Automatická detekcia koronálnych dier a aktívnych oblastí na Slnku

Martin Harman

Cieľ



Segmentácia koronálnych dier

Segmentácia aktívnych oblastí





Využiť hlboké učenie

Prečo?

- Slnečné počasie nás potenciálne ohrozuje
 - Výrony koronálnej hmoty

– Slnečné erupcie

- Spracovanie veľkého množstva dát

 Prevažne pomocou klasických algoritmov
- Sledovanie v reálnom čase
 - Dáta pre systém včasného varovania
 - Dáta pre štatistiky a dátovú analýzu

Klasifikácia vs Detekcia vs Segmentácia

Output: Sun p=0.98



AI – ML - DL

Artificial Intelligence (AI)

• Schopnosť imitovať ľudskú inteligenciu

Machine Learning (ML)

- Schopnosť učiť sa z dát
- Potrebuje extrahované príznaky (features)

Deep Learning (DL)

- Schopnosť učiť sa z veľkého počtu dát
- Nepotrebuje extrahované príznaky



Konvolučné neurónové siete

- Najčastejšie využívaná na rozoznávanie obrazu
- Prehĺbenie siete použitím menej parametrov
- Zmenšenie veľkosti snímky

Konvolučná vrstva



Vstup 5x5



4	

Konvolučný filter 3x3 (posun 1h, 1v) Výstup 3x3

Vzorkovacia vrstva



Max pooling 2x2

Solar Dynamics Observatory

- Atmospheric Imaging Assembly vyhotovuje snímky slnka každých 10 sekúnd v 10 vlnových dĺžkach.
- EUV Variability Experiment meria spektrum extrémne ultrafialového žiarenia.
- Helioseismic and Magnetic Imager meria slnečné magnetické pole.





Anotácie



Preprocessing



SCSS-Net

Solar corona structures segmentation – založený na U-Net architektúre



Postprocessing





Vyhodnotenie





SCSS-Net: solar corona structures segmentation by deep learning

Šimon Mackovjak[®],¹* Martin Harman,² Viera Maslej-Krešňáková^{®2} and Peter Butka^{®2}

¹Department of Space Physics, Institute of Experimental Physics, Slovak Academy of Sciences, 040 01 Košice, Slovakia ²Department of Cybernetics and Artificial Intelligence, Faculty of Electrical Engineering and Informatics, Technical University of Košice, 042 00 Košice, Slovakia

Accepted 2021 September 3. Received 2021 August 11; in original form 2021 May 14

ABSTRACT

Structures in the solar corona are the main drivers of space weather processes that might directly or indirectly affect the Earth. Thanks to the most recent space-based solar observatories, with capabilities to acquire high-resolution images continuously, the structures in the solar corona can be monitored over the years with a time resolution of minutes. For this purpose, we have developed a method for automatic segmentation of solar corona structures observed in the EUV spectrum that is based on a deep-learning approach utilizing convolutional neural networks. The available input data sets have been examined together with our own data set based on the manual annotation of the target structures. Indeed, the input data set is the main limitation of the developed model's performance. Our *SCSS-Net* model provides results for coronal holes and active regions that could be compared with other generally used methods for automatic segmentation. Even more, it provides a universal procedure to identify structures in the solar corona with the help of the transfer learning technique. The outputs of the model can be then used for further statistical studies of connections between solar activity and the influence of space weather on Earth.

Key words: methods: data analysis-techniques: image processing-Sun: corona-software: development.



github.com/matinus99/sun-segmentation github.com/space-lab-sk/scss-net

Ďakujem za pozornosť



SDO/AIA 171 2020-12-15 00:36:34 UT

SDO/AIA 193 2020-12-15 00:27:17 UT

Metriky



Výsledky v číslach

Aktívne oblasti					
Trénovacia	Testovacia	Dico	loU		
množina	množina	DILE			
Vlastné	360	0,44	0,28		
SPoCA	360	0,68	0,51		
SPoCA + vlastné	360	0,56	0,39		

Koronálne diery					
Trénovacia	Testovacia		loU		
množina	množina	Dice			
Vlastné	353	0,83	0,71		
SPoCA	353	0,35	0,21		
Chimera	353	0,85	0,73		
Region growth	353	0,88	0,78		

UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH, PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA, ÚSTAV FYZIKÁLNYCH VIED, KATEDRA JADROVEJ A SUBJADROVEJ FYZIKY



Kozmické žiarenie v magnetosfére Zeme SPACE::TALK #15 Students' SPACE::PROJECTs

Mgr. Patrik Jakab

2nd June 2022

Košice 2022

Kozmické počasie

According to the US National Space Weather Programme the definition is: conditions on the Sun and in the solar wind, magnetosphere, ionosphere and thermosphere that can influence the performance and reliability of space-borne and ground-based technological systems and can endanger human life or health.

ARNOLD HANSLMEIER: "THE SUN AND SPACE WEATHER", ASTROPHYSICS AND SPACE SCIENCE LIBRARY, VOLUME 277, 2002 ISBN 1-4020-0684-5



Kozmické počasie



Kozmické počasie



https://www.youtube.com/watch?v=mgUZwoR0gcE&ab_channel=NASAVideo

Polárna žiara



https://www.youtube.com/watch?v=Rlcf3Z62t7c&ab_channel=4KCLIPSWITHOUTCOPYRIGHT

Kozmické žiarenie

Typy KŽ: - slnečné (solárne)

- anomálne
- galaktické (extrasolárne)
- ultra-vysoko-energetické (UHECR)





SWORDY,S. P., The energy spectra and anisotropies of Cosmic Rays, Space Science Reviews 99:85-94. Kluwer Academic Publishers, 2001.

https://www.extremetech.com/wp-content/uploads/2015/06/CosmicRay-640x356.png

Magnetosféra Zeme

Celkové magnetické pole Zeme, ktoré je možné pozorovať nazývame geomagnetické pole.

Zložky geomagnetického poľa:



LANZA, R., MELONI, A. The Earth's Magnetism - An Introduction for Geologists, Springer Berlin Heidelberg New York, 2006. ISBN 978-3-540-27979-2.

Krustálne pole



https://www.youtube.com/watch?v=58FZ6OCI6mk&t=1s&ab_channel=EuropeanSpaceAgency%2CESA

INTERMAGNET



GVISHIANIA, A. D., LUK'YANOVAA, R. YU. Geoinformatics and observations of the Earth's magnetic field: The Russian segment, Physics of the Solid Earth, 2015, Vol. 51, No. 2, pp. 157–175, Pleiades Publishing, Ltd, ISSN 10693513, 2015.

Satelitné missie

CHAMP

Swarm



Simulačné programy

International Geomagnetic Reference Field (IGRF)



http://www.geomag.bgs.ac.uk/research/modelling/IGRF.html

Tsyganenko



https://geo.phys.spbu.ru/~tsyganenko/modeling.html

COR

Cut-Off Rigidity model (COR model) is a model for simulation of cosmic rays propagation in the Earth's magnetosphere. The model provides an evaluation of cut-off rigidities for stations at Earth surface or detectors measuring on orbits inside the magnetosphere.



https://cor.crmodels.org/









IEP SAS

https://cor.crmodels.org/output/result?id=1637&pageNumber=0



Trajectory of the Cosmic Ray particle in the Earth's magnetosphere



https://cor.crmodels.org/output/trajectory?id=420

Ďakujem za pozornosť

https://ichef.bbci.co.uk/images/ic/1024x576/p04xkf20.jpg

Kontakt: patrik.jakab@student.upjs.sk





Štúdium kozmického počasia pomocou metód strojového učenia

SPACE::TALK #15

Matej Varga

lonosférické scintilácie

 Sú to narušenia satelitného signálu spôsobené nepravidelnosťami v štruktúre ionosféry



Ilustrácia prechodu satelitného signálu pokojnou a turbulentnou ionosférou

Zdroj: NASA (https://www.nasa.gov/mission_pages/cindi/scintillation.html#.YNi5OiBR1PY)

- Rozlišujeme 2 typy:
 - S4 zmena amplitúdy
 - σφ zmena fázy



Vizualizácia amplitúdovej a fázovej scintilácie

Zdroj: https://www.septentrio.com/en/company/septentrio-gnsstechnology/iono-ionospheric-scintillation-monitoring

Výskyt ionosférických scintilácií

Najčastejšie sú v nízkych a vysokých zemepisných šírkach



Globálna distribúcia silných ionosférických scintilácií

Zdroj: https://www.septentrio.com/en/company/septentriognss-technology/iono-ionospheric-scintillation-monitoring



Mapa slabnutia scintilácií ako funkcia zemepisnej šírky a miestneho času Zdroj: Basu S. (https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/RS023i003p00363)

Hlboké učenie

- Automatická extrakcia príznakov
- Potrebujú veľké množstvo dát
- Náročnejšie na výpočtové nároky



Získavanie dát



Mapa rozmiestnenia GNSS prijímačov v Kanadskej arktickej ionosférickej sieti Zdroj: (http://chain.physics.unb.ca/chain/)

Tvorba datasetu

Scintilácie ovplyvňujú:

- čas a ročné obdobia
- geomagnetická aktivita
- slnečný cyklus
- nižšie vrstvy atmosféry (napr. formou bleskov)

• Dataset:

- OMNIWeb
- NRLMSISE-00
- IRI-2016
- Veľkosť datasetu: ~600 000 riadkov x 175 stĺpcov



Model zobrazujúci komplexnosť ITM (ionosféra-termosféra-mezosféra) systému Zeme

Zdroj: NASA/ J. Grobowsky (https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/science/itm-processes.htmk)

Analýza dát



Vizualizácia dát

Analýza dát



Vizualizácia ionosférickej scintilácie v našich dátach

Korelačná analýza

- Odstránenie príznakov s hodnotou korelácie >= 0,8
- Počet príznakov klesol zo 175 na 50
- Predikcia o 1, 5, 15 a 60 minút dopredu

	1 min	5 min	15 min	60 min
Pearson	0,64	0,28	0,19	0,12
Spearman	0,75	0,69	0,64	0,50
Kendall	0,56	0,51	0,46	0,34
Tabuľka zobrazujúca koreláciu medzi momentálnou fázovou scintiláciou a a fázovou scintiláciou o 1, 5, 15 a 60 minút dopredu				

Rozdelenie datasetu



Rozdelenie datasetu na trénovaciu (70%), validačnú (10%) a testovaciu (20%) množinu

Experimenty

- Použité prístupy:
 - Modely dopredných neurónových sietí bez špeciálnych vrstiev
 - Autoregresné modely
 - Konvolučné a rekurentné modely



11

Predikcia o 1 minútu dopredu



Predikcia σφ o 1 minútu dopredu pomocou doprednej neurónovej siete bez špeciálnych vrstiev MAE: 0,0033; presnosť: 92%, návratnosť: 93%

12

Predikcia o 5 minút dopredu



Predikcia σφ o 5 minútu dopredu pomocou neurónovej siete s konvolučnou a LSTM vrstvou MAE: 0,0064; presnosť: 50%, návratnosť: 55%

Predikcia o 15 minút dopredu



Predikcia σφ o 15 minútu dopredu pomocou neurónovej siete s konvolučnou a LSTM vrstvou MAE: 0,0064; presnosť: 53%, návratnosť: 31%

Predikcia o 60 minút dopredu



Predikcia σφ o 60 minútu dopredu pomocou neurónovej siete s konvolučnou a LSTM vrstvou MAE: 0,0068; presnosť: 30%, návratnosť: 10%

Ďalšie kroky



16

Airglow



Zelené a červené svetlo v blízkosti horizontu je airglow. Fotka pochádza z observatória Paranal v Čile. Autor: Y. Beletsky (LCO)/ESO

- Svetelné žiarenie hornej atmosféry
- Dôsledok slnečného UV žiarenia
- Globálny, nepretržitý a väčšinou homogénny jav
- Ťažko pozorovateľný voľným okom

Earth

Molecular Oxygen (Green)

Sodium (Yellow)

Atomic Oxygen (Red)

Pohľad na vrstvy airglow-u z ISS. zdroj: NASA 17

Modelovanie airglowu počas troch slnečných cyklov Viac informácií v článku: Mackovjak et al. (2021a) <u>https://doi.org/10.1029/2020JA028991</u>



Machine Learning



SPACE::LAB space-lab-sk

Follow

A ${\bf 5}$ followers $\cdot\,{\bf 0}$ following

Department of Space Physics, Institute of ...

♥ Košice, Slovakia

🔗 www.space-lab.sk

🗘 Overview 📮 Repositories 7 🗄 Projects 🛇 Packages 🏠 Stars

Popular repositories

tweeks_detection This is the repository for automated detection of tweeks and spheri spectrograms.	Public ics on	summer-schools This is the repo with lectures from SPACE::LAB summer schools.	Public
🛑 Jupyter Notebook 🛛 🛣 Υ΄ 1		🛑 Jupyter Notebook 🛛 🏠 1	
space-lab-sk.github.io SPACE::LAB GitHub Page 양 1	Public	airglow_data-driven_model This is the airglow data-driven model repository.	Public
amon-es This is repo for AMON-ES documentation, data samples and source	Public e code.	scss-net This is the repository for SCSS-Net: Solar corona structures segmenta deep learning	Public ation by
Jupyter Notebook		Jupyter Notebook	

Link: https://github.com/space-lab-sk

Ďakujem za pozornosť