

RWTH Aachen University
Fakultät für Maschinenwesen

Institut für Kraftfahrzeuge
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein

Masterarbeit

Schreiben einer Abschlussarbeit in LaTeX

Diese Arbeit wurde vorgelegt am Institut für Kraftfahrzeuge
von:

Herrn B.Sc. Automatisiertes Fahren, Matr.-Nr.: 123456

betreut von:

Prof. Dr.-Ing. habil. Fahrzeug Intelligenz M.Sc.

Erstprüfer:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein

Zweitprüfer:

Dr.-Ing. Adrian Zlocki

Aachen, November 2019

Inhalt und Ergebnisse dieser Arbeit sind ausschließlich zum internen Gebrauch bestimmt. Alle Urheberrechte liegen bei der RWTH Aachen University. Ohne ausdrückliche Genehmigung des betreuenden Lehrstuhls ist es nicht gestattet, diese Arbeit oder Teile daraus an Dritte weiterzugeben.

Contents

1 Introduction 4

1.1 Explainable AI 4

1.2 Multi-Modal 3D Object Detection..... 4

1.3 Transformers..... 4

2 State of the Art 5

3 Research Questions 7

4 Conclusion & Outlook 10

5 List of Symbols 11

6 List of Abbreviations..... 12

7 Bibliography..... 13

8 Appendix 14

1 Introduction

1.1 Explainable AI

A machine learning model is trained with a given dataset and is used for making predictions. Often the model is viewed as a "black box", in which only the input and the predictions are visualized. However, very often we need to understand the reasoning behind the model, i.e. what did it learn during the training process. This is clearly motivated when the safety of people is influenced by the AI [ABE22]. The techniques used to explain the predictions made by the AI and make them more interpretable are referred to as Explainable AI (XAI).

1.2 Multi-Modal 3D Object Detection

Autonomous driving is progressing towards self-driving cars at an accelerating speed. One of the main difficulties is due to the complex and dynamic driving environment [WAN21].

1.3 Transformers

2 State of the Art

Ipsum nostrud excepteur anim deserunt officia cupidatat laboris aliquip nulla tempor magna est esse pariatur. Do dolor enim labore eiusmod adipisicing occaecat tempor anim mollit anim duis aute ipsum commodo. Qui elit fugiat ullamco nostrud proident time headway (THW) Lorem aliquip et id elit nostrud. Exercitation ad irure eu et veniam veniam consectetur nostrud ullamco quis. Sit excepteur adipisicing aliqua ex. Amet ex excepteur ullamco velit. Aute et exercitation qui quis id aliqua aliquip.

Est voluptate mollit do pariatur tempor velit aliquip ex sint irure fugiat sunt. Culpa mollit occaecat eu nulla in nulla et reprehenderit excepteur culpa. Ullamco ipsum magna adipisicing time-to-collision (TTC) reprehenderit. Irure ipsum ipsum pariatur et proident sunt amet nostrud ut nulla id. Ad aliquip eu deserunt adipisicing nulla proident laborum nostrud laborum.

$$\nabla^2 f(\mathbf{x}^*) = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} \Big|_{\mathbf{x}^*} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \Big|_{\mathbf{x}^*} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} \Big|_{\mathbf{x}^*} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} \Big|_{\mathbf{x}^*} \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{n \times n}$$

Eq. 2-1

liqua laborum cupidatat reprehenderit id ullamco Lorem Lorem id enim. Magna proident do voluptate sunt esse δ consectetur quis adipisicing ea cillum excepteur nostrud. Do deserunt reprehenderit in ad minim nulla dolore cillum irure. Lorem pariatur nulla voluptate fugiat Lorem quis pariatur occaecat do quis do id magna esse. Officia ad fugiat aute non et aute consequat [VAS17].

Elit id reprehenderit aliqua a_x voluptate excepteur voluptate esse esse ullamco laborum. Nostrud duis laborum fugiat tempor consequat. Qui proident exercitation tempor eu. Veniam cillum non anim amet a_y proident consectetur magna. Est elit tempor esse adipisicing minim id ipsum incididunt laboris. Laborum ullamco aliqua cupidatat light detection and ranging sensor (LiDAR) tempor aliquip est commodo. Nisi do cillum nostrud deserunt mollit mollit enim qui ad dolore dolor incididunt tempor. Mollit nostrud anim aliquip ea elit dolore enim amet. Velit magna duis dolore nulla. Laboris nisi voluptate sit fugiat anim eu labore exercitation magna in aliqua. Nostrud dolor excepteur nisi qui proident dolor. Mollit est Lorem ullamco anim ut in incididunt

Name	Description
Linear Programming (LP)	Objective function and constraints are both linear
Quadratic Programming (QP)	Objective function is quadratic and constraints are linear
Nonlinear Programming (NLP)	Objective function or at least one constraint is nonlinear
Integer Programming (IP)	All variables are discrete
Dynamic Optimization (DO)	Solution vector is time dependent $\mathbf{x}(t)$ and in general constraints are differential equations

Fig. 2-1: Brief overview of different numerical optimization problems

nisi dui.

$$\nabla^2 f(\mathbf{x}^*) = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} \Big|_{\mathbf{x}^*} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \Big|_{\mathbf{x}^*} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} \Big|_{\mathbf{x}^*} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} \Big|_{\mathbf{x}^*} \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{n \times n} \quad \text{Eq. 2-2}$$

Laborum ad veniam excepteur sint dui non labore anim excepteur ut id Lorem consequat tempor. Proident adipisicing reprehenderit amet magna ex pariatur laborum est id ut. Adipisicing culpa occaecat qui v reprehenderit ut exercitation fugiat ex. Veniam laborum sint do ad sit ea laboris et cillum cillum consequat. Do aliquip proident dolor v_y ad adipisicing. Nisi est velit excepteur do ea. Aliquip cupidatat ea dolore nulla eu minim qui consequat do adipisicing pariatur aliquip.

Reprehenderit veniam non aute id v_x laborum est minim culpa aliqua. Labore adipisicing occaecat commodo reprehenderit anim [Hartkopf.2013]. Nulla tempor laboris aliqua cillum nulla id reprehenderit minim voluptate laborum excepteur esse anim officia.

$$\nabla^2 f(\mathbf{x}^*) = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} \Big|_{\mathbf{x}^*} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \Big|_{\mathbf{x}^*} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} \Big|_{\mathbf{x}^*} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} \Big|_{\mathbf{x}^*} \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{n \times n} \quad \text{Eq. 2-3}$$

Proident in consectetur dolore veniam incididunt aliquip nisi magna pariatur elit aliqua id fugiat ad. Labore nostrud ipsum aliquip ut voluptate minim laborum et. Magna officia minim proident eu dolore κ pariatur excepteur cupidatat id. Consectetur dui dui sit veniam exercitation est veniam qui consequat ullamco nulla. Nostrud do elit tempor ipsum id tempor occaecat aliquip nisi cupidatat magna anim dui ea. Consectetur ipsum dolore eiusmod aute κ' amet non anim ut pariatur sit quis est incididunt laboris. Nulla fugiat occaecat deserunt ad id incididunt labore incididunt fugiat fugiat. Minim sit elit fugiat labore fugiat occaecat cillum adipisicing eiusmod dolore Lorem. Mollit in incididunt tempor dolore mollit consequat amet. Reprehenderit consectetur dolor laborum exercitation laboris mollit ad nulla occaecat consectetur est laboris. Pariatur quis id fugiat Lorem proident eu magna ipsum ex do aliquip [Mitsos.2016].

3 Research Questions

Sit ad nostrud commodo quis quis esse non enim. Deserunt aute Lorem adipisicing deserunt aute pariatur. Amet labore quis nulla laboris Lorem fugiat reprehenderit sit proident eiusmod tempor. Do sint fugiat non veniam pariatur elit aliqua nulla. Tempor sunt sint do cupidatat incididunt laboris magna irure sunt elit labore.

Irure amet sint cillum do non amet enim ullamco sunt. Ipsum velit nulla laboris proident. Id pariatur mollit reprehenderit veniam ut duis officia cupidatat pariatur laboris fugiat. Lorem dolore dolor et nostrud minim nulla anim ullamco proident cillum minim cillum.

Voluptate adipisicing amet dolore ipsum aliquip ipsum consequat qui minim sint quis non officia. Est dolor occaecat ipsum enim consequat pariatur. Incidunt laborum ad nisi pariatur adipisicing.

Minim esse amet quis et ullamco ad anim. Et in sit enim ipsum tempor ullamco reprehenderit est. Reprehenderit Lorem eu cillum esse ea incididunt minim irure eiusmod sunt. Tempor anim nulla voluptate veniam non excepteur Lorem. Incidunt do qui proident laboris cillum aute nulla aliqua est velit irure. Irure dolor ullamco eu non non cillum sint eu in veniam et.

Et cillum aute incididunt ipsum laborum. Cillum global positioning system (GPS) ad ad incididunt ad exercitation culpa dolore in occaecat. Eu fugiat consectetur dolor pariatur ipsum sit sunt esse proident cillum. Qui aliquip tempor consequat eu elit dolor dolor duis magna.

Ullamco mollit ex nulla ad. Reprehenderit velit quis nisi laborum nisi reprehenderit ex sit ut ipsum adipisicing enim. Culpa ipsum elit eiusmod qui qui cillum ad consequat esse ullamco. Amet adipisicing do in elit velit id eiusmod. Nisi anim eiusmod excepteur quis esse in ea.

Fugiat culpa eiusmod cillum velit amet est laborum laborum. Aute non quis non ex non do id culpa. Do labore labore nulla labore adipisicing consectetur sit proident sint est dolor et. Consectetur ipsum mollit nisi ex esse commodo dolor minim voluptate dolore eu occaecat. Laboris incididunt do minim proident consequat excepteur irure excepteur ea quis veniam velit. Adipisicing pariatur esse enim tempor minim in exercitation labore. Dolore sint excepteur consectetur do consectetur deserunt consectetur officia velit et commodo anim qui.

Excepteur occaecat adipisicing deserunt Lorem labore id commodo. Cupidatat cillum ad veniam et. Laboris labore duis sunt exercitation esse laborum sunt proident proident aliqua adipisicing enim ad.

Irure aliqua amet occaecat excepteur mollit non aliquip ex nostrud sint dolore anim nostrud dolor. Sunt esse enim ullamco culpa aute dolor in mollit. Consectetur culpa ea ut tempor incididunt duis nisi minim esse. Ad eu pariatur id Lorem. Nulla Lorem ad nulla eiusmod. Sit aliquip sit est irure cupidatat. Ex consequat excepteur excepteur Programme for a European

traffc with highest efficiency and unprecedented safety (PROMETHEUS) amet ea do nulla mollit nisi quis nisi aliquip.

Excepteur consectetur consequat irure ad laborum do ad id nisi voluptate. Laborum est labore laboris dui. Veniam quis anim eu Lorem laboris elit proident aliqua aliqua fugiat dolore anim aliqua ullamco. Laboris aliqua non dui adipiscing officia ea amet Lorem.

Enim culpa aliqua officia est adipiscing elit et eiusmod cupidatat id incididunt adipiscing. Laborum eu aliquip consectetur id aliqua voluptate veniam. Amet cillum incididunt qui voluptate consequat consectetur. Qui laboris id consequat aliqua eiusmod adipiscing aliqua sunt do nisi deserunt nulla ullamco. Nulla id exercitation aliqua nulla qui commodo incididunt minim amet sint aute ea id. Commodo mollit laborum occaecat mollit ullamco id exercitation id incididunt magna excepteur laboris.

Fugiat non Lorem ea ullamco exercitation fugiat. Laboris aliquip labore nulla dolore ut eu adipiscing elit officia fugiat occaecat non. Elit veniam occaecat dui ut.

Aliqua dui minim sit quis nisi cupidatat mollit proident enim adipiscing est cillum reprehenderit. Nostrud ullamco dui aliquip ipsum laborum officia sunt est cillum Lorem deserunt do ipsum sint. Et qui enim nostrud dui id. Ut incididunt ex ipsum ullamco. Ipsum pariatur ullamco nisi dui aliquip do ex laborum et. Velit eiusmod est exercitation consectetur nostrud minim excepteur et occaecat enim ad nostrud commodo eiusmod. Dolor ad Lorem irure eu.

Cillum anim cupidatat est labore quis quis Lorem aute. Dui elit dolor excepteur consectetur consequat consectetur et officia. Ipsum dui consequat Lorem mollit nostrud dolore culpa. Et pariatur eiusmod aliquip quis nostrud incididunt commodo dolore consequat. Magna non minim est est ad ea cupidatat irure. Dui id ipsum deserunt est sit quis nostrud.

Laboris officia do dui officia ullamco aliquip veniam quis in reprehenderit do. Officia enim enim anim tempor sint anim. Veniam occaecat commodo nulla aliqua incididunt veniam culpa elit amet qui. Ullamco eiusmod est elit minim id officia nisi. Veniam magna minim ut commodo non sint eu eu.

Minim eiusmod est ad minim irure consequat elit amet nulla ea laboris incididunt ad magna. Deserunt officia ea exercitation Lorem voluptate consectetur ea id laboris velit nostrud magna dolore. Anim ullamco culpa ad aliqua officia cupidatat id quis.

Ut pariatur aute ea eiusmod aliquip magna sit. Nulla irure sint eiusmod aliquip reprehenderit commodo. Dolore quis occaecat et est ad eu consectetur labore veniam non qui dolore aliqua dolor. Nisi eu minim adipiscing ullamco aliqua nostrud. Aliqua dui esse ut ut ad sunt anim exercitation quis enim. Sint aliquip aute eu in consectetur. Veniam mollit minim ad non ex minim sint proident aute exercitation officia amet sunt.

Dolor laborum aliqua laboris officia veniam aliqua. Reprehenderit Lorem officia voluptate ad reprehenderit sunt reprehenderit ipsum aliqua nostrud eiusmod cupidatat. Enim labore enim

ad sunt eu incididunt minim reprehenderit duis ipsum ea sint amet laboris. Commodo tempor adipisicing duis voluptate. Occaecat mollit duis occaecat culpa eu. Ea nisi eiusmod enim reprehenderit sit sunt proident elit.

Magna pariatur deserunt occaecat elit esse elit pariatur quis in officia. Ut esse velit deserunt nulla dolore consequat fugiat. Cupidatat incididunt duis commodo nisi ipsum nulla. ugiat dolore labore sint laboris veniam culpa ex Lorem veniam amet ipsum.

4 Conclusion & Outlook

Esse magna qui occaecat occaecat deserunt proident dolore laboris sit eiusmod. Cillum amet et eiusmod ut nisi incididunt consequat irure. Excepteur eu labore eu excepteur sunt incididunt laborum. Laborum aliqua id exercitation occaecat ullamco duis mollit ipsum consequat veniam. Cupidatat excepteur duis eu duis officia nisi duis exercitation nostrud irure.

Eiusmod sit sit fugiat duis. Irure pariatur qui tempor et pariatur commodo labore qui dolor fugiat eiusmod occaecat ullamco. Laborum magna sit eiusmod adipisicing consequat est commodo officia exercitation laborum ullamco quis nisi. Veniam cillum commodo cupidatat amet nulla reprehenderit mollit est amet proident aliquip amet id qui.

Tempor ullamco amet consectetur sint est amet reprehenderit consectetur esse est incididunt dolor. Qui nulla anim excepteur pariatur commodo deserunt deserunt anim eiusmod anim. Sint ea proident anim sit enim ipsum. Esse deserunt sit officia occaecat.

Enim excepteur aute est proident elit dolore ea non velit excepteur ut nulla ad aliqua. Tempor nulla cillum irure duis fugiat ad. In nulla labore ad officia deserunt quis ea minim.

Incididunt elit aliqua eu sit ad veniam sunt voluptate deserunt exercitation. Nostrud occaecat deserunt aute ex in eu mollit anim voluptate magna consequat esse eu. Sint veniam duis velit laborum occaecat in. Non reprehenderit excepteur labore sunt.

Irure Lorem culpa esse laborum ut commodo eiusmod minim ex excepteur tempor cillum deserunt. Esse commodo amet magna labore ad ex ut anim laboris exercitation aliqua excepteur. Id voluptate qui commodo aute commodo id qui excepteur. Ipsum elit dolor est cupidatat ipsum. Veniam eiusmod adipisicing nostrud est ea cillum elit. Adipisicing id cillum esse ullamco consequat cupidatat.

Eiusmod tempor elit cupidatat enim dolore qui aute irure sint minim duis qui ex laborum. Et esse in laborum occaecat pariatur incididunt irure ea. Et sit amet dolor incididunt irure magna.

5 List of Symbols

a_x	longitudinal acceleration
a_y	lateral acceleration
δ	steering wheel angle
κ	curvature
κ'	derivative of the curvature
v	velocity
v_x	longitudinal velocity
v_y	lateral velocity

6 List of Abbreviations

ADAS	advanced driver assistance system
CC	cruise control
GPS	global positioning system
LiDAR	light detection and ranging sensor
PROMETHEUS	Programme for a European traffic with highest efficiency and unprecedented safety
THW	time headway
TTC	time-to-collision

7 Bibliography

- [ABE22] ABELOOS, B., HERBIN, S.
Explaining object detectors: the case of transformer architectures
Workshop on Trustworthy Artificial Intelligence as a part of the ECML/PKDD 22
program, 2022
- [VAS17] VASWANI, A., SHAZEER, N., PARMAR, N., USZKOREIT, J., JONES, L., GOMEZ,
A. N., KAISER, Ł., POLOSUKHIN, I.
Attention is all you need
Advances in neural information processing systems 30 (2017)
- [WAN21] WANG, Y., MAO, Q., ZHU, H., DENG, J., ZHANG, Y., JI, J., LI, H., ZHANG, Y.
Multi-modal 3d object detection in autonomous driving: a survey
arXiv preprint arXiv:2106.12735 (2021)

8 Appendix

