

Shynkarenko V., Nikitina I., Chyhir R. Constructive-Synthesizing Modeling of Lightning Flashes in the Dynamic Thunderstorm Front. *Advances in Intelligent Systems and Computing : Selected Papers from the International Conference on Computer Science and Information Technologies, CSIT 2020, September 23–26, 2020, Zbarazh, Ukraine*. Vol. 1293. P. 1128–1145. DOI: 10.1007/978-3-030-63270-0_76.

V.I. Shynkarenko

I.M. Nikitina

R.R. Chyhir

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan
DniproUkraine

Constructive-Synthesizing Modeling of Lightning Flashes in the Dynamic Thunderstorm Front

Конструктивно-синтезуюче моделювання блискавок на фронті
динамічної грози

Конструктивно-синтезирующее моделирование молний на фронте
динамической грозы

Summary. At first, deep analysis of modeling processes of the lightning flashes dynamic behavior in static background and moving thunderstorm fronts with very mobile clouds at NASA satellite videos was done. Color models' opportunities were explored for lightning flashes extraction in significant dynamic thunderstorm fronts and cloudiness. It was shown that the greatest efficiency in recognition is provided by combining Lab and LCH model-based features. The ranges of color channels were defined for lightning aureoles. This data was used for their detection at the series frames from meteorological satellites. The lightning detection filtering is based on the processing a current frame of the video with linear and quadratic filters were developed to solve these tasks. An analysis of their effectiveness was done. Modeling of the lightning flashes was implemented using constructive-synthesizing approach. A set of constructors was developed. Implementing parametric multi-character constructors allows forming fractal sequences of characters. Constructor-converter from the character string to time series creates fractal time series, which determine the location, magnitude and decay rate of lightning discharges. Model video images of lightning in the thunderstorm front are formed in accordance with the implementation of the constructor-assembler. The methods and software for lightning extraction from NASA satellites video, and also for realization constructive-synthesizing models were developed.

Keywords: constructive-synthesizing modeling, fractal, lightning flash, thunderstorm front, time series, color model, image recognition

Анотація. Спочатку був проведений глибокий аналіз процесів моделювання процесів динамічного поведінки блискавок на статичному фоні і рухомих фронтів грози з дуже рухливими хмарами на супутникових відео NASA. Були досліджені можливості колірних моделей для виділення блискавок при значних динамічних фронтах грози і хмарності. Було показано, що найбільша ефективність розпізнавання забезпечується поєднанням функцій

на основі моделей LAB I LCH. Визначено діапазони колірних каналів ореолів блискавок. Ці дані використовувалися для їх виявлення на серійних кадрах з метеорологічних супутників. Фільтрація по виявленню блискавок заснована на обробці поточного кадру відео за допомогою лінійних і квадратичних фільтрів, які були розроблені для вирішення цих завдань. Було проведено аналіз їх ефективності. Моделювання блискавок виконано з використанням конструктивно-який синтезує підходу. Був розроблений набір конструкторів. Реалізація параметричних багатосимвольних конструкторів дозволяє формувати фрактальні послідовності символів. Конструктор-перетворювач з символьного рядка в тимчасові ряди створює фрактальні тимчасові ряди, які визначають місце розташування, величину і швидкість загасання розрядів блискавок. Модельні відеозображення блискавки на грозовому фронті формуються відповідно до реалізації конструктора-збирача. Розроблено методи та програмне забезпечення для вилучення блискавок з відео супутників NASA, а також для реалізації конструктивно-синтезують моделей.

Ключові слова: конструктивно-синтезуюче моделювання, фрактал, блискавка, грозовий фронт, часовий ряд, колірна модель, розпізнавання зображень

Аннотация. Сначала был проведен глубокий анализ процессов моделирования процессов динамического поведения молний на статическом фоне и движущихся фронтов грозы с очень подвижными облаками на спутниковых видео NASA. Были исследованы возможности цветowych моделей для выделения молний при значительных динамических фронтах грозы и облачности. Было показано, что наибольшая эффективность распознавания обеспечивается сочетанием функций на основе моделей Lab и LCH. Определены диапазоны цветowych каналов ореолов молний. Эти данные использовались для их обнаружения на серийных кадрах с метеорологических спутников. Фильтрация по обнаружению молний основана на обработке текущего кадра видео с помощью линейных и квадратичных фильтров, которые были разработаны для решения этих задач. Был проведен анализ их эффективности. Моделирование молний выполнено с использованием конструктивно-синтезирующего подхода. Был разработан набор конструкторов. Реализация параметрических многосимвольных конструкторов позволяет формировать фрактальные последовательности символов. Конструктор-преобразователь из символьной строки во временные ряды создает фрактальные временные ряды, которые определяют местоположение, величину и скорость затухания разрядов молний. Модельные видеоизображения молнии на грозовом фронте формируются в соответствии с реализацией конструктора-сборщика. Разработаны методы и программное обеспечение для извлечения молний из видео спутников NASA, а также для реализации конструктивно-синтезирующих моделей.

Ключевые слова: констриктивно-синтезирующее моделирование, фрактал, молния, грозовой фронт, временной ряд, цветовая модель, распознавание изображений

Reference:

1. Sainte, V., Landrieu, L., Giordano, S., Chehata, N.: Satellite image time series classification with pixel-set encoders and temporal self-attention. arXiv preprint [arXiv:1911.07757](https://arxiv.org/abs/1911.07757) (2019)
2. Fu, H., Shen, Y., Liu, J., Qian, J., Li, J.: Cloud detection for FY Meteorology satellite based on ensemble thresholds and random forests approach. Remote Sens. **11**(1), 44, 1–28 (2019). <https://doi.org/10.3390/rs11010044>

3. Peterson, M., Rudlosky, S., Zhang, D.: Thunderstorm cloud-type classification from space-based lightning images. *Mon. Weather Rev.* **148**(5), 1891–1898 (2020). <https://doi.org/10.1175/MWR-D-19-0365.1>
4. Jin, W., Gong, F., Tang, B., Wang, S.: Cloud types identification for meteorological satellite image using multiple sparse representation classifiers via decision fusion. *IEEE Access* **7**, 8675–8688 (2019). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2890295>
5. Zheng, X., et al.: Detecting comma-shaped clouds for severe weather forecasting using shape and motion. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* **57**(6), 1–14 (2019). <https://doi.org/10.1109/TGRS.2018.2887206>
6. Shynkarenko, V., Lytvynenko, K., Chyhir, R., Nikitina, I.: Modeling of lightning flashes in thunderstorm front by constructive production of fractal time series. In: Shakhovska, N., Medykovskyy, M.O. (eds.) CSIT 2019. AISC, vol. 1080, pp. 173–185. Springer, Cham (2020). https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_13
7. Shynkarenko, V., Lytvynenko, K., Chyhir, R., Sansiieva, I.: Constructive modeling of lightning activity in thunderstorm front. In: IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), pp. 92–95 (2019). <https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2019.8929754>
8. Sátoria, G., Williams, E., Lempergeraams, I.: Variability of global lightning activity on the ENSO time scale. *Atmos. Res.* **91**(2–4), 500–507 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.06.014>
9. Devendraa, S., RameshKumara, P., Kulkarnia, M.N., Singhb, R.P., Singhc, A.K.: Lightning, convective rain and solar activity—over the South/Southeast Asia. *Atmos. Res.* **120–121**, 99–111 (2013). <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.07.026>
10. Galanaki, E., Kotroni, V., Lagouvardos, K., Argiriou, A.: A ten-year analysis of cloud-to-ground lightning activity over the Eastern Mediterranean region. *Atmos. Res.* **166**, 213–222 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.07.008>
11. Ahrens, M.: Lightning fires and lightning strikes. In: National Fire Protection Association, Quincy (2013)
12. Fuchs, B.R., Bruning, E.C., Rutledge, S.A., Carey, L.D., Krehbiel, P.R., Rison, W.: Climatological analyses of LMA data with an open-source lightning flashclustering algorithm. *J. Geophys. Res.: Atmos.* **121**(14), 8625–8648 (2016). <https://doi.org/10.1002/2015JD024663>
13. Guichard, F., Couvreur, F.: A short review of numerical cloud-resolving models. *Tellus A: Dyn. Meteorol. Oceanogr.* **69**(1), 1–36 (2017). <https://doi.org/10.1080/16000870.2017.1373578>
14. Karagiannidis, A., Lagouvardos, K., Lykoudis, S., Kotroni, V., Giannaros, T., Betz, H.D.: Modeling lightning density using cloud top parameters. *Atmos. Res.* **222**, 163–171 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.02.013>
15. First Images from GOES-16 Lightning Mapper. <https://www.americaspace.com/2017/03/07/goes-16-satellite-returns-first-lightning-mapping-images-like-never-seen-before>. Accessed 15 July 2020
16. Radhika, K., Varadarajan, S.: A neural network based classification of satellite images for change detection applications. *Cogent. Eng.* **5**, 1–9 (2018). <https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1484587>
17. Chen, G., Liu, Y., Tian, Y., Tian, H.: Use of VIIRS DNB satellite images to detect nighttime fishing vessel lights in yellow sea. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Science and Application Engineering 2019, pp. 1–5 (2019). <https://doi.org/10.1145/3331453.3361661>

18. Elvidge, D., Zhizhin, M., Baugh, K., Hsu, F.: Automatic boat identification system for VIIRS low light imaging data. *Remote Sens.* 7(3), 3020–3036 (2015). <https://doi.org/10.3390/rs70303020>
19. Nocturnal thunderstorms near Lake Maracaibo are known for their “Catatumbo Lightning”. http://rammb.cira.colostate.edu/ramsdisk/online/loop.asp?data_folder=loop_of_the_day/goes16/20180815000000&number_of_images_to_display=100&loop_speed_ms=15. Accessed 15 July 2020
20. The next storm to hit the U.S. West Coast is already producing lightning. http://rammb.cira.colostate.edu/ramsdisk/online/loop.asp?data_folder=loop_of_the_day/goes-16/201901/16000000&number_of_images_to_display=120&loop_speed_ms=100. Accessed 15 July 2020
21. Thanh, D., Erkan, U., Prasath, V., Kumar, V., Hien, N.: A skin lesion segmentation method for dermoscopic images based on adaptive thresholding with normalization of color models. In: 2019 6th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE) 2019, pp. 116–120 (2019). <https://doi.org/10.1109/ICEEE2019.2019.00030>
22. Patil, J., Chaudhari, S.: Screening of damage regions in retinopathy using segmentation-color space selection. *Int. J. Multimedia Image Process. (IJMIP)* 7(1), 362–365 (2017). <https://doi.org/10.20533/ijmip.2042.4647.2017.0044>
23. Thanh, L.T., Thanh, D.N.H.: An adaptive local thresholding roads segmentation method for satellite aerial images with normalized HSV and lab color models. In: Solanki, V.K., Hoang, M.K., Lu, Z.J., Pattnaik, P.K. (eds.) *Intelligent Computing in Engineering*. AISC, vol. 1125, pp. 865–872. Springer, Singapore (2020). https://doi.org/10.1007/978-981-15-2780-7_92
24. Sayed, M., Sammani, F., Albashier, M.: An accurate method to calculate the color difference in a single image. In: *International Conference on Robotics, Automation and Sciences (ICORAS) 2017*, pp. 1–3 (2017). <https://doi.org/10.1109/ICORAS.2017.8308079>
25. Kolkur, S., Kalbande, D., Shimpi, P., Bapat, C., Jatakia, J.: Human skin detection using RGB, HSV and YCbCr color models. *arXiv preprint arXiv:1708.02694* (2017). <https://doi.org/10.2991/iccasp-16.2017.51>
26. Mporas, I., Perikos, I., Paraskevas, M.: Color models for skin lesion classification from dermatoscopic images. In: Hatzilygeroudis, I., Perikos, I., Grivokostopoulou, F. (eds.) *Advances in Integrations of Intelligent Methods*. SIST, vol. 170, pp. 85–98. Springer, Singapore (2020). https://doi.org/10.1007/978-981-15-1918-5_5
27. Chuang, C., Chen, J., Lin, H., Huang, S., Wen, J.: Soil moisture estimation using multiple color spaces in digital image analysis. In: *Geophysical Research Abstracts*, vol. 21, EGU2019-11542 (2019)
28. Lightning, surface outflow boundaries and transverse bands in the anvil cirrus. http://rammb.cira.colostate.edu/ramsdisk/online/loop.asp?data_folder=loop_of_the_day/goes-16/20180614000000&number_of_images_to_display=100&loop_speed_ms=100. Accessed 15 July 2020
29. Fires, dust storms, severe weather, blizzard conditions and thundersnow: this storm has it all! http://rammb.cira.colostate.edu/ramsdisk/online/loop.asp?data_folder=loop_of_the_day/goes-

- [16/20180413000000&number_of_images_to_display=100&loop_speed_ms=100.](#)
Accessed 15 July 2020
30. Lightning packed squall line developing over Texas. [http://rammb.cira.colostate.edu/ramsdisk/online/loop.asp?data_folder=loop_of_the_day/goes-16/20200526000000&number_of_images_to_display=260&loop_speed_ms=80.](http://rammb.cira.colostate.edu/ramsdisk/online/loop.asp?data_folder=loop_of_the_day/goes-16/20200526000000&number_of_images_to_display=260&loop_speed_ms=80)
Accessed 15 July 2020
31. Shynkarenko, V.I., Ilman, V.M.: Constructive-synthesizing structures and their grammatical interpretations. I. Generalized formal constructive-synthesizing structure. *Cybern. Syst. Anal.* **50**(5), 655–662 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10559-014-9655-z>
32. Shynkarenko, V.I., Ilman, V.M.: Constructive-synthesizing structures and their grammatical interpretations. II. Refining transformations. *Cybern. Syst. Anal.* **50**(6), 829–841 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10559-014-9674-9>
33. Shynkarenko, V.I., Ilman, V.M., Skalozub, V.V.: Structural models of algorithms in problems of applied programming. I. Formal algorithmic structures. *Cybern. Syst. Anal.* **45**(3), 329–339 (2009). <https://doi.org/10.1007/s10559-009-9118-0>
34. Skalozub, V., Ilman, V., Shynkarenko, V.: Development of ontological support of constructive-synthesizing modeling of information systems. *Eastern-Eur. J. Enterp. Technol.* **6**(4–90), 58–69 (2017). <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.119497>
35. Shynkarenko, V., Nikitina, I.: Lightning recognition on the filtered videos in the dynamic clouds. In: IEEE 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (2020)

URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-63270-0_76