњења и припадајуће временске одреднице;
- Експертски обележена документација у циљу тренирања модела за пројекте путне инфраструктуре;

- *Transformer* модел за аутоматску детекцију узрока кашњења као репрезентативан језички модел базиран на механизмима самопажње (*self-attention*);



Слика број 36: Кључне компоненте DREAM-а

Синергија компонената обезбеђује непристрасну, аутоматску детекцију узрока кашњења са крајњим циљем да се открију базни узроци кашњења.

У наставку ће бити детаљно разматрана свака од компонената као и њихова улога у предложеном моделу.

Записници са састанака – изабрана врста документације

Грађевински пројекти генеришу велики корпус података у веома динамичком окружењу. Постоје различите студије које анализирају документацију пре почетка извођења радова у контексту ризика на пројекту (Son & Lee, 2019; Williams & Gong, 2014). Ово истраживање полази од претпоставке да су текстуални подаци који се односе на кашњења на пројекту везани за фазу реализације. Ово се поткрепљује тврдњом да кашњења почињу да се „мере“ након датума почетка радова. Експертско тумачење може помоћи детекцији узрока кашњења пре почетка радова, али на бази догађаја који се односе на кашњење у фази грађења. Да закључимо, потребно је сагледати манифестацију кашњења у фази грађења како би се потенцијално открили узроци које се односе на ране фазе пројекта.

Избор документације представља кључни корак у развоју модела који се базирају на рударењу по текстуалним документима. Како би се одговорило на истраживачке задатке и испунили циљеви, разматрани су критеријуми за избор релевантне документације (табела број 32).

Табела број 32: Списак критеријума за избор релевантне документације за развој модела са описима

Критеријум	Опис
К1 Доступност	Да ли је текстуални документ поверљивог садржаја и тешко доступан. Овај критеријум утиче на применљивост модела.
К2 Заступљеност	Да ли је текстуални документ универзално присутан на свим грађевинским пројектима, као и да ли је уговором дефинисан и обавезујући. Овај критеријум обезбеђује применљивост модела.
К3 Доступност у ел. формату	Критичан услов јесте да ли се документ формира у електронском облику. У процесу аутоматизације само се могу разматрати електронски форматирани документи.
К4 Интерактивност	За реконструкцију догађаја важни су ставови свих учесника на пројекту. Претпоставка је да документација која агрегира ставове само једне стране неће пружити могућност сагледавања свих околности које су довеле до поремећаја.
К5 Временска компонента	Модел предлаже разматрање временске дистрибуције, односно „трајање“ узрока кашњења на пројекту. Претпоставка о значају временске компоненте детектованих поремећаја при анализа условљава овај критеријум.
К6 Контекст поремећаја	Документација треба да садржи све релевантне информације о поремећајима на пројекту нарочито у контексту времена и трошкова. Ово је нарочито значајно јер се очекује манифестација узрока кашњења прво у неструктурираним документима па тек у структурираном окружењу.

У даљем тексту се наводе карактеристике сваког типа документације која је разматрана при развоју модела у контексту претходно дефинисаних критеријума:

- **Грађевински дневници:** Текстуална документација која описује догађаје на пројекту на дневном нивоу. У теоријском смислу, овај тип документације одговара свим захтевима модела, нарочито у погледу временске компоненте детектованог поремећаја. Међутим, пракса на пројектима јесте да се грађевински дневници попуњавају мануелно и да најчешће нису доступни у електронској форми. Последња карактеристика је била одлучујућа да се овај вид документације не узима у разматрање у овом истраживању.
- **Месечни извештаји:** Документација са пројекта која својим садржајем најмање одговара потребама модела. Главни разлог јесте сврха ових докумената (која агрегира и добре и лоше информације) и степен детаљности који се односи на проблеме прекорачења. Такође, временска компонента месечних извештаја није одговарала потребама модела.
- **Потраживања:** Документација са пројекта која има за циљ да квантификује поремећаје на пројекту. Недостатак ових докумената је што они представљају ставове само једне стране учесника на пројекту, па самим тим није познато да ли постоји консензус осталих учесника. Додатно, кроз одштетне захтеве се врши потраживање базирано на

догађајима који су изазвали штету једне од страна на пројекту. У том смислу, најчешће се дешава да су догађаји по основу којих се потражује надокнада штете само последица базних узрока који су скривени. Осим тога, није сваки поремећај предмет одштетног захтева. Имајући у виду све наведено, ова врста документације није била од значаја у развоју модела.

- Кореспонденција – преписка на пројекту: Важан извор информација за потребе реконструкције догађаја на пројекту. Интерактивно окружење омогућава сагледавање „шта је тачно пошло по злу“. Такође, потенцијал ових текстуалних извора представља и временска компонента сваке изјаве. Међутим, ова врста документације је тешко доступна. За потребе овог истраживања аутору нису били доступни ови подаци.
- Недељни записници са састанака: Документација са пројекта чијим садржајем се тешко може манипулисати с обзиром на праксу прихватања записника од стране свих учесника на састанку. Уколико изузмемо преписку на пројекту, овај вид документације својим садржајем правовремено (уколико се састанци одржавају на недељном нивоу) описује поремећаје на пројекти и околности. Једна од претпоставки овог истраживања јесте да овај тип документација агрегира рана упозорења на узроке који доводе до неуспеха пројекта (Mohammed Alsubaey et al., 2015) што омогућава детекцију *root causes of delay*. Значај ових докумената представља везу између догађаја и временске компоненте, страну на пројекту која је уочила поремећај (описан кроз изјаву) као и све друге релевантне информације везане за посматрани концепт.
- Пост пројектни извештаји: Документација са пројекта која сублимира знања и искуства стечена на пројекту у циљу побољшања перформанси будућих пројеката. Велики број аутора истиче значај и потенцијал ових докумената у побољшању праксе управљања пројектима (Choudhary et al., 2009). У креирању пост пројектних извештаја учествују све заинтересоване стране на пројекту. Међутим, иако овакви документи представљају велику корист будућим пројектима, тешко је мотивисати учеснике завршеног пројекта да се посвете овој врсти анализе, нарочито када се ради о пројекту који је проглашен за неуспешан.

Према наведеним карактеристикама различитих типова документације само су записници са састанака испунили све критеријуме за предложени модел (табела број 33).

6. Модел за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на неструктурираним документима

Табела број 33: Карактеристике документације у контексту избора релевантног извора за развој модела

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Грађевински дневници	•	•		•	•	•
Кореспонденција (ел.пошта)			•	•	•	
Записници са састанака (МоМ)	•	•	•	•	•	•
Месечни извештаји	•	•	•			•
Потраживања	•	•	•			•
Пост-пројектни извештаји	•		•	•		•

K1- Доступност; K2 – Заступљеност; K3 - Доступност у ел. формату; K4 – Интерактивност; K5 Временска компонента; K6 Контекст поремећаја.

Пример почетне стране записника са састанка са елементима је приказан на слици број 37.

6. Модел за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на неструктурираним документима

Меморандуми уговорних страна

Предмет / Subject: ЗАПИСНИК СА САСТАНКА С ОДВИШЕТНОМ ЗАХТЕВУ БР. 8 / МоМ Н^о: 3 **Наслов** MEETING FOR CLAIM NO. 8

Број записника / МоМ Н^о: 3

Датум/Date: 18.11.2018 **Датум**

Почетак/Start: 11:20 **Завршетак/Finish:** 14:40.

Место/Place: Место одржавања састанка 3

Присутни/Attendees (videti u prilogu spisak sa punim imenima i pozicijama prisutnih) / (see the attached list with the attendees' full names and positions):

/KS: ИП(ИР), ДП(ДР), НИ(НИ), МС(МС), НИ(НИ);
 /СИ/СБИ: ЛС(ЛС), ЈК(ЈХГ), ЉВ(ЈВ), МВ(МВ), ИЦ/ИС: П(П), БС(БС), МП(МП), А(А);
 /Аутор / Author: МС(МС) и М(М)

/Осталих / Mailing list: Учесницима / Attendees
 /Прилози / Attachments: (1) Списак присутних са потписима / List of attendees with signatures,
 (2) Преглед проблематике на овлашћеним радовима који не могу да се изведу / Overview of issues of works which can not be performed

Бр./N ^о	Тема	Issue	Врста / Type*	Обавеза / Responsibility Рок / Due date
	Изјашњење Извођача у На почетку састанка, договорено је да се Извођач званично изјасни о стратегији окончања таласа на Деоци 3. У року од 10-15 дана Извођач треба да достави окончане таласе било директно или путем Глобалног таласа на Деоци 3. Извођач је доставио глобални талас бр. 12 није више валидан јер садржи таласе који су решени, детерминисани и који су прихваћени од стране уговорних страна. САДРЖАЈ НА СРПСКОМ ЈЕЗИКУ	The Contractor's Statement At the beginning of the meeting, it was agreed that the Contractor would formally declare a strategy of completing the claims on Section 3. Within 10-15 days, the Contractor should deliver the final claims either directly or through the Global Claim on Section 3. The Contractor's Global Claim No. 12 is not valid anymore because it contains the claims that have been resolved, determined and accepted by the Contracting Parties through the relevant Annex to the Contract. Analysis of the delay for Claim no. 8 In his Key Event in his delay analysis, the Contractor has taken: Delay in the delivery of a modification and supplement to the design documentation for the protection of slopes.		

* A – Action / Акција, D – Decision / Одлука, R – Recommendation / Препорука, I – Information / Информација, O – Open Issue / Отворено питање, F – Done (Finalized) / Урађено (Завршено)

20181128 МоМС8 1 / 3

Слика број 37: Пример структуре прве стране записника са састанка (услед заштите података одређена поља су засенчена)

101

Експертско обележавање документације

Након избора документације која се користи за тренирање модела следи експертско обележавање делова текста - изјава (*statements*) који се могу довести у везу са узроцима кашњења. Предложени језички модел поседује библиотеке знања, међутим, додатним тренирањем кроз експертско обележавање врши се унапређење модела у домену детекције узрока кашњења на грађевинским пројектима путне инфраструктуре

Претходна припрема (*Data pre-processing*) је стандардни поступак при развоју и употреби језичких модела (Fang et al., 2020; Moon et al., 2022). Представља први корак након прикупљања неструктурираних докумената. У овом истраживања претходна припрема је сведена на минимум услед уједначене структуре улазних докумената - записника са састанака (**МoM**) али и избора унапређеног Transformer језичког модела – **BERT** (Baek et al., 2021).

- општи подаци у заглављу (број састанка, време, локација, тема састанка и др.);
- присутни учесници (са напоменом коју уговорну страну заступају);
- Листа изјава о којима се говорило на састанку, подељена по категоријама (Здравље и безбедност на раду, квалитет радова и др.).

Документација за тренирање модела је била доступна у Word табеларној форми (слика број – пример записника). Текстуални садржај је, имајући у виду предочену структуру, једноставно конвертован у одговарајући Excel документ.

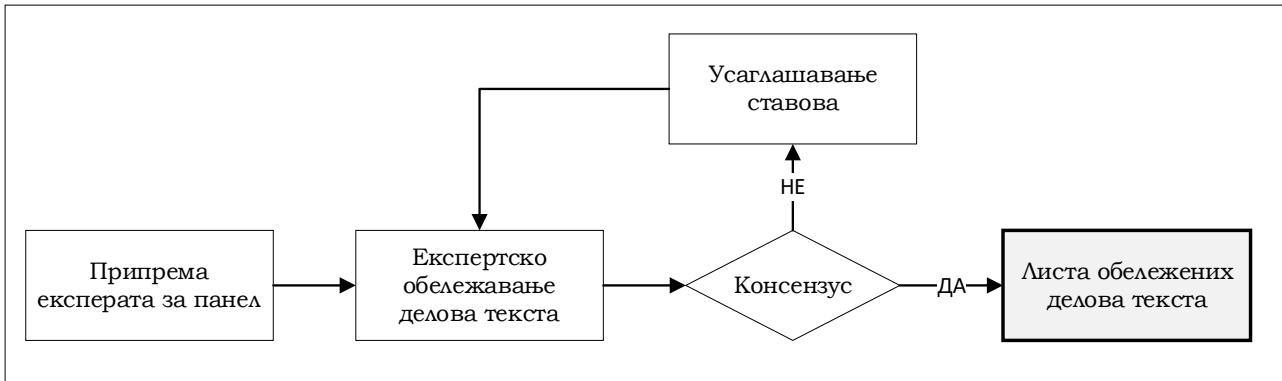
Уколико се дискусија о одређеној теми настављала у више састанака (што је уобичајено током дискусије), припадајуће изјаве су се понављале више пута и биле су означене црвеном бојом. У овом истраживању се користе само изјаве са оригиналним садржајем док се не разматра текстуални садржај који се понавља.

За разлику од других језичких модела где се текст додатно припремао (стоп речи, заграде, итд.), захваљујући изабраном језичком моделу (BERT), нису биле потребне обимне активности на претходној припреми текста.

Како би се обезбедило правилно и релевантно обележавање делова текста који се може довести у везу са узроцима кашњења организован је панел експерата. Панел експерата су чинила 3 угледна стручњака у области Управљања пројектима са преко 20 година искуства, специјализовани за путну инфраструктуру. Модератор панела је био аутор докторске дисертације. Важно је истаћи да су поменути експерти били ангажовани током пилот студија описане у поглављу 4 те да су детаљно били упознати са предложеном листом узрока кашњења из првог дела истраживања.

Панел је спроведен кроз 4 фазе (слика број 38). Прва фаза се односила на упознавање експерата са циљем истраживања. Поступак обележавања почиње у другој фази панела. Процес обележавања је подразумевао повезивање

текстуалних сегмената (изјаве) који се доводе у везу са кашњењем на пројекту са класификацијом узрока кашњења приказаној у табели број 19 (4. поглавље). Осим придруживања делова текста одређеном узроку, било је потребно обележити и којој пројектној целини припада узрок кашњења (према усвојеној сегментацији: траса, мост или тунел).



Слика број 38: Протокол за панел чији је циљ експертско обележавање текста

Усвојено је да је експертски консензус постигнут уколико је 2 или више експерата на исти начин извршило обележавање. За делове текста на којима није постигнут консензус, спроведена је усмена дискусија како би се усагласила мишљења. Експертски панел је трајао 6 месеци, а консензус везано за обележени текст за тренирање модела је постигнут након 3 рунде усаглашавања.

Пример експертски обележених делова текста дат је на слици број 39.

Cause of delay	Element type	Statement
5.1	bridge	The Contractor urgently to correct the deficiencies on the bridge at km 27 + 241.
-	road	Contractor shall submit to the Expert Supervision a Revised Program of Works referring to the works that will be performed within the contracted time according to Annex 2 and serve as the basis for
5.4	road	Expert Supervisor has opened all the NCRs after orally notifying the Contractor, recording the remarks into the construction log and sending the letters first. One example is NCR 073 where the Contractor did not act according to the Expert Supervisor's instructions.
-	road	As for the NCR 078, the Contractor has acted according to the Expert Supervisor's order and design documentation.

6. Модел за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на неструктурираним документима

-	road	The contractor has closed 3 NCRs this week. Next week, the Contractor will send 6 NCR closure requests.
-	road	Expert Supervision received the 3 most critical variations and evaluation is underway. Next meeting regarding the variations will be held on Wednesday, 21.02'18.
-	road	For the next meeting, the Contractor and the Expert Supervision are to prepare the Site (Layout) Plan.
1.1	road	The cables are in the road bed of the existing road IB and the Employer will deliver a solution to the Contractor in the second half of February.

Слика број 39: Пример оригиналних делова текста са експертским обележавањем

Сврха експертског обележавања је да повеже неструктурирани текст (изјаве) у записницима са састанака са узроцима кашњења и пројектним целинама. На тај начин омогућено је генерисање скупа података који се састоји од текстуалних сегмената, из записника са састанака, повезаних са одговарајућим узроцима кашњења. Такви скупови података специфични за домен, користе се за фино подешавање модела *Transformer* - а, додајући додатни слој семантичког разумевања поврх постојећег општег модела језика. Крајњи циљ је „научити“ модел да повезује узроке кашњења са одговарајућим, раније невидљивим сегментима текста генерисаним у окружењу грађевинског пројекта, у овом случају, путне инфраструктуре.

Резултат стручног обележавања је укупно 497 изјава у вези са узроцима кашњења, распоређених у пет група и четири ентитета (табела број 34).

Табела број 34: Учесталост обележених изјава, према пројектним ентитетима и група узрока кашњења

Групе узрока кашњења	Мост	Траса	Тунел	М (Остало)
1 Пројекта документација	11	99	8	4
3 Ресурси	6	69	18	6
4 Инвеститор	0	14	5	0
5 Извођач	16	119	13	16
8 Спољашњи	0	76	9	8

Како је у претходном поглављу разматран критички аспект различитих врста експертске пристрасности при детекцији узрока (5. поглавље), важно је истаћи „*unbiased*“ окружење при развоју DREAM-а. Инволвираност експерата у одређени процес за последицу има резултате обојене пристрасношћу. Умањење

пристрасности у процесу обележавања текста омогућено је кроз протокол за обележавање и то:

- ангажовањем три независна експерта;
- усмена дискусија у случају експертског неслагања;
- припрема материјала панела (елиминисане су властите именице, датуми и слично).

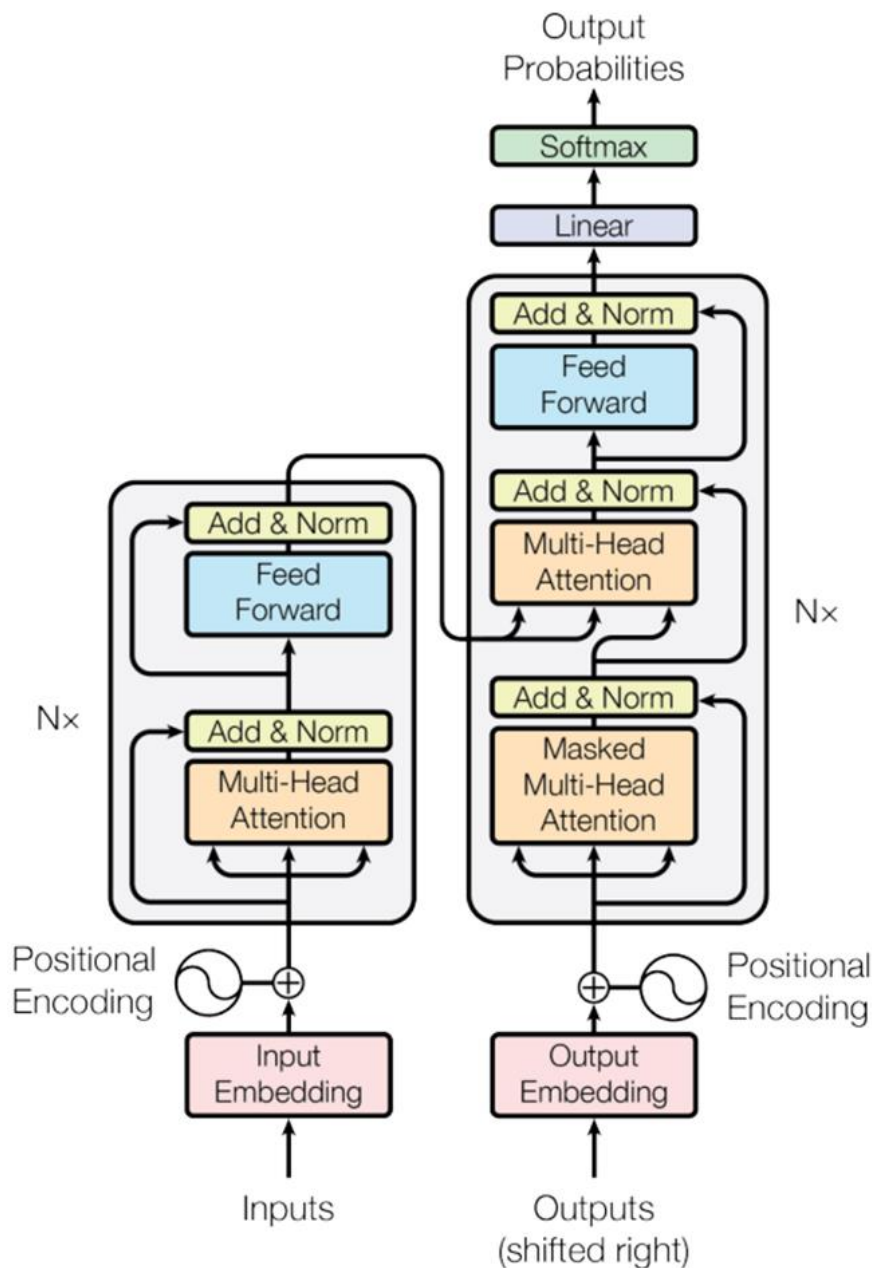
Дефинисањем и доследним спровођењем дефинисаног протокола, експертска пристрасност је сведена на најмању могућу меру

Transformer модели за детекцију узрока кашњења

Мотив за примену језичког модела заснованих на *Transformer*-има приказан је у делу прегледа литературе (детаљније видети 2.5). Предложени DREAM користи постојеће опште језичке моделе (*Transformer*) који су fino подешени, претходним експертским обележавањем, тако да одражавају контекст кашњења у окружењу грађевинског пројекта.

Transformer модели су засновани на *Transfer Learning* методама, које су омогућиле напредак у природној обради учења (*Natural Learning Processing - NLP*) и рударењу по текстуалним подацима последњих година. *Transfer Learning* се ослања на коришћење сложених унапред обучених модела и њихово fino подешавање како би се обезбедиле високе перформансе за различите задатке рударења по текстуалним подацима. Кључна разлика у односу на друге приступе машинском учењу разумевања језика, као што су рекурентне неуронске мреже (RNN) и неуронске мреже дугорочне меморије, била је употреба механизма самопажње (*self-attention*). Показало се да су *Transformer* језички модели посебно погодни за дубље разумевање дужих секвенци текста (Vaswani et al., 2017). Ово је нарочито значајано када су у питању карактеристике текстуалне документације и начин комуникације у грађевинарству.

Представљање *Transformer*-а обично има архитектуру енкодер-декодер, са модулима који садрже слојеве за прослеђивање и пажњу (слика број 40). *BERT* (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) језички модел је састављен од блокова енкодера трансформера. Модел је обучен на Википедији (~2.500 милиона речи) и постао је доступан 2018. године.



Слика број 40: Архитектура трансформер модела (Vaswani et al., 2017)

Енкодер је одговоран за обраду улазног текста и стварање репрезентације на начин који декодер може лако разумети. Он прима секвенцу токена (речи или знакова) и генерише секвенцу скривених репрезентација на основу уграђених вектора (*embeddings*), које складиште значење улазног текста. Свака скривена репрезентација генерише се комбиновањем информација из свих претходних репрезентација у секвенци, што омогућава енкодеру да узме у обзир цео контекст улазног текста.

Уграђени вектори су најчешће вектори реалних бројева фиксне дужине. Сваки токен у улазној или излазној секвенци повезан је са јединственим уграђеним вектором који се учи током обуке. Токени, за разлику од речи које су

семантичке јединице текста, представљају секвенца карактера која се третира као јединица у систему за обраду природног језика. Једна краћа реч је обично еквивалентна једном токenu, док се дуже речи растављају на више токена.

Уграђени вектори се обрађују кроз слојеве трансформера, који примењују низ нелинеарних трансформација на њима како би произвели коначне скривене репрезентације. На овај начин, скривене репрезентације складиште важне карактеристике текста, као што су семантичко значење, синтаксичка структура и контекстуална информација.

Декодер узима репрезентацију коју је генерисао енкодер и генерише секвенцу излазних токена. Декодер „обраћа“ пажњу на скривене репрезентације које је генерисао енкодер и користи их за генерисање следећег токена у секвенци излаза. Декодер генерише један токен у једном тренутку, користећи претходно генерисане токене као контекст да информише своју следећу предикцију.

Заједно, енкодер и декодер чине основу Трансформер архитектуре, која се показала изузетно ефикасном у многим задацима обраде природног језика. Употреба механизма пажње у енкодеру и декодеру омогућава Трансформеру да ухвати комплексне односе између различитих делова улазних и излазних секвенци, чинећи га моћним алатом за моделовање и генерисање језика.

Генерално, језички модели читају улазну секвенцу у једном правцу: с лева на десно или здесна налево. Ова врста једносмерне обуке добро функционише када је циљ да се предвиди/генерише следећа реч. Да би имао већу осетљивост за језички контекст, *BERT* користи двосмерну обуку, узимајући у обзир претходни и следећи токени истовремено. Да би то постигао, *BERT* користи:

- *Masked Language Modelling* – маскирање токена у низу са маскирним токеном и усмеравање модела да испуни ту маску одговарајућим токеном. Ово омогућава моделу да се фокусира на десни и леви контекст (токени са десне или леве стране маске).
- *Next Sentence Prediction* – модел прима парове реченица као улаз и обучен је да предвиди да ли је друга реченица следећа реченица првој или не.

Као резултат двосмерне обуке, унапред обучени *BERT* модел се може фино подесити са само једним додатним излазним слојем за креирање најсавременијих модела за широк спектар задатака анализе текста. *BERT* има 24 слоја трансформерског блока са скривеном величином од 1024 и 340 милиона параметара. Ово може довести у питање оперативно тренирање и коришћење модела у производном окружењу.

(Sanh et al., 2019) је представио *Distil-BERT*, са 97% перформанси *BERT* -а и смањењем величине за 40%, док је био 60% бржи. Нови модел је креиран коришћењем дестилације знања током фазе пре обуке. Дестилација знања је техника компресије у којој се мали модел обучава да репродукује понашање већег модела (или групе модела).

У овом истраживању, унапред обучени *Distil-BERT* модел је фино подешен са сегментима текста који одражавају контекст узрока кашњења у окружењу грађевинског пројекта. Да би се позабавили узроцима кашњења са мање текстуалних сегмената за обуку, истражена је могућност другог *Transformer model* – *PEGASUS (Pre-training with Extracted Gap-sentences for Abstractive Summarization)* (J. Zhang et al., 2020). Апстрактно сажимање (*Abstractive Summarization*) текста представља поступак генерисање сажетог и кохерентног резимеа задатог текста, кроз парафразирање и кондензовање најважнијих информација. Овако добијени синтетички резултати имају слично значење и контекст као и улазни текст. Такође, резултујући текст може да садржи речи са релевантним значењем које се не појављују у изворном тексту. PEGASUS модел користи претходно описану декодер/енкодер архитектуру, са разликом у процесу тренирања – док је код општих модела као што је BERT фокус на разумевању контекста задатог текста, Pegasus модел је додатно трениран за генерисање сажетака задатог текста.

PEGASUS користи модел енкодер-декодер за учење од секвенце до секвенце. У таквом моделу, кодер ће прво размотрити контекст целог улазног текста и кодирати улазни текст у вектор контекста, који је нумерички приказ улазног текста. Ова нумеричка репрезентација ће се затим унети у декодер, чији је задатак да декодира контекстни вектор да би произвео апстрактно сажимање. Апстрактно сажимање се заснива на парафразирању смислених речи из улазног текста што резултира синтетичким примерима излазног текста са сличним значењем и контекстом као и улазни текст.

У овом истраживању, синтетичке текстуалне изјаве које се односе на узроке кашњења су генерисане помоћу модела PEGASUS и додате у скуп за обуку у једном од експеримената како би се повећао број инстанци обуке за мање заступљене узроке кашњења.

6.2.2 Моделирање процеса – Експериментални сценарији

Овај одељак представља перформансе DREAM - а за различите задатке идентификације узрока кашњења, одговарајуће експерименталне сценарије и подешавања. Циљеви предложених експеримената су:

- Процена перформанси модела за класификацију исказа на нивоу појединачног узрока кашњења, групе узрока кашњења и пројектног ентитета;
- Утврђивање ефекта примене сегментације модела на нивоу пројектног ентитета;
- Утврђивање ефекта повећања броја изјава у вези са узроцима кашњења кроз апстрактно сажимање.

Дефинисано је и валидирано пет експерименталних сценарија за постизање претходно дефинисаних циљева (слика број 41). На слици су представљени одговарајући модели класификације, организовани према:

1. Циљни атрибут за класификацију:
 - (E3) Пројектни целине (тунел, траса и мост);
 - (E2) Групе узрока кашњења;
 - (E1, E4, E5) Појединачни узроци кашњења.
2. Метод коришћен за обуку модела:
 - (E1, E2, E3) Опште: све означене изјаве се користе за обуку и тестирање;
 - (E4) Сегментирано: означене изјаве које се односе на одређени ентитет пројекта се користе за обуку и тестирање;
 - (E5) Проширено: број означених исказа који се користе за обуку се повећава апстрактним сумирањем, заснованим на PEGASUS моделу

За свих пет експеримената, *DistilBert Transformer* модела су коришћени следећи хиперпараметри:

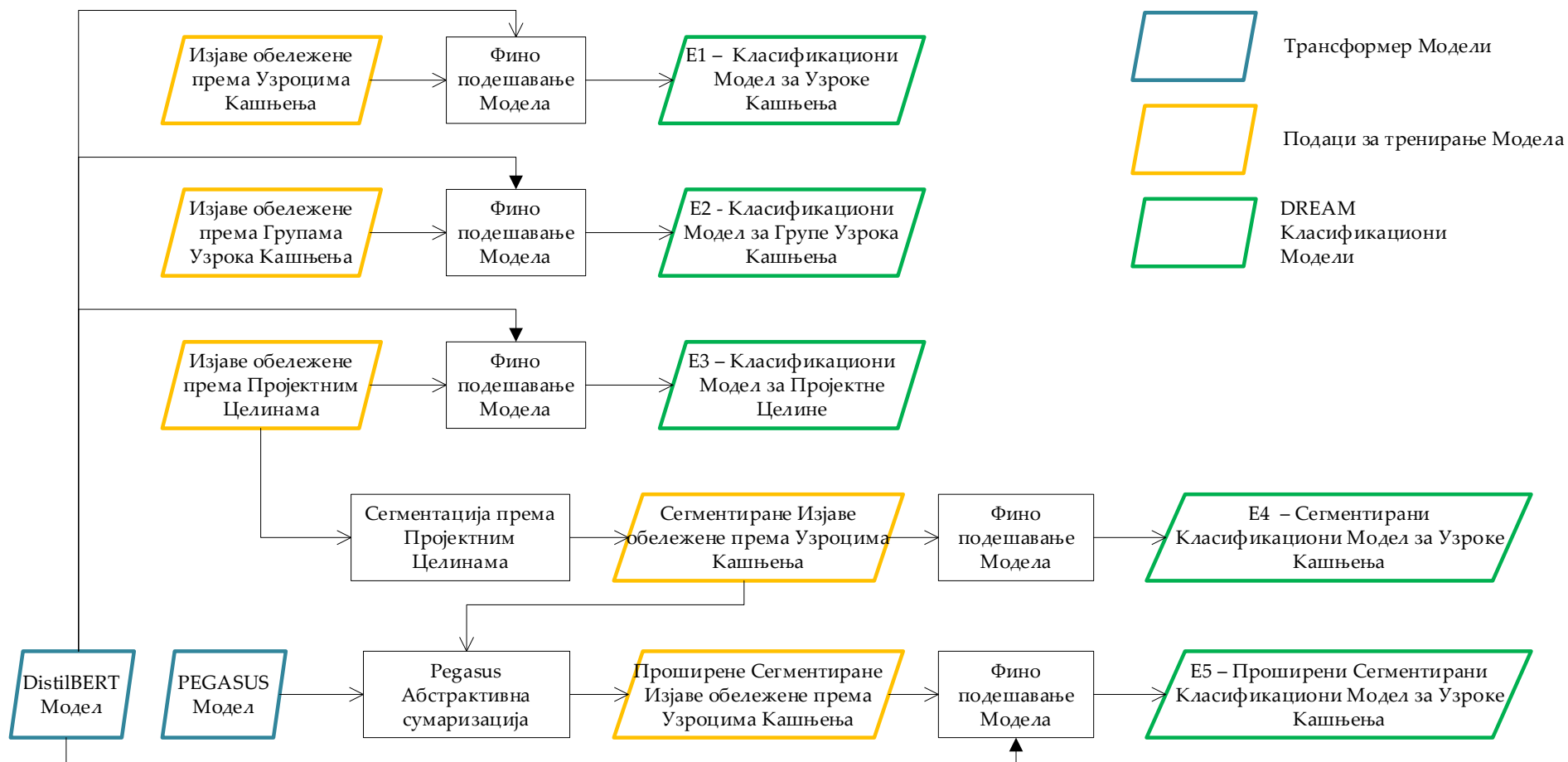
- Алгоритам за оптимизацију распона учења – *Adaptive Moment Estimation* (ADAM);
- Број серија података – 2;
- Број епоха – 10;
- Максимална дужина текста – 512.

Експерименти су спроведени на серверу са следећим карактеристикама:

- Процесор: Intel© Core™ i3-10100F CPU @ 3.60GHz × 4;
- Графичка карта: NVIDIA GP107 [GeForce GTX 1050 Ti], 4GB video memory GPU, 32 GB RAM.

Хиперпараметри су променљиве које се постављају пре тренирања модела. Контролишу понашање и перформансе модела током тренинга и могу значајно утицати на тачност и способност генерализације модела. За разлику од параметара самог модела, који се уче из података током тренинга и директно утичу на предвиђања модела, хиперпараметри утичу на то како се модел тренира и оптимизује.

6. Модел за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на неструктурираним документима



Слика број 41: Шематски приказ експерименталних сценарија при развоју DREAM - а

6.2.3 Валидација и перформансе модела

Валидација модела је спроведена кроз десетоструку процедуру унакрсне валидације (*10-fold cross-validation*), користећи 90% инстанци за обуку модела. Модел је тестиран на преосталих 10% случајева. Инстанце за тестирање су одабране насумично, али су одговарале дистрибуцији класа на нивоу читавог скупа података. Овај поступак је поновљен десет пута тако да су сви означени искази коришћени за обуку и тестирање. У свакој итерацији крос-валидације, стварне и предвиђене вредности за инстанце тестирања су ускладиштене и касније комбиноване у листу стварних и предвиђених вредности за све инстанце. Ова листа је коришћена за креирање матрица конфузије у циљу дискусије о резултатима експеримената.

Записници са састанака су документација садрже дискусију о стању и прогресу радова на градилишту и другим темама. У записницима су садржане и изјаве које се не могу довести у везу ни са једним узроком кашњења (табела број 34). За овакве изјаве је уведена посебна класа у модел класификације. Ове изјаве су означене као NC (*not causes of delay*) класа. У свакој итерацији крос-валидације је било укупно N изјава из NC класе, где је N једнако 90% укупног броја изјава које се односе на узроке кашњења. Однос од 90% је изабран да би се адекватно моделирала заступљеност NC изјава у стварном окружењу.

За процену перформанси класификационог модела коришћена је MxM матрица конфузије (*confusion matrix*), где је M број класа за предвиђање. Матрица конфузије приказује стварне вредности у редовима и вредности на бази предвиђања у колонама. Идеалан сценарио је да се све предвиђене и стварне вредности поклапају, у ком случају матрица има вредности различите од нуле само на главној дијагонали. Како број инстанци по појединачној класи варира, матрица је овде приказана у нормализованом облику. Пошто редови представљају стварне вредности класа, збир елемената у једном реду је увек 1,00. Насупрот томе, збир колоне може бити различит од 1,00, у зависности од понашања модела класификације. Класа са збиром већом од 1,00 је класа је „привлачећа“ (*attractor*) (додељено јој је више инстанци од очекиваног). У супротном случају, класа је „одбијајућа“ (*repeller*), са мање инстанци него што се очекивало.

У овом истраживању се предлажу следеће метрике за оцену перформанси заснованог на *Transformer* језичком моделу, прецизније на BERT језичком моделу (Fang et al., 2020):

- Матрица конфузије $M \times M$ (*confusion matrix*) – за одређивање перформанси класификационог модела са M класа (слика број 42)

	Предвиђање класе		
Стварна класа		Позитивна	Негативна
	Позитивна	TP	FN
	Негативна	FP	TN

Слика број 42: Пример матрице конфузије за бинарну класификацију

- Прецизност (*Precision*) - однос броја исправно класификованих инстанци класе К и броја инстанци које је класификациони модел придружио класи К:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (7)$$

- Одзив или осетљивост (*Recall*) – однос броја исправно класификованих инстанци класе К и броја свих инстанци класе К:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (8)$$

- F мера – хармонијска средина прецизности и одзива

$$F = \frac{2 * (Precision * Recall)}{(Precision + Recall)} \quad (9)$$

где је:

TP (*true positive*) - број инстанци из класе К исправно придружених класи К;

FP (*false positive*) - број инстанци из других класа погрешно придружених класи К;

FN (*false negative*) - број инстанци из класе К погрешно придружених другим класама;

TN (*true negative*) - број инстанци из других класа исправно придружених другим класама.

6.2.4 Временска дистрибуција узрока кашњења

Вероватноћа појаве (*Probability*) и мера утицаја (*Impact*) су два параметра којима се најчешће квантификују и рангирају ризици на пројекту. Појединачано тумачење сваког пружа одређене информације о детектованом ризику. Комбиновано тумачење, које се најчешће исказује као производ вероватноће и мере утицаја, представљено је кроз индекс релативне важности. Највећи број студија анализира узроке кашњења према Индексу релативне важности (*Relative Importance Index -RII*) (El-Sayegh & Mansour, 2015) .

Како би методе управљања ризицима биле дугорочне и ефикасне неки аутори сугеришу на откривање нових димензија који описују одређени концепт. (P. C. Lee et al., 2019) су предложили посматрање ризика кроз везу време-простор. Студија предлаже динамичку анализу (*dynamic analysis*) и визуелно праћење (*visual tracking*) ризика како би се управљало безбедношћу на пројекту. Подаци о времену за одређени контекст се могу добити из структурираних или полуструктурираних извора, као што су динамички планови, табеле о прогресу радова и слично. Међутим, околности које прате одређени контекст (поремећај) се најчешће јављају у неструктурираним документима, пре манифестације у структурираном облику (Nedeljković, 2017). Важност временске компоненте истакнута је и у студији (Љ. Nedeljković & Kovačević, 2017). Аутор истичу да је праћење пројектних активности (*Tracking*) од великог значаја за успех пројекта. Такође, аутори откривају потенцијал праћења различитих апстрактних догађаја у циљу откривања занимљивих трендова и потенцијалне корелације са учесницима на пројекту.

У овом делу истраживања биће анализиран потенцијал репрезентације временске компоненте сваког детектованог узрока, као и потенцијал који такви подаци пружају. Захваљујући одабраној врсти документацији, могуће је детектовати време појављивања сваког узрока – време из записика када се догађај први пут спомиње као и његову заступљености кроз фазе пројекта. Узимаћу у обзир претпоставку да је први писани траг о одређеном поремећају описан у записницима, сматра се да се на овакав начин правовремено извештава о узроку. Праћење кроз трајање пројекта омогућава формирање детаљније слике о поремећајима на пројекту.

Различити графикони дистрибуције показују заступљеност и трендове узрока кашњења кроз време. У студији (Parsons & Sedig, 2014) се истиче важност адаптивних динамичких погледа за информације са временском природом да би се превазишле когнитивне пристрасности стечене статичком презентацијом података. За разлику од фазе детекције узрока кашњења, где су резултати аутоматски производ модела, тумачење временске дистрибуције захтева ангажовање експерта (слика број 34).

Предлажу се две врсте приказа фреквенције појављивања узрока кашњења:

- Апсолутна – апсолутна вредност броја појављивања узрока кашњења за посматрани временски интервал;

- Релативна – процентуални удео броја појављивања сваког узрока кашњења у односу на укупан број детектованих узрока за посматрани временски интервал;

Анализа трендова различитих графикана заступљености омогућава стручњацима да разумеју природу узрока кашњења дефинисану њиховим трајањем, интензитетом и међусобним односима. На тај начин, могућа је реконструкција догађаја омогућавајући детекцију основних узрока кашњења (*root causes of delay*).

Додатно, анализа трендова заступљености омогућава дискусију и доношење закључака о перформансама учесника, у погледу управљања догађајима који доводе до кашњења на пројектима. Детаљно тумачење дистрибуције заступљености узрока кашњења биће предмет наредног поглавља који се односи на добијене резултате на примеру студије случаја.

6.3 Експериментални резултати

Експериментални резултати се односе на перформансе модела за аутоматску детекцију узрока кашњења према утврђеним експерименталним сценаријима, као и на квалитативну анализу временске дистрибуције детектованих узрока у циљу откривања базних узрока

6.3.1 Модел за детекцију и анализу узрока кашњења

Резултати перформанси модела ће бити приказани кроз различите експерименталне сценарије описане у претходном делу истраживања (6.2.2).

Детекција узрока кашњења - Експеримент Е1

Експеримент Е1 је класификовао изјаве према појединачним узроцима кашњења. Резултати експеримента Е1 указују на боље перформансе више заступљених узрока кашњења. Резултујућа матрица конфузије приказана је на слици број 43. Нијансе зелене боје показују степен перформанси за сваки детектовани узрок. Матрично кодирање узрока кашњења је у складу са класификацијом из поглавља број 4 - CDBS (табела број 19).

6. Модел за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на неструктурираним документима

		predicted																				total
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	3.2	3.4	3.5	4.3	4.4	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	8.1	8.2	8.6	8.7	NC	
actual	1.1	0	0	0	0	0.28	0.11	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0	0.3	18
	1.2	0	0	0	0	0.50	0.17	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0.2	12
	1.3	0	0	0	0	0.39	0.06	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.3	18
	1.4	0	0	0	0	0.46	0.08	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	13
	1.5	0	0	0	0	0.69	0.02	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.2	61
	3.2	0	0	0	0	0	0.73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	83
	3.4	0	0	0	0	0.14	0.43	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	7
	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0.3	9
	4.3	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0.4	17
	4.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	2
	5.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.4	56
	5.3	0	0	0	0	0.1	0.4	0	0	0.1	0	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0.2	20
	5.4	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0.2	49
	5.6	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0.2	0	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0.2	29
	5.7	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.1	0	0	0	0.4	10
	8.1	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.6	0	0	0	0.2	30
	8.2	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0.2	0	0	0.4	23
	8.6	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	6
	8.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	34
	NC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.8	450*
		0	0	0	0	3.2	2.6	0	0	0.3	0	1.9	0.2	2.1	1	0.3	1	0.4	0	1	5.9	

Слика број 43: Матрица конфузије за експеримент E1 – класификација узрока кашњења

У резултујућој матрици конфузије могу се уочити следећи специфични трендови

- Више заступљени узроци кашњења, поред бољих укупних перформанси, у већини случајева су били и *привлачеће* класе. Највероватнији узрок је била чињеница да мање заступљени узроци кашњења нису имали довољан број примера да адекватно пренесу своју семантичку структуру у модел. Као последица тога, значај број инстанци који припадају тим класама је био придружен чешћим узроцима кашњења;
- Значајан број узрока кашњења из прве групе је класификован као узрок кашњења 1.5, док су постојали који нису били придружени исправној класи (вредности за 1.1 – 1.4 на главној дијагонали су 0). Узрок 1.5 је

имао 61 појављивање, исто као и сви остали из Групе 1 заједно, што је резултирало да је узрок 1.5 била доминантна привлачећа класа за целу групу. Сличан тренд се може уочити и за Групу 3;

- Приметно је да је NC класа апсорбовала значајан број мање уобичајених узрока кашњења. Ово је било очекивано јер је NC класа била најзаступљенија у моделу, док је истовремено имала изјаве са најопштијом језичком структуром.

Детаљније тумачење резултата експеримента E1, узимајући у обзир природу, карактеристике и језичко извештавања о узроцима и припадајућим групама, показује да:

- Иако модел није имао много инстанци за обуку (34) за узрок кашњења 8.7 (*екстремно лоши временски услови*), та класа је имала најбоље перформансе. Овакво понашање је очекивано, пре свега због лингвистичке природе и начина извештавања о овом узроку у записницима са састанака. Заправо, када се извештава о временским условима на градилишту, изјаве су врло јасне и недвосмислене. Експерти нису имали потешкоће приликом обележавања овог узрока као ни предложени модел. Ово је поткрепљено и резултатом матрице конфузије где се уочава да је овај узрок изолован (није „привлачио“ на себе друге узроке) и није склон занемаривању по питању кашњења (0 код NC)
- Највише обележених инстанци се односи на узрок кашњења 3.2 (Ниска продуктивност и неквалификована радна снага) (83) док су резултати лошији у односу узрок 8.7. Највеће расипање, односно „збуњивање“ модел је манифестовао на узроке 3.4 (*Кашњења у испоруци материјала и опреме*) и 5.3 (*Неефикасно планирање и управљање радовима на градилишту*). Опет посматрано у лингвистичком смислу, могуће је спорост или кашњења коопераната представити у контексту смањене продуктивности одговорног извођача радова. Аналогија се може применити и на неефикасно планирање радова на градилишту. Услед кашњења са испоруком, могућа је смањена продуктивност, а самим тим и управљање целокупним радовима на градилишту. Посматрајући ову ситуација са аспекта група, преклапање узрока групе 3 (Ресурси) и групе 5 (Извођач) је оправдано, имајући у виду уговорну обавезу извођача за набавком ресурса. У овом случају може бити препоручљиво да се ове две групе споје у једну јер се већина узрока из групе 3 односи на извођача радова и учинак радне снаге извођача.
- Узрок кашњења 1.5 (*Кашњења у припреми или модификацији пројектне документације у току изградње*) је имао неке погрешне класификације у оквиру припадајуће групе 1 (Пројектна документација) и групе 8 (Спољни). Прво, очекивано је расипање овог узрока на друге узроке из исте групе, посматрајући повезаност овог узрока са осталим узроцима из групе. Додатно, експерти су имали потешкоће приликом обележавања узрока из ове групе. Ово је потврда да се експертско размишљање успешно пресликало на модел и размишљање „машине“. С друге стране расипање узрока 1.5 на групу 8, нарочито на узроке 8.1 (*Проблеми са имовинско-правним односима (нпр. експропријација и сл.)*), 8.2 (*Кашњење*

у добијању дозволе и сагласности од стране надлежних органа) и 8.6 (Нова еколошка ограничења или непредвиђене околности (археолошка налазишта, подземни каблови или цевоводи, минско-експлозивна средства и сл.)) Ово, наизглед „збуњено“ реаговање модела условљава и степен повезаности ових узрока. На пример, 8.2 може се повезати са 1.5 у случају кашњења у решавању имовинско-правних односа на тој локацији. Може се закључити да, због природе пројекта, примарни узрок кашњења у неким ситуацијама може бити 8,2 а не 1,5. Интерпретација матрице конфузије може открити сличне трендове, који се могу користити за анализу корелације између узрока.

Детекција узрока кашњења на нивоу група узрока кашњења – Експеримент Е2

Експеримент Е2 је спроведен да би се проценио учинак класификације на нивоу група узрока кашњења. Експеримент је пратио исти протокол валидације као и Е1. Осим групе 4 (са само 19 случајева), све остале групе узрока кашњења су имале задовољавајуће перформансе, са вредностима на главној дијагонали које су варирале од 0,61 до 0,7 (слика број 44). Број инстанци обележених узрока је варирао од 93 за групу 8, до 164 за групу 5, што указује да је модел робустан уколико класе имају одговарајући број инстанци за тренирање модела. Бољи резултати матрице конфузије у односу на експеримент Е1 указује на јасну семантичку структуру која описује узроке у појединачним групама. Такво понашање модела је имплицитни доказ да су узроци кашњења правилно груписани и да је протокол за обележавање текста од стране експерата био валидан.

		predicted						total
		1	3	4	5	8	NC	
actual	1	0.6	0	0	0.1	0.1	0.2	122
	3	0	0.6	0	0.2	0	0.1	99
	4	0.2	0.1	0.2	0.2	0	0.4	19
	5	0	0.1	0	0.6	0	0.2	164
	8	0.1	0	0	0.1	0.7	0.1	93
	NC	0.1	0.1	0	0.1	0	0.7	450*

Слика број 44: Матрица конфузије за експеримент Е2 – класификација узрока кашњења на групе

Детекција пројектних целина - Експеримент Е3

Експеримент Е3 је спроведен да би се потврдило да ли је могућа аутоматска сегментација исказа у записницима по пројектним целинама, што би се користило у експериментима Е4 и Е5 (слика број 45). Модел за класификацију исказа по пројектним целинама (мост, траса, тунел, остало) креиран је

коришћењем протокола описаног у одељку 6.2.2, а његов учинак је представљен у новој матрици конфузије.

		predicted				total
		B	R	T	M	
actual	B	1	0.02	0.02	0	134
	R	0	0.99	0.01	0	2575
	T	0	0.01	0.98	0	162
	M	0	0.88	0.12	0	41

Слика број 45: Матрица конфузиј за експеримент Е3 – класификација узрока кашњења на пројектне целине

Матрица конфузије показује опште одличне перформансе за сва три главне пројектне целине. Изјаве М ентитета - *разно* су углавном додељене ентитету *траса*. Такво понашање је било очекивано јер класа *разно* није имала ни јасну семантичку структуру ни довољан број инстанци. Резултати Е3 показују да је могуће аутоматско креирање сегментираниог модела. Другим речима резултати експеримента Е3 потврђују исправност предложеног приступа.

Експериментални резултати за сегментирани и продужени модел Е4 и Е5

Сегментирани (Е4) и сегментирани проширени (Е5) модели класификације узрока кашњења су креирани према протоколу описаном у одељку 6.2.2 на основу резултата Е1. Е4 и Е5 су извршени са сегментацијом само за трасу јер друга два ентитета нису имала довољан број инстанци за обуку и валидацију модела.

Одзив (*Recall*) пружа увид у ефекат креирања сегментираниог модела (табела број 35). Е4 показује укупно повећање одзива за најбројније узроке кашњења и смањење за оне мање заступљене. Разлог за овај тренд је двоструки: сегментација одређеног пројектног ентитета додатно смањује број доступних инстанци обуке, док с друге стране језик који описује узроке кашњења постаје хомогенији. Генерално, перформансе сегментираниог модела Е4 остају сличне онима за општи модел Е1.

Табела број 35: Прве две колоне: узроци кашњења и број инстанци. Трећа и четврта колона: поређење метрике одзива (*Recall*) за експерименте Е1 и Е4. Пета и шеста колона: Поређење метрике F-мере за експерименте Е4 и Е5.

Код узрока кашњења	Инстанце	E1 Recall	E4 Recall	E4 F-measure	E5 F-Measure
1.1	13	0	0	0	0
1.2	12	0	0	0	0.1
1.3	12	0	0	0	0
1.4	9	0	0	0	0.17
1.5	52	0.69	0.71	0.51	0.48
3.2	55	0.7	0.71	0.56	0.49
3.4	7	0	0	0	0
3.5	7	0	0	0	0
4.3	12	0.06	0	0	0.18
4.4	2	0	0	0	0
5.1	40	0.45	0.57	0.42	0.38
5.3	13	0.05	0	0	0.15
5.4	35	0.55	0.57	0.4	0.4
5.6	22	0.17	0.05	0.07	0.22
5.7	9	0.3	0.11	0.18	0.57
8.1	29	0.57	0.69	0.67	0.7
8.2	13	0.17	0	0	0.11
8.6	3	0	0	0	0
8.7	31	0.94	0.97	0.88	0.72

Поређење перформанси између Е4 и Е5 показује укупно повећање F-мере за мање заступљене узроке кашњења. Повећање броја инстанци у класама кроз апстрактно сажимање повећава утицај узрока кашњења са мање узорака диверзификујући његову семантичку структуру синонимима и речима са сличним значењима. Иако је број примера повећан за све класе, оне које су више заступљене немају користи од тога. Напротив, већина показује донекле умањене перформансе, што се може довести у везу са повећањем броја класа које су правилно репрезентоване, што повећава комплексност модела.

Е4 и Е5 имају сличне укупне перформансе као и генерални модел, али се основна логика разликује. Сегментација у Е4 даје већи значај више заступљеним узроцима кашњења, док апстрактно сажимање у Е5 чини исто, али за мање заступљене узроке кашњења. Избор одговарајућег протокола зависи од специфичних захтева пројекта – уколико је потребна робуснија детекција узрока кашњења, Е4 је прикладнији. С друге стране, Е5 би се саветовао ако је приоритет детекција што више узрока кашњења.

6.3.2 Квалитативна анализа временске дистрибуције

Овај део експерименталних резултата има за циљ да:

- истражи могућност приказа временске дистрибуције идентификованих узрока на бази изабране документације (записници са састанака),
- прикаже квалитативну анализу погодне репрезентације временске дистрибуције са крајњим циљем да се открију базни узроци кашњења (*root causes of delay*).

Илустрација резултата биће приказана на пројекту студије случаја. У овом истраживању студија случаја репрезентује један пројекат путне инфраструктуре.

Пројекат студије случаја

Пројекат представља изградњу аутопута у Србији који се састоји од две деонице укупне дужине 65км (А=28 км и Б=37 км). Пројекат је финансиран од стране међународне финансијске институције и уговорен је по *Red Fidic* стандардном типу уговора о грађењу. Извођач радова је била страна компанија са азијског географског подручја док су Инвеститор и Стручни надзор били домаћа јавна предузећа. У тренутку спровођења истраживања пројекат је предат Инвеститору и пуштен у саобраћај. Прекорачење трошкова је износило 0% док је прекорачење рока изградње износило 42%. Током реализације дошло је до промене стручног надзора на пројекту.

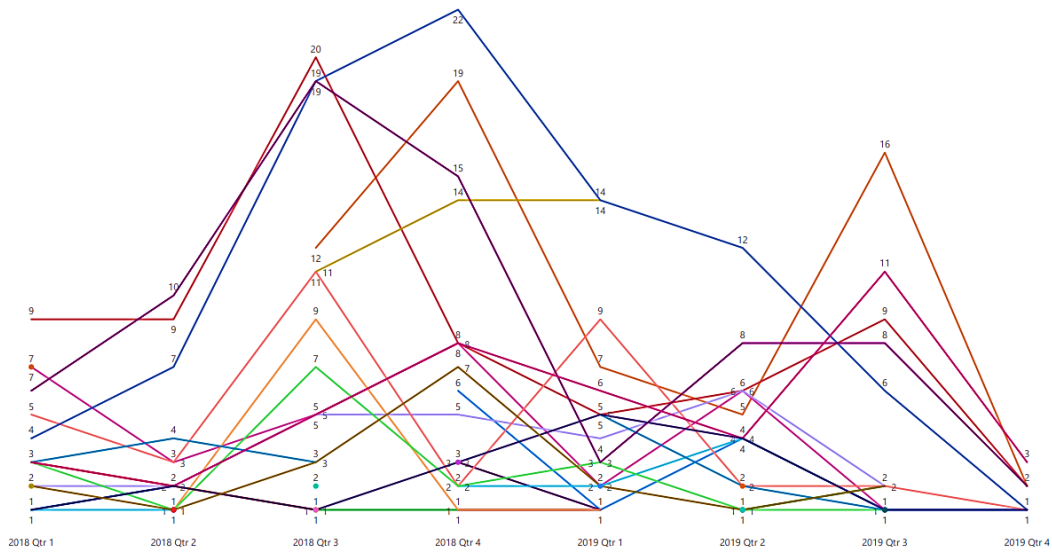
За потребе експеримента прикупљени су записници са састанака и основни подаци о учесницима на пројекту.

Временска дистрибуција на нивоу узрока кашњења (Е1)

Аналитичко окружење модела омогућава различите визуелизације, према захтевима корисника. С обзиром на карактеристике модела, временске дистрибуције идентификованих узрока кашњења ће бити приказане према експериментима Е1, Е2 И Е3.

Временска дистрибуција идентификованих узрока кашњења (Е1) за пројекат студије случаја приказана је на слици број 46. Временска скала је, услед дужине трајања пројекта, приказана квартално.

6. Модел за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на неструктурираним документима



Слика број 46: Апсолутна вредност временске дистрибуције узрока кашњења на кварталном нивоу – цео пројекат

Слика број 46 презентује апсолутну расподелу узрока кашњења на нивоу трајања целог пројекта, базирану на учесталости у записницима са састанака (MoM). На апсциси је приказана временска скала трајања пројекта, док је на ординати приказана учесталост појављивања узрока кашњења (без понављања) у записницима са састанака.

С обзиром на велики број детектованих узрока (укупно 28 детектованих узрока), овакав приказ је захтевно сагледати у целисти. Према описаној методологији могуће је сагледати апсолутну и релативну заступљеност. Релативна дистрибуција узрока кашњења на нивоу целог пројекта је приказана на слици број 47.



Слика број 47: Релативна вредност временске дистрибуције узрока кашњења на кварталном нивоу – цео пројекат

У случају великог броја детектованих узрока, релативна дистрибуција омогућава садржајније информације у односу на апсолутну дистрибуцију. Један од закључака релативног приказа јесте и број узрока који се појављују кроз фазе пројекта и њихови међусобни односи. На пример, на почетку пројекта присутно је чак шеснаест узрока са, релативно, уједначеном међусобном заступљеношћу. На средини пројекта достигнут је максималан број идентификованих узрока (20), што је и очекивано имајући у виду динамички план реализације пројекта путне инфраструктуре (највећи број учесника и различитих врста радова). С друге стране, у последњем кварталу присутно је осам узрока, где је један 8.1 *Проблеми са имовинско правним односима* заступљен 25%. За очекивати је да су узроци кашњења присутни у последњем кварталу утицали на рок завршетак пројекта и били предмет додатних потраживања.

Апсолутна и релативна заступљеност узрока на нивоу експеримента E1 потврђују хипотезу да је могућа репрезентације временске дистрибуције на бази записника са састанака. Временска дистрибуција представља јединствену карактеристику предложеног модела и начин за класификацију узрока кашњења што ће бити предмет неког од будућих истраживања.

Традиционалан приступ би захтевао *as built* динамички план како би се дошло до узрока кашњења који су били присутни у завршној фази реализације пројекта (на пример, последњи квартал). Израда *as built* програма се ретко ради на пројекту⁴, осим у случају спорова и арбитража, јер захтева велики труд инжењера у трајању од неколико месеци. Осим тога, чак и ако би се израдио *as built* програм радова, тешко је направити ретроспективу сваког узрока кроз различите динамичке планове. Према томе, у погледу репрезентације временске дистрибуције, DREAM је супериорнији у односу на традиционалне приступе.

Захваљујући аналитичком интерфејсу, репрезентације временске дистрибуције је могуће прилагодити потребама корисника. За потребе илустрације применљивости резултата и квалитативне анализе, приказане су дистрибуције 5 најзаступљенијих узрока кашњења на пројекту студије случаја.

⁴ Изјава према стручном искуству аутора

6. Модел за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на неструктурираним документима



Слика број 48: Апсолутна дистрибуција пет најзаступљенијих узрока кашњења на кварталном нивоу

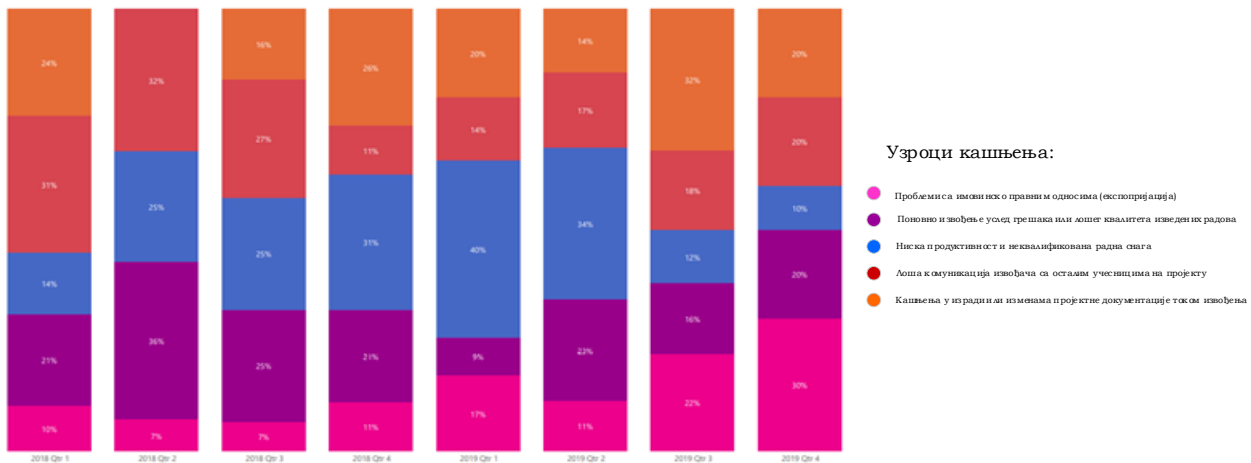
Слика број 48 презентује апсолутну дистрибуцију пет најзаступљенијих узрока кашњења на нивоу трајања целог пројекта. Четири од пет најзаступљенијих узрока су присутни током целог трајања пројекта. Очекивано је да су узроци кашњења који су били више заступљени и дуже трајали. *Трајање узрока* може бити додатни параметар за рангирање узрока што ће бити предмет неког од будућих истраживања.

Са слике број се могу уочити следеће трендови:

- *3.2 Ниска продуктивност и неквалификована радна снага* има највећу заступљеност са неизраженим скоковима. Уочени тренд указује на лоше перформансе извођача у погледу управљања пројектом. Додатно *5.1 Поновно извођење услед грешака или лошег квалитета изведених радова* и *5.6 Лоша комуникација извођача са осталим учесницима на пројекту* доприносе закључку да је један од базних узрока кашњења *Лоше перформансе извођача радова*.
- *1.5 Кашњења у припреми или измене пројектне документације током изградње* је присутан током већег дела трајања пројекта. У односу на *3.2*, уочавају се изражене промене тренда које могу указивати на значај овог узрока за цео пројекат (потребан је поглед на релативну дистрибуцију како би се сагледали међусобни односи). Овај узрок може бити повезан са ниским квалитетом пројектне документације. Међутим, анализа тренда може указивати и на учинке одговорних учесника. На пример, велике осцилације у тренду могу указивати на високу агилност пројектног тима током фазе извођења (брза реакција као одговор на проблем се манифестује наглим падом заступљености). На основу временске дистрибуције могуће је анализирати и перформансе пројектног тима, што је тешко постићи анкетом.

Релативна дистрибуција узрока кашњења може допунити закључке донете на бази апсолутне дистрибуције (слика број 49).

6. Модел за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на неструктурираним документима



Слика број 49: Релативна дистрибуција 5 најчесталијих узрока кашњења на кварталном нивоу

Приказ релативне дистрибуције пет најзаступљенијих узрока кашњења омогућава следећа запажања:

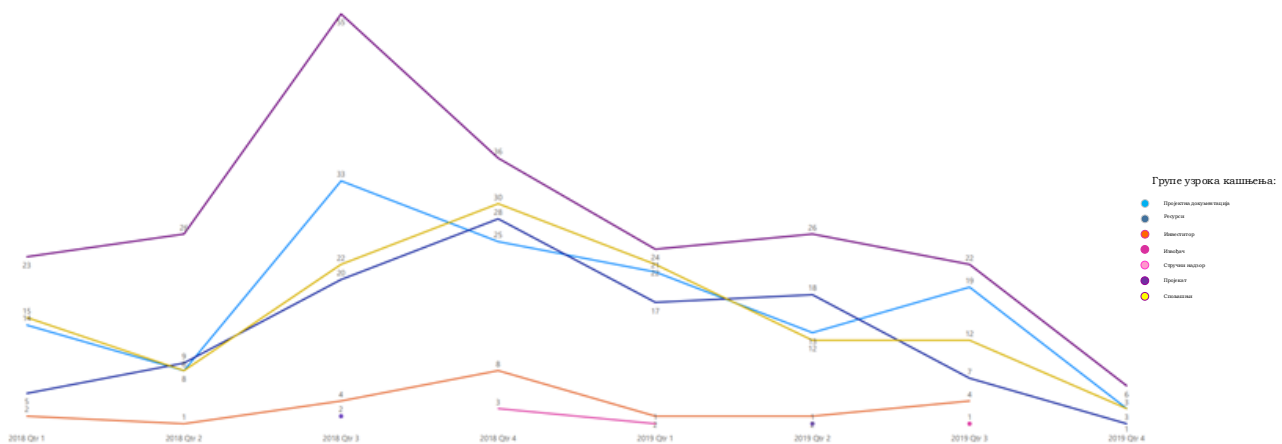
- *3.2 Ниска продуктивност и неквалификована радна снага* максималну заступљеност има на средини пројекта. Осим на перформансе извођача, овај узрок може указивати и на перформансе подизвођача (увидом у документацију са пројекта лако се могу утврдити учесници у овој фази). Као и у случају пројектантског тима, евалуација перформанси подизвођача је упитна користећи традиционалне методе.
- *8.1 Проблеми са имовинско-правним односима* повећава своју релативну заступљеност како извођење пројекта напредује, иако се његова апсолутна заступљеност смањује. Анализа заснована на апсолутним дистрибуцијама показује да овај узрок кашњења има тренд смањене заступљености. Овај закључак не мора бити само последица стварне заступљености узрока, већ се може односити и на смањен број МоМ-а како се пројекат ближи крају. Међутим, релативна заступљеност указује да проблеми имовинско-правних односа расту како пројекат напредује и достиже свој максимум до краја пројекта. Овај тренд сугерише да су *8.1 Проблеми са имовинско-правним односима* допринели кашњењу пројекта.

Релативни приказ може помоћи да се превазиђу ограничења која произилазе из учесталости састанака током целог пројекта, што може утицати на резултате у неким случајевима. Поред тога, посматрање резултата у релативном окружењу може бити основа за дискусију о узајамној узрочности различитих узрока кашњења. Ово ће бити предмет будућег истраживања.

На бази резултата Е1, може се закључити да *Лоше перформансе извођача радова* и *Проблеми са имовинско-правним односима* представљају базне узроке кашњења на пројекту студије случаја.

Временска дистрибуција узрока кашњења на нивоу група узрока (E2)

Експериментални резултати E2 су показали добре перформансе модела на нивоу група узрока кашњења. Апсолутна дистрибуција узрока кашњења према детектованим групама је приказана на слици број 50:



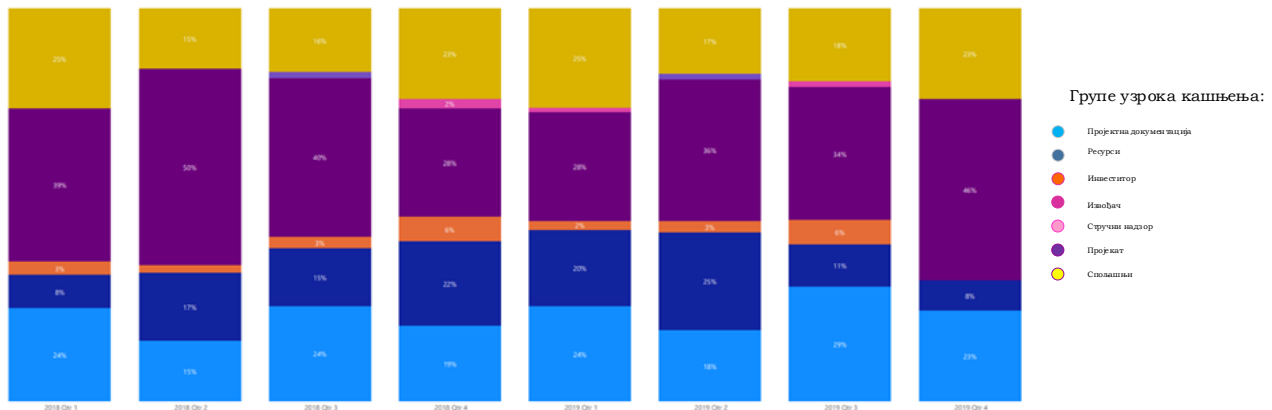
Слика број 50: Апсолутна дистрибуција узрока кашњења на нивоу група кашњења на кварталном нивоу

Репрезентација апсолутне временске дистрибуције показује да су четири групе узрока кашњења присутне све време трајања пројекта: 1. Пројектна документација, 3. Ресурси, 5. Извођач радова и 8. Спољашњи. Са слике број 50 се може уочити значајно одступање тренда три групе и то:

- Група 5. Извођач радова има највећу заступљеност и присутна је све време трајања пројекта. Ови резултати поткрепљују закључке да је најзначајнији допринос извођача радова за кашњење на пројекту студије случаја.
- Група 4. Инвеститор је присутан већи део трајања пројекта. Међутим, уколико изузмемо групу 6, има најнижу заступљеност кроз трајање. Ово се може тумачити у контексту да инвеститор није, значајно, допринео кашњењу на пројекту.
- Група 6. Стручни надзор има минималну заступљеност са минималним трајањем. Може се рећи да ова група нема утицаја на кашњења на пројекту. Међутим, занимљиво је да се узроци кашњења повезани са стручним надзором појављују у тренутку када је дошло до промене стручног надзора на пројекту. Ово је потврда да предложени модел може да детектује реално стање на пројекту.

Релативна заступљеност група узрока кашњења приказана је на слици број 51.

6. Модел за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на неструктурираним документима

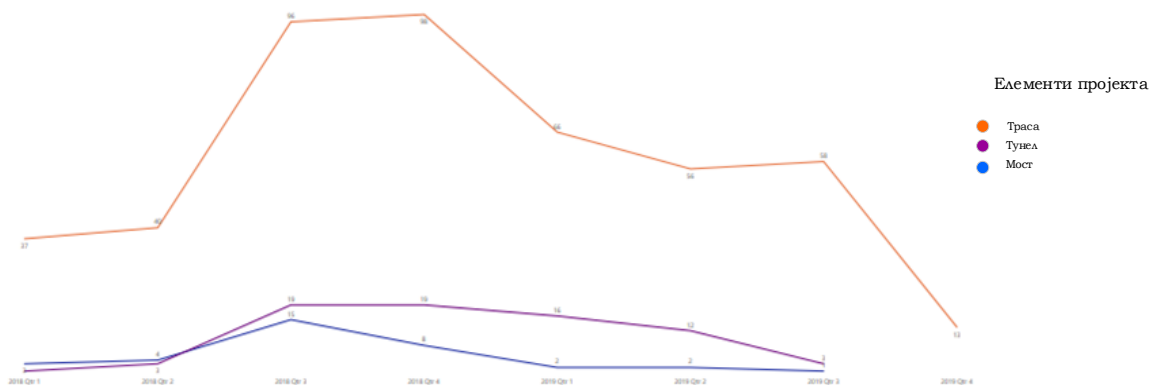


Слика број 51: Релативна дистрибуција узрока кашњења на нивоу група на кварталном нивоу

Налази релативне заступљености група узрока кашњења поткрепљују закључке донете на бази апсолутне репрезентације. Анализа резултата временске дистрибуције на нивоу Е2 потврђује налазе донесене на бази Е1.

Временска дистрибуција на нивоу пројектних целина (Е3)

Предложени сегментирани модел омогућава сагледавање узрока кашњења по пројектним целинама (тунел, траса и мост). Модел је показао најбоље перформансе на нивоу експеримента Е3. Апсолутна заступљеност узрока кашњења на нивоу Е3 је приказана на слици број 52:

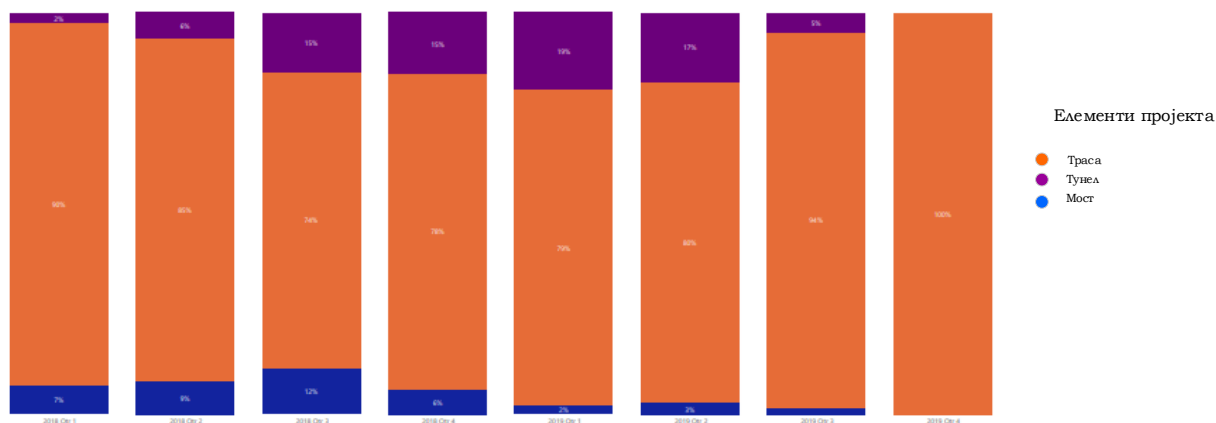


Слика број 52: Апсолутна заступљеност узрока кашњења на нивоу пројектних целина на кварталном нивоу

Апсолутна заступљеност указује да је највећи број проблема везаних за кашњење присутан на нивоу пројектне целине *траса*. Знатно мањи број узрока је присутан на *тунелима* и *мостовима*.

Релативна заступљеност указује да су узроци који се односе на *тунеле* најзаступљенији на средини радова, док су узроци на мостовима уједначени (слика број 53).

6. Модел за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран на неструктурираним документима



Слика број 53: Релативна заступљеност узрока кашњења на нивоу пројектних целина

И апсолутна и релативна заступљеност указују на „лоцирање“ узрока кашњења на нивоу пројектне целине *траса*. Сегментација пројектне целине *траса* на под-категије (на пример, врсте радова) може помоћи још детаљнијој анализи. Ово ће бити предмет једног од будућих истраживања.

Закључци квалитативне анализе временске дистрибуције на студији случаја се могу сумирати у неколико информативних запажања:

- Базни узроци кашњења се односе на перформансе извођача радова и проблеме са имовинско правним односима;
- Извођач радова је, највише допринео кашњењима на пројекту студије случаја;
- Главни узроци кашњења се односе на трасу, као дефинисану пројектну целину.

На основу разматране студије случаја може се рећи да DREAM, користећи само записнике са састанака, аутоматски омогућава креирање врло информативних графова временске дистрибуције, који независним експертима омогућавају да објективно сагледају околности које су утицале на кашњења на пројекту и открију базне узроке кашњења, што је главни циљ свих релевантних научних истраживања у овој области.

6.4 Закључак

У поглављу 6 је представљен нов приступ за идентификацију и анализу узрока кашњења базиран подацима издвојеним из неструктурираних текстуалних извора - **DREAM** (*Delay Root causes Extraction and Analysis Model*). Предложени модел користи технике машинског учења за непристрасну идентификацију узрока кашњења на бази синергије главних компонената:

- записници са састанака (MoM) као изабрана текстуална документација која садржи податке о узроцима кашњења и временску компоненту;

- експертски обележена документација за потребе додатног тренирања модела за пројекте путне инфраструктуре;
- *Transformer* модели за аутоматску детекцију узрока кашњења као репрезентативни језички модели базирани на механизмима самопажње (*self-attention*).

Кључни резултати поглавља се могу поделити у две групе. Прва група се односи на аутоматску идентификацију узрока кашњења на бази записника са састанака, представљену кроз три експериментална сценарија. Експеримент Е1 је показао поузданост модела за идентификацију појединачних узрока кашњења на бази текстуалне документације са вредношћу одзива (*recall*) од 0,69 за најчесталије узроке кашњења. Перформансе модела за експеримент Е2 су показале висок степен поузданости за идентификацију група узрока кашњења, са вредностима на главној дијагонали матрице конфузије од 0,61 до 0,7. Овакво понашање модела је имплицитно доказало да су узроци кашњења успостављени у 4. поглављу докторске дисертације правилно груписани (CDBS), као и да је протокол за обележавање био валидан. Експеримент Е3 је показао најбоље перформансе модела за идентификацију пројектних целина, са вредностима на главној дијагонали матрице конфузије од 0,98 до 1,00. Резултати Е3 су потврдили валидност предложеног сегментираниог модела. Кроз приказане резултате је потврђена претпоставка да *записници са састанака садрже релевантне информације за идентификацију узрока кашњења на пројекту*.

Друга група резултата се односила на увођење новог параметра за анализу - временска дистрибуција заснована на учесталости појављивања узрока кашњења у записницима са састанака. Резултати предложеног DREAM - а су потврдили претпоставку да је *могућа графова репрезентација временске дистрибуције узрока кашњења на бази временске компоненте из записника са састанака*. Додатно, на примеру пројекта студије случаја је илустрована применљивост графова временске дистрибуције у циљу откривања базних узрока кашњења (*root causes of delay*). Овим је потврђена претпоставка да експертска анализа графова временске дистрибуције доприноси откривању базних узрока кашњења.

7. Дискусија

Ово поглавље има за циљ преглед и поређење резултата претходних фаза истраживања. Акцент ће бити на упоредној анализи перформанси традиционалног приступа (5. поглавље) и предложеног модела за детекцију и анализу узрока кашњења – DREAM (6. поглавље).

Упоредна анализа предложеног модела и постојећег приступа за детекцију и анализу узрока кашњења приказана је у табели број 36. Потенцијал сваког од приступа се може сумирати у неколико сегмената значајних за домен истраживања:

Табела број 36: Упоредна анализа емпиријског приступа за идентификацију и анализу узрока кашњења и предложеног приступа -DREAM

	Постојећи приступ – емпиријско истраживање	Предложени приступ – DREAM
	(Експертско знање)	(Машинско учење & Експертско знање)
Ниво појединачног пројекта (опште):	✓ (са ограничењима)	✓
Ниво појединачног пројекта (детаљно):		
Листа узрока кашњења	✓ (пристрасност)	✓ (умањена пристрасност)
Пројектне целине	✓ (отежано)	✓
Временска дистрибуција	X	✓
Међусобни односи	✓ (отежано + пристрасно)	✓
Базни узроци кашњења	✓ (отежано + пристрасно)	✓

1. Уопштено говорећи, постојећи, емпиријски приступ се може применити на нивоу појединачног пројекта, али уз одређена ограничења. Анкета би била дискутабилна због мале величине узорка јер постоји ограничен број учесника који су упознати са кашњењем на пројекту и који би могли да учествују у истраживању. Неизбежно, анкетирање експерата агрегира ризик од пристрасности имајући у виду да заинтересоване стране имају различите улоге на пројекту. Резултати поглавља 5 су показали низак степен корелације ставова различитих учесника, нарочито извођача и инвеститора, како на нивоу целе базе, тако и нивоу појединачних пројеката. С друге стране, DREAM је применљив на нивоу појединачног пројекта без икаквих ограничења.

2. Оба приступа резултирају листом узрока кашњења (видети табелу број 36). Анкетни упитници пружају листу узрока кашњења засновану на мишљењу стручњака (Поглавље 5.3.4). Вредности Spearman-овог ранга корелације указују на недостатак консензуса међу заинтересованим странама како на нивоу појединачног пројекта тако и на нивоу генералног узорка. Овиме је потврђена претпоставка о субјективизму и пристрасности различитих

учесника на пројекту. Осим теоријског доприноса, овај закључак има и практични значај. Ниске вредности корелације ставова различитих учесника на пројекту отежавају доношење општих закључака о узроцима кашњења. С друге стране, експериментални резултати DREAM -а (Е1, Е2 и Е3) показују да су записници са састанка добар избор документације за описивање узрока кашњења. Листа узрока кашњења на бази DREAM - а користи текстуалну документацију и језичке моделе дубоког машинско учење, те су стога субјективизам и пристрасност стручњака сведени на минимум.

Иако нису директно упоредиви (Spearman-ов ранг корелације и матрице конфузије), експериментални резултати показују да је DREAM погоднији за детекцију и анализу узрока кашњења на нивоу појединачног пројекта. Главна разлика је у природи коришћења стручног знања. Постојећи приступ користи експерте и њихово искуство за спровођење анкета, док DREAM користи експертско знање за обележавање документације у циљу додатног тренирања модела. За анкете, експерти су морали да буду ангажовани на самом пројекту (па су самим тим и пристрасни). Насупрот томе, за потребе експертског обележавања текста, једини услов је био да су експерти грађевински инжењери који су упознати са пројектима путне инфраструктуре. Формирана процедура за експертско обележавање текста је имала за циљ смањење експертске пристрасност на минимум.

3. Увођење сегментираниог приступа омогућило је дубљу анализу узрока кашњења на пројекту. Спровођење сегментирание анализе по пројектним целинама показало се могућим, као што је приказано у експерименталним резултатима Е3. Претпоставка о различитим дистрибуцијама узрока кашњења за различите пројектне целине (тунел, траса, мост) је тачна, стога је то вредан допринос детаљној анализи узрока кашњења и један од доприноса DREAM - а. С друге стране, анализа на бази пројектних целина, спроведена само на основу експертског мишљења би била би тешка, неизвесна и напорна.

4. Временска дистрибуција узрока кашњења је јединствена карактеристика предложеног DREAM-а. Праћење узрока кашњења кроз време омогућено је на основу датума из записника са састанака. Информативни графикони (поглавље 6.3.2) нуде детаљан увид у природу узрока кашњења, дефинисану њиховим трајањем, интензитетом и међусобним односима. Додатно, временска дистрибуција потенцијално представља критеријум за дефинисање нових мера за описивање појединачних узрока кашњења, поред њихове учесталости откривене у текстуалним изворима.

Идентификација временске дистрибуције узрока кашњења од стране стручњака без употребе машинског учења била би теоретски могућа, али веома дуготрајна, захтевна и склона грешкама. Захтевала би преглед и анализу великог корпуса података. С друге стране, улога стручњака у овој фази модела је да интерпретирају резултате, што је рационално коришћење њиховог скупог ангажовања.

5. Каузалност узрока кашњења представља важан сегмент у анализи узрока кашњења. Постојеће студије истражују каузалност на бази метода

вишекритеријумске оптимизације. У контексту узрока кашњења, овакве анализе су могуће, али веома захтевне и дуготрајне, пре свега због великог броја потенцијалних узрока. С друге стране, DREAM омогућава аутоматску анализу каузалности узрока кашњења што представља вредан извор информација о околностима на пројекту.

б. Коначно, омогућавање откривања основних узрока кашњења је крајњи циљ овог истраживања. DREAM не може аутоматски да открије основне узроке, али аутоматски генерисана листа узрока кашњења по пројектним целинама у комбинацији са информативним графиконима пружа стручњацима основ за откривање базних узрока кашњења. На основу свега наведеног, могућа је реконструкција понашања учесника на пројекту што омогућава да се дође до поузданог закључка у вези са основним узроцима кашњења на нивоу појединачног пројекта.

Предложени DREAM представља „најбоље од два света“ – фокусирано стручно знање где „машина“ не може да тумачи визуелне обрасце и робусно и непристрасно машинско учење где стручњак не може физички да испита обимну документацију.

Након дискусије о предностима и ограничењима оба приступа, може се закључити да је DREAM супериорнији од анкета заснованих на експертима у примени на нивоу појединачног пројекта и откривању базних узрока кашњења.

8. Закључна разматрања

Прекорачење рока представља један од најзначајнијих критеријума за мерење успеха пројекта. Више од 80% пројеката широм света се сматра неуспешним са аспекта испуњења уговорених рокова. Знања и искуства са прошлих пројеката се посматрају као значајан сегмент управљања ризицима чиме се избегава понављање истих грешака у будућности. Идентификација узрока кашњења је први корак ка елиминисању или ублажавању потенцијалних кашњења на будућим пројектима. Подаци о узроцима кашњења се могу добити из следећих извора: (1) искуство стручњака и (2) база историјских података са пројекта. Резултати емпиријских истраживања, базирани на прикупљеним искуствима стручњака, представљају листе узрока кашњења рангиране према утврђеном значају. Такви резултати су обојени експертском пристрасношћу, без могућности да се прецизно утврде узроци кашњења на нивоу појединачног пројекта чиме се отежава анализа и утврђивање базних узрока кашњења (*root causes of delay*), што је кључни циљ свих истраживања о кашњењима на грађевинским пројектима. С друге стране, базе података завршених пројеката садрже обимну документацију, у највећој мери у неструктурираном облику, где су традиционалне - мануелне анализе сложене, изискују дуго време и подложне су грешкама.

Докторска дисертација је имала за циљ да попуни празнину у досадашњим истраживањима развијањем новог правца за идентификацију узрока кашњења користећи методе вештачке интелигенције на текстуалној документацији насталој током реализације пројекта са крајњим циљем да се открију базни узроци кашњења. Према томе, главна хипотеза истраживања је била да *идентификација узрока кашњења на бази доступне текстуалне документације, на нивоу појединачног пројекта, обезбеђује непристрасне резултате и откривање базних узрока кашњења.*

Поред главног циља који се односи на развој новог приступа за идентификацију и анализу узрока кашњења, испуњени су следећи циљеви: 1) Формирање и анализа временских перформанси пројеката путне инфраструктуре; 2) Предлог јединствене, хијерархијски структуриране листе узрока кашњења - CDBS; 3) Спровођење и тестирање поузданости резултата емпиријског истраживања.

Формирана је база података од 75 пројеката путне инфраструктуре у Србији реализованих у периоду 2004. - 2021. година. Кашњењу је констатовано на више од 80% пројеката са просечним прекорачењем од 92% уговореног трајања. Резултати временских перформанси потврђују претпоставке о потреби за приступом који ће унапредити постојеће методе за идентификацију и анализу узрока како би се умањила кашњења на будућим пројектима.

Кроз истраживање је предложена хијерархијски структурирана листа узрока кашњења (CDBS) у два нивоа (ниво 1 – групе узрока и ниво 2 – појединачни узроци). Коначна листа је формирана на бази прегледа литературе и пилот студије и садржала је 53 узрока кашњења груписаних у 8 категорија. Кроз ову фазу истраживања идентификовани су и узроци кашњења који нису обухваћени претходним студијама (2.2 *Критеријум за доделу уговора – Рок као параметар за вредновање понуде*; 2.3 *Дуг период додатног уговарања за непредвиђене и накнадне радове*). Предложена листа је коришћена за формирање упитника и каснији развој DREAM-а.

Креиран је јединствени упитник на бази утврђене листе узрока кашњења (CDBS) како би се тестирали постојећи недостаци традиционалног приступа. Резултат емпиријског истраживања представља листу узрока кашњења према ставовима три групе кључних учесника на пројекту (стручни надзор, извођач и инвеститор). Утврђене су вредности корелације ставова различитих група учесника. Вредност Spearman-овог ранга корелације између инвеститора и извођача је износила $r_s = 0,204$, што указује на низак степен слагања ставова кључних учесника на нивоу генералног узорка. Циљано истраживање је омогућило мерење корелације ставова учесника и на нивоу појединачног пројекта. Максимална достигнута вредност коефицијента корелације на нивоу појединачног пројекта је износила $r_s = 0,57$. С обзиром да нема консензуса између учесника, отежано је доношење закључака о узроцима кашњења, а самим тим и идентификација базних узрока кашњења. Овим су потврђене слабости традиционалног приступа и једна од хипотеза истраживања - *постојећи емпиријски приступ поседује експертску пристрасности и тешко је применљив на нивоу појединачног пројекта што отежава откривање базних узрока кашњења*.

Ово истраживање је увело нови приступ кроз јединствен модел за детекцију и анализу узрока кашњења базиран на текстуалној документацији - DREAM (*Delay Root causes Extraction and Analysis Model*). Модел је базиран на техникама дубинског машинског учења, експертском знању и текстуалној документацији са пројекта. Синергија компонената уграђених у модел омогућава непристрасну идентификацију узрока кашњења на нивоу појединачног пројекта.

Кључне компоненте предложеног модела су:

- **Записници са састанака** (MoM) као изабрани тип текстуалне документације зато што садрже свеобухватне информације о кашњењима, као и временску компоненту,
- **Transformer језички модел** који се користе за аутоматску детекцију узрока кашњења, као репрезентативни језички модел базиран на механизмима самопажње (*self-attention*),
- Фокусирано **експертско знање**, које се користи за додатно непристрасно обучавање модела за изабрани домен путне инфраструктуре, повезивањем делова текста са узроцима кашњења.

У првој фази, DREAM аутоматски генерише листу узрока кашњења по пројектним целинама засновану на учесталости појављивања у записницима

са састанака. С обзиром да је листа узрока кашњења добијена на бази текстуалне документације, генерисани резултати су субјективизам и пристрасност свели на минимум (само на домен тренирања модела). Резултати DREAM су описани кроз три експериментална сценарија. Експеримент Е1 је имао за циљ детекцију појединачних узрока. Резултати у Е1 су показали висок степен поузданости модела за детекцију узрока кашњења са прихватљивим вредностима одзива ($recall = 0,69$ за најчесталије узроке кашњења).

Експеримент Е2 је формиран како би тестирала способност модела да идентификује групе узрока кашњења. Показало се да модел има добре перформансе јер су вредности на главној дијагонали матрице конфузије варирале од 0,61 до 0,7. Такво понашање модела доказује да су узроци кашњења правилно груписани и да је протокол за обележавање текста од стране експерата био валидан.

Тестирање сегментираног модела по пројектним целинама је спроведено кроз експеримент Е3. Резултати Е3 показују висок степен поузданости модела (са вредностима на главној дијагонали матрице конфузије од 0,98 до 1,00), показујући да је могуће аутоматско креирање сегментираног модела.

У другој фази, захваљујући временској компоненти записника са састанака, DREAM омогућава потпуно нову и јединствену функционалност - графичку презентацију временске дистрибуције узрока кашњења током пројекта, што представља вредан научни и практични допринос. Значај и употребљивост временске дистрибуције узрока кашњења је приказана на изабраној студији случаја. Квалитативном анализом различитих графикана (презентација апсолутних и релативних вредности) временске дистрибуције утврђени су најзаступљенији узроци кашњења. Заступљеност кроз време, по пројектним целинама и међусобни односи узрока кашњења су анализирани како би се открили базни узроци кашњења. На тај начин је формирано аналитичко окружење за откривање базних узрока кашњења, што је био и крајњи циљ истраживања.

С обзиром на добијене резултате предложеног модела, потврђена је главна хипотеза овог истраживања.

8.1 Допринос истраживања

Захваљујући добијеним резултатима докторска дисертација пружа оригинални научни допринос у неколико праваца:

- Главни допринос представља развој иновативног модела за детекцију и анализу узрока кашњења - DREAM (*Delay Root causes Extraction and Analysis Model* - DREAM). За разлику од досадашњих истраживања, DREAM је омогућио непристрасну, аутоматску детекцију узрока кашњења применом језичких модела на неструктурираној текстуалној документацији са пројекта.
- Захваљујући природи изабраног типа документације, уведен је нови параметар који представља јединствену карактеристику DREAM –

- временска дистрибуција узрока кашњења на пројекту. Графичке презентације временске дистрибуције које показују учесталост и интензитет узрока кашњења, омогућавају експертима откривање базних узрока кашњења, што представља други допринос предложеног модела.
- Формирање јединствене базе од 75 пројеката путне инфраструктуре реализованих у Србији у периоду 2004. - 2021. године, са подацима о прекорачењима трошковима и рокова изградње, представља важан допринос дисертације, јер слична база не постоји (или није јавно доступна). Анализом података утврђени су трендови који могу бити од користи учесницима на будућим, сличним, пројектима у циљу формирања стратегије за проактивно управљање ризицима. База такође омогућава другим истраживачима да спроводе сопствена истраживања
 - Формирање јединствене хијерархијски структуриране листе узрока кашњења (Causes of Delay Breakdown Structure – CDBS). Допринос листе је идентификација нових узрока кашњења који нису обухваћени досадашњим истраживањима (видети 4. поглавље) што доприноси корпусу знања о узроцима кашњења, као и специфично груписање узрока кашњења. Осим тога, предложена структура представља полазну тачку у развоју DREAM-а

Предложени DREAM производи корисно знање за грађевинску праксу, доприносећи интелигентном доношењу одлука и одрживом управљању на будућим грађевинским пројектима. Функционална синергија машинског учења и експертског знања обезбеђује модел који је супериорнији у односу на постојеће приступе ограничене на један од домена. Вредност резултата предложеног модела се може посматрати и у погледу смањења спорова на пројектима. На крају, ова студија доприноси процесу аутоматизације у грађевинарству у циљу оптималног управљања пројектима.

8.2 Ограничења истраживања

Приказани резултати поседују и одређена ограничења која усмеравају правце будућих истраживања. Прво, предложени DREAM користи експертски обележен текст за додатно тренирање постојећег језичког модела. Иако је прописана процедура за обележавање текста, инволвираност експерата повећава ризик од присуства пристрасности и субјективизма у обележеним сегментима што може утицати на квалитет резултата модела.

Друго, перформансе модела показују задовољавајуће резултате на тренираним (обележеним) узроцима кашњења. Детекција новог узрока кашњења који није обухваћен CDBS, захтева додатно тренирање модела. Како је напоменуто, један од принципа развоја модела јесте *Унапређење* који омогућава додатно тренирање модела. Међутим, покретање процеса унапређења модела не може бити аутоматски поступак, већ мора бити покренуто од стране корисника.

Остала ограничења се односе на базу прикупљених података. Истраживање перформанси пројеката путне инфраструктуре је дало резултате на основу 75 пројеката. Могуће је проширење базе података. Циљано емпиријско истраживање путем анкете је спроведено за 35 пројеката чиме је сакупљено

укупно 105 одговора кључних учесника на пројектима. Иако је број одговора у границама поредећи са другим студијама, могуће је повећати број пројеката, а самим тим и број испитаника обухваћених истраживањем.

8.3 Правци даљег истраживања

Будућа истраживања се, у највећој мери, односе на унапређење предложеног модела и коришћења потенцијала текстуалне документације у домену ризика од прекорачења рока. Стога се даља истраживања могу дефинисати у неколико праваца:

- Када је у питању структура предложеног модела могуће је проширење пројектних целина на врсте радова као додатан ниво сегментације. За очекивати је да ће идентификација узрока кашњења по врстама радова додатно унапредити детаљну анализу узрока кашњења.
- Резултати DREAM-а представљају листу узрока кашњења, без анализе унутрашње корелације. Изабрана документација омогућава и утврђивање односа између узрока кашњења. Развој метрика за анализу међусобних односа узрока кашњења би био подршка експертима у процесу детекције базних узрока кашњења.
- Осим детекције узрока на завршеним пројектима, вредан допринос предложене методологије би био примена модела на пројекте у току, као систем раног упозорења (*early warning system*) на могућа кашњења.

Остали правци будућих истраживања се односе на проширење базе прикупљањем пројеката из других земаља у окружењу у циљу утврђивања зависности географског подручја и перформанси пројеката.

На крају, будућа истраживања треба да искористе потенцијал текстуалне документације у циљу утврђивања узрока поремећаја али и развоја превентивних мера за проактивно управљање будућим пројектима.

Литература

- Abbasi, O., Noorzai, E., Gharouni Jafari, K., & Golabchi, M. (2020). Exploring the Causes of Delays in Construction Industry Using a Cause-and-Effect Diagram: Case Study for Iran. *Journal of Architectural Engineering*, 26(3). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ae.1943-5568.0000431](https://doi.org/10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000431)
- Abbaszadegan, A., & Grau, D. (2015). Assessing the Influence of Automated Data Analytics on Cost and Schedule Performance. *Procedia Engineering*, 123, 3–6. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.047>
- Abd El-Razek, M. E., Bassioni, ; H A, & Mobarak, A. M. (2008). Causes of Delay in Building Construction Projects in Egypt. *Journal of Construction Engineering and Management* , 134(11), 831–841. <https://doi.org/10.1061/ASCE0733-93642008134:11831>
- Agarwal Rajat, Chandrasekaran Shankar, & Sridhar Mukund. (2018). Imagining construction's digital future. *McKinsey & Company*, 24(6). <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future2/28>
- Agrawal Ajay Kumar, Jagannathan, M., & Delhi, V. S. K. (2021). Control Focus in Standard Forms: An Assessment through Text Mining and NLP. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 13(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)la.1943-4170.0000441](https://doi.org/10.1061/(asce)la.1943-4170.0000441)
- Agyekum-Mensah, G., & Knight, A. D. (2017). The professionals' perspective on the causes of project delay in the construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24(5), 828–841. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2016-0085>
- Ahmed, S. M., & Azhar, S. (2002). *Construction Delays in Florida: An Empirical Study*. <https://www.researchgate.net/publication/228584635>
- Aibinu, A. A., & Jagboro, G. O. (2002). The effects of construction delays on project delivery in Nigerian construction industry. *International Journal of Project Management*, 20(8), 593–599. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00028-5](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00028-5)
- AlSehaimi, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2013). Need for Alternative Research Approaches in Construction Management: Case of Delay Studies. *Journal of Management in Engineering*, 29(4), 407–413. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000148](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000148)
- Alsubaey, M., Asadi, A., & Makatsoris, H. (2016). An unsupervised text-mining approach and a hybrid methodology to improve early warnings in construction project management. *Studies in Computational Intelligence*, 650, 65–87. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33386-1_4

- Alzahrani, J. I., & Emsley, M. W. (2013). The impact of contractors' attributes on construction project success: A post construction evaluation. *International Journal of Project Management*, 31(2), 313–322. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.06.006>
- Amer, F., Jung, Y., & Golparvar-Fard, M. (2021). Transformer machine learning language model for auto-alignment of long-term and short-term plans in construction. *Automation in Construction*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103929>
- Andrić, J. M., Mahamadu, A. M., Wang, J., Zou, P. X. W., & Zhong, R. (2019). The cost performance and causes of overruns in infrastructure development projects in asia. *Journal of Civil Engineering and Management*, 25(3), 203–214. <https://doi.org/10.3846/jcem.2019.8646>
- Anton de Wit. (1988). Measurement of project success. *International Journal of Project Management*, 6(3), 164–170. [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(88\)90043-9](https://doi.org/10.1016/0263-7863(88)90043-9)
- Arantes, A., Fernandez da Silva, P., & Miguel F Ferreira, L. D. (2015). Delays in construction projects-Causes and impacts. *2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM). IEEE, 2015.*
- Asiedu, R. O., & Gyadu-Asiedu, W. (2020). Assessing the predictability of construction time overruns using multiple linear regression and Markov chain Monte Carlo. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 18(3), 583–600. <https://doi.org/10.1108/JEDT-06-2019-0160>
- Assaad, R., El-Adaway, I. H., & Abotaleb, I. S. (2020). Predicting Project Performance in the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001797](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001797)
- Assaf, S. A., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of delay in large construction projects. *International Journal of Project Management*, 24(4), 349–357. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.11.010>
- Atibu Seboru, M. (2015). An Investigation into Factors Causing Delays in Road Construction Projects in Kenya. *American Journal of Civil Engineering*, 3(3), 51. <https://doi.org/10.11648/j.ajce.20150303.11>
- Atkinson Roger. (1999). 1999Project management cost, time and. *International Journal of Project Management*, 17(6), 337–342. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00069-6)
- Aziz, R. F., & Abdel-Hakam, A. A. (2016). Exploring delay causes of road construction projects in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 55(2), 1515–1539. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.03.006>

- Baek, S., Jung, W., & Han, S. H. (2021). A critical review of text-based research in construction: Data source, analysis method, and implications. In *Automation in Construction* (Vol. 132). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103915>
- Bajjou, M. S., & Chafi, A. (2020). Empirical study of schedule delay in Moroccan construction projects. *International Journal of Construction Management*, 20(7), 783–800. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1484859>
- Baloi, D., & Price, A. D. F. (2003). Modelling global risk factors affecting construction cost performance. *International Journal of Project Management*, 21(4), 261–269. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00017-0](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00017-0)
- Banobi, E. T., & Jung, W. (2019). Causes and mitigation strategies of delay in power construction projects: Gaps between owners and contractors in successful and unsuccessful projects. *Sustainability*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/su11215973>
- Bertke, S. J., Meyers, A. R., Wurzelbacher, S. J., Bell, J., Lampl, M. L., & Robins, D. (2012). Development and evaluation of a Naïve Bayesian model for coding causation of workers' compensation claims. *Journal of Safety Research*, 43(5–6), 327–332. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2012.10.012>
- Bhargava, A., Panagiotis, ;, Anastasopoulos, C., Asce, S. M., Labi, ; Samuel, Asce, A. M., Kumares, ;, Sinha, C., Asce, H. M., Mannering, F. L., & Asce, M. (2010). Three-Stage Least-Squares Analysis of Time and Cost Overruns in Construction Contracts. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(11), 1207–1218. <https://doi.org/10.1061/ASCECO.1943-7862.0000225>
- Brynjolfsson, E., & Hitt, N. L. (2011). Strength in Numbers: How Does Data-Driven Decision making Affect Firm Performance? *Available at SSRN 1819486*.
- Caldas, C. H., & Soibelman, L. (2003). Automating hierarchical document classification for construction management information systems. *Automation in Construction*, 12(4), 395–406. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(03\)00004-9](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(03)00004-9)
- Cantarelli, C. C., Flyvbjerg, B., & Buhl, S. L. (2012). Geographical variation in project cost performance: the Netherlands versus worldwide. *Journal of Transport Geography*, 24, 324–331. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.03.014>
- Chan, A. P. C., & Chan, A. P. L. (2004). Key performance indicators for measuring construction success. *Benchmarking: An International Journal*, 11(2), 203–221. <https://doi.org/10.1108/14635770410532624>
- Chan, D. W. M., & Kumaraswamy, M. M. (1997). A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects. *International Journal of Project Management*, 15(1), 55–63.

- Choi, S. J., Choi, S. W., Kim, J. H., & Lee, E. B. (2021). Ai and text-mining applications for analyzing contractor's risk in invitation to bid (ITB) and contracts for engineering procurement and construction (EPC) projects. *Energies*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/en14154632>
- Choudhary, A. K., Oluikpe, P. I., Harding, J. A., & Carrillo, P. M. (2009). The needs and benefits of Text Mining applications on Post-Project Reviews. *Computers in Industry*, 60(9), 728–740. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.05.006>
- Cooke-Davies, T. (2002). The “real” success factors on projects. *International Journal of Project Management*, 20(3), 185–190. www.elsevier.com/locate/ijproman
- Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018). *BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*. <http://arxiv.org/abs/1810.04805>
- Ding, Y., Ma, J., & Luo, X. (2022). Applications of natural language processing in construction. *Automation in Construction*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104169>
- Doloi, H., Sawhney, A., Iyer, K. C., & Rentala, S. (2012). Analysing factors affecting delays in Indian construction projects. *International Journal of Project Management*, 30(4), 479–489. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.10.004>
- Ellis, R. D., Associate Professor, J., & Randolph Thomas Professor, H. (2003). The root causes of delays in highway construction. *Resentation at the 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board*, 1–16.
- El-Sayegh, S. M., & Mansour, M. H. (2015). Risk Assessment and Allocation in Highway Construction Projects in the UAE. *Journal of Management in Engineering*, 31(6). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000365](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000365)
- Enshassi, A., Al Najjar, J., & Kumaraswamy, M. (2009). Delays and cost overruns in the construction projects in the Gaza Strip. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 14(2), 126–151. <https://doi.org/10.1108/13664380910977592>
- Erfani, A., & Cui, Q. (2022). Predictive risk modeling for major transportation projects using historical data. *Automation in Construction*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104301>
- Fallahnejad, M. H. (2013). Delay causes in Iran gas pipeline projects. *International Journal of Project Management*, 31(1), 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.06.003>
- Fan, H., & Li, H. (2013). Retrieving similar cases for alternative dispute resolution in construction accidents using text mining techniques. *Automation in Construction*, 34, 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.10.014>

- Fang, W., Luo, H., Xu, S., Love, P. E. D., Lu, Z., & Ye, C. (2020). Automated text classification of near-misses from safety reports: An improved deep learning approach. *Advanced Engineering Informatics*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101060>
- Faridi, A. S., & El-Sayegh, S. M. (2006). Significant factors causing delay in the UAE construction industry. *Construction Management and Economics*, 24(11), 1167–1176. <https://doi.org/10.1080/01446190600827033>
- Flyvbjerg, B. (2011). 321Over Budget, Over Time, Over and Over Again: Managing Major Projects. In P. W. G. Morris, J. Pinto, & J. Söderlund (Eds.), *The Oxford Handbook of Project Management* (p. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199563142.003.0014>
- Flyvbjerg, B. (2021). Top Ten Behavioral Biases in Project Management: An Overview. *Project Management Journal*, 52(6), 531–546. <https://doi.org/10.1177/875697282111049046>
- Flyvbjerg, B., Holm, M. K. S., & Buhl, S. L. (2003). How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 23(1), 71–88. <https://doi.org/10.1080/01441640309904>
- Flyvbjerg Bent. (2011). *Over budget, over time, over and over again: Managing major projects*. Oxford University Press. <http://ssrn.com/abstract=2278226>
- Frimpong, Y., Oluwoye, J., & Crawford, L. (2003). Causes of delay and cost overruns in construction of groundwater projects in a developing countries; Ghana as a case study. *International Journal of Project Management*, 21(5), 321–326. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00055-8)
- Gondia, A., Asce, S. M., Siam, ; Ahmad, Wael El-Dakhakhni, Asce, F., & Nassar, A. H. (2020). Machine Learning Algorithms for Construction Projects Delay Risk Prediction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE))
- González, P., González, V., Molenaar, K., & Orozco, F. (2014). Analysis of Causes of Delay and Time Performance in Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000721](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000721)
- Gunduz, M., & Yahya, A. M. A. (2018). Analysis of project success factors in construction industry. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(1), 67–80. <https://doi.org/10.3846/20294913.2015.1074129>
- Hassan, F. ul, & Le, T. (2020). Automated Requirements Identification from Construction Contract Documents Using Natural Language Processing. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 12(2). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)la.1943-4170.0000379](https://doi.org/10.1061/(asce)la.1943-4170.0000379)

- Heravi, G., & Mohammadian, M. (2021). Investigating cost overruns and delay in urban construction projects in Iran. *International Journal of Construction Management*, 21(9), 958–968. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1601394>
- Hwang, B. G., Zhao, X., & Ng, S. Y. (2013). Identifying the critical factors affecting schedule performance of public housing projects. *Habitat International*, 38, 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.06.008>
- Ivanović, M. Z., Nedeljković, Đ., Stojadinović, Z., Marinković, D., Ivanišević, N., & Simić, N. (2022). Detection and In-Depth Analysis of Causes of Delay in Construction Projects: Synergy between Machine Learning and Expert Knowledge. *Sustainability*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/su142214927>
- Jamal Al-Bahar, B. F., & Crandall, K. C. (1990). Systematic risk management approach for construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 116(3), 533–546.
- Jyh-Bin Yang, Mei-Yi Chu, & Kuei-Mei Huang. (2013). An empirical study of schedule delay causes based on Taiwan's litigation cases. *Project Management Journal*, 44(3), 21–31. <https://doi.org/10.1002/pmj>
- Kaming, P. F., Olomolaiye, P. O., Holt, G. D., & Harris, F. C. (1997). Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia. *Construction Management and Economics*, 15(1), 83–94. <https://doi.org/10.1080/014461997373132>
- Kazaz, A., Ulubeyli, S., & Tuncbilekli, N. A. (2012). Causes of delays in construction projects in Turkey. *Journal of Civil Engineering and Management*, 18(3), 426–435. <https://doi.org/10.3846/13923730.2012.698913>
- Kim, Y., Bang, S., Sohn, J., & Kim, H. (2022). Question answering method for infrastructure damage information retrieval from textual data using bidirectional encoder representations from transformers. *Automation in Construction*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104061>
- Kolltveit, B. J., & Grønhaug, K. (2004). The importance of the early phase: The case of construction and building projects. *International Journal of Project Management*, 22(7), 545–551. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.03.002>
- Kongchasing, N., & Sua-Iam, G. (2021). The Major Causes of Construction Delays Identified Using the Delphi Technique: Perspectives of Contractors and Consultants in Thailand. *International Journal of Civil Engineering*, 19(3), 319–338. <https://doi.org/10.1007/s40999-020-00575-8>
- Larsen, J. K., Shen, G. Q., Lindhard, S. M., & Brunoe, T. D. (2016). Factors Affecting Schedule Delay, Cost Overrun, and Quality Level in Public Construction Projects. *Journal of Management in Engineering*, 32(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000391](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000391)

- Lee, J. H., & Yi, J. S. (2017). Predicting project's uncertainty risk in the bidding process by integrating unstructured text data and structured numerical data using text mining. *Applied Sciences (Switzerland)*, 7(11). <https://doi.org/10.3390/app7111141>
- Lee, J., Ham, Y., Yi, J.-S., & Son, J. (2020). Effective Risk Positioning through Automated Identification of Missing Contract Conditions from the Contractor's Perspective Based on FIDIC Contract Cases. *Journal of Management in Engineering*, 36(3). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000757](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000757)
- Lee, J., Yi, J.-S., & Son, J. (2019). Development of Automatic-Extraction Model of Poisonous Clauses in International Construction Contracts Using Rule-Based NLP. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 33(3). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000807](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000807)
- Lee, P. C., Wei, J., Ting, H. I., Lo, T. P., Long, D., & Chang, L. M. (2019). Dynamic Analysis of Construction Safety Risk and Visual Tracking of Key Factors based on Behavior-based Safety and Building Information Modeling. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23(10), 4155–4167. <https://doi.org/10.1007/s12205-019-0283-z>
- Le-Hoai, L., Lee, Y. D., & Lee, J. Y. (2008). Delay and cost overruns in Vietnam large construction projects: A comparison with other selected countries. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 12(6), 367–377. <https://doi.org/10.1007/s12205-008-0367-7>
- Li, R. Y. M., Li, H. C. Y., Tang, B., & Au, W. C. (2020). Fast AI classification for analyzing construction accidents claims. *ACM International Conference Proceeding Series*, 1–4. <https://doi.org/10.1145/3407703.3407705>
- Lim, C. S., & Zain Mohamed, M. (1999). Criteria of project success: an exploratory re-examination. *International Journal of Project Management*, 17(4), 243–248.
- Locatelli, G., Littau, P., Brookes, N. J., & Mancini, M. (2014). Project Characteristics Enabling the Success of Megaprojects: An Empirical Investigation in the Energy Sector. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 625–634. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.070>
- Love, P. E. D., Sing, C. P., Wang, X., Irani, Z., & Thwala, D. W. (2014). Overruns in transportation infrastructure projects. *Structure and Infrastructure Engineering*, 10(2), 141–159. <https://doi.org/10.1080/15732479.2012.715173>
- Lovrinčević, M., & Vukomanović, M. (2022). Relationship between costs and perceptions of infrastructure projects. *Gradjevinar*, 74(3), 199–209. <https://doi.org/10.14256/JCE.3352.2021>
- Mackova, D., Kozlovska, M., Baskova, R., Spisakova, M., & Krajnikova, K. (2017). Construction-Duration Prediction Model for Residential Buildings in Slovak

- Republic Based on Computer Simulation. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(13), 3590–3599. <http://www.ripublication.com>
- Mahamid, I. (2017). Analysis of schedule deviations in road construction projects and the effects of project physical characteristics: *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 22(2), 192–210. <https://doi.org/10.1108/JFMPC-07-2016-0031>
- Mahamid, I., Bruland, A., & Dmaid, N. (2012). Causes of Delay in Road Construction Projects. *Journal of Management in Engineering*, 28(3), 300–310. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000096](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000096)
- Marzouk, M., & Enaba, M. (2019). Text analytics to analyze and monitor construction project contract and correspondence. *Automation in Construction*, 98, 265–274. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.11.018>
- Mikić, M. S. (2015). *Upravljanje rizicima pri izgradnji kapitalnih infrastrukturnih objekata u cilju poboljšanja njihove održivosti, Doktorska disertacija*. Универзитет у Београду.
- Mo, Y., Zhao, D., Du, J., Syal, M., Aziz, A., & Li, H. (2020). Automated staff assignment for building maintenance using natural language processing. *Automation in Construction*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103150>
- Mohammed Alsubaey, Ahmad Asadi, & Harris Makatsoris. (2015, November). A Naïve Bayes approach for ews detection by text mining of unstructured data: a construction project case. *2015 SAI Intelligent Systems Conference (IntelliSys)*. <https://doi.org/10.1109/IntelliSys.2015.7361140>
- Montenegro, A., Dobrota, M., Todorovic, M., Slavinski, T., & Obradovic, V. (2021). Impact of construction project managers' emotional intelligence on project success. *Sustainability*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910804>
- Moon, S., Chi, S., & Im, S. B. (2022). Automated detection of contractual risk clauses from construction specifications using bidirectional encoder representations from transformers (BERT). *Automation in Construction*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104465>
- Na, X., Jianping, W., Jie, L., & Guodong, N. (2016). Analysis on Relationships of Safety Risk Factors in Metro Construction. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 9(5), 150–157. www.jestr.org
- Nassiri, K., & Akhloufi, M. (2022). Transformer models used for text-based question answering systems. *Applied Intelligence*, 1–34. <https://doi.org/10.1007/s10489-022-04052-8>
- Nedeljković, Đ., & Kovačević, M. (2017). Building a Construction Project Key-Phrase Network from Unstructured Text Documents. *Journal of Computing in*

Civil Engineering, 31(6). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000708](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000708)

Nedeljković, Đ. L. (2018). *Издавање и визуелизација знања из текстуалних извора за потребе управљања инвестиционим пројектима у грађевинарству*, Докторска дисертација. Универзитет у Београду.

Nguyen, L. D., Ogunlana, S. O., & Lan, D. T. X. (2004). A study on project success factors in large construction projects in Vietnam. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 11(6), 404–413. <https://doi.org/10.1108/09699980410570166>

Nkado, R. N. (1995). Construction time-influencing factors: The contractor's perspective. *Construction Management and Economics*, 13(1), 81–89. <https://doi.org/10.1080/01446199500000009>

Odeck, J. (2004). Cost overruns in road construction - what are their sizes and determinants? *Transport Policy*, 11(1), 43–53. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(03\)00017-9](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(03)00017-9)

Olawale, Y., & Sun, M. (2015). Construction project control in the UK: Current practice, existing problems and recommendations for future improvement. *International Journal of Project Management*, 33(3), 623–637. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.10.003>

Parsons, P., & Sedig, K. (2014). Adjustable properties of visual representations: Improving the quality of human-information interaction. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 65(3), 455–482. <https://doi.org/10.1002/asi.23002>

Peško, I. N. (2013). *Model za procenu troškova i vremena izgradnje gradskih saobraćajnica - doktorska disertacija*. Univerzitet u Novom Sadu Fakultet Tehničkih nauka u Novom Sadu.

Pheng, L. S., & Chuan, Q. T. (2006). Environmental factors and work performance of project managers in the construction industry. *International Journal of Project Management*, 24(1), 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.06.001>

Pinto, J. K., & Slevin, D. P. (1987). Critical Factors in Successful Project Implementation. *IEEE Transactions on Engineering Management* 1, 34, 22–27.

Pollack, J., Helm, J., & Adler, D. (2018). What is the Iron Triangle, and how has it changed? *International Journal of Managing Projects in Business*, 11(2), 527–547. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-09-2017-0107>

Project Management Institute. (2016). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*.

- Rachid, Z., Toufik, B., & Mohammed, B. (2019). Causes of schedule delays in construction projects in Algeria. *International Journal of Construction Management*, 19(5), 371–381. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1435234>
- Rivera, A., Le, N., Kapsikar, K., Kashiwagi, J., & Alhammadi, Y. (2017). 53 rd ASC Annual International Conference Proceedings Identifying the Global Performance of the Construction Industry. *53rdASC Annual International Conference Proceedings*. <http://www.ascpro.ascweb.org>
- Rivera, L., Baguec, H., & Yeom, C. (2020). A study on causes of delay in road construction projects across 25 developing countries. *Infrastructures*, 5(10), 1–16. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5100084>
- Robinson, G., Leonard, J., & Whittington, T. (2021). *Future of Construction. A Global Forecast for Construction to 2030* (Issue September). Oxford Economics.
- Sambasivan, M., & Soon, Y. W. (2007). Causes and effects of delays in Malaysian construction industry. *International Journal of Project Management*, 25(5), 517–526. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.11.007>
- Sami Ur Rehman, M., Thaheem, M. J., Nasir, A. R., & Khan, K. I. A. (2022). Project schedule risk management through building information modelling. *International Journal of Construction Management*, 22(8), 1489–1499. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1728606>
- Sanh, V., Debut, L., Chaumond, J., & Wolf, T. (2019). DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper and lighter. *ArXiv Preprint*. <http://arxiv.org/abs/1910.01108>
- Santoso, D. S., & Soeng, S. (2016). Analyzing Delays of Road Construction Projects in Cambodia: Causes and Effects. *Journal of Management in Engineering*, 32(6). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000467](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000467)
- Sanvido, V., Member, A., Grobler, F., Parfitt, K., Guvenis, M., & Coyle, M. (1992). CRITICAL SUCCESS FACTORS FOR CONSTRUCTION PROJECTS. *Journal of Construction Engineering and Management*, 118(1), 94–111. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1992\)118:1\(94\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1992)118:1(94))
- Senouci, A., Ismail, A., & Eldin, N. (2016). Time Delay and Cost Overrun in Qatari Public Construction Projects. *Procedia Engineering*, 164, 368–375. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.632>
- Shen, L., Yan, H., Fan, H., Wu, Y., & Zhang, Y. (2017). An integrated system of text mining technique and case-based reasoning (TM-CBR) for supporting green building design. *Building and Environment*, 124, 388–401. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.08.026>

- Shrestha, P. P., Burns, L. A., & Shields, D. R. (2013). Magnitude of Construction Cost and Schedule Overruns in Public Work Projects. *Journal of Construction Engineering*, 2013, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2013/935978>
- Singh, R. (2010). Delays and Cost Overruns in Infrastructure Projects: Extent, Causes and Remedies. *Economic and Political Weekly*, 43–54.
- Siraj, N. B., & Fayek, A. R. (2019). Risk Identification and Common Risks in Construction: Literature Review and Content Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(9). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001685](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001685)
- Son, B. Y., & Lee, E. B. (2019). Using text mining to estimate schedule delay risk of 13 offshore oil and gas EPC Case Studies during the Bidding Process. *Energies*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/en12101956>
- Srdić, A., & Šelih, J. (2015). Delays in Construction Projects: Causes and Mitigation. *Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal*, 7(3), 1383–1389. <https://doi.org/10.5592/otmcj.2015.3.5>
- Steininger, B. I., Groth, M., & Weber, B. L. (2021). Cost overruns and delays in infrastructure projects: the case of Stuttgart 21. *Journal of Property Investment and Finance*, 39(3), 256–282. <https://doi.org/10.1108/JPIF-11-2019-0144>
- Sweis, G., Sweis, R., Abu Hammad, A., & Shboul, A. (2008). Delays in construction projects: The case of Jordan. *International Journal of Project Management*, 26(6), 665–674. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.09.009>
- Sweis, R., Moarefi, A., Amiri, M. H., Moarefi, S., & Saleh, R. (2019). Causes of delay in Iranian oil and gas projects: a root cause analysis. *International Journal of Energy Sector Management*, 13(3), 630–650. <https://doi.org/10.1108/IJESM-04-2018-0014>
- Taleb, N. N. (2007). Black Swans and the domains of statistics. *American Statistician*, 61(3), 198–200. <https://doi.org/10.1198/000313007X219996>
- Tixier, A. J. P., Hallowell, M. R., Rajagopalan, B., & Bowman, D. (2016). Automated content analysis for construction safety: A natural language processing system to extract precursors and outcomes from unstructured injury reports. *Automation in Construction*, 62, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.11.001>
- Toor, S. ur R., & Ogunlana, S. O. (2008). Critical COMs of success in large-scale construction projects: Evidence from Thailand construction industry. *International Journal of Project Management*, 26(4), 420–430. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.08.003>

- Tuman, J. (1986). Success modeling: A technique for building a winning project team. *Proceedings of Project Management Institute*, 1, 29–34. <https://www.researchgate.net/publication/313657477>
- Ur-Rahman, N., & Harding, J. A. (2012). Textual data mining for industrial knowledge management and text classification: A business oriented approach. *Expert Systems with Applications*, 39(5), 4729–4739. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.09.124>
- Vacanas, Y., & Danezis, C. (2021). An overview of the risk of delay in Cyprus construction industry. *International Journal of Construction Management*, 21(4), 369–381. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1541703>
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need. *31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017)*. <http://arxiv.org/abs/1706.03762>
- Viles, E., Rudeli, N. C., & Santilli, A. (2020). Causes of delay in construction projects: a quantitative analysis. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(4), 917–935. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2019-0024>
- Wang, A., Guess, M., Connell, K., Powers, K., Lazarou, G., & Mikhail, M. (2006). Fecal incontinence: A review of prevalence and obstetric risk factors. *International Urogynecology Journal*, 17(3), 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.11.006>
- Wang, G., Liu, M., Cao, D., & Tan, D. (2022). Identifying high-frequency–low-severity construction safety risks: an empirical study based on official supervision reports in Shanghai. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(2), 940–960. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2020-0581>
- Wang, T. K., Ford, D. N., Chong, H. Y., & Zhang, W. (2018). Causes of delays in the construction phase of Chinese building projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(11), 1534–1551. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2016-0227>
- Welde, M., & Bukkestein, I. (2021). Over time or on time? A study of delays in large government projects. *Procedia Computer Science*, 196, 772–781. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.075>
- Williams, T. P., & Gong, J. (2014). Predicting construction cost overruns using text mining, numerical data and ensemble classifiers. *Automation in Construction*, 43, 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.02.014>
- Wu, C., Wu, P., Wang, J., Jiang, R., Chen, M., & Wang, X. (2021). Developing a hybrid approach to extract constraints related information for constraint management. *Automation in Construction*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103563>

- Wu, H., Shen, G. Q., Lin, X., Li, M., & Li, C. Z. (2021). A transformer-based deep learning model for recognizing communication-oriented entities from patents of ICT in construction. *Automation in Construction*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103608>
- Xu, N., Zhou, X., Guo, C., Xiao, B., Wei, F., & Hu, Y. (2022). Text Mining Applications in the Construction Industry: Current Status, Research Gaps, and Prospects. *Sustainability*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/su142416846>
- Yang, M., Wu, C., Guo, Y., Jiang, R., Zhou, F., Zhang, J., & Yang, Z. (2023). Transformer-based deep learning model and video dataset for unsafe action identification in construction projects. *Automation in Construction*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104703>
- Zhang, F., Fleyeh, H., Wang, X., & Lu, M. (2019). Construction site accident analysis using text mining and natural language processing techniques. *Automation in Construction*, 99, 238–248. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.12.016>
- Zhang, J., & El-Gohary, N. M. (2016). Semantic NLP-Based Information Extraction from Construction Regulatory Documents for Automated Compliance Checking. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 30(2). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000346](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000346)
- Zhang, J., Zhao, Y., Saleh, M., & Liu, P. J. (2020). *PEGASUS: Pre-training with Extracted Gap-sentences for Abstractive Summarization*.
- Zhang, L., Wang, J., Wang, Y., Sun, H., & Zhao, X. (2022). Automatic construction site hazard identification integrating construction scene graphs with BERT based domain knowledge. *Automation in Construction*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104535>
- Zhang, R., & El-Gohary, N. (2023). Transformer-based approach for automated context-aware IFC-regulation semantic information alignment. *Automation in Construction*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104540>
- Zidane, Y. J. T., & Andersen, B. (2018). Causes of delay and their cures in major norwegian projects. *Journal of Modern Project Management*, 5(3), 80–91. <https://doi.org/10.19255/JMPM01509>

Прилог А

Табела број 37: База података са степеном прекорачења рока за пројекте путне инфраструктуре у Србији реализоване у периоду 2004. – 2021. године.

Пројекат	% прекорачења рока	Пројекат	% прекорачења рока
П1	0%	П39	36%
П2	0%	П40	49%
П3	51%	П41	66%
П4	51%	П42	25%
П5	29%	П43	0%
П6	0%	П44	69%
П7	181%	П45	74%
П8	288%	П46	191%
П9	166%	П47	0%
П10	186%	П48	0%
П11	108%	П49	0%
П12	227%	П50	0%
П13	308%	П51	257%
П14	128%	П52	10%
П15	174%	П53	114%
П16	41%	П54	94%
П17	14%	П55	49%
П18	270%	П56	1%
П19	50%	П57	16%
П20	71%	П58	28%
П21	0%	П59	2%
П22	83%	П60	22%
П23	90%	П61	39%
П24	178%	П62	35%
П25	178%	П63	68%
П26	85%	П64	14%
П27	125%	П65	16%
П28	143%	П66	83%
П29	89%	П67	165%
П30	1%	П68	161%
П31	68%	П69	189%
П32	68%	П70	71%
П33	68%	П71	18%
П34	90%	П72	204%
П35	8%	П73	112%
П36	468%	П74	13%
П37	389%	П75	70%
П38	92%		

Прилог Б

ANKETNI UPITNIK

Anketni upitnik se dostavlja selektiranoj grupi eksperata za potrebe istraživanja uzroka kašnjenja na projektima putne infrastrukture. Rezultati istraživanja su anonimni i biće korišćeni isključivo u naučno-istraživačke svrhe i izradu doktorske disertacije autora.

Kratko objašnjenje stukture upitnika: upitnik se sastoji iz tri dela.

I DEO čine pitanja koja se odnose na projekat i lične podatke ispitanika. Takođe, prisutna su i 4 opšta pitanja koja se odnose za projekat u celini.

II DEO čini lista ponuđenih uzroka kašnjenja grupisanih u 8 kategorija:

1. Projektna dokumentacija
2. Tenderske procedure (Tenderski postupak)
3. Resursi
4. Poslodavac (Investitor)
5. Izvođač
6. Nazorni organ
7. Projekat u celini
8. Spoljašnji

U cilju sagledavanja stepena uticaja na kašnjenje projekta, potrebno je svakom od ponuđenih uzroka dati ocenu na skali od 0 do 3, i to na sledeći način:

Nema uticaja ili veoma mali uticaj	0
Mali uticaj	1
Srednji uticaj	2
Veliki uticaj	3

III DEO čini prostor gde možete dopisati uzroke kašnjenja koji nisu obuhvaćeni listom, a koji su postojali na vašem projektu i zaslužuju da budu obuhvaćeni studijom. Takođe, potrebno je oceniti stepen uticaja unetog uzroka na stepen prekoračenja roka (na isti način kao i uzroke kašnjenja iz predefinisane liste II DELA, ocenom od 0 do 3).

DEO I – PODACI O PROJEKTU I ISPITANIKU

Naziv projekta:	
Vaša pozicija na projektu:	
Broj godina vašeg iskustva u struci	

1. Da li smatrate da je ugovoreno trajanje projekta bilo odgovarajuće?:			
DA <input type="checkbox"/>	NE <input type="checkbox"/>	NE ZNAM <input type="checkbox"/>	
2. Ukoliko smatrate da je ugovoren rok nerealan, odredite za koliko procenata je trebalo uvećati ugovoreni rok da bi bio realno ostvariv:			
1% -25% <input type="checkbox"/>	25% - 75% <input type="checkbox"/>	75% - 100% <input type="checkbox"/>	
100% -150% <input type="checkbox"/>	preko 150% <input type="checkbox"/>	NE ZNAM <input type="checkbox"/>	
3. Prema vašem mišljenju, ocenite kvalitet projektne dokumentacije:			
Nizak kvalitet <input type="checkbox"/>	Prosečan kvalitet <input type="checkbox"/>	Kvalitet iznad proseka <input type="checkbox"/>	NE ZNAM <input type="checkbox"/>

DEO II – LISTA UZROKA KAŠNJENJA

Molim vas, da svaki uzrok kašnjenja ocenite ocenom na skali do 0 do 3 (0 - nema uticaj ili veoma mali uticaj, 1 – mali uticaj, 2 –srednji uticaj, 3 –veliki do veoma veliki uticaj).

1. Uzroci kašnjenja povezani sa projektnom dokumentacijom (Design)
1.1. Neusaglašenost projekta sa uslovima okruženja – usled neodgovarajućih podloga za projektovanje (geodetske, geološke i sl.): 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/>
1.2. Nedostatak detalja i specifikacija u projektnoj dokumentaciji (Nedovoljno razrađeni delovi projektne dokumentacija): 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/>
1.3. Projektovana složena ili neodgovarajuća tehnologija izvođenja: 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/>
1.4. Neusklađenost delova projektne dokumentacije: 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/>
1.5. Kašnjenja u izradi ili izmenama projektne dokumentacije tokom izvođenja (preprojektovanje): 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/>
1.6. Loš predmer radova (npr. pogrešan obračun količina radova): 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/>

--

2. Uzroci kašnjenja povezani sa tenderskim procedurama (Procurement)
2.1. Kriterijum za dodelu ugovora – Kriterijum najniža cena:
0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/>
2.2. Kriterijum za dodelu ugovora – Rok kao parametar za vrednovanje ponuda:
0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/>
2.3. Dug period dodatnog ugovaranja za nepredviđene i naknadne radove (naročito za izmene tokom realizacije):
0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/>

3. Uzroci kašnjenja povezani sa resursima (radna snaga, materijal, mehanizacija i oprema) (Resource)
3.1. Nedostatak radne snage :
0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/>
3.2. Niska produktivnost i nekvalifikovana radna snaga:
0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/>
3.3. Nedostatak materijala na tržištu:

0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
3.4. Kašnjenja u isporuci materijala i opreme:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
3.5. Neadekvatan kvalitet materijala:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
3.6. Kvarovi opreme i zastarela mehanizacija:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
3.7. Nedostatak opreme (mehanizacije):				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>

4. Uzroci povezani sa poslodavcem – investitorom (Client)				
4.1. Kašnjenja u plaćanju situacija od strane poslodavca:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
4.2. Izmene na zahtev poslodavca:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
4.3. Sporost u odlučivanju (donošenju odluka):				

0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
4.4. Loša komunikacija poslodavca sa ostalim učesnicima na projektu:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
4.5. Nedostatak sredstava ili dugotrajna procedura za finansiranje nepredviđenih radova i viškova radova:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
4.6. Kašnjenje sa predajom (delova) gradilišta izvođaču:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>

5. Uzroci povezani sa izvođačem radova (Contractor)				
5.1. Ponovno izvođenje radova usled grešaka ili lošeg kvaliteta izvedenih radova:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
5.2. Loše finansijsko stanje izvođača:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
5.3. Neefikasno planiranje i upravljanje radovima na gradilištu:				

0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
5.4. Loša komunikacija izvođača sa ostalim učesnicima na projektu:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
5.5. Neadekvatno iskustvo izvođača:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
5.6. Neodgovorno izvođenje radova i ugrožavanje bezbednosti ostalih radova:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
5.7. Kašnjenja podizvođača:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>

6. Uzroci kašnjenja povezani sa inženjerom - nadzornim organom (Consultant)				
6.1. Loša komunikacija nadzornog organa sa ostalim učesnicima na projektu:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
6.2. Nedostatak iskustva i stručnosti od strane nadzornog organa:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
6.3. Nedovoljan broj članova tima nadzornog organa:				

0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
6.4. Izbegavanje stručnog nadzora da zauzme proaktivnu ulogu i izda instrukcije:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
6.5. Kašnjenja u pregledanju i overavanju izvedenih radova:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
6.6. Kašnjenja u pregledu i odobrenju postupka izvođenja radova (Method Statement):				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
6.7. Kašnjenja u pregledu i odobrenju materijala:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>

7. Uzroci kašnjenja povezani sa projektom u celini (Project)				
7.1. Neadekvatno trajanje projekta, prema ugovoru:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
7.2. Neadekvatni ili neprecizni uslovi ugovora:				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>

<p>7.3. Nerazrešeni odštetni zahtevi, varijacije i VEP-ovi:</p> <p>0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/></p>
<p>7.4. Visoka kompleksnost projekta (Obim radova, topografija, ograničenja u pristupu, nove tehnologije, itd):</p> <p>0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/></p>
<p>7.5. Sporovi između različitih strana na projektu u toku realizacije radova:</p> <p>0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/></p>
<p>7.6. Neodgovarajući Cash Flow projekta:</p> <p>0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/></p>
<p>7.7. Loš Contract Management projekta:</p> <p>0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/></p>
<p>7.8. Nedostatak upravljanja rizicima:</p> <p>0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/></p>
<p>7.9. Nesreće na gradilištu:</p> <p>0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ne znam <input type="checkbox"/></p>

8. Uzroci kašnjenja spoljašnjeg karaktera (External)					
8.1.Problemi sa imovinsko-pravnim odnosima (npr. ekspoprijacija i sl.):					
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>	
8.2.Kašnjenje u dobijanju dozvola i saglasnosti od strane nadležnih organa:					
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>	
8.3.Izmene u zakonima i propisima:					
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>	
8.4.Korupcija i nestabilna politička situacija u zemlji:					
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>	
8.5. Nestabilnost kursa i skok cena resursa:					
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>	
8.6.Nova ekološka ograničenja ili nepredviđene okolnosti (arheološka nalazišta, podzemni kablovi ili cevovodi, minsko-eksplozivna sredstva i sl):					
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>	
8.7.Neočekivano loši vremenski uslovi:					

0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>
8.8. Viša sila (prirodne nepogode, pandemija, epidemija...):				
0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ne znam <input type="checkbox"/>

Hvala Vam na izdvojenom vremenu!

Rezultati istraživanja su anonimni i biće korišćeni isključivo u naučno-istraživačke svrhe.

Ukoliko želite da dobijete rezultate istraživanja, molim vas da ostavite e-mail adresu.

Marija Ivanović, master inž. građ, MSc CEng

Asistent - student doktorskih studija

Katedra za upravljanje projektima u građevinarstvu

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Telefon: 064/93-95-612

Email: mapetrovic@grf.bg.ac.rs

Прилог В

Табела број 38: Узроци кашњења на пројектима путне инфраструктуре у Србији на бази 105 попуњених упитника

Ранг	Код	Узрок кашњења	SI
1	8.1	Проблеми са имовинско-правним односима (нпр. експропријација и сл.)	2.048
2	1.1	Неусаглашеност пројекта са условима окружења – услед неодговарајућих подлога за пројектовање	1.933
3	1.2	Недостатак детаља и спецификација у пројектној документацији (Недовољно разрађени делови пројектне документације)	1.629
4	1.5	Кашњења у изради или изменама пројектне документације током извођења (препројектовање)	1.410
5	4.2	Измене на захтев послодавца	1.371
6	2.3	Дуг период додатног уговарања за непредвиђене и накнадне радове (нарочито за измене током реализације)	1.343
7	2.1	Критеријум за доделу уговора – Критеријум најнижа цена	1.333
8	8.2	Кашњење у добијању дозволе и сагласности од стране надлежних органа	1.295
9	4.6	Кашњење са предајом (делова) градилишта извођача	1.229
10	4.3	Спорост у одлучивању (доношењу одлука)	1.190
11	5.3	Неефикасно планирање и управљање радовима на градилишту	1.181
12	3.2	Ниска продуктивност и неквалификована радна снага	1.152
13	3.1	Недостатак радне снаге	1.133
14	1.4	Неусклађеност делова пројектне документације	1.095
15	5.1	Поново извођење радова услед грешака или лошег квалитета изведених радова	1.086
16	5.2	Лоше финансијско стање извођача	1.086
17	1.3	Пројектована сложена или неодговарајућа технологија извођења	0.962
18	5.7	Кашњења подизвођача	0.962
19	7.6	Неодговарајући <i>cash flow</i> пројекта	0.962
20	7.3	Неразрешени одштетни захтеви, варијације и VEP	0.952
21	8.6	Нова еколошка ограничења или непредвиђене околности (археолошка налазишта, подземни каблови или цевоводи, минско-експлозивна средства и сл.):	0.905
22	7.4	Висока комплексност пројекта (Обим радова, топографија, ограничења у приступу, нове технологије итд.):	0.848
23	7.1	Неадекватно трајање пројекта, према уговору	0.838
24	8.3	Измене у законима и прописима	0.838
25	8.7	Неочекивано лоши временски услови	0.838
26	3.3	Недостатак материјала на тржишту	0.829

27	7.5	Спорови између различитих страна на пројекту у току реализације радова	0.829
28	7.9	Несреће на градилишту	0.771
29	8.4	Корупција и нестабилна политичка ситуација у земљи	0.771
30	5.4	Лоша комуникација извођача са осталим учесницима на пројекту	0.762
31	7.8	Недостатак управљања ризицима	0.752
32	6.4	Избегавање стручног надзора да заузме проактивну улогу и издаје инструкције	0.733
33	3.5	Неадекватан квалитет материјала	0.714
34	3.6	Кварови опреме и застарела механизације	0.705
35	4.5	Недостатак средстава или дуготрајна процедура за финансирање непредвиђених радова и вишкова радова	0.686
36	2.2	Критеријум за доделу уговора – Рок као параметар за вредновање понуде	0.657
37	3.4	Кашњења у испоруци материјала и опреме	0.657
38	3.7	Недостатак опреме (механизације)	0.657
39	6.3	Недовољан број чланова тима надзорног органа	0.657
40	7.7	Лош <i>contract management</i>	0.638
41	1.6	Лош предмер радова (нпр. погрешан обрачун)	0.610
42	5.5	Неадекватно искуство извођача	0.610
43	4.4	Лоша комуникација послодавца са осталим учесницима на пројекту	0.600
44	8.5	Нестабилност курса и скок цена ресурса	0.571
45	4.1	Кашњења у плаћању ситуација од стране послодавца	0.562
46	7.2	Неадекватни или непрецизни услови уговора	0.524
47	6.1	Лоша комуникација надзорног органа са осталим учесницима на пројекту	0.486
48	5.6	Неодговорно извођење радова и угрожавање безбедности осталих радова	0.476
49	6.7	Кашњења у прегледу и одобрењу материјала	0.467
50	6.2	Недостатак искуства и стручности од стране надзорног органа	0.457
51	8.8	Више сила (природне непогоде, пандемија, епидемија...)	0.448
52	6.5	Кашњења у прегледању и оверавању изведених радова	0.371
53	6.6	Кашњења у прегледу и одобрењу поступка извођења радова (Method Statement)	0.324

Биографија аутора

Марија Ивановић (рођена Петровић) је рођена 10.01.1990. године у Ваљеву. Живи у Убу. Основну школу и гимназију општег смера је завршила у Убу 2009. године. Исте године је уписала основне академске студије на Грађевинском факултету у Београду на модулу за Менаџмент, технологије и информатику у грађевинарству. Звање дипломирани инжењер грађевинарства стекла је у октобру 2013. године, са просечном оценом 8,22. Синтезни пројекат на тему *„Пројекат организације и технологије грађења стамбено пословног објекта у улици Кнегиње Зорке бр. 66 у Београду“* одбранила је са оценом 10. Мастер академске студије на Грађевинском факултету у Београду уписала је 2013. године, а звање мастер инжењер грађевинарства стекла је у септембру 2014. године, са просечном оценом 10,00. У септембру 2014. године одбранила је мастер рад на тему *„Упоредни приказ различитих врста геосинтетичких материјала и њихова имплементација у грађевинарству“* са оценом 10. Током студирања била је ангажована као студент демонстратор на Катедри за управљање пројектима у грађевинарству. Докторске академске студије на Грађевинском факултету Универзитета у Београду уписала је у октобру 2014. године и положила је све испите предвиђене наставним планом са просечном оценом 10,00.

Марија Ивановић је ангажована на пројекту технолошког развоја Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ТР 36038 *„Развој методе израде пројектне и извођачке документације инсталационих мрежа у зградама компатибилне са BIM процесом и релевантним стандардима“*.

Од септембра 2015. године запослена је на Грађевинском факултету у Београду као асистент – студент докторских студија за ужу научну област Менаџмент и технологија грађења.

Говори и пише енглески језик.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Марија З. Ивановић

Број индекса: 902/14

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Модел за детекцију и анализу узрока кашњења на пројектима базиран на подацима издвојеним из неструктурираних извора

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, 20.04.2023.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Марија Ивановић
Број индекса: 902/14
Студијски програм: Грађевинарство
Наслов рада: **Модел за детекцију и анализу узрока кашњења на пројектима базиран на подацима издвојеним из неструктурираних извора**
Ментор: в. проф др Зоран Стојадиновић, дипл.инж.грађ

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада. Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, 20.04.2023.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Модел за детекцију и анализу узрока кашњења на пројектима базиран на подацима издвојеним из неструктурираних извора

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.

Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, 20.04.2023.

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.