

ВСТАНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ПОЯВОЮ  
УРАГАНІВ ТА СОНЯЧНОЮ АКТИВНІСТЮ НА ОСНОВІ ANFIS МОДЕЛЕЙ.

На сьогоднішній день дослідження причин виникнення ураганів є актуальною темою, оскільки для ефективного подолання їх наслідків необхідно впроваджувати нові методи їх прогнозування, що базуються на розробці нових математичних моделей, які дозволяють передбачити моменти виникнення ураганів. Проте, слід зазначити, що існуючі на сьогодні методи не пов'язують рух повітряних мас із сонячною активністю і, відповідно, не враховують активність сонця, як чинник, що впливає на появу ураганів.

В своїх роботах професор Мілан Радовановіч запропонував «геліоцентричну» гіпотезу, згідно якої зародження значної кількості ураганів може бути обумовлене спалахами на сонці [1–2]. Тому, наша робота була присвячена перевірці цієї гіпотези методами DataMining.

В якості вхідних факторів моделі виступали щоденні характеристики сонячного вітру та високоенергетичних частинок за останні 15 років. В якості вихідних факторів – число ураганів в Атлантичному, західному та східному узбережжях Тихого океану та їх загальне число. В ході дослідження враховувалась часова затримка між вхідними та вихідними факторами ( $\text{lag}=0 - 3$ ). Загальна кількість факторів складала: 36 вхідні та 4 вихідні.

Для встановлення наявності нелінійного зв'язку були використані як кореляційний так і фрактальний R/S аналізи. На основі останнього були встановлені ступені персистентності часових рядів та порівняні їх фрактальні характеристики.

Для встановлення ключових факторів був використаний метод «атаки грубої сили». Згідно нього був реалізований повний перебір всіх можливих комбінацій  $m < n$  – вхідних факторів. Де  $m$  – кількість тестових факторів,  $n$  – загальна кількість факторів. Для кожної комбінації будувалась та навчалась ANFIS модель, та аналізувалась її точність за допомогою середньоквадратичного відхилення між вихідним полем та значеннями моделей. В якості «ключових факторів» вибирались ті, для яких точність ANFIS моделей була найвищою.

За допомогою розробленої програми було проведено 2 комп'ютерні експерименти для пошуку ключових факторів. В експерименті 1 для кожного вихідного фактору будувались і навчались 7140 ANFIS моделей, як результат числа комбінацій із 36 по 3 вхідних факторів. Тривалість навчання становила близько 3 – 4 діб. В експерименті 2 для кожного вихідного фактору будувались і навчались 4845 ANFIS моделей, як результат числа комбінацій із 20 по 4 вхідних фактори.

Отримані ключові фактори стали основою для побудови восьми фінальних ANFIS моделей, по 4 для кожного експерименту відповідно, що дали змогу встановити функціональну залежність між характеристиками сонячної активності та появою ураганів.

Далі проводився аналіз чутливості. Для цього величини всіх вхідних факторів були представлені їхніми середніми значеннями, та аналізувалась залежність кількості ураганів від почергових змін кожного фактору. Це дало змогу встановити функціональну залежність кількості ураганів від ключових факторів та визначити найбільш впливові з них.

Подальший аналіз точності дозволив встановити, що розроблені моделі в рамках «геліоцентричної гіпотези» здатні передбачити від 22 до 26% від загальної кількості ураганів. Цей результат добре корелює з відсотком ураганів, що стались за неояснених причин. Хибні прогнози становлять лише 1%. Невелика кількість помилок вказує на точність моделі. Отже розроблені моделі можуть доповнити існуючі методи прогнозування цих кризових явищ, а отже підвищити їх ефективність.

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Radovanović M, Pecelj M. 2012. *The Heliocentric Hypothesis on the Origin of Forest Fires. International Scientific Conference "Forestry Science and Practice for the Purpose of Sustainable Development of Forestry" 1-4th November, 2012, Banja Luka, Republic of Srpska/B&H, Abstract book, p. 10.*
2. [Francisco J. Tapiador](#). Hurricane Footprints in Global Climate Models. 2008. *Journal: "Entropy" ISSN 1099-4300, p. 613.*