

Липова О.М., магістр, Одокієнко С.М., к.т.н., доц., Люта М.В., ст. викладач

Київський національний університет технологій та дизайну

ПРОГНОЗНА МОДЕЛЬ НА БАЗІ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Анотація. В статті розглянуто чисельний (гідродинамічний) та синоптичний методи наукового передбачення погоди в Україні та світі. Також розглянуто складнощі реалізації точного прогнозу та спрощення існуючих моделей. Дослідження проведено на основі аналізу робіт Національної академії наук Сполучених Штатів (NAS) та Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського. Проведено аналіз програмного забезпечення, в частині прогнозування метеорологічних параметрів, на основі нейромережевого аналізу.

Ключові слова: *нейронна мережа; метеорологія; прогноз.*

Lypova O., Odokienko S., Liuta M.

Kyiv National University of Technologies and Design

FORECASTING MODEL BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Abstract. The article considers numerical (hydrodynamic) and synoptic methods of scientific weather forecasting in Ukraine and the world. The difficulties of implementing an accurate forecast and simplifying existing models are considered. The study is based on the analysis of the work of the United States National Academy of Sciences (NAS) and the Borys Sreznovsky Central Geophysical Observatory. The analysis of the software, in the part of forecasting of meteorological parameters, based on the neural network analysis, is carried out.

Keywords: *neural network; meteorology; forecast.*

Вступ. Для побудови прогнозу основних метеорологічних параметрів (МП) у наукових працях вітчизняних та зарубіжних метеорологів досліджувалась кореляція метеорологічних даних (МД). Як метеорологічні параметри (МП) для оцінки кореляції розглядалися пошарова температура атмосфери, тиск, швидкість вітру, вологість, вміст озону, прозорість повітряного середовища, розподіл і склад хмарного шару, температура ґрунту, радіаційного фону і т.д.

Основою сучасних чисельних методів прогнозу погоди є гідродинамічні моделі прогнозу. В останні десятиліття в усьому світі у цьому напрямі досягнуто значного прогресу. Це стало можливим завдяки розробці більш досконалих та реалістичних моделей, бурхливому розвитку обчислювальної техніки, а також суттєвому збільшенню обсягу вихідних метеорологічних даних. Поліпшення якості прогнозів відбувається у двох напрямках. По-перше, підвищується виправданість короткострокового прогнозу, по-друге, збільшується його завчасність із прийнятною надійністю.

На сьогоднішній день запропоновано низку математичних моделей задач прогнозу погоди, загальної циркуляції атмосфери та чисельних алгоритмів для їх вирішення. Разом з тим необхідно відзначити, що рівняння гідротермодинаміки атмосферних процесів настільки складні, що досі є необхідність розробки більш якісних алгоритмів, здатних з високою точністю описати широкий спектр задач динамічної метеорології та прогнозу погоди.

Саме тому, в даний час, найбільші труднощі становить підвищення точності прогнозування та спрощення алгоритму.

Постановка завдання. Аналіз моделей та створення спрощеної моделі для прогнозування основних метеорологічних параметрів із використанням методів машинного навчання. В основі методу лежить виявлення закономірностей, що спостерігаються МП та оцінка їх взаємовпливу за МД попереднім періоду, що оцінюється.

Результати досліджень. На сьогоднішній день існують два основних методи наукового передбачення погоди: синоптичний і чисельний (гідродинамічний). Синоптичний метод базується на побудові та аналізі синоптичних карт. Для побудови карт виконується збір МД з різних джерел.

Необхідно також відзначити, що на сьогодні відсутня науково обґрунтована модель (методика), що дозволяє реалізувати навіть точний середньостроковий прогноз (час, місце, значення МП) яку б теорію (будови Землі, ймовірностей, математичної статистики, ЦГЗ, П і т.д.), з використанням будь-якого математичного апарату (регресійного аналізу, статистичної оцінки, імовірнісного розподілу і т.д.), ґрунтуючись на даних будь-яких спостереженнях (геолого-геофізичних, геохімічних, космічних і т.п.), вона б не використовувала.

Складнощами в реалізації точного прогнозу є дисперсія як самих МД, так і оцінка їх кореляції з МП, що проявляється як статистична неоднозначність і в локалізації місця, і в оцінці інтенсивності зміни, і у визначенні часу прогнозованого події.

Залежно від розв'язуваних завдань, безліч програмного забезпечення, так чи інакше пов'язаного з обробкою і аналізом МД, можна класифікувати за типом вирішуваних завдань на монітори МП, утиліти для конвертації і читання запису МД, обробники МД (аналізатори, програми візуалізації) і власне програми для побудови прогнозів МП.

Аналіз програмного забезпечення, в частині прогнозування метеорологічних параметрів, на основі нейромережевого аналізу дозволяє зробити наступний висновок: всі програмнооперують даними від метеорологічних станцій (наземного, повітряного та космічного базування); всі розглянуті програми використовують певну модель оцінки, побудовану на відмінностях метеорологічних даних досліджуваних періодів від ретроспективних; всі розглянуті програми побудовано з використанням того чи іншого математичного апарату, що дозволяє реалізувати аналіз відмінностей порівнюваних періодів з використанням синтетичної градації терезів того чи іншого параметра або їх сукупності; у розглянутих програмах прогнозна оцінка будується методом порівняння розрахованої величини або комплексної оцінки можливої події, за критерієм перевищення експериментально встановленого порогу мул.

Оперативне прогнозування погоди досягло переломного моменту. Цілком можливо, що вона може бути переформована властивостями «Triple-In» «незамінності», «неточності» та «неповноти» числових моделей. Важливою особливістю поточного оперативного прогнозування погоди є необхідність числових моделей. Але неточність корениться майже в усіх числових схемах, а неповнота числових моделей завжди буде існувати через надзвичайну складність системи Землі.

Властивості Triple-In в числових моделях визначають прогрес метеорологічного розвитку, а також майбутні рамки оперативного прогнозування погоди. Незамінність означає, що чисельна модель має здатність і потенціал для опису еволюції атмосфери або системи Землі – кардинальний принцип для стратегічного плану метеорологічного прогресу. Але неточність і неповнота показують, що продукти, отримані безпосередньо з числового прогнозу погоди (ЧПП), містять невизначеності. Тому оновлена операція повинна бути зосереджена на мінімізації неминучих невизначеностей. Неточність вимагає докласти зусиль для підвищення точності ЧПП у метеорологічних центрах. Неповнота підкреслює, що для моделювання системи Землі потрібні додаткові атрибути дослідження.

Основу оперативного прогнозування погоди слід оновити та перевизначити. Завдяки своїй незамінності чисельна модель для системи Землі, безумовно, стане центром оперативного прогнозування в наступній безперебійній ері. Постійні

дослідження та розробки є єдиним способом подолати неточність і неповноту чисельних моделей. Властивості чисельних моделей Triple-In підкреслюють дослідницькі атрибути загальної метеорологічної діяльності.

Операційну систему ЧПП також слід оновити для підвищення точності. Наприклад, у короткостроковому прогнозуванні слід використовувати регіональні моделі високої роздільної здатності з чітко вирішеними мезомасштабними процесами. У центрі уваги в цьому просторово-часовому масштабі є швидкий цикл оновлення та залучення дрібномасштабного форсування, такого як складні міські або гірські кордони.

Для повного безперервного прогнозування погоди та навколишнього середовища слід використовувати модель системи «всієї» Землі. Зі збільшенням роздільної здатності моделі буде вирішено більше особливостей океану, морського льоду та поверхні суші, а також буде залучено та належним чином відтворено набагато ширший спектр хімічних та біологічних процесів.

Робота в режимі реального часу: розуміння невизначеностей у продуктах та розробка об'єктивних алгоритмів та корекцій – По-перше, необхідно покращити наукове розуміння особливостей погоди та клімату в тонкому масштабі та безперервно. По-друге, необхідно розробити точні метрики для оцінки поведінки ключової моделі та критичних процесів, а також для розуміння невизначеності. По-третє, на основі поглибленої оцінки необхідно добре використовувати великі дані та впроваджувати інноваційні автоматичні методи для об'єктивної корекції продуктів системи чисельного прогнозування. Завдяки найсучаснішій валідації та виправленню прогнозист може мінімізувати невизначеність поточної системи чисельних моделей і створити високоякісний прогноз.

Більшість крупномасштабних прогностичних моделей описують атмосферні процеси з недостатнім для локального прогнозу просторовим дозволом (горизонтальний крок сітки становить близько 300 км). За допомогою таких моделей можна прогнозувати деякий посередній стан погоди або, як іноді кажуть, її фон. Але на тлі великомасштабних синоптичних процесів в атмосфері розвиваються процеси менших масштабів, з яких найбільший інтерес становлять процеси підсиноптичного масштабу та мезомасштабу. Ці процеси роблять істотний внесок у формування погоди в окремих областях і пунктах.

Тому для України розробка та впровадження в оперативну практику мезомасштабного чисельного прогнозу є основним напрямом підвищення якості прогнозів погоди. Завдання вирішується на основі повної системи рівнянь у гідростатичному та негідростатичному наближеннях. Як вихідна інформація поряд з даними мережі метеорологічних станцій та пунктів радіозондування використовуються також спостереження локальної мережі підвищеної щільності для обмеженої прогностичної області. Перехід до регіональних прогностичних моделей вимагає більш точного обліку особливостей рельєфу місцевості, неоднорідностей поверхні, що підстилає (наприклад, суша-море), неадіабатичних приток тепла. Проблеми, що виникають при цьому, пов'язані із завданням граничних умов на бічних межах області розрахунку, описом взаємодії велико- і мезомасштабних процесів, створенням ефективної чисельної схеми вирішення системи рівнянь процесів, створенням ефективної чисельної схеми вирішення системи рівнянь гідротермодинаміки з високим рівнем турбулентного замикання. На базі мезомасштабних і локальних моделей розраховується детальний прогноз погоди (крок по горизонталі – кілька кілометрів), що включає хмарність, опади, екстремальні температури, локальні вітри. Подібні дослідження слід відносити до пріоритетних.

Як впливає з вищевикладеного, подальший розвиток методів аналізу та прогнозу погоди в умовах України логічно пов'язаний із розробкою та впровадженням моделі

локального гідродинамічного прогнозу погоди. Це визначається принаймні двома обставинами.

По-перше, існуюча ієрархія метеорологічних центрів Всесвітньої служби погоди включає Національні метеорологічні центри (НМЦ), Регіональні метеорологічні центри (РМЦ), та Світові метеорологічні центри (ММЦ). В області прогнозування погоди ММЦ та РМЦ відповідальні за прогнози глобального та напівсферного масштабу на строк до 10 діб. Обов'язком НМЦ є забезпечення споживачів додаткової прогностичної інформацією, одержуваної за допомогою відповідних прогностичних методик на основі прогностичної продукції ММЦ і РМЦ. Інструментом, який може суттєво розширити та наблизити до споживача прогностичну продукцію ММЦ та РМЦ, є моделі локального прогнозу (МЛП).

По-друге, подальше поліпшення якості локальних прогнозів пов'язані з більш точним урахуванням впливу місцевих, мезомасштабних особливостей розвитку атмосферних процесів у режимі. Незважаючи на дуже високий рівень розвитку існуючих глобальних і напівсферних прогностичних систем, необхідні більш високий просторовий дозвіл і ретельніший облік тих конкретних фізичних процесів, які є важливими для даного географічного району (і водночас не є пріоритетними для великомасштабних прогностичних систем). За допомогою МЛП можна отримати детальні короткострокові прогнози погоди.

Заслугує на увагу ще один аспект цієї проблеми. Наразі є гостра необхідність у деталізованому мезомасштабному прогнозі стану нижнього шару атмосфери з метою екологічного моніторингу повітряного басейну України. Для цих завдань також можна використовувати прогностичну продукцію МЛП.

Висновки. Було проведено аналіз засобів і методів автоматизації короткострокового прогнозування.

Було проведено огляд можливого розвитку методів наукового дослідження короткочасних прогнозних моделей для України.

Було наведено наступні пропозиції:

- для покращення оперативного прогнозування погоди;
- для підвищення точності операційної системи ЧПП;
- для підвищення якості прогнозу погоди для України, шляхом впровадження в оперативну практику мезомасштабного чисельного прогнозу.

Список використаної літератури

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. 2008.
2. Gavrilyuk I., Makarov V., Vasylyk V. Exponentially Convergent Algorithms for Abstract Differential Equations.
3. IOS Press Content Library. Intelligent Data Analysis. 2021. Vol. 5, iss. 1.
4. Shnaidman V. A., Tarnopolsky A. G., Berkovich L. V. The analysis and prediction of ABL parameters with the operative meteorological in formation. *Research activities in atmospheric and oceanic modelling*. 1998. Rep. No. 27, WMO/TD No. 865. P. 5.54–5.55.
5. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 703 с.
6. Shnaidman V. A., Tarnopolsky A. G., Berkovich L. V. The method of atmospheric boundary layer structure prediction. *Research activities in atmospheric and oceanic modelling*. 1997. Rep. No. 25, WMO/TD No. 792. P. 5.38–5.39.
7. Иващенко А. Б. Анализ моделей прогноза погоды: автореф. URL: <http://masters.donntu.org/2006/fvti/ivaschenko/diss/index.htm>.
8. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. Пер. с пол. И. Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2004. 343 с.