

Bakalářské a diplomové práce vypsané firmou Meopta s.r.o. pro rok 2025

Obsah

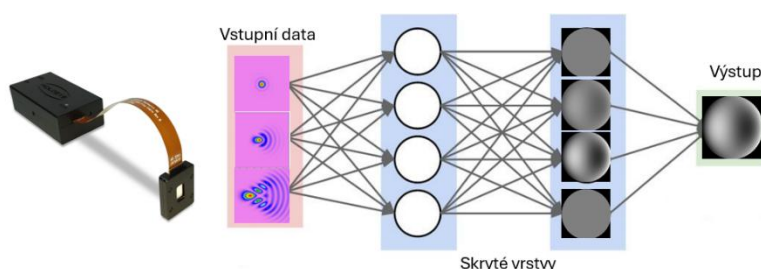
1.	Kalibrace prostorového modulátoru světla pomocí neuronových sítí	2
2.	Software Mathematica-Optica a modelování optických měřících zařízení	2
3.	Využití polarizace světla pro měření pnutí v optických sestavách	3
4.	Generování umělých optických povrchů pro toleranční analýzu optických soustav	4
5.	Metody měření vlnoplochy litografických objektivů	4
6.	Vektorový zobrazovací model	5
7.	Reprezentace multi-modových laserových svazků a jejich měření pomocí Shack-Hartmann tomografie	6
8.	Kalibrace parametrů CCD / CMOS kamer	6
9.	Simulace rozptylu světla pro analýzy stray light optických soustav	7
10.	Odolnost a životnost optických elementů.....	7
11.	Algoritmy globální optimalizace optických soustav	8
12.	Analýza deformací optických prvků pomocí strojového učení	8
13.	Nelineární Shack-Hartmannův senzor	9
14.	Automatizace přenosu dat vč. jejich integrace a validace mezi optickými ray-tracing a externími nástroji pomocí API	10
15.	Citlivostní odezva a optimalizace optických systémů pomocí metamodelů a nástroje optiSLang	11

1. Kalibrace prostorového modulátoru světla pomocí neuronových sítí

Charakteristika problematiky:

Prostorový modulátor světla (SLM) umožňuje přesnou kontrolu nad fází a tvarováním světelných svazků pro aplikace, jako jsou difraktivní optické prvky a příprava

strukturovaných svazků. Kalibrace je nezbytná pro kompenzaci aberací a nelinearit jednotlivých pixelů, které mohou ovlivnit přesnost a výkon systému. Tradiční kalibrační metody nejsou vždy dostatečně efektivní, a proto práce zkoumá využití neuronových sítí pro zlepšení kalibračního procesu.



Cíl práce:

Cílem práce je vyvinout metodiku kalibrace prostorového modulátoru světla pomocí neuronových sítí. Na základě fyzikálního modelu bude vytvořena neuronová síť, která bude detekovat aberace modulátoru z jeho intenzitní odezvové funkce. Součástí práce bude analýza limitů této metody a praktická ukázka kalibrace při adresaci difraktivních optických prvků.

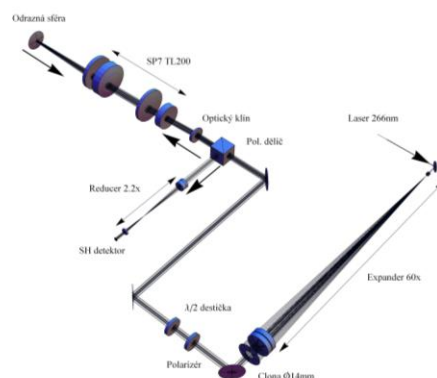
2. Software Mathematica-Optica a modelování optických měřících zařízení

Charakteristika problematiky:

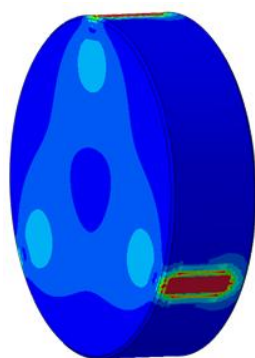
Přídavný balíček Optica pro software Mathematica umožňuje analýzu optických sestav na numerické i symbolické úrovni. Oddělení vývoje měřících metod má zájem o nasezení tohoto softwaru pro modelování měřících metod, ovšem dokumentace tohoto systému sestavená převážně z funkčních příkladů klade vysoké nároky na osvojení. Řešitel práce by prozkoumal a popsal postup řešení pro konkrétní příklady z praxe.

Cíl práce:

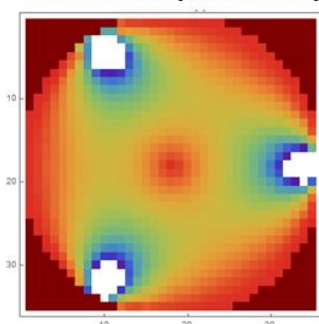
Popis syntaxe pro: sestavení měřicího řetězce, analýzu v koherentním a nekoherentním světle, polarizační analýzu, výpočet optických aberací, trasování gaussovských svazků, optimalizační nástroje, napojení na funkce prostředí Mathematica. Popis řešení několika komplexních příkladů z praxe.



3. Využití polarizace světla pro měření pnutí v optických sestavách



Retardation (simulation) [°]



Charakteristika problematiky:

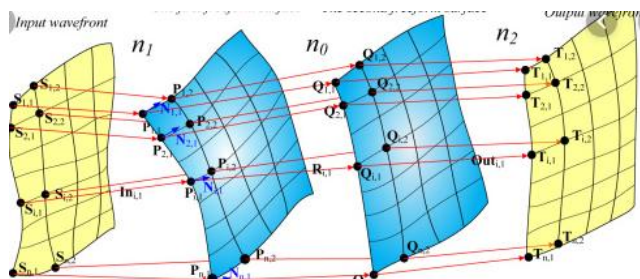
Optické sestavy mohou trpět pnutím ve skle v důsledku uchycení optiky v dané sestavě (lepením, mechanickým uchycením) nebo samotným materiálem. Pnutí v optických elementech může mít za následek snížení optické kvality z hlediska aberací a výrazně ovlivňuje stav polarizace

světla při průchodu takovým materiálem. To je nežádoucí především u průmyslových aplikací optiky, které využívají právě polarizaci světla pro svoji funkci. U fázových elementů (např. fázových destiček) může mít přímý vliv na jejich funkci. Provázání pnutí a polarizace lze ale zároveň využít pro měření.

Cíl práce:

Cílem diplomové práce bude tvorba teoretického modelu popisující pnutí v optických prvcích, rekonstrukce polarizačního stavu s využitím Jonesova formalismu a šíření polarizace v takovém prostředí. Součástí bude i simulace a následná realizace měření fázové retardace s prostorovým rozlišením pomocí polarimetrie.

4. Generování umělých optických povrchů pro toleranční analýzu optických soustav



Charakteristika problematiky:

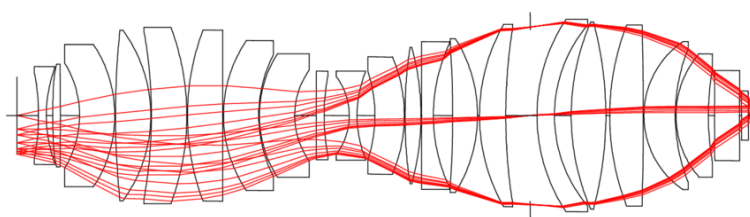
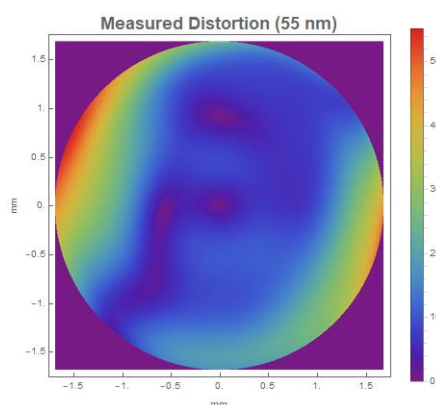
Pro toleranční analýzu optických soustav je často zapotřebí zkoumat vliv deformací reálných optických povrchů na kvalitu celé soustavy. Tyto deformace vyplývají z procesu výroby dané plochy a mají jak náhodný tak systematický charakter. Zadáání dat z reálných

měření pro toleranční proces čítající často stovky realizací je značně nepraktické. Výhodou by bylo sestavit numerický generátor dat, schopný poskytnout velké množství realizací různě deformovaných ploch. Takovýto generátor musí poskytovat co možná nejpřirozenější výsledky, proto by jeho parametry měly být odvozeny z analýzy reálných měření. Výstupem diplomové práce bude funkční numerický systém pro generaci dat popisujících deformovaný optický povrch, ve formátu vhodném pro zpracování v softwaru ZEMAX. Řešení se může opírat o stávající algoritmy generování náhodných povrchů, kde základ leží v teorii fraktální geometrie.

Cíl práce:

Cílem práce je statistická analýza deformací optických povrchů vycházející z produktového portfolio Meopty, programování generátoru náhodných deformací optických povrchů, propojení generátoru se SW Zemax.

5. Metody měření vlnoplochy litografických objektivů



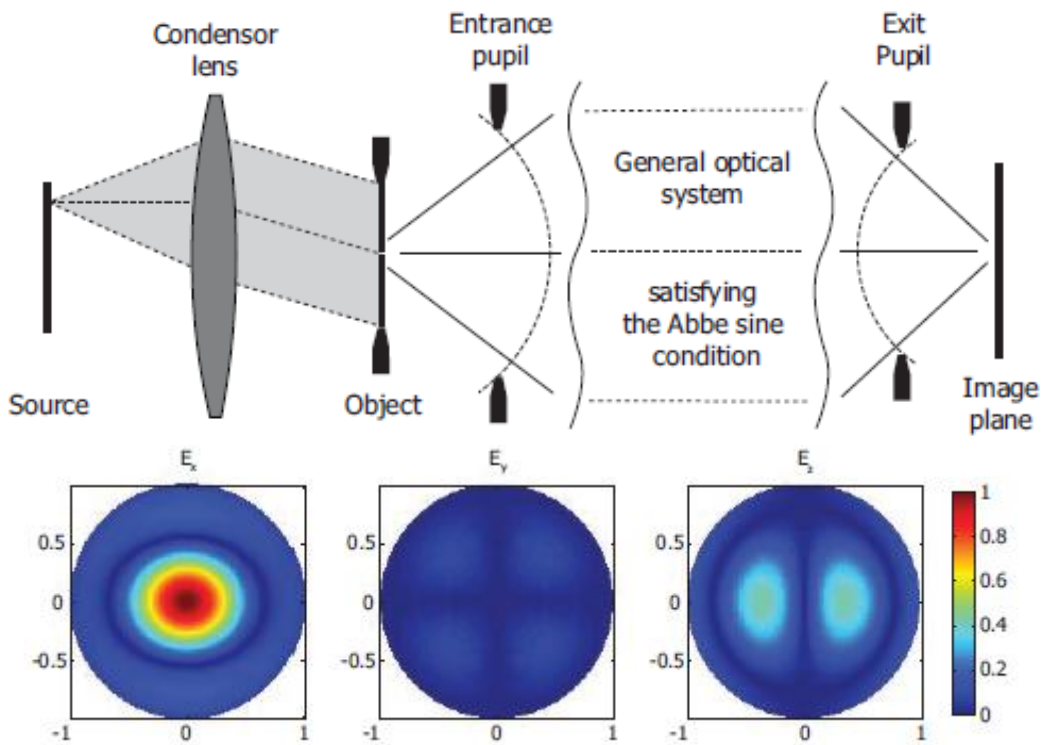
Charakteristika problematiky:

Litografické objektivы jsou optické soustavy konfigurace z konečna do konečna a vyznačují se velmi vysokými požadavky na kvalitu. Zejména parametry průchozí vlnoplochy, zkreslení obrazu, zklenutí obrazu jsou designem minimalizovány. Obecnou výzvou tak přináší potřeba jejich garance, tedy měření.

Cíl práce:

Cílem práce je osvojení si problematiky měření litografických objektivů. Seznámení se s metodou a s používanými algoritmy pro phase retrieval pro měření v single passu (na průchod). S výhodou lze také aplikovat strojové učení pro konkrétní vyvíjený optický systém s vysokou numerickou aperturou, experimentálně realizovat měření a rekonstruovat fázi.

6. Vektorový zobrazovací model



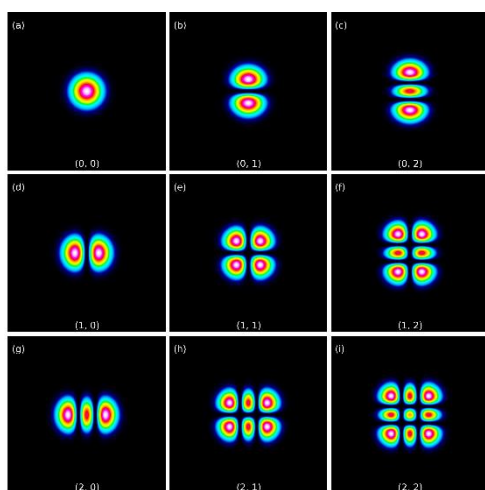
Charakteristika problematiky:

Pro projekční optické systémy s vysokou numerickou aperturou již skalární aproximace zobrazovacího modelu pozbývá přesnosti. Měření standardních skalárních veličin, jako je vlnoplocha je nutné interpretovat odlišně. Velké dopadové úhly na jednotlivé plochy vedou k nutnosti popisu a šíření jednotlivých složek elektromagnetického pole E_x , E_y a E_z . Efekty polarizace elektromagnetického pole, dvojlom a amplitudová propustnost optického systému musí být zahrnuty ve vektorovém zobrazovacím modelu.

Cíl práce:

Cílem práce je osvojení si standardních skalárních zobrazovacích modelů (konvolučních, Abbe, Hopkins) a vytvoření numerického modelu rozšířeného o vektorové jevy, především polarizaci.

7. Reprezentace multi-modových laserových svazků a jejich měření pomocí Shack-Hartmann tomografie



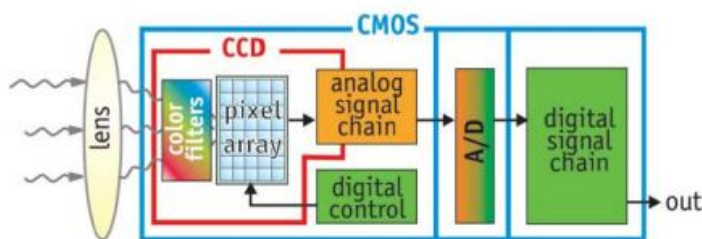
Charakteristika problematiky:

Laserové svazky v optických systémech často vykazují charakter odlišný od idealizovaného profilu např. gaussovského svazku a mohou obsahovat složitou modovou strukturu. Reprezentace takovýchto svazků a zejména jejich diagnostika je velmi obtížná. S-H tomografie může být vhodnou alternativou pro měření.

Cíl práce:

Cílem práce je popsat chování a propagaci multimodových laserových svazků, pomocí metody S-H tomografie měřit vybrané svazky, optimalizovat numerické algoritmy diagnostiky svazků

8. Kalibrace parametrů CCD / CMOS kamer



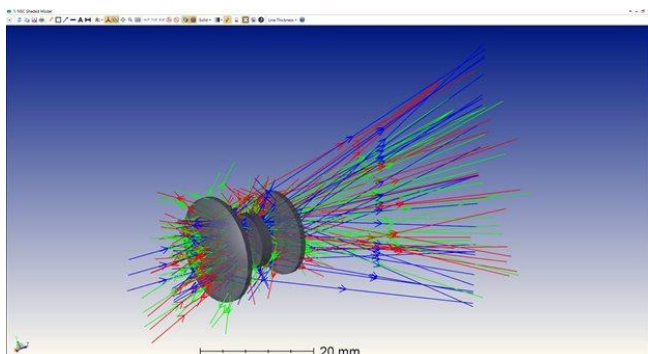
Charakteristika problematiky:

Existuje množství parametrů ovlivňujících efektivitu detekce pomocí kamerových detektorů. Ve snaze optimalizovat schéma detekce vybraných kamerových detektorů a zvýšit jejich SNR je třeba dohlédnout parametry jednotlivých kamer a kalibrovat jejich hodnoty (linearita čipu, fotonová kapacita, aj.).

Cíl práce:

Cílem práce je posouzení parametrů kamer relevantních pro účinnou obrazovou detekci, simulovat jejich vliv na vyhodnocení obrazu, vyhodnotit vliv, proměřit / kalibrovat vybrané parametry. Sestavit aparaturu pro kalibraci kamer a experimentálně ověřit.

9. Simulace rozptylu světla pro analýzy stray light optických soustav



Charakteristika problematiky:

Pro zajištění optimální funkce optických soustav je nezbytné provádět tzv. *stray light* analýzy, tedy analýzy parazitních odrazů a rozptylů světla vznikajících jak na optických prvcích, tak na jejich mechanických částech, včetně tubusů a nosných konstrukcí. Tyto parazitní odrazy a odlesky mohou významně

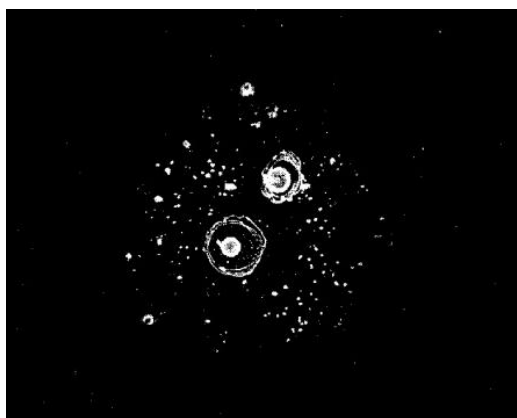
degradovat kvalitu výsledného obrazu a snižovat využitelný signál v obrazovém poli.

Analýza a potlačení *stray light* představuje proto zásadní součást návrhu a optimalizace moderních optických systémů, zejména v aplikacích s vysokými nároky na kontrast, přesnost měření a věrnost zobrazení.

Cíl práce:

Cílem diplomové práce je prostudovat teoretické přístupy k modelování rozptylu světla a na jejich základě vybrat vhodný model pro simulace *stray light* při analýze a návrhu optických soustav. V praktické části práce budou experimentálně stanoveny charakteristiky rozptylu světla na vybraných materiálech (např. hliník, nerezová ocel apod.) s různými povrchovými úpravami. Získaná data budou následně implementována do prostředí optických návrhových programů, jako jsou **SPEOS** nebo **LightTools**, za účelem provedení simulačních analýz a ověření vlivu povrchových vlastností na vznik a potlačení *stray light* v optických systémech.

10. Odolnost a životnost optických elementů



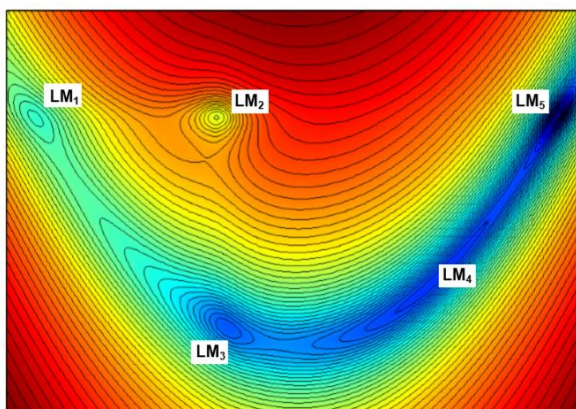
Charakteristika problematiky:

Životnost a odolnost optických elementů je jednou z klíčových charakteristik ke správné funkci optických zařízení, zejména těch, pracujících s laserovým zářením. Speciálně v oblasti laserových pulsů, při zkracování délky pulsů a zvyšování výkonu v pulsu. Odolnost a životnost závisí na mnoha parametrech jako je kvalita a návrh optických vrstev, mikrodrsnost optických povrchů, degradace materiálů (skla), aj.

Cíl práce:

Cílem práce je vytvořit studijní materiál pro oblast odolnosti a životnosti optiky, studovat interakce záření a látky, vliv jednotlivých parametrů na odolnost a životnost, klíčové parametry a jejich vliv simulovat v dostupných SW nástrojích (Zemax, Mathematica, MacLeod, aj.) a následně experimentálně ověřit některé z parametrů.

11. Algoritmy globální optimalizace optických soustav



Charakteristika problematiky:

Optimalizační procesy návrhu optických soustav jsou kritickou částí řetězu optického designu, kdy Správné sestavení meritní optimalizační funkce a hledání jejího minima vedou k nalezení nejvhodnější optické soustavy pro dané vstupní parametry. Současné přístupy v optických návrhových programech uvažují většinou lokální optimalizaci, kdy úspěch nalezení nejlepšího řešení je velmi závislý na počátečním optickém návrhu.

Cíl práce:

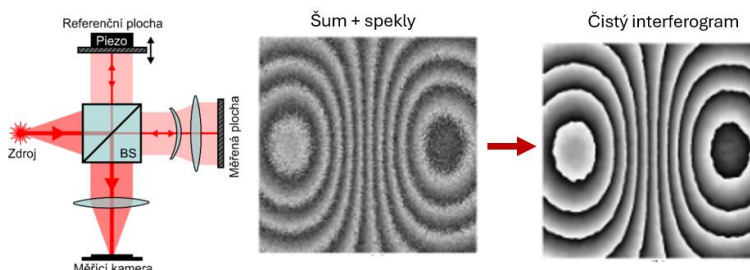
Cílem této práce bude řešit obecných algoritmů globální optimalizace s následným výběrem vhodného algoritmu pro hledání globálního minima optické meritní funkce. Tento bude následně implementován v softwaru numerických analýz (Python, Mathematica nebo C#) a zkombinuje přímý přístup k optickému návrhovému softwaru Zemax, zde využitý „pouze“ pro raytracing.

12. Analýza deformací optických prvků pomocí strojového učení

Charakteristika problematiky:

Interferometrické metody, založené na demodulaci interferenčního záznamu z interferogramů pomocí metod časového krokování fáze, patří mezi nejpreciznější metody detekce tvaru ploch. Metoda využívající

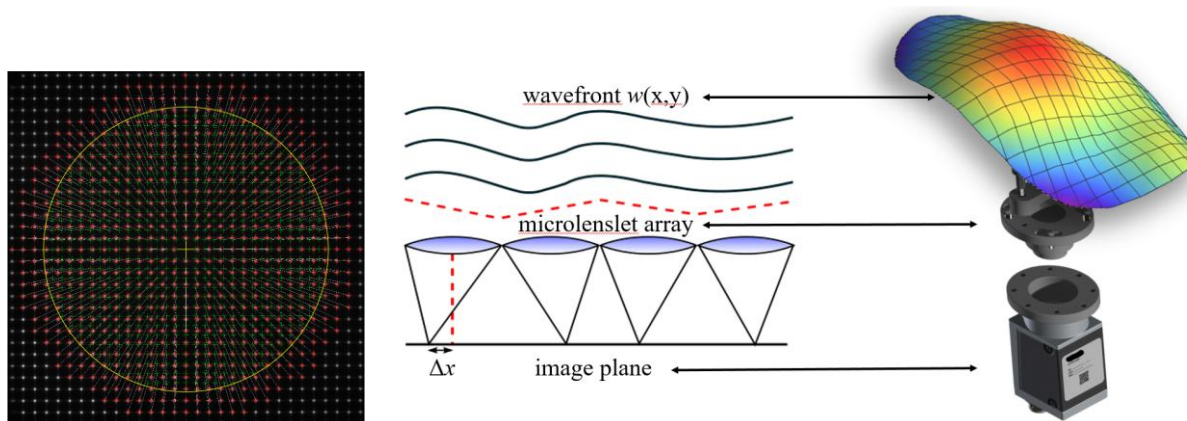
časového krokování fáze dokáže rekonstruovat interferogramy i s malým kontrastem, metoda je ale citlivá vibrace při dílčích záznamech, koherenční artefakty a šum přítomný v interferogramu. Těchto chyb je těžké se zbavit běžnými metodami. Metody strojového učení nabízí nové možnosti, jak tyto chyby eliminovat, a zvýšit tak rekonstrukční přesnost měření.



Cíl práce:

Cílem této diplomové práce je aplikovat metody strojového učení, zejména hluboké neuronové sítě, k detekci a eliminaci chyb v interferometrickém měření optických prvků. Konkrétně se zaměří na redukci šumu, odstranění koherenčních artefaktů a detekci vibrací v interferenčních záznamech. Hlavním výstupem práce bude implementace a testování neuronových sítí s cílem minimalizovat tyto chyby, a tím zlepšit přesnost a spolehlivost rekonstrukce tvarů ploch. Pro implementaci neuronových sítí budou využity moderní knihovny Keras a TensorFlow, které poskytují efektivní prostředí pro trénování a aplikaci strojového učení.

13. Nelineární Shack-Hartmannův senzor



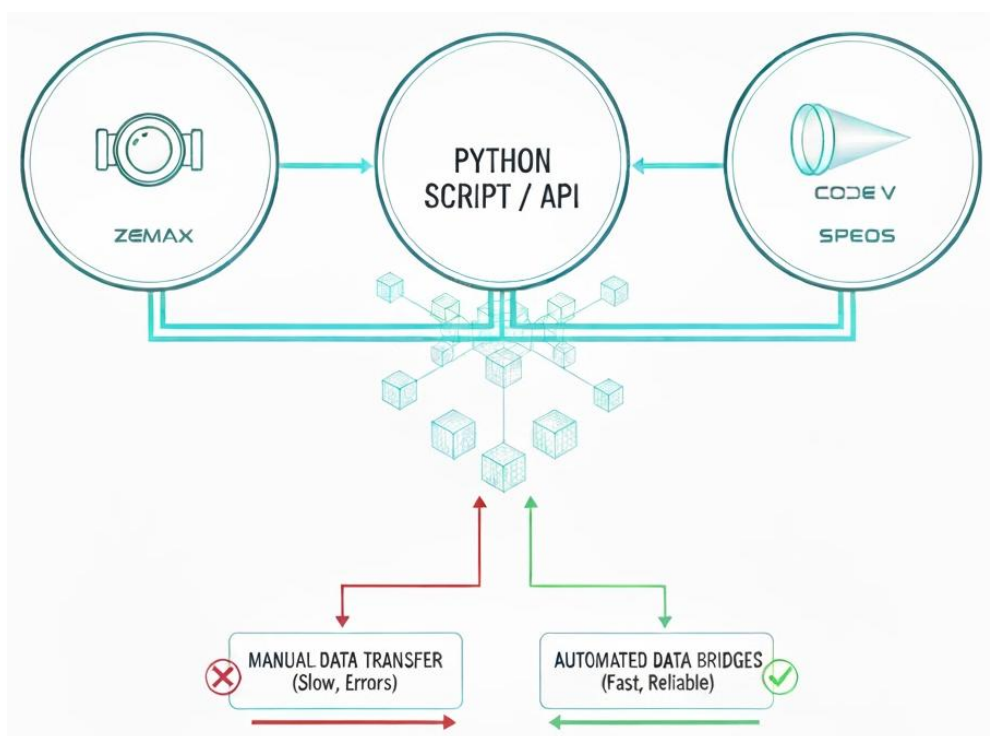
Charakteristika problematiky:

Shack-Hartmannův senzor slouží pro vyhodnocení vlnoplochy optických systémů a stal se nedílnou součástí metrologického zázemí optické výroby. Navržení nové generace senzoru a především jeho kalibrace využívající strojového učení a programovatelného deformovatelného zrcadla umožní operovat senzor v nelineárním režimu a znatelně zvýšit jeho přesnost při zachování dynamického rozsahu.

Cíl práce:

Cílem této diplomové práce je aplikovat metody strojového učení, zejména hluboké neuronové sítě k rekonstrukci vlnoplochy z takzvaného hartmann gramu. Student se seznámí s Shack-Hartmannovým senzorem, deformovatelným zrcadlem a principy strojového učení. Experimentálně realizuje kalibraci nelineárního Shack-Hartmannova senzoru ve zpětné vazbě na deformovatelné zrcadlo.

14. Automatizace přenosu dat vč. jejich integrace a validace mezi optickými ray-tracing a externími nástroji pomocí API



Charakteristika problematiky:

S narůstající složitostí průmyslových optických systémů roste potřeba provádět simulace a analýzy napříč více nástroji (Zemax OpticStudio, CODE V, Speos apod.) a zároveň do nich vkládat data reálných měření z výroby. Ruční převody dat jsou časově náročné a náchylné k chybám. Dostupné API (např. ZOS-API) spolu s např. Python umožňuje vytvořit automatizované datové mosty a ověřit konzistenci převodů mezi SW i s měřenými daty.

Cíl práce:

Cílem práce je navrhnout a implementovat Python-based modul pro automatizovaný přenos, integraci a základní validaci dat mezi Zemax-CODE V a vybranými externími nástroji, demonstrovat import reálných měření do simulačního workflow a ověřit konzistenci převodů na jedné sadě reálných návrhů. Výstupem bude funkční skript/služba, testovací sada dat a krátká dokumentace k nasazení do praxe.

15. Citlivostní odezva a optimalizace optických systémů pomocí metamodelů a nástroje optiSLang



Charakteristika problematiky:

Klasické optimalizace v rámci dostupných ray-tracing nástrojů nabízí dostatečný základ pro tvorbu a úpravu optických designů nejrozličnějších typů a složitostí. Avšak existují i nástroje, které dokáží tyto designy optimalizovat a posuzovat citlivosti jejich parametrů robustněji, jako např. optiSLang a jeho AMOP (Adaptive Metamodel of Optimal Prognosis). Tento či jiné metamodely umožňují rychlé aproximace chování systému, identifikaci kritických parametrů a efektivní hledání návrhů pro minimální či vhodně rozložené citlivosti na jednotlivé parametry výroby optických komponent nebo jejich uložení do mechaniky.

Cíl práce:

Cílem práce je postavit a vyhodnotit metamodely v optiSLang pro vybrané průmyslově orientované optické designy v Zemax OpticStudio, provést citlivostní analýzu a robustní optimalizaci pomocí AMOP a porovnat výsledky s klasickým postupem. Výstupem budou metamodely, analýzy citlivosti, optimalizované návrhy a doporučení pro integraci do vývojového procesu.