

УДК 625.7:551.5

Київський В.І., Догадайло О.О., канд. техн. наук

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗИМОВОЇ СЛИЗЬКОСТІ ЗА ОБМЕЖЕНИХ РЕСУРСІВ

Анотація. В статті запропоновано методика перевірки достовірності прогнозів погоди з мережі Інтернет з метою подальшого їх використання для прогнозування випадків утворення зимової слизькості на покриттях автомобільних доріг.

Об'єкт дослідження – прогнози погоди з мережі Інтернет.

Мета роботи – розробити методика для порівняння та перевірки достовірності прогнозів погоди з мережі Інтернет.

Метод дослідження – статистичний аналіз даних з архіву погоди та прогнозів погоди.

Утворення зимової слизькості на покриттях автомобільних дорогах призводить до ДТП, травмування та загибелі людей, знижуються транспортно-експлуатаційні показники автомобільної дороги. Для завчасного попередження негативних наслідків та ефективної боротьби з зимовою слизькістю робітникам дорожньо-експлуатаційних підприємств необхідно мати інструменти для її прогнозування. В умовах обмеженого фінансування таким інструментом можуть стати прогнози погоди з мережі Інтернет. Тому було прийняти рішення визначити достовірність прогнозів погоди. Тестове порівняння показало, що для визначення достовірності прогнозу необхідно розглядати щонайменше один зимовий період. Розроблена методика дозволяє проводити автоматизоване порівняння даних фактичної погоди з архіву та прогнозів погоди, представляючи отримані дані в табличному та графічному вигляді.

Результати статті можуть бути упроваджені в дорожніх підприємствах для визначення достовірних прогнозів погоди.

Прогнозовані припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук достовірних прогнозів погоди, на основі яких можна прогнозувати утворення зимової слизькості.

Ключові слова: зимова слизькість, прогноз погоди, боротьба з зимовою слизькістю.

УДК 625.7:551.5

Киевский В.И., Догадайло А.А., канд. техн. наук

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ РЕСУРСАМИ

Аннотация. В статье предложена методика проверки достоверности прогнозов погоды из сети Интернет с целью дальнейшего их использования для прогнозирования случаев образования зимней скользкости на покрытиях автомобильных дорог.

Объект исследования – прогнозы погоды из сети Интернет.

Цель работы – разработать методику для сравнения и проверки достоверности прогнозов погоды из сети Интернет.

Метод исследования – статистический анализ данных из архива погоды и прогнозов погоды.

Образования зимней скользкости на покрытиях автомобильных дорог приводит к ДТП, травмированию и гибели людей, снижаются транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги. Для заблаговременного предупреждения негативных последствий и эффективной борьбы с зимней скользкостью работникам дорожно-эксплуатационных предприятий необходимо иметь инструменты для ее прогнозирования. В условиях ограниченного финансирования таким инструментом могут стать прогнозы погоды из сети Интернет. Поэтому было принято решение определить достоверность прогнозов погоды. Тестовое сравнение показало, что для определения достоверности прогноза необходимо рассматривать по меньшей мере один зимний период. Разработанная методика позволяет проводить автоматизированное сравнение данных фактической погоды из архива и прогнозов погоды, представляя полученные данные в табличном и графическом виде.

Результаты статьи могут быть внедрены в дорожных предприятиях для определения достоверных прогнозов погоды.

Прогнозируемые предположения относительно развития объекта исследования – поиск достоверных прогнозов погоды, на основе которых можно прогнозировать образование зимней скользкости.

Ключевые слова: зимняя скользкость, прогноз погоды, борьба с зимней

СКОЛЬЗКОСТЬЮ.

UDC 625.7:551.5

Kyivskiy V.I. , Dohadailo O.O., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

PREDICTING WINTER SLIPPERINESS WITH LIMITED RESOURCES

Abstract. The paper proposes a methodology for the validation of weather forecasts from the Internet to further their use for predicting the cases of the formation of winter slipperiness on the surfaces of roads.

Object of the study – the weather forecasts from the Internet.

Purpose of the study – develop a methodology for comparison and validation of weather forecasts from the Internet.

Method of the study – statistical analysis of data from the archive of weather and weather forecasts.

Education winter slipperiness on surfaces on roads leads to accidents, injuries and fatalities, reduced transport and operational indicators of the road. For early warning of negative consequences and effectively combating winter slipperiness employees of road maintenance companies must have the tools for forecasting. In conditions of limited funding, such a tool can become weather forecasts from the Internet. Therefore, it was decided to determine the accuracy of weather forecasts. The test comparison showed that to determine the reliability of the forecast it is necessary to consider at least one winter. The developed method allows to conduct automated data compare actual weather and weather forecasts, presenting received data in tabular and graphical form.

The results of this article can be used in road companies for the determination of reliable weather forecasts.

Forecast assumptions about the object of study - search for reliable weather forecasts, which can be used to predict the formation of winter slipperiness.

Keywords: winter slipperiness, weather forecast, snow and ice control.

В зимовий період умови руху транспорту суттєво погіршуються через складні погодні умови (снігопади, хуртовини, тумани, ожеледь та інше), погіршення стану покриття проїзної частини та інші фактори (скорочення світлового дня, сліпуча дія сонця). Зимова слизькість є одним із головних чинників, що погіршують умови руху, спричиняють зниження швидкості транспортного потоку, збільшення кількості ДТП та інше. Підтримання належного експлуатаційного стану автомобільних доріг суттєво ускладнюється, зважаючи на вкрай обмежені ресурси дорожньо-експлуатаційних підприємств. За таких умов основну увагу необхідно приділяти профілактичним заходам боротьби із зимовою слизькістю. Ефективне виконання робіт щодо попередження утворення зимової слизькості на дорожніх покриттях можливе лише за достовірного прогнозу погоди, і, як наслідок, прогнозу стану покриття.

На вид утвореної зимової слизькості впливає комплекс факторів: погодні умови, теплофізичні властивості дорожніх конструкцій, рух транспортних засобів, геометричні параметри автомобільної дороги, робота дорожньо-експлуатаційних служб.

Серед перерахованих факторів найбільший вплив на утворення зимової слизькості чинить саме погода (температура повітря, кількість та вид опадів, вологість повітря, швидкість, напрям вітру та інші). Перше, на що треба звертати увагу – температура. Але температура покриття може суттєво відрізнятись від температури повітря. Встановлено, що в залежності від теплофізичних властивостей дорожньої конструкції [1] та погодних умов слизькість може утворюватися за температури повітря від плюс 3 °С і нижче [2].

Одна лише зміна температури повітря не може призвести до утворення зимової слизькості. Для цього необхідна наявність вологи на покриттях при певних температурах поверхні покриття. Основним способом потрапляння вологи на проїзну частину є атмосферні опади в вигляді дощу, або снігу. Саме різноманітні опади в зимовий період є найбільш частою причиною виникнення слизькості на дорогах.

Рух транспорту має неоднозначний вплив на утворення зимової слизькості. При наявності на автомобільній дорозі сніжних відкладень, необроблених протиожеледними матеріалами, або оброблених в недостатній кількості, призводить до ущільнення снігу та утворення сніжно-льодового накату – одного з видів зимової слизькості. В той же час, робота плавильних протиожеледних матеріалів неефективна без руху транспорту.

На дорогах України після снігоочищення на узбіччях та біля бортового каменю залишаються снігові вали. В періоди відлиг, або при інтенсивному сонячному випромінюванні відбувається танення снігу, талі води потрапляють на поверхню покриття та утворюють ожеледицю. Найбільший масштаб ця проблема набуває на автомобільних дорогах з неправильним поперечним ухилом.

Боротьба з зимовою слизькістю передбачає заходи щодо її запобігання та ліквідації. Існують різні способи ліквідації зимової слизькості: хімічний, механічний, фрикційний, фізико-хімічний, хіміко-фрикційний, тепловий. Вибір того, чи іншого способу залежить від виду зимової слизькості, рівня експлуатаційного утримання автомобільної дороги та наявних ресурсів дорожніх підприємств.

Складність механізмів утворення зимової слизькості та відсутність її прогнозів значно ускладнюють організацію ефективної боротьби з нею. В час швидкого розвитку комп'ютерних технологій дуже гостро постає питання переходу до сучасних, або навіть, інноваційних методів зимового утримання автомобільних доріг. Сучасні системи контролю за станом покриття, кількістю розподілу протижеледних матеріалів, методи прогнозування утворення зимової слизькості та методи організації утримання доріг дозволять не тільки зекономити державні кошти, а також, зберегти людські життя.

У розвинених країнах вже не один рік використовують спеціальні дорожні метеорологічні станції. Вони добре зарекомендували себе на території Європи, США, Канади та навіть Росії. Дорожні метеостанції встановлюються безпосередньо біля автомобільної дороги та передають інформацію отриману з датчиків через інтернет до диспетчера. Вони можуть фіксувати такі показники: температуру та вологу повітря, напрям та швидкість вітру, інтенсивність та вид опадів, атмосферний тиск. Також в склад метеостанції входять датчики, які розміщуються безпосередньо в покритті автомобільної дороги: пасивний датчик для визначення стану дорожнього покриття (наявність відкладень, їх вид, концентрація протижеледних матеріалів) та активний датчик для визначення температури замерзання реагентів [3].

В Україні є досвід використання дорожніх метеостанцій. Прикладом є автомобільна дорога Київ-Харків-Довжанський. Але через високу вартість такого обладнання наша країна не може дозволити собі створити необхідну мережу метеорологічних станцій для дорожніх підприємств. В той же час

ефективне функціонування дорожніх метеорологічних станцій можливе при наявності їх широкої мережі. На відміну від метеостанцій загальної мережі, дорожні метеостанції можуть давати короткочасні прогнози щодо утворення зимової слизькості на конкретній ділянці автомобільної дороги.

В наш час основним джерелом прогнозу утворення зимової слизькості для дорожньо-експлуатаційних служб є загальнодоступні прогнози погоди з мережі інтернет. З погодних сайтів можна отримати інформацію знаходячись будь де, з будь-якого пристрою, в якому є Інтернет. В мережі Інтернет представлено безліч різних сайтів з прогнозом погоди. Вибір кожного є суб'єктивний – зазвичай той, чи інших прогноз обирається через зручність в користуванні, а не за його точність. Для об'єктивного вибору необхідно провести порівняння прогнозованої та фактичної погоди.

З метою такого порівняння проведено попередній аналіз восьми популярних сайтів з прогнозами погоди (табл. 1). Критерії вибору наступні: наявність прогнозу температури повітря, кількості та виду опадів, вологості, швидкості вітру, погодинна форма подачі інформації. Другорядним фактором стала зручність в отриманні та подальшій обробці даних.

Порівняння показало, що для подальшого детального аналізу доцільно обрати прогнози «Розклад погоди» [4] та «Метеонова» [5].

Прогноз погоди з сайту «Розклад погоди» є досить зручним для використання. На цьому сайті міститься майже вся потрібна інформація для прогнозування зимової слизькості. До недоліків можна віднести відсутність прогнозування температури точки роси та імовірності опадів, подачу важливої інформації у вигляді піктограм.

Прогноз погоди з сайту «Метеонова» подається повністю у цифровій формі, що дуже спрощує його подальшу обробку. Перевагою даного прогнозу є те, що прогнозується приземна температура повітря та температура ґрунту на різних глибинах. Недоліком є те, що сайт надає тільки 6-ти годинний прогноз. Для більш достовірного порівняльного аналізу бажано використовувати 3-и годинний прогноз, а для прогнозування зимової слизькості – погодинний.

Прогнози погоди та архіви фактичної погоди містять дуже великий обсяг інформації, який проаналізувати «вручну» неможливо. З метою автоматизації порівняльного аналізу створено автоматизований спосіб зіставлення та аналізу прогнозів та фактичної погоди за допомогою програми Microsoft Excel. Дані архіву фактичної погоди було взято з сайту «Розклад погоди» [4].

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика прогнозів погоди

Характеристика прогнозів погоди	1	2	3	4	5	6	7	8
Температура повітря	+	+	+	+	+	+	+	+
Вологість повітря	+	+	+	+	+	-	+	+
Кількість опадів	+	+	+	-	-	+	+	+
Вид опадів	+	+	+	+	+	+	+	+
Атмосферний тиск	+	+	+	+	-	-	+	+
Швидкість вітру	+	+	+	+	+	+	+	+
Напрямок вітру	+	+	+	+	+	+	+	+
Температура точки роси	-	-	-	-	-	-	+	-
Температура ґрунту	-	+	-	-	-	-	-	-
Таблична форма подання інформації	+/-	+	+	+/-	+/-	-	+	+/-
Подання інформації за допомогою графіків	-	-	-	-	-	+	+	-
Погодинний прогноз	+	-	+	-	+	-	+	-
3-х годинний прогноз	+	-	-	+	-	-	-	-
6-ти годинний прогноз	+	+	+	+	-	+	-	+

1-gp5.ua; 2-meteonova.ua; 3-meteoprog.ua; 4-gismeteo.ua; 5-weather.com; 6-foreca.ru;
7-wounderground.com; 8-weather.ua

Для того, щоб можна було провести порівняння спочатку необхідно було привести прогнози до одного вигляду з фактичними даними. Порівняльний аналіз ускладнювався через ряд причин. Перша – використання різної термінології в архіві фактичної погоди та на різних сайтах прогнозу погоди. Друга – подання інформації у різному вигляді. Третя – прогнози погоди потрібно було фіксувати кожен день в один і той самий час, зафіксована інформація зберігалась у вигляді растрових зображень, які необхідно оцифрувати. Оброблені, приведені до одного вигляду та оцифровані дані вносилися до програми Microsoft Excel.

Результатом роботи стало отримання робочого шаблону для аналізу та порівняння прогнозів погоди з фактичними даними в графічному вигляді. Ввівши вихідні дані у вигляді архіву фактичної погоди та прогнозу погоди за будь які дати ми відразу отримуємо графіки, за якими можна проводити аналіз. Ми отримуємо графічне відображення фактичної погоди, погоди за прогнозом, графіки з порівнянням фактичної та прогнозованої температури, діаграму

відхилення прогнозованих температур від фактичних, графік порівняння фактичної кількості та виду опадів з прогнозованими.

У якості прикладу наведемо дані аналізу достовірності прогнозу погоди з сайту «Розклад погоди» за період з 16.01.2016 до 20.01.2016 та прогнозу з сайту «Метеонова» за період з 06.01.2017 до 11.01.2017. Проведено порівняння основних погодних факторів, які призводять до утворення зимової слизькості: температура повітря, вид, кількість та тривалість опадів.

Графіки на рисунках 1 та 2 відображають зміну фактичної та прогнозованої температури повітря та їх різницю у вигляді гістограми.

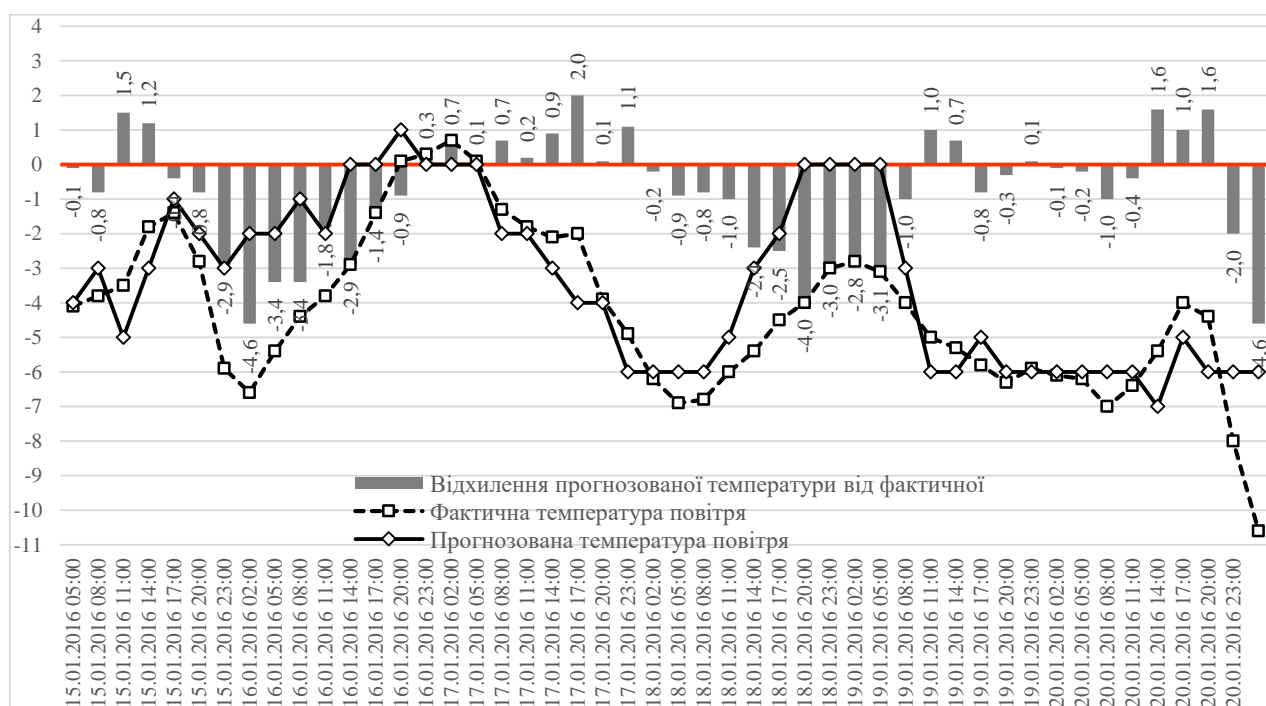


Рисунок 1 – Порівняння фактичної температури повітря з прогнозом «Розклад погоди»

Можна побачити, що температура повітря за даними сайту «Розклад погоди» за обраний період в більшості випадків завищена в середньому на 1,8 °С. Найбільше відхилення становить 4,6 °С, середнє – 1,44 °С. При аналізі прогнозованих температур повітря з сайту «Метеонова» спостерігаємо значно більше відхилення прогнозованої температури повітря від фактичної в порівнянні з прогнозом сайту «Розклад погоди». Так найбільше відхилення температури складає 8,4 °С, середнє – 2,66 °С.

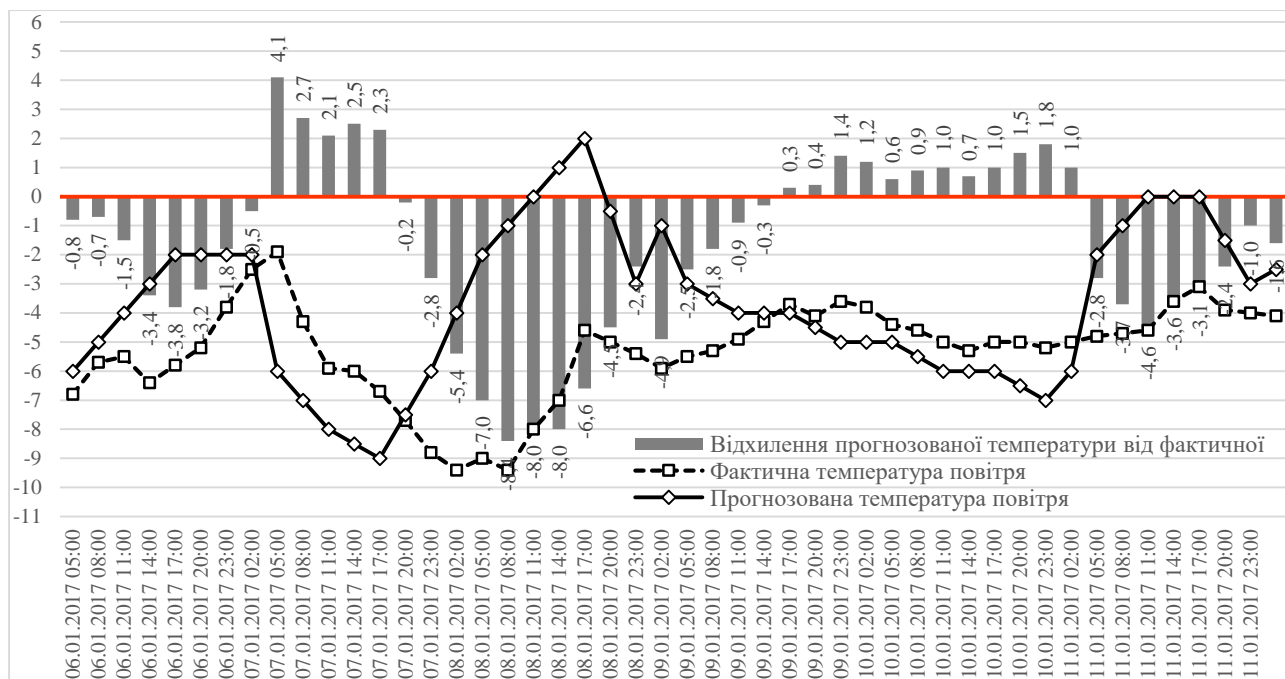


Рисунок 2 – Порівняння фактичної температури повітря з прогнозом «Метеонова»

Результати перевірки достовірності прогнозування кількості та виду опадів зображено графічно на рисунках 3 та 4. Фактичну та прогнозовану кількість опадів відображено у вигляді гістограми. Вид опадів, та час їх випадіння можна відстежити завдяки відповідним маркерам.

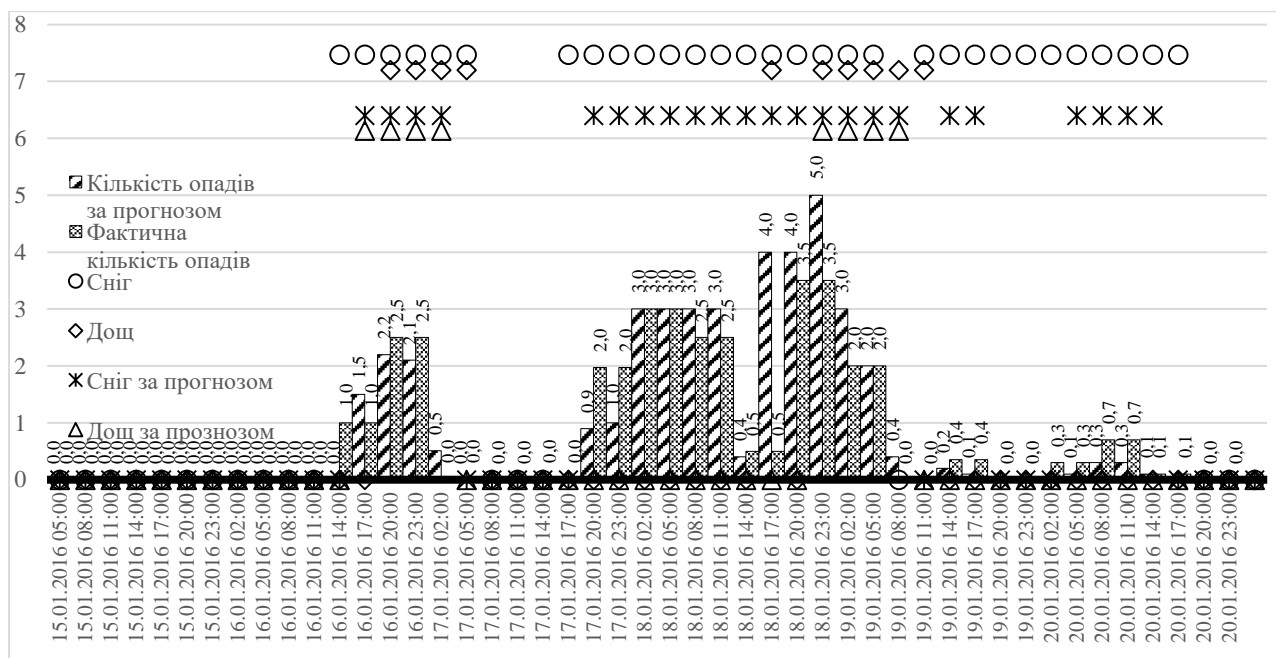


Рисунок 3 – Порівняння фактичної кількості та виду опадів з прогнозом «Розклад погоди»

Встановлено, що прогноз опадів з сайту «Розклад погоди» (рис. 3) досить точно передбачив вид, час випадіння та кількість опадів. За період, що розглядається фактична кількість опадів становила 36,9 мм, в том час, прогнозовано було 40,1 мм. Прогнозована кількість опадів була завищена лише на 8,55 %.

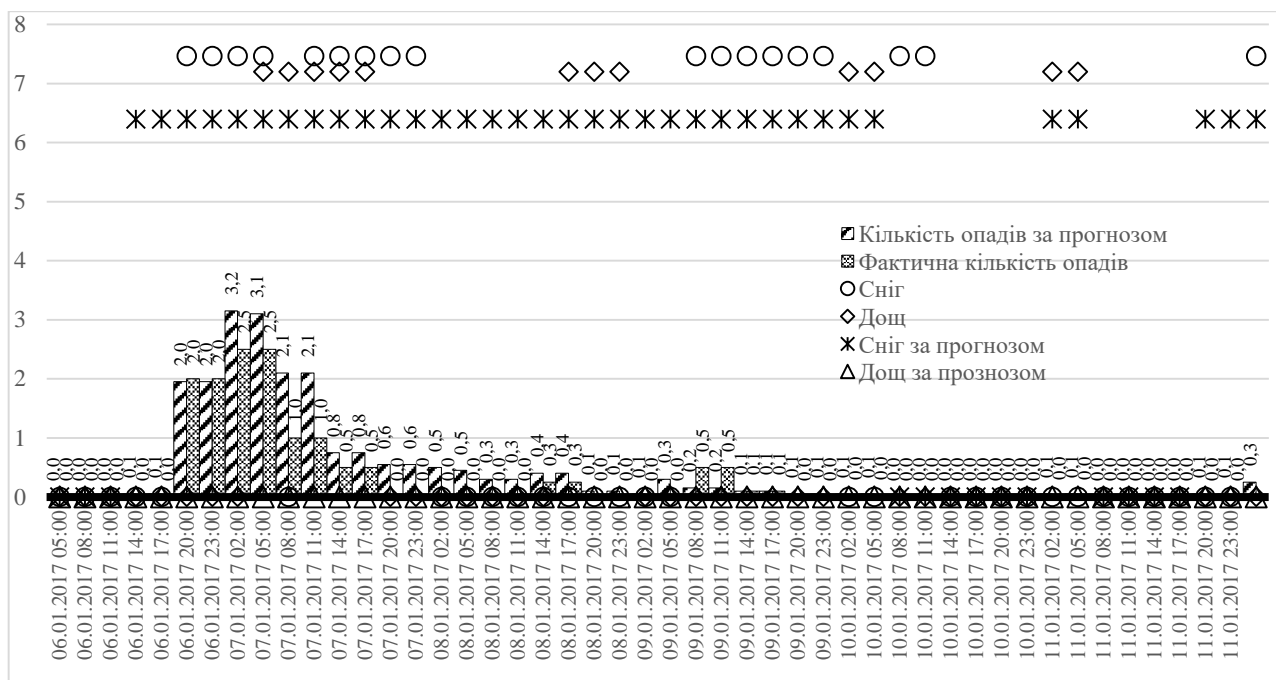


Рисунок 4 – Порівняння фактичної кількості та виду опадів з прогнозом «Метеонова»

Прогноз погоди з сайту «Метеонова» (рис. 4) поступається прогнозу «Розклад погоди», що стосується опадів. Фактична кількість опадів за аналізований період становила 15 мм, прогнозовано – 21,1 мм. Тобто прогнозована кількість опадів була завищена на 40,66%

Додатково для порівняння достовірності прогнозування опадів проводилось порівняння фактичної та прогнозованої тривалості опадів. Нажаль, отримана інформація з архіву погоди дає змогу оперувати лише тригодинними інтервалами часу.

З таблиці 2, в якій вказано дані отримані з прогнозу «Розклад погоди» можемо побачити, що прогнозована та фактична тривалість опадів за добу в більшості випадків має відхилення не більше ніж на один тригодинний інтервал. Найбільше відхилення спостерігається 19.01.2016 при прогнозуванні дощу, яке становить 9 годин.

Таблиця 2 – Порівняння фактичної та прогнозованої («Розклад погоди») тривалості опадів

Вид опадів		Тривалість опадів, годин						Всього
		15.01.201	16.01.201	17.01.201	18.01.201	19.01.201	20.01.201	
		6	6	6	6	6	6	
Дощ	факт	0	9	3	9	9	0	30
	прогноз	0	12	0	6	6	0	24
Сніг	факт	0	15	15	24	21	15	90
	прогноз	0	12	9	24	12	12	69

Аналізуючи тривалість опадів за прогнозом з сайту «Метеонова» (табл. 3) можна сказати про досить великі розбіжності в прогнозуванні тривалості опадів та їх виду.

Таблиця 3 – Порівняння фактичної та прогнозованої («Метеонова») тривалості опадів

Вид опадів		Тривалість опадів, годин						Всього
		06.01.201	07.01.201	08.01.201	09.01.201	10.01.201	11.01.201	
		7	7	7	7	7	7	
Дощ	факт	0	15	9	3	6	3	36
	прогноз	0	0	0	0	0	0	0
Сніг	факт	9	18	0	18	6	3	54
	прогноз	15	24	24	24	6	12	105

Отриманих результатів замало для аргументованих висновків про достовірність прогнозів. Але така задача і не ставилась на даному етапі, так як головною метою роботи було розроблення методики порівняльного аналізу прогнозів погоди та фактичної погоди, що зафіксована на метеорологічних станціях. Дослідження показали, що розроблена методика перевірки прогнозів погоди повністю справляється з поставленою ціллю, дозволяє автоматизованим способом обробити велику кількість інформації отриманої з архіву погоди та прогнозів, результати аналізу можна представляти в табличному або графічному вигляді для кращого сприйняття.

Необхідно усвідомлювати, що розглянуті прогнози є лише прогнозами погоди для загального користування, що не спеціалізуються для потреб дорожньої сфери. В той же час їх використання може стати перспективним напрямком для кращої організації робіт з зимового утримання за обмежених ресурсів. В подальшому передбачається порівняння більшої кількості прогнозів погоди за весь зимовий період та виявлення тих, що найбільш достовірно

прогнозують погодні умови утворення зимової слизькості та їх можна буде рекомендувати дорожнім службам.

Література

1. Теплофізичні властивості будівельних матеріалів. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://studall.org/all2-47023.html> — Назва з екрана.
2. П Г.1-218-118:2005. Єдині правила зимового утримання автомобільних доріг. – Київ, Харків, 2005.
3. Комплекс АДМС (Комплекс технічних і програмних засобів визначення дорожніх умов) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://data-lufft.com/p21851687-kompleks-adms-kompleks.html> — Назва з екрана.
4. Погода в Харкові [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://rp5.ua/Погода_в_Харькове — Назва з екрана.
5. МЕТЕОНОВА – прогноз погоди в Харкові – професійна версія для спеціалістів [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.meteonova.ua/pro/34300.htm> — Назва з екрана.

Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Кизима С.С., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Kyzyma S.S., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **15.03.2017 р.**