



B-tagging

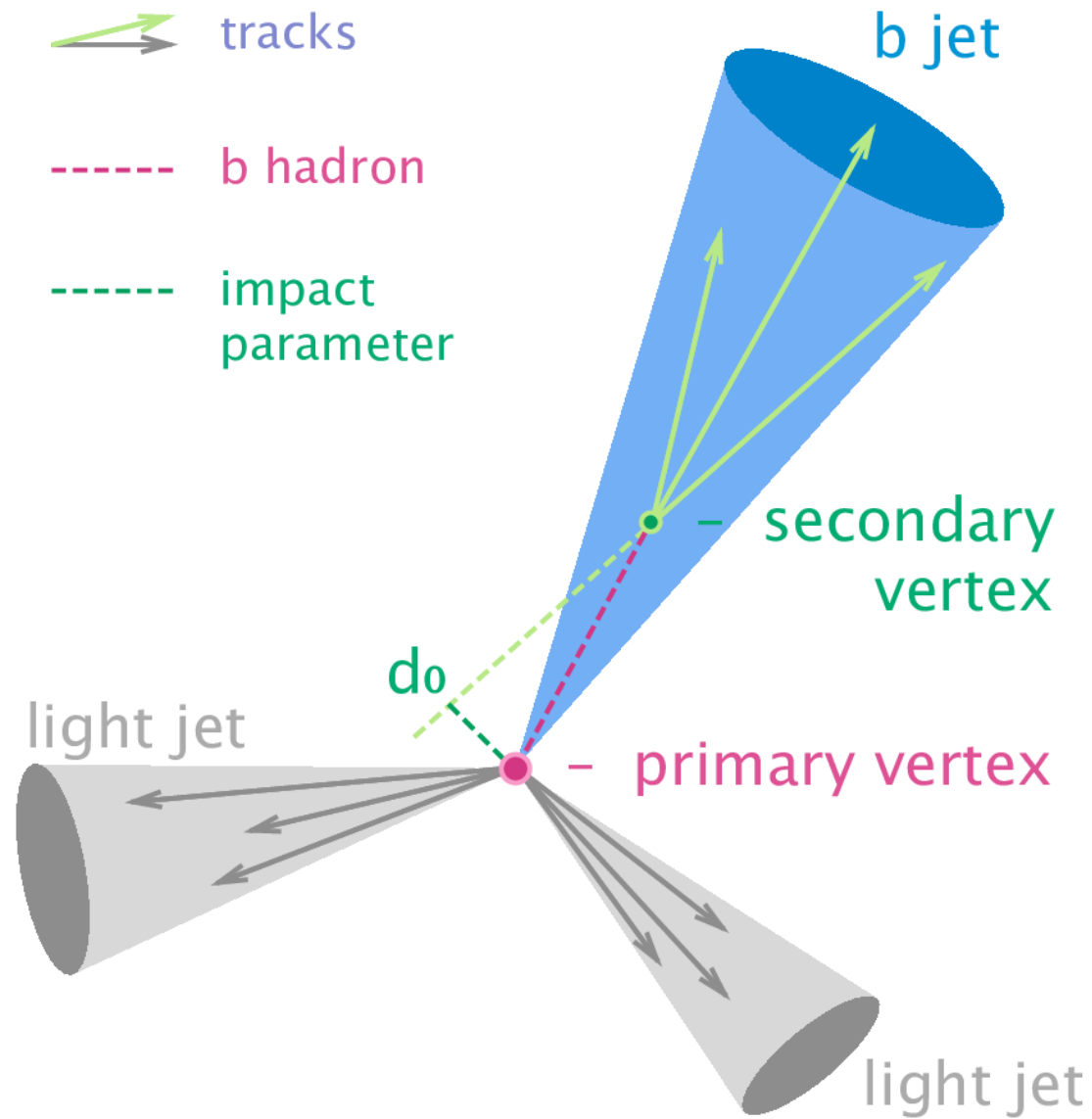
ili identifikacija b-jetova na LHC-u koristeći neuronske mreže

Luka Klinčić

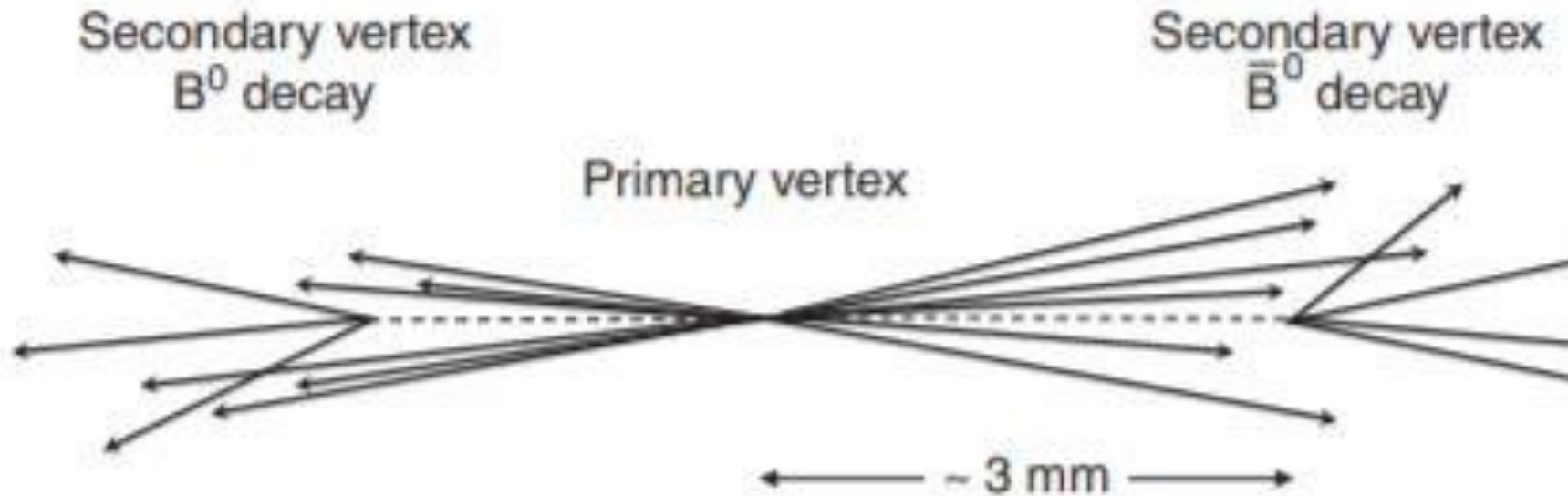
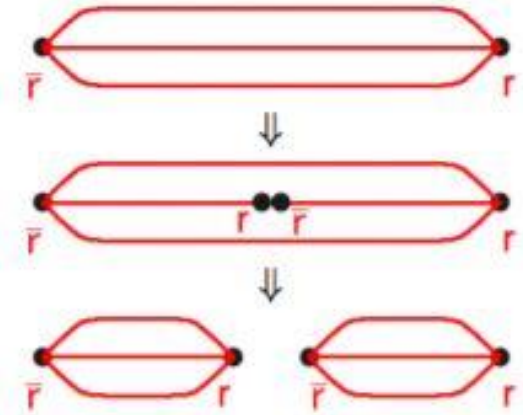
Mentori: doc.dr.sc. Nikola Poljak i

Marko Jerčić

B-jetovi



- mlazovi čestica nastali **hadronizacijom**
- B-jetovi – mlazovi potekli od bottom kvarkova
- vrijeme života $\approx 1.5 \times 10^{-12} \text{ s}$
- specifičnost – sekundarni verteks



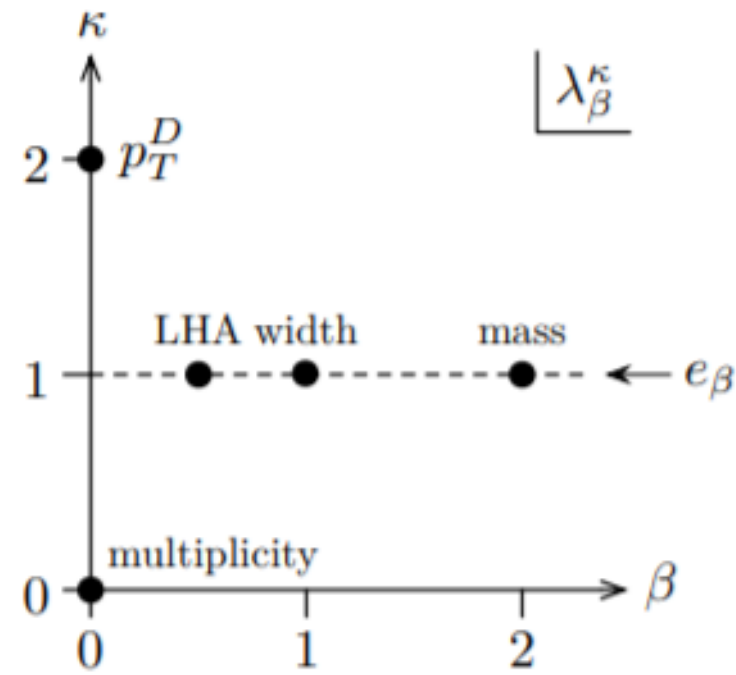
Parametri mlaza

- mjerimo transverzalni impuls, energiju, kut, rapiditet,...

- $\lambda_{\beta}^{\kappa} = \sum_{i \in jet} z_i^{\kappa} \vartheta_i^{\beta}$

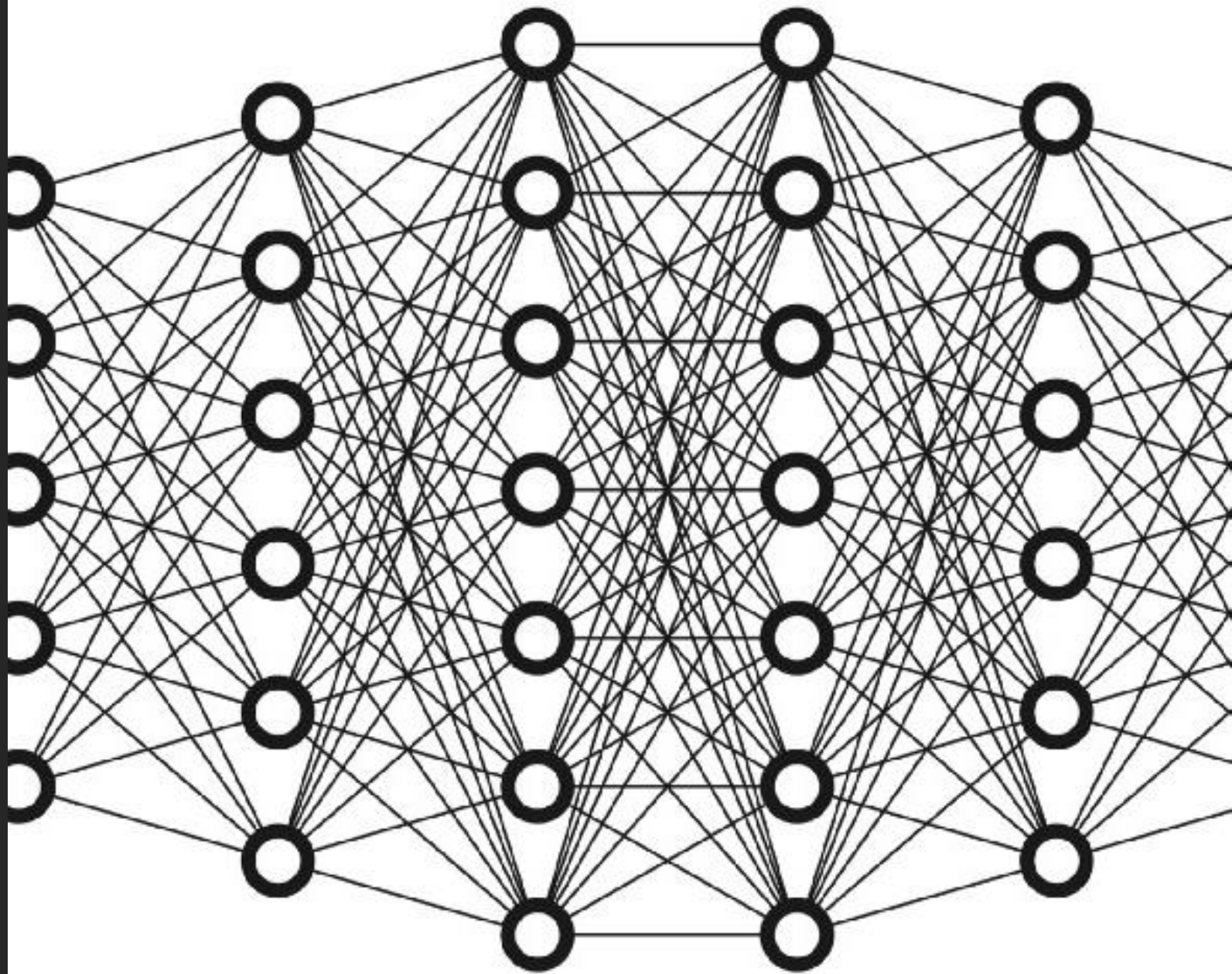
- eng. *generalized angularities*

- $\vartheta_i = \frac{p_{Ti}}{\sum_{j \in jet} p_{Tj}}$, $\vartheta_i = \frac{R_{i,n}}{R}$



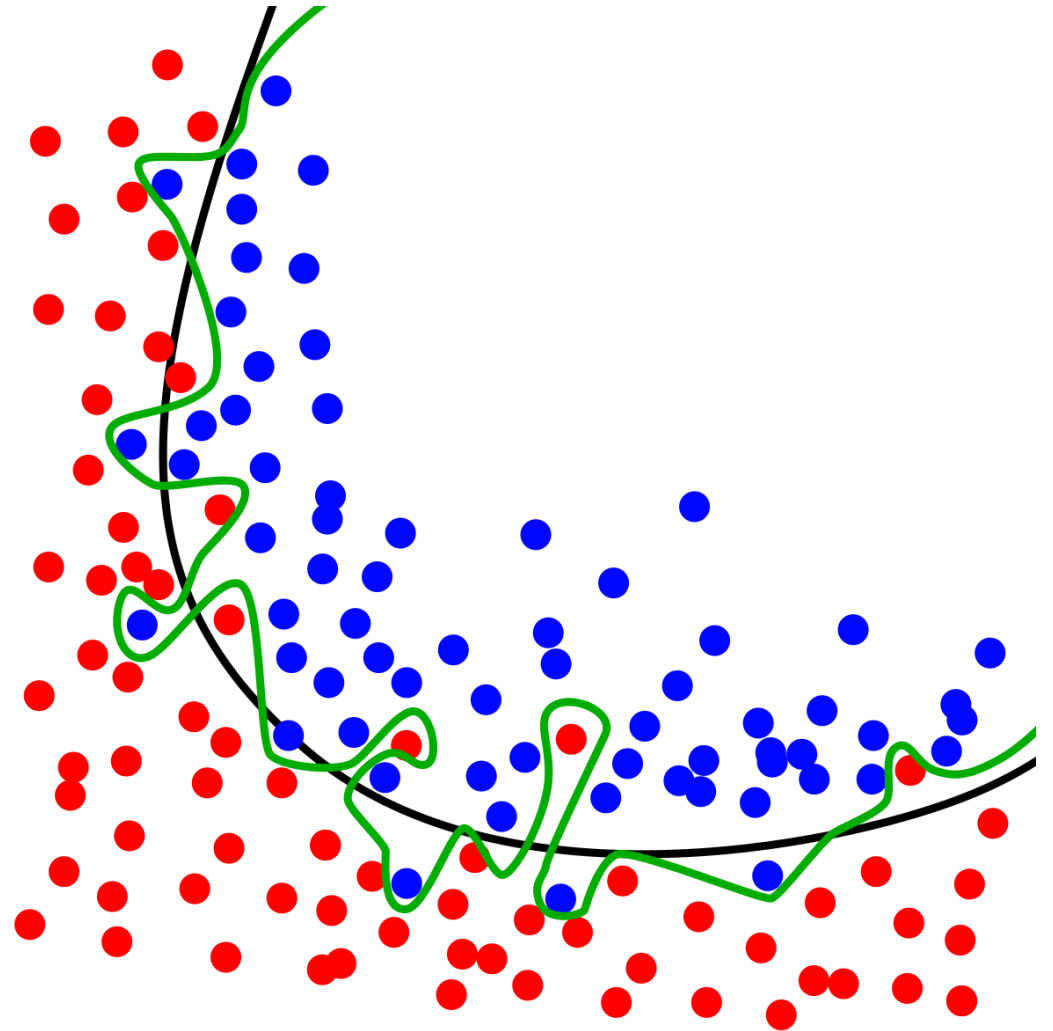
Cilj?

Neuronske
mreže



Strojno učenje

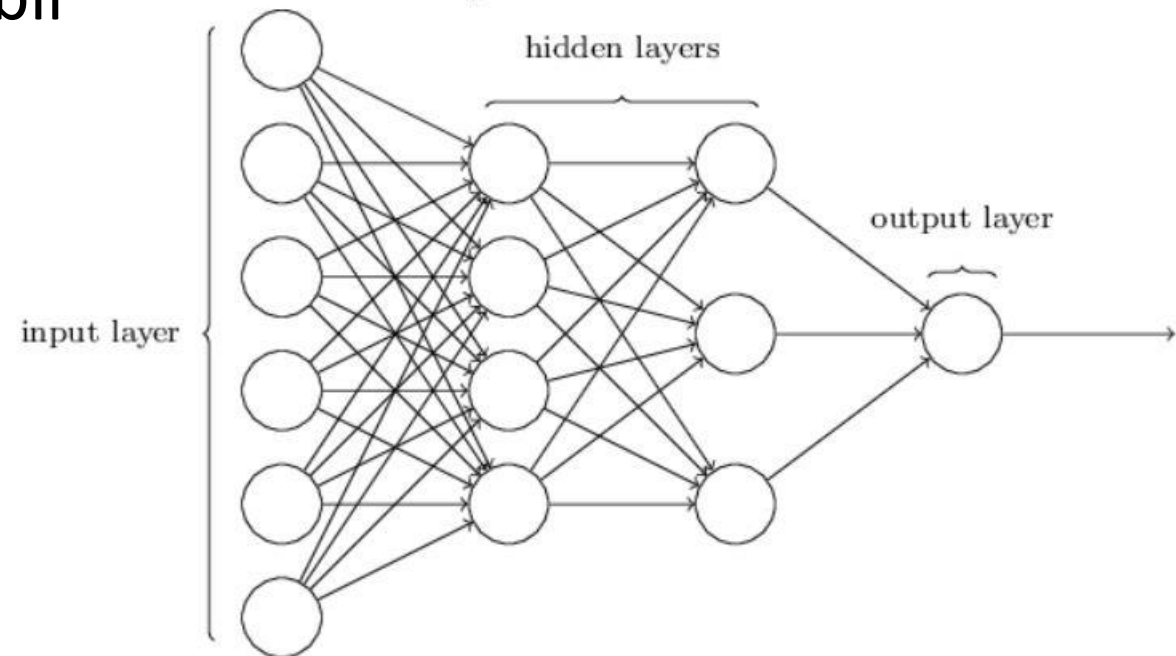
- podaci i uzorci umjesto seta naredbi
- „prilagodba na krivulju”
- učenje → procjena parametara
- optimizacija



Neuronske mreže

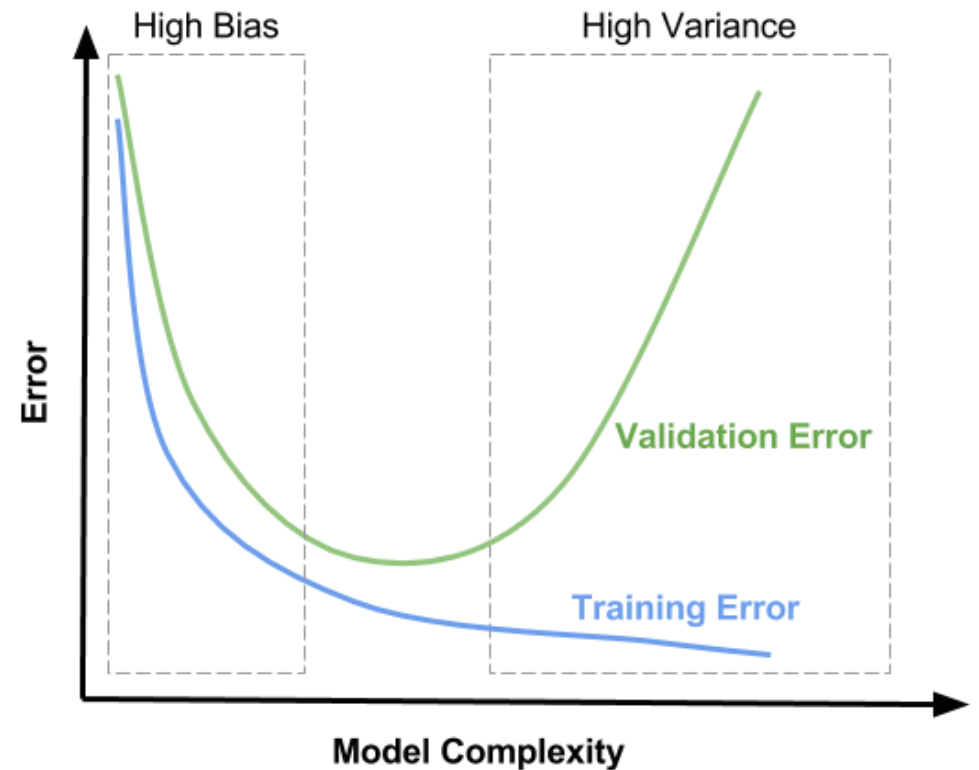
- inspirirano sinapsama među živčanim stanicama
- svaki neuron \rightarrow funkcija više varijabli
- parametri mreže = težinski faktori i pristranosti
- ulazni, skriveni i izlazni slojevi

$$\mathbf{x}^{(n+1)} = f(\mathbf{W}\mathbf{x}^{(n)} + \mathbf{b})$$



Neuronske mreže

- vrednovanje = usporedba izlaza mreže s oznakama podataka
- optimizacija = minimizacija funkcije gubitka
- podnaučenost vs prenaučенost
- unakrsna provjera
- regularizacija



Metoda

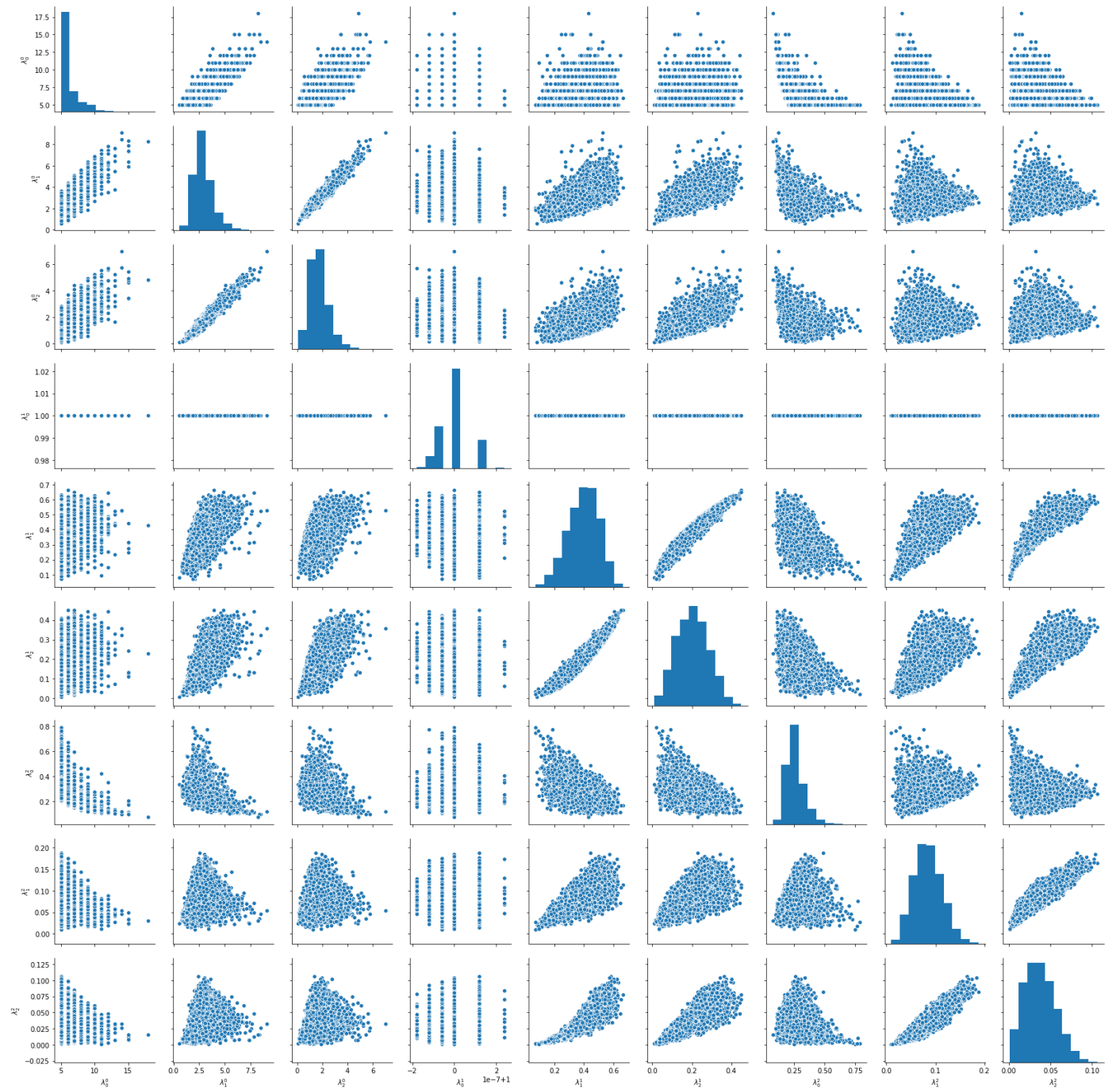
- učitavanje podataka
- razumijevanje i analiza podataka
- izgradnja mreže
- optimizacija parametara

Podaci

- 5478 umjetno generiranih primjera s PYTHIA-e
- 50-50 oznake
- skup 9 značajki (*generalized angularities*)

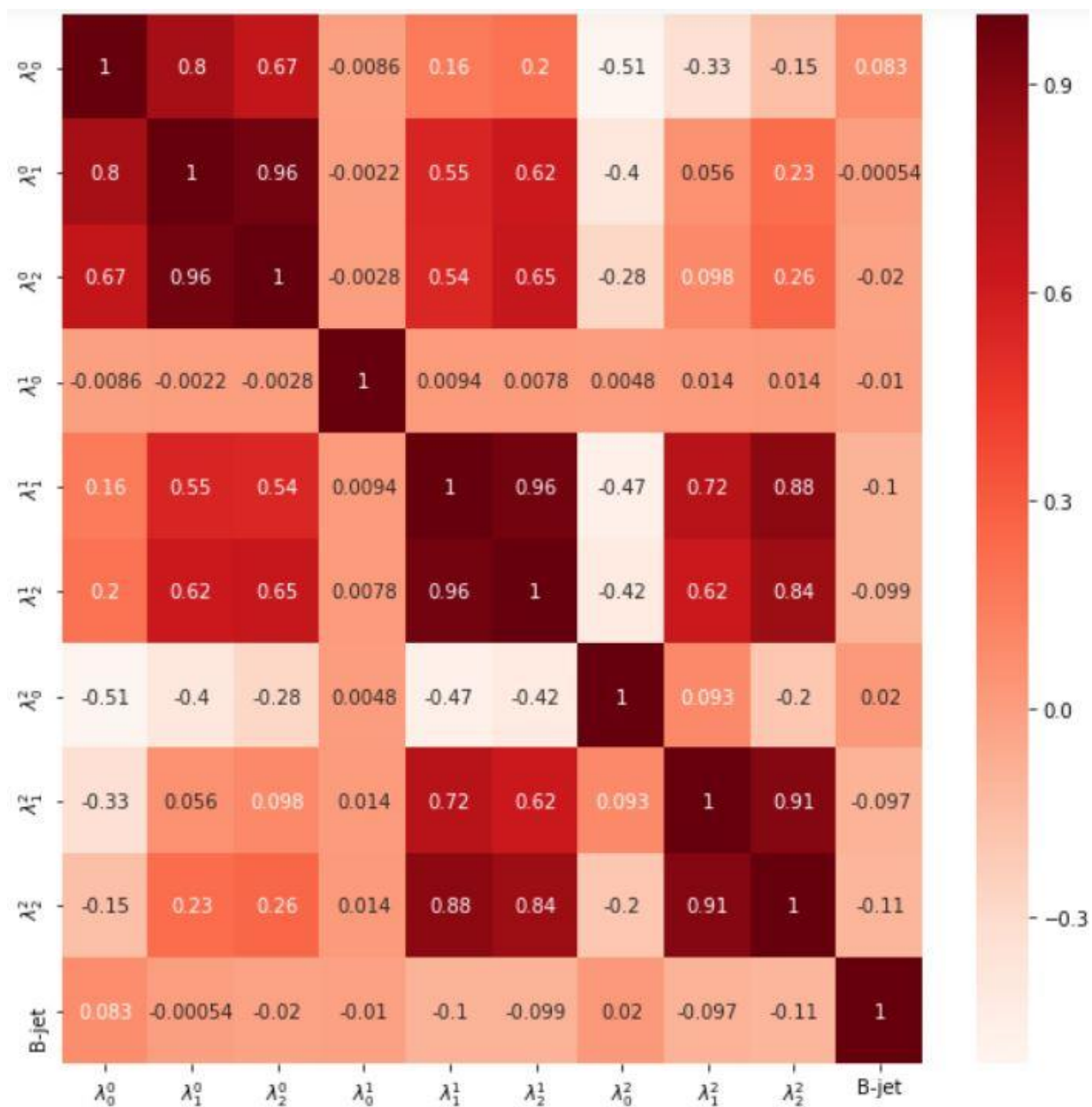
| | λ_0^0 | λ_1^0 | λ_2^0 | λ_0^1 | λ_1^1 | λ_2^1 | λ_0^2 | λ_1^2 | λ_2^2 | B-jet |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| count | 5478.000000 | 5478.000000 | 5478.000000 | 5.478000e+03 | 5478.000000 | 5478.000000 | 5478.000000 | 5478.000000 | 5478.000000 | 5478.000000 |
| mean | 6.061701 | 2.917876 | 1.744179 | 1.000000e+00 | 0.394265 | 0.203560 | 0.263143 | 0.085038 | 0.037589 | 0.500000 |
| std | 1.364884 | 0.949713 | 0.762121 | 6.462513e-08 | 0.103119 | 0.079772 | 0.079100 | 0.028560 | 0.018556 | 0.500046 |
| min | 5.000000 | 0.588933 | 0.093315 | 9.999998e-01 | 0.071170 | 0.008284 | 0.074152 | 0.009694 | 0.001135 | 0.000000 |
| 50% | 6.000000 | 2.762933 | 1.636655 | 1.000000e+00 | 0.401550 | 0.203063 | 0.250241 | 0.083448 | 0.035886 | 0.500000 |
| max | 18.000000 | 9.116858 | 6.999252 | 1.000000e+00 | 0.662898 | 0.450626 | 0.788921 | 0.188065 | 0.106308 | 1.000000 |

- grafički prikaz distribucije parova značajki



- odabir bitnih značajki
- sprječavanje multikolinearnosti
- koeficijent korelacije

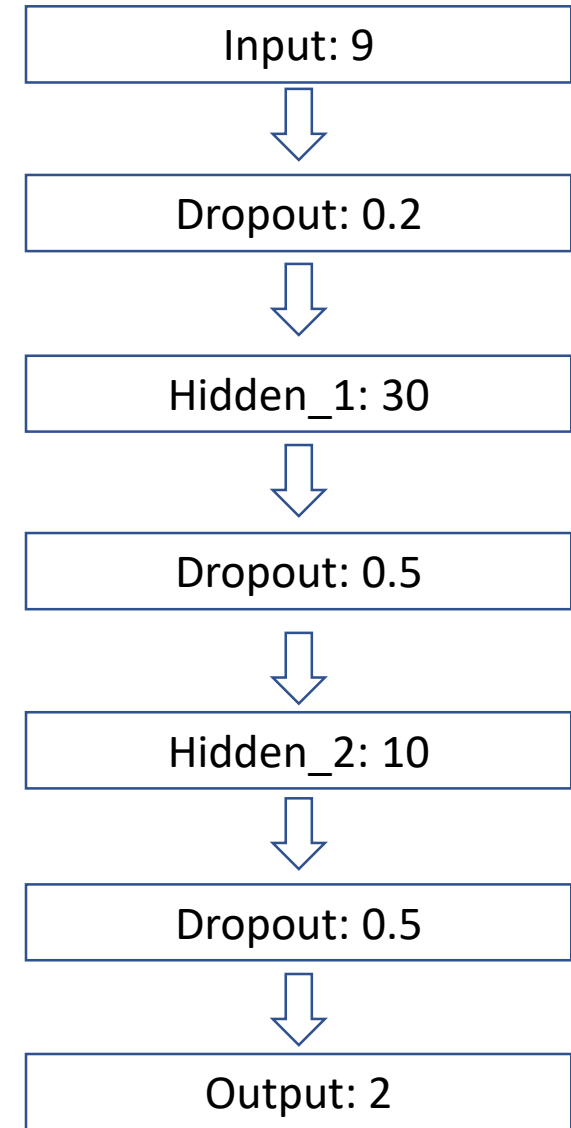
$$r = \frac{\text{cov}(\lambda_j^i, \lambda_l^k)}{\sigma_{\lambda_j^i} \sigma_{\lambda_l^k}}$$



Arhitektura mreže

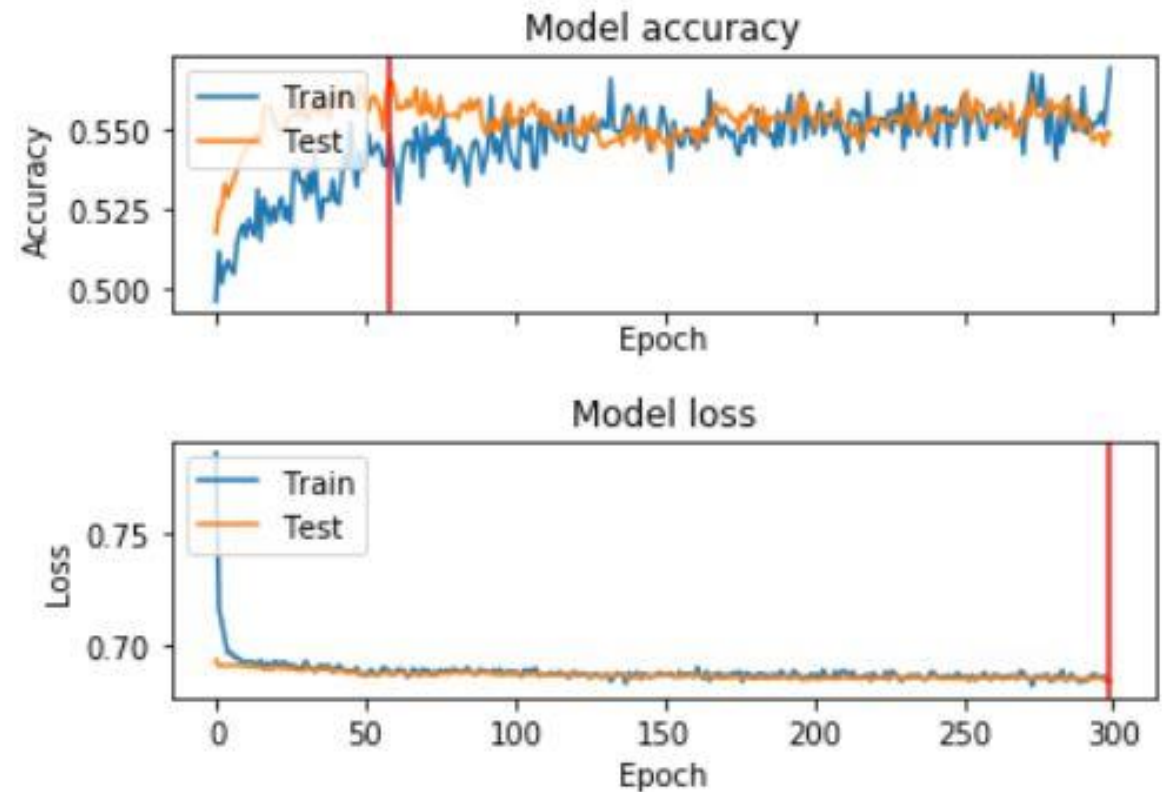
- 2 skrivena sloja s aktivacijom 'relu'
- izlazni sloj sa sigmoidalnom aktivacijom

- gubitak unakrsne entropije
- optimizacija 'adam'
- train/test = 20/80

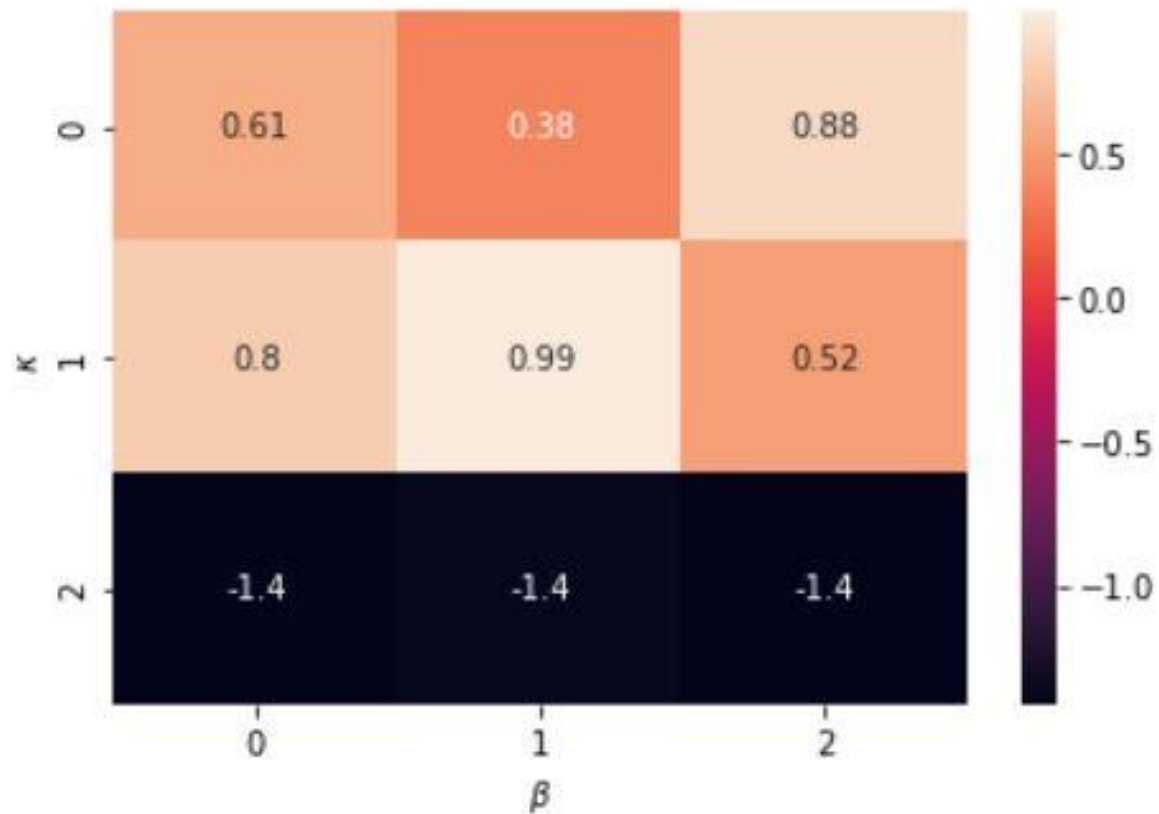


Rezultat

- s obzirom na veličinu skupa – duboka mreža nepotrebna
- metrika – preciznost
 $\eta = 0.586 \pm 0.002$
- koje značajke najviše doprinose?



Rezultat



- doprinos značajki – metoda izostavljanja značajke
- redom pritežemo značajke na nulu te mjerimo efikasnost mreže

Zaključak

- dobivena točnost slaba
 - razlog tome je relativno malen transverzalni impuls jetova
- poboljšali bismo eksperiment većim datasetom
 - više jetova s većim p_T
 - uz to, potreba za kompleksnijim mrežama i većoj računalnoj moći
- najutjecajnije varijable s $\kappa = 2$
 - varijable s najvećom potencijom p_T