



ČESKÁ
OPTIKA
2018

Nové trendy v oblasti optického super-rozlišení

Jaroslav Řeháček

UP



ČESKÁ
OPTIKA
2018

Úvod

Meopta-optika jako klíčový průmyslový partner katedry optiky UP

- studijní programy (Digitální a přístrojová optika)
- zpětná vazba (Bohumil Stoklasa, Libor Mořka ...)
- společné projekty

Centrum digitální optiky (Ramanova spektroskopie, digitální zobrazování, multi-senzorické a hyperspektrální systémy, S-H detekce)

GAČR

NCK – Centrum elektronové a fotonové optiky (doufejme)



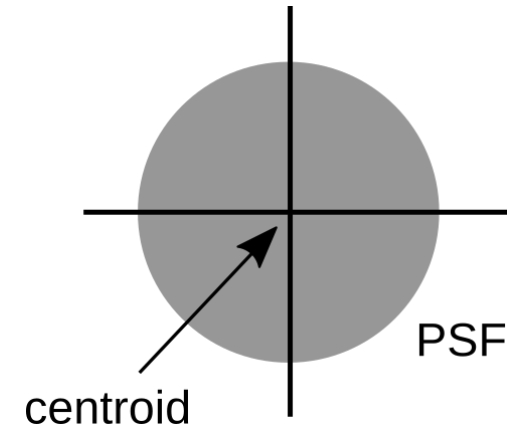
ČESKÁ
OPTIKA
2018

Lokalizace

lokalizace bodového zdroje

- libovolně přesná lokalizace
- měření intenzity (CCD) dosahuje kvantové meze
- např. astrometrie (Gaia), fluorescenční mikroskopie

informace o centroidu nezávisí na poloze zdroje





dva bodové nekoherentní zdroje, např. dvě hvězdy

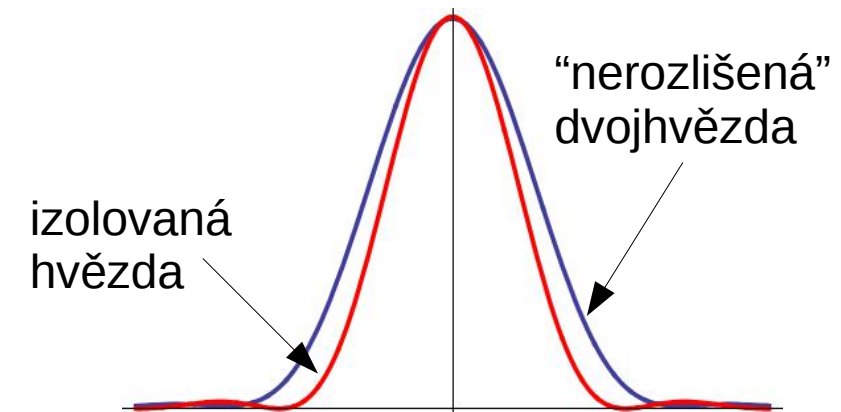
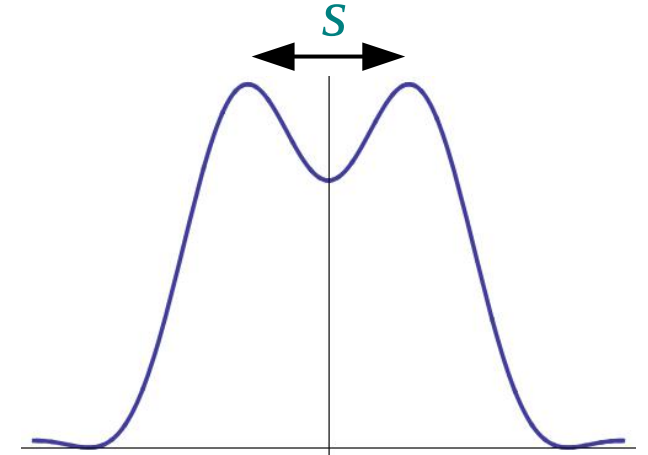
– měření separace

– standardní rozlišovací kritéria (Rayleigh)
nelze aplikovat na pokročilé zpracování signálu

– teorie detekce

– v principu lze měřit libovolně malé separace
libovolně malým přístrojem

Rozlišení





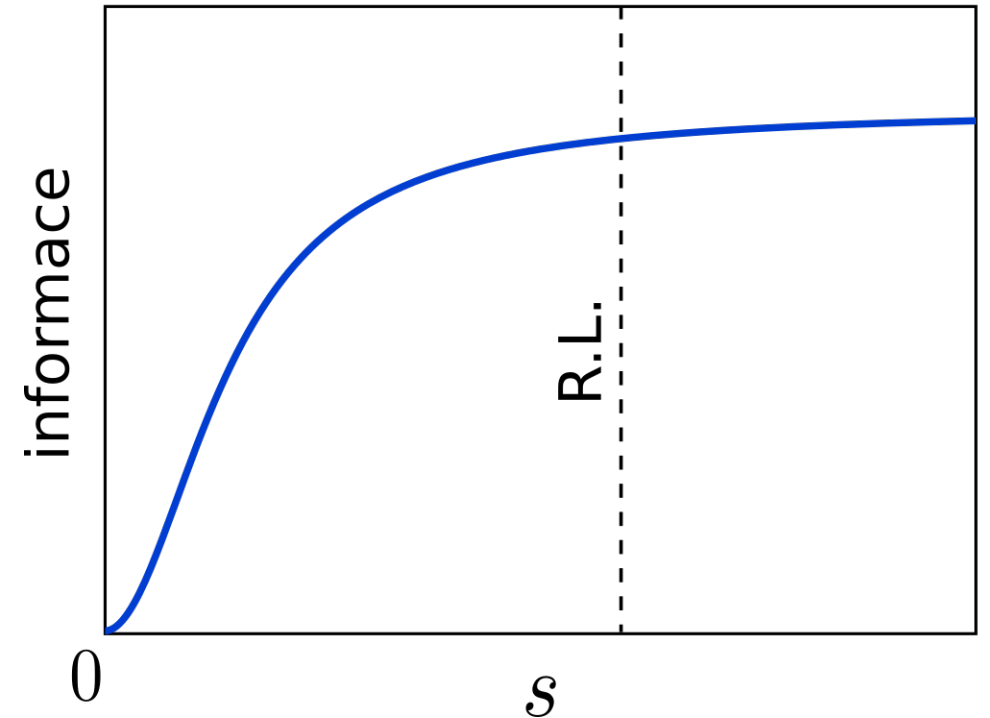
jaký je tedy skutečný význam Rayleighova kritéria?

oblast standardního rozlišení

- rozlišení se chová jako lokalizace
- snadné

oblast super-rozlišení

- informace o separaci mizí
- těžké

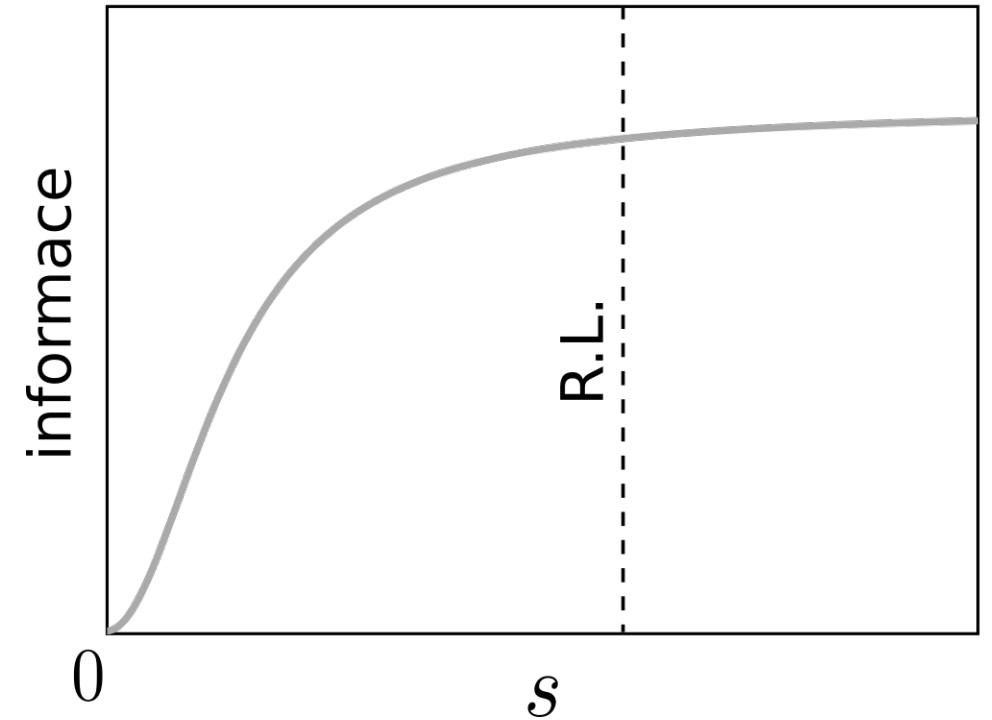
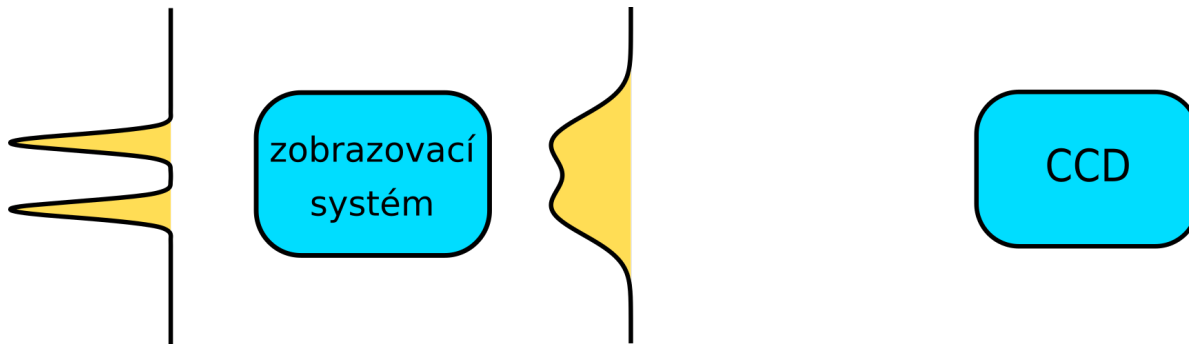




ČESKÁ
OPTIKA
2018

Optimální detekce

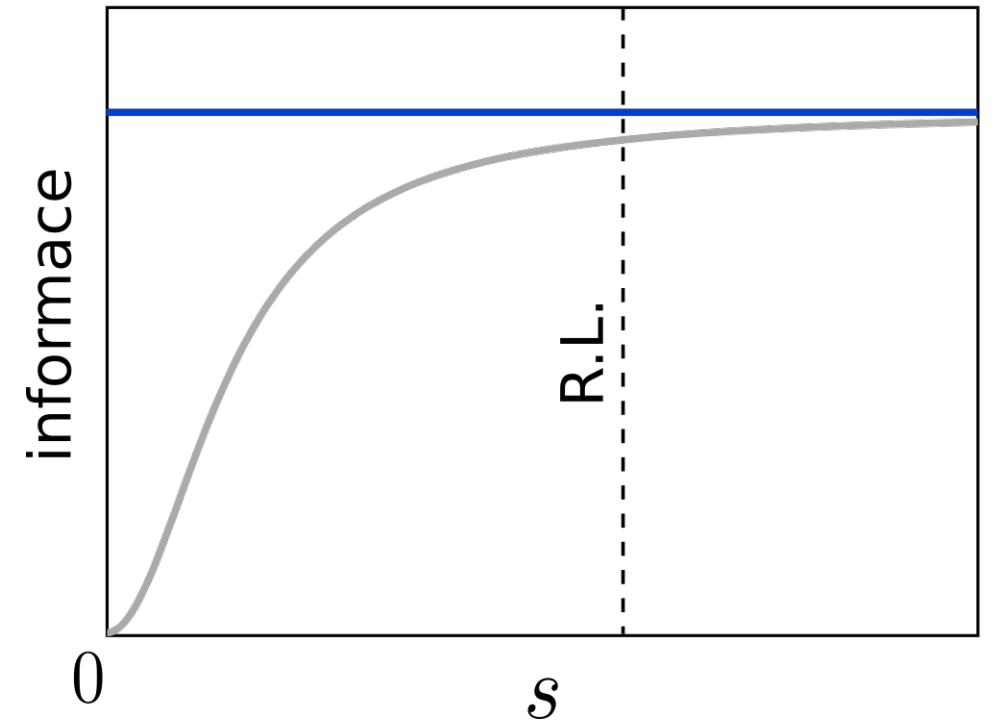
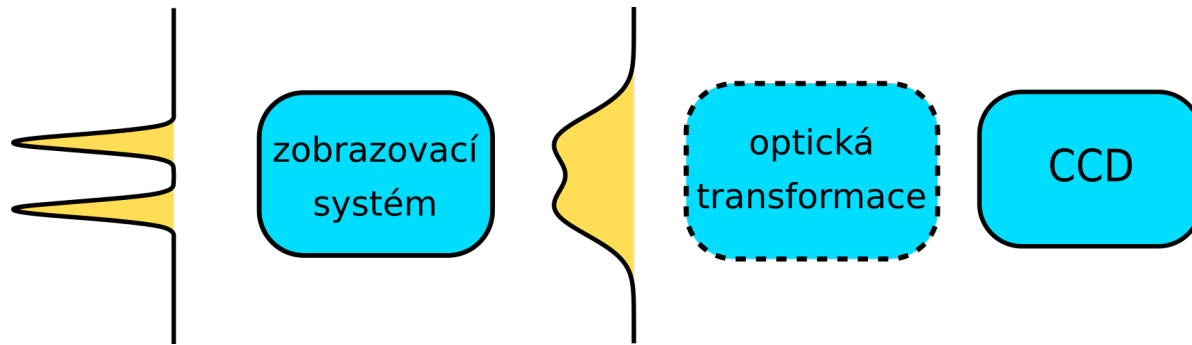
informace dosažitelná optimální detekcí





Optimální detekce

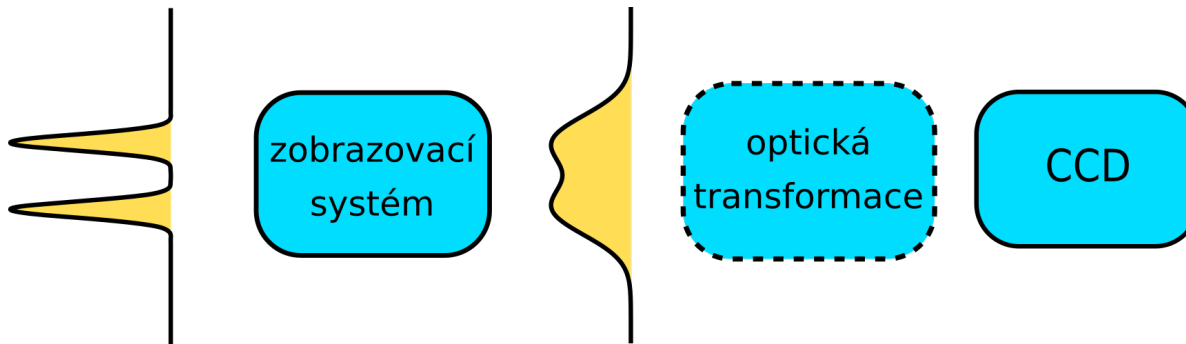
informace dosažitelná optimální detekcí





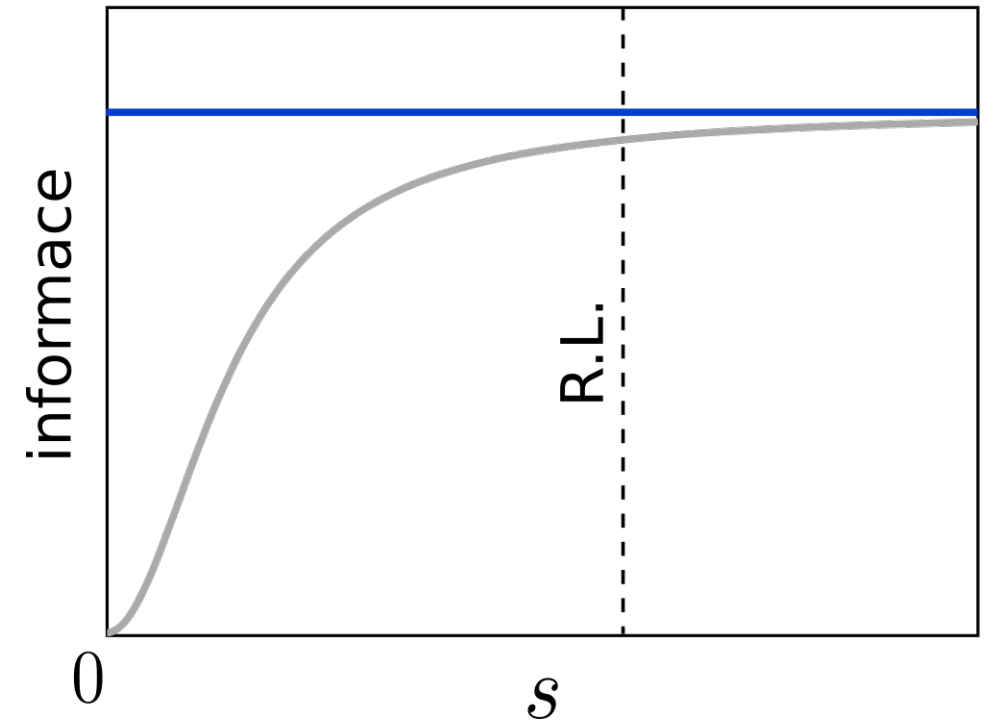
Optimální detekce

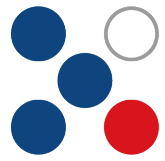
informace dosažitelná optimální detekcí



optimální detekce

- efektivně mění rozlišení na lokalizaci
- lze realizovat metodami digitální holografie





ČESKÁ
OPTIKA
2018

Potenciální aplikace

astronomie

- rozlišení těsných dvojhvězd a vícenásobných soustav
- detekce extrasolárních planet

spektroskopie

- rozlišení blízkých spektrálních čar

metrologie

- charakterizace optických svazků a soustav (např. v litografii)

klíčový prvek je současná projekce signálu do sady prostorových módů (módový demultiplexing)



- byly diskutovány principiálně nové techniky super-rozlišení
- obdobné postupy lze uplatnit pro měření dalších parametrů
- cílem je identifikovat a dosáhnout fyzikálních limitů metrologie
- tento výzkum je prováděn také ve spolupráci s firmou Meopta-optika v rámci projektů aplikovaného výzkumu



Tempering Rayleigh's curse with PSF shaping

MARTIN PAŮR,¹  BOHUMIL STOKLAŠA,¹ JAI GROVER,² ANDREJ KRZIC,² LUIS L. SÁNCHEZ-SOTO,^{3,4,*} 
ZDENĚK HRADIL,¹  AND JAROSLAV ŘEHÁČEK¹ 

¹Department of Optics, Palacký University, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, Czech Republic

²ESA—Advanced Concepts Team, European Space Research Technology Centre (ESTEC), Keplerlaan 1, Postbus 299, NL-2200AG Noordwijk, The Netherlands

³Departamento de Óptica, Facultad de Física, Universidad Complutense, 28040 Madrid, Spain

⁴Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts, Staudtstraße 2, 91058 Erlangen, Germany

*Corresponding author: lsanchez@fis.ucm.es

Received 25 May 2018; revised 24 August 2018; accepted 25 August 2018 (Doc. ID 332598); published 25 September 2018

It has been argued that, for a spatially invariant imaging system, the information one can gain about the separation of two

These experiments dispel Rayleigh's curse, but require sophisticated equipment. In this Letter, we revisit the scenario of direct