

Aplikace Support Vector Machine (SVM) v hromadné analýze dat z tokamaků

Michal Odstrčil

Mariánská 2012



Obsah

- 1 Učící se algoritmy - Disrupce
 - Support Vector Machine
 - Disrupce
- 2 MCF – Model Falsification criteria



Úvod

Výhody

- Široké možnosti použití i mimo fyziku
- Možnost realtime použití
- Schopnost předpovídat děje a odhadnout pravděpodobnost

Nevýhody

- Nutnost velkého objemu dat na učení
- Nízká rychlost učení



Obsah diplomové práce

- Rozbor algoritmů schopných předpovědi pravděpodobnosti
- Disrupce v tokamacích
- Predikce disrupcí v tokamacích
- Kriteria na výběr modelů



Obsah

- 1 Učící se algoritmy - Disrupce
 - Support Vector Machine
 - Disrupce
- 2 MCF – Model Falsification criteria



SVM - Support Vector Machine

Výhody

- Jednoduchý princip – nadplocha oddělující dvě skupiny dat
- Rychlá klasifikace
- Množství opensource algoritmů na internetu

Nevýhody

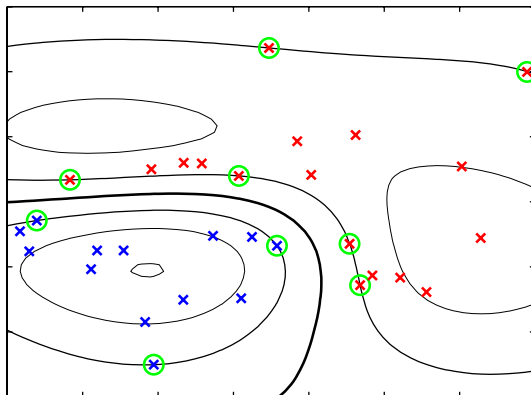
- Pomalejší učící část
- Složitost roste s N^3 (až N^2)
- Nelze určit pravděpodobnost správné klasifikace
- Pouze dvě skupiny dat
- Složitost predikce obecně $\approx N$

$$y(\vec{x}) = \sum_{n=1}^N a_n t_n k(\vec{x}, \vec{x}_n) + b$$



SVM - Support Vector Machine

Nelineárně separovaná data - oddělené „plochou“



Zdroj [1]



Obsah

- 1 Učící se algoritmy - Disrupce
 - Support Vector Machine
 - Disrupce
- 2 MCF – Model Falsification criteria



Operační limity

- current limit – $Q95 > 2$
- density limit – $n/n_G W \lesssim 3$
- pressure limit – $\beta_N \lesssim 3.5$
- Locked modes
- Too fast plasma current ramp up
- Plasma current ramp down with high I_i

+ selhání hardwaru, VDE, ...



Důležité disruptivní parametry

Q95	Safety factor
I_p	Plasma current
n_{GW}	Greenwald density
n_e	Electron density
B	Toroidal magnetic field
B_p	Beta poloidal
LOCK	Locked modes amplitude
I_i	Plasma internal induction



Disrupce na JETu

JET Disruption Classes			%
Impurity (control problems)	NC		18.7
Density control problems	IMC		15.6
Auxiliary power shut-down (H-L)	ASD	0.04-0.8s	10.0
Fast emergency shut-down	FSD	0.1->2s	9.6
Neo-classical tearing mode	NTM	0.1->2s	8.2
Shape control problems	SC		6.0
Current ramp-up	IPR		5.9
(Low density) Error field mode	EFM	0.1-1s	5.6
Strong internal transport barrier	ITB	0.01-0.05s	5.1
Vertical stability control problem	VSC	0.02-0.1s	4.6
Greenwald limit	GWL	0.05-0.8s	2.4
No clear classification			8.2



Výsledky pro SVM

Použité vstupy:

IPLA, LOCK, INDU, POWT, BTPD, mean(diff)-IPLA,
std(diff)-LOCK, std(diff)-IPLA, std(diff)-PPOZ

Nepoužité vstupy:

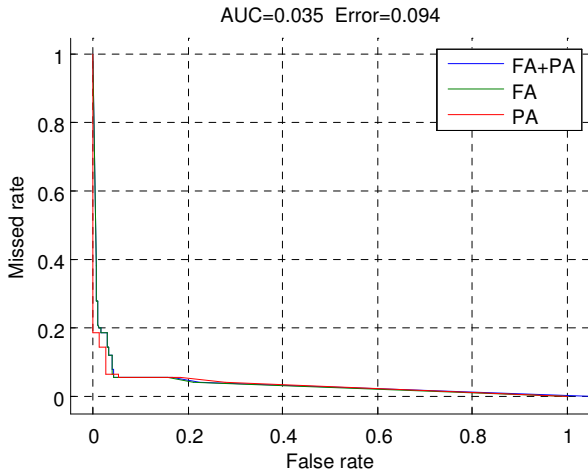
DENS, WDIA, PPOZ, TOPO

Výsledky:

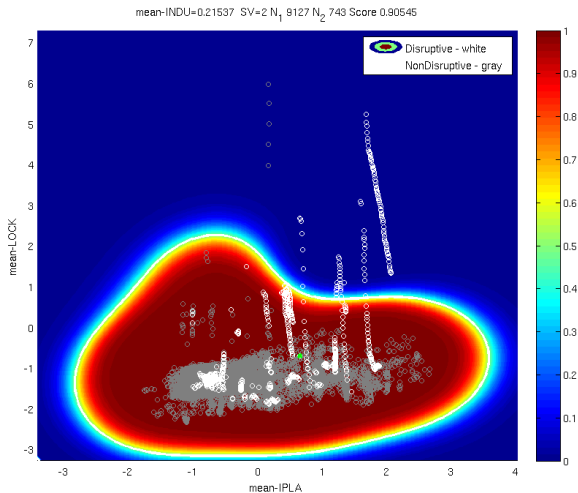
1293	Nedisruptivních výstřelů
60	Disruptivních výstřelů
5%	Missed alarms
7%	False alarms
7%	Premature alarms
26%	JPS missed



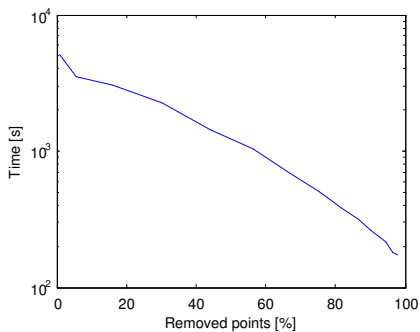
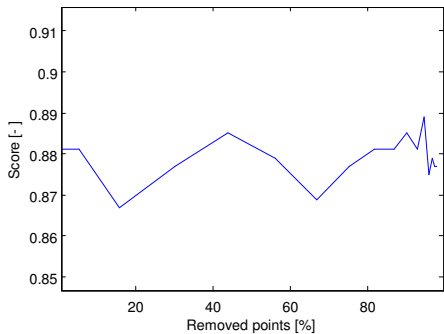
Výsledky pro SVM – Detection error tradeoff (DET)



Výsledky pro SVM



SVM - zrychlení učení



SVM – problémy při aplikaci na disrupce

Technické problémy

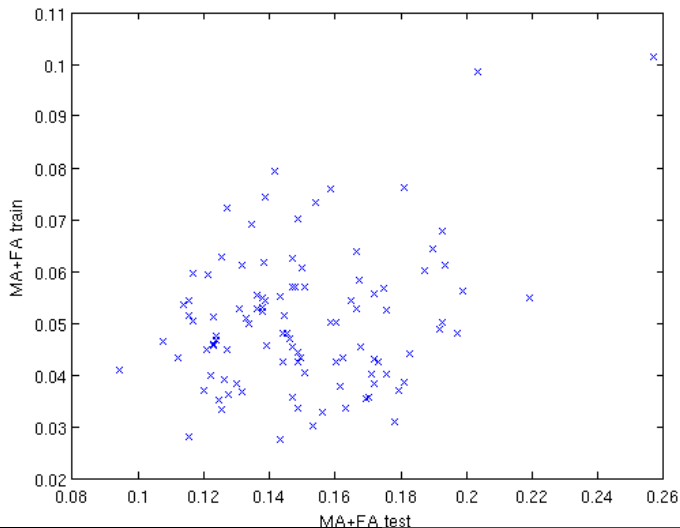
- Závislost bodů v časové posloupnosti
- Obrovské množství dat pro učení/testování
- Velmi málo disruptivních dat (nevyvážené skupiny)
- Velká korelace mezi výstřely
- Chyby ve vstupních datech, outliers v nedisr. datech

Technické problémy

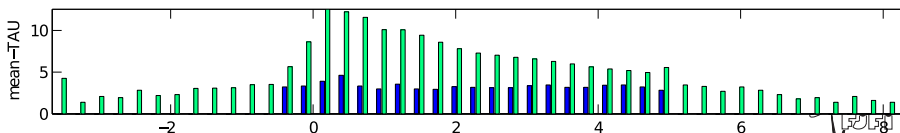
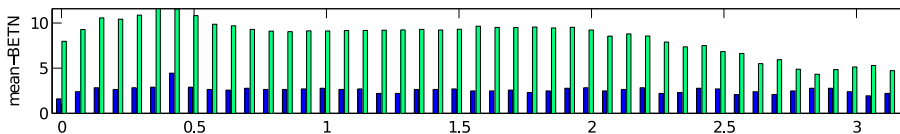
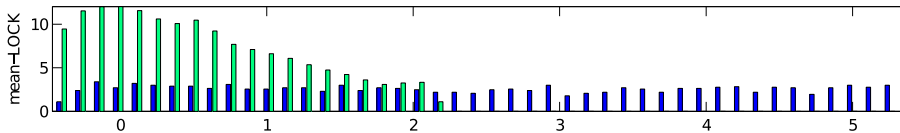
- **Výběr nejlepšího modelu**
- Učení přes celý výboj



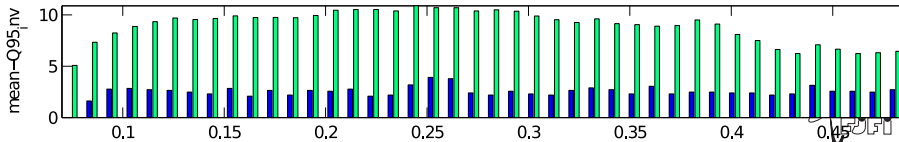
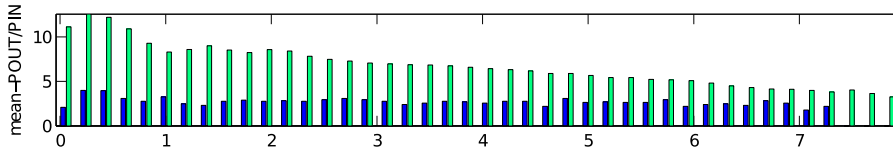
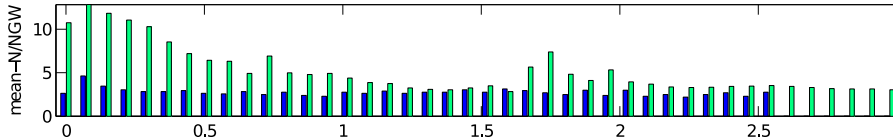
Korelace mezi učící / testovací sadou



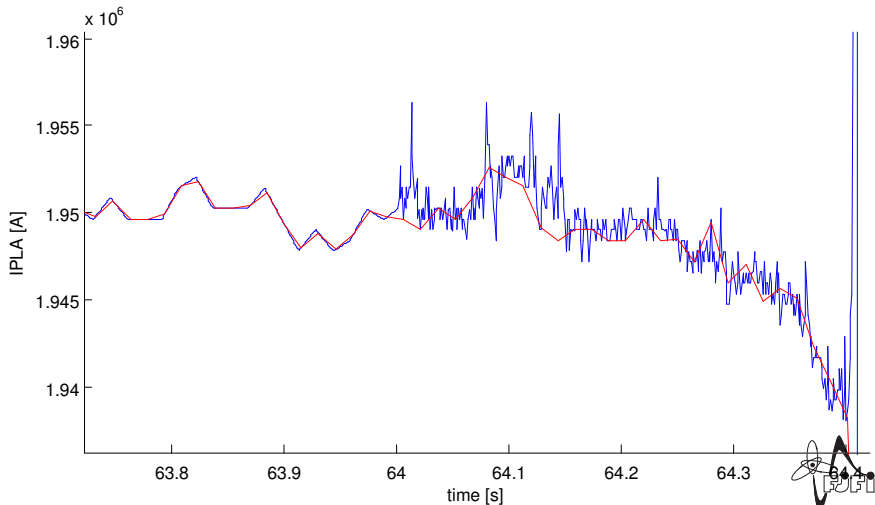
Histogramy



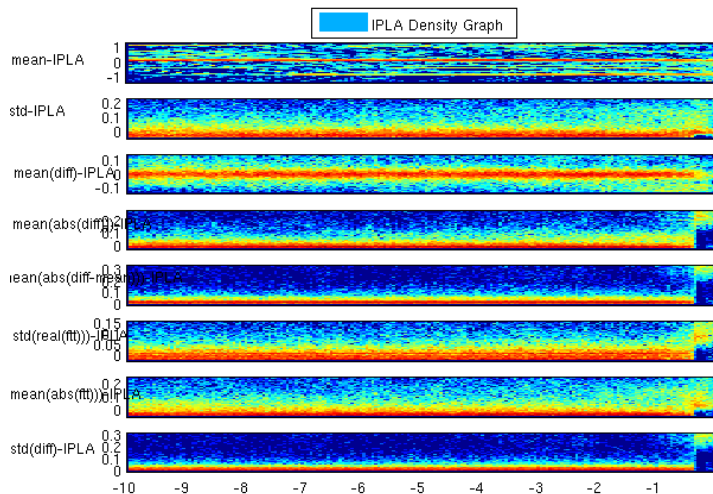
Histogramy



Problémy s preprocessingem



Problémy s preprocessingem



Model Falsification criteria

AIC

$$AIC = n \ln \sum r^2 + 2n_{par}$$

BIC

$$BIC = n \ln \sum r^2 + n_{par} \ln n$$

SRM

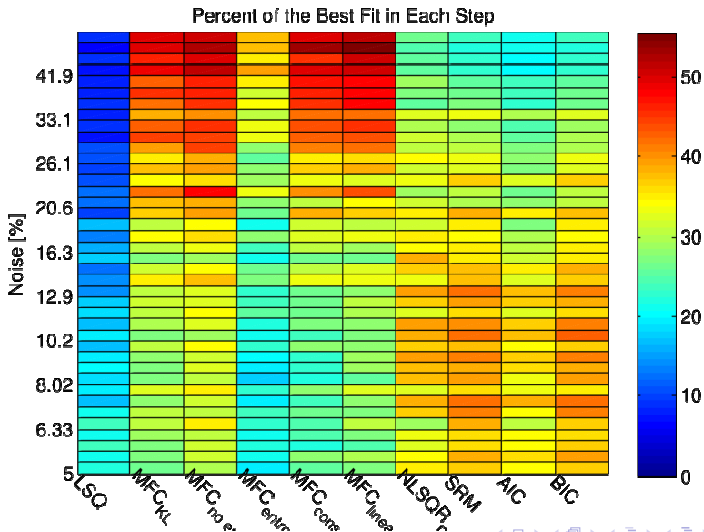
$$SRM = \sum r^2 \left(1 - \sqrt{\frac{h}{n} - \frac{h}{n} \ln \frac{h}{n} + \frac{n}{2n}} \right)_+^{-1}$$

MFC

$$MFC = \max_j \sum_i ((f(x_i, \mathbf{a}_j + \delta_{ij}) - y_i)^2$$



MCF výsledky



Závěr

- Urychlení učení $>1000\times$
- Podařilo se zničit cizí práci
- Žádná korelace mezi učící a testovací sadou
- Nepodařilo se prokázat operation limits



Další informace I



C.M.Bishop

Pattern Recognition and Machine Learning



V.Vapnik

The Nature of Statistical Learning Theory

