

Applied problems of information systems operation

УДК 656.132.658

doi: 10.20998/2522-9052.2018.2.19

С. М. Андреев, Д. О. Волотівська, В. А. Жилін

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ТИПІВ ХМАРНОСТІ ДЛЯ ЗАМОВЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЧАСОВОГО ПЕРІОДУ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ

Предметом дослідження є методика визначення типів хмарності за даними, отриманими з супутників Національного управління океанічних та атмосферних досліджень Міністерства торгівлі США. **Об'єктом дослідження** є моніторинг оптико-метеорологічних характеристик хмарної атмосфери на основі космічних знімків. **Метою роботи** є підвищення результативності вивчення хмарного покриву та підвищення інформативності метеорологічних даних для підтримки прийняття рішень в задачах метеорології, керування повітряним рухом та використання даних дистанційного зондування Землі в різних сферах функціонування соціуму. Задля досягнення поставленої мети вирішено такі часткові задачі: створення картографічних моделей хмарності та підстильної поверхні з урахуванням часових періодів виконання зйомки; проведення аналізу існуючих ознак розпізнавання хмарності на космічних знімках; розробка і практична реалізація методики визначення по космознімках форм хмар та оптимального періоду зйомки хмарного покриву. Картографічні моделі хмарності з урахуванням періодів зйомки дають інформацію про оптимальний час замовлення цифрових даних, що значно скорочує затрати та оптимізує роботу зі супутниковою інформацією. **Висновки:** визначення оптимального періоду замовлення знімків високої якості на основі запропонованих картографічних моделей значно скорочує затрати на вирішення тематичних задач геоінформаційних систем. Вивчення типів хмарності з використанням запропонованої методики дає можливість відслідковувати динаміку та процес утворення будь-яких видів хмар та з високою ймовірністю безпомилковості прогнозувати небезпечні атмосферні явища. За рахунок цього підвищується ефективність керування повітряним рухом та використання даних дистанційного зондування Землі у всіх сферах життєдіяльності людства.

Ключові слова: картографічні моделі; хмарний покрив; підстильна поверхня; часові періоди космічної зйомки.

Вступ

Супутникові дані широко використовуються в задачах діагнозу та прогнозу погоди і клімату, для екологічного моніторингу і аналізу стану навколишнього середовища, для виявлення і контролю стихійних гідрометеорологічних явищ та надзвичайних ситуацій.

З появою компактних і відносно недорогих станцій прийому цифрової супутникової інформації спочатку за кордоном, а тепер і в нашій країні, ними стали оснащуватися як окремі регіональні центри з гідрометеорології та контролю навколишнього середовища, так і установи та організації на місцях, що використовують в своїй діяльності супутникові дані.

Для України наявність таких станцій і відповідна обробка даних на місцях і в регіональних центрах — це єдиний шлях, що дозволяє забезпечити всю територію країни даними дистанційного зондування з необхідною для оперативної практики і науково-дослідних цілей повнотою. При цьому виникає задача створення таких систем обробки даних дистанційного зондування Землі, які забезпечували б необхідний рівень якості спеціалізованої тематичної обробки і рішення оперативних ПС-задач та були б доступні для широкого кола користувачів на місцях.

Постановка задачі. В даний час різко зросла наукова і практична значимість дослідження атмосфери і океану дистанційними засобами космічного зондування.

Постійно розширюється коло прикладних і науково-дослідних завдань, що вирішуються на основі сучасних методів обробки даних дистанційного зондування Землі

Важливе місце серед завдань, що вирішуються за допомогою даних супутникового зондування займає аналіз хмарності.

Метою роботи є підвищення результативності вивчення хмарного покриву та підвищення інформативності метеорологічних даних для підтримки прийняття рішень в задачах метеорології, керування повітряним рухом та використанні даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в різних сферах життєдіяльності людства.

Задля досягнення поставленої мети вирішено такі часткові задачі:

- 1) створення картографічних моделей [1, 2] хмарності та підстильної поверхні з урахуванням часових періодів виконання зйомки;
- 2) проведення аналізу існуючих ознак розпізнавання хмарності на космічних знімках;
- 3) розробка і практична реалізація методики визначення по космознімках форм хмар та оптимального періоду зйомки хмарного покриву.

Результати досліджень

Застосування даних ДЗЗ для прогнозування погодних умов. Виконані в останні роки дослідження свідчать про великі можливості використання супутникової метеорологічної інформації в рамках сучасних чисельних прогнозів погоди.

Перспективи отримання за допомогою супутників метеорологічної інформації в кількісній формі не знижують актуальності використання і вдосконалення методів якісного аналізу зображення Землі з космосу. Навпаки, дослідження останніх років відкрили нові можливості, що складаються в застосуванні зображень для визначення різноманітних вла-

стивостей характеристик підстильної поверхні та хмарності.

Приклади космічних знімків з різним відсотком хмарності представлені на рис. 1.

Порівняння даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і даних з наземних метеостанцій за можливостями їх застосування представлені в табл. 1.

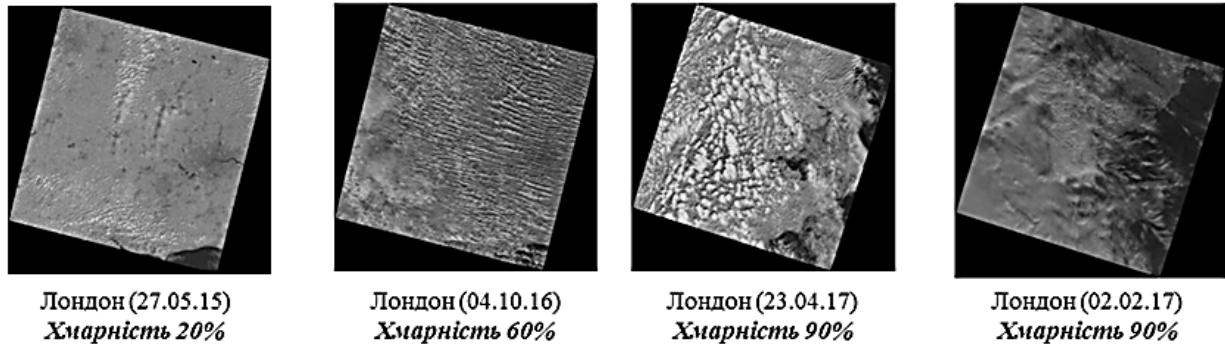


Рис. 1. Приклади космічних знімків із різним відсотком хмарності

Таблиця 1. Порівняння можливостей застосування даних ДЗЗ і даних з наземних метеостанцій

Можливості	Дані ДЗЗ	Дані з наземних метеостанцій
Глобальний моніторинг поля хмарності	+	—
Спостереження за хмарним покриттям в режимі реального часу	+	—
Оперативна зйомка систем хмарності	+	—
Складання метеорологічних прогнозів	+	+
Моніторинг небезпечних стихійних явищ	+	—
Наочність атмосферних явищ	+	—
Радіозондування температури	—	+

На підставі відомостей табл. 1 можна зробити висновок про те, що дані з наземних метеостанцій не забезпечують необхідну і достатню кількість інформації для вирішення специфічних ГІС-задач.

Принципи побудови картографічних моделей хмарного покриття з урахуванням часових періодів виконання зйомки. Перше завдання, яке доводиться вирішувати при дешифруванні знімків — це відділення підстильної поверхні від хмарного покриття. Основною класифікаційною ознакою є колір. В даному випадку колірна гамма біло-сіра.

При дешифруванні хмар, важливим моментом є відділення їх від сніжно-льодової та іншої поверхні з білим кольором. Це відділення проводиться за такими ознаками, як форма і текстура. Краї хмарних систем зазвичай розмиті, в той час як райони, вкриті снігом, особливо якщо це гірська місцевість, мають чітку межу, часто зі складним гіллястим орнаментом долин.

Крім того, сніжно-льодовий покрив відносно стабільний за короткі проміжки часу, і за цією ознакою його легко можна відрізнити від дуже динамічного хмарного покриття (шляхом порівняння декількох послідовних знімків). Великі труднощі виникають при дешифруванні хмар над поверхнями, вкритими снігом, особливо у рівнинних районах помірних і полярних широт.

Для визначення періоду найкращої зйомки хмарного покриття необхідно проаналізувати дані ДЗЗ і дані, отримані в результаті наземних метеорологічних спостережень за 4 періоди року (зима, весна, літо, осінь) по кожному кварталі місяця. При цьому необхідно враховувати відносну вологість повітря на даний момент зйомки хмарності.

За допомогою програмного пакету Surfer 13 [3 – 5] створено інтерпольовані регулярні сітки (по кожному місяцю року). Для цього в таблицю вносяться такі дані:

- 1) число зйомки (дата);
- 2) відносна вологість (у %);
- 3) кількість хмарності (у %).

Вхідні дані: фрагмент таблиці даних у форматі *.xls та знімки супутників NOAA.

На підставі створених інтерпольованих регулярних сіток розроблено картографічні моделі хмарного покриття за періодами виконання космічної зйомки. Отримані результати показують найкращий час проведення спостережень для визначення типу хмарності та земної поверхні (рис. 2). Дані для створення моделей були відібрані по Харківській області.

При хмарності в 100%, коли підстильна поверхня повністю затягнута хмарами, розрізнити тип дуже складно [6], так само, як і при малій кількості хмар або легкому серпанку (5%), адже в останньому

випадку важко розрізнити як текстуру, так і форму окремих хмар.

З цього витікає, що для вивчення типів хмарного покриву найбільш оптимальним варіантом є знімки з відсотком хмарності від 60% до 90%.

Результатом проведення аналізу представлених картографічних моделей по кварталам року було

визначено оптимальні періоди зйомки хмарного покриву та земної поверхні (рис. 3).

За даними досліджень можна зробити висновок про те, що найкращим періодом для проведення зйомки хмарного покриву є березень, адже саме в цьому місяці кількість хмарності найбільш оптимальна для вивчення типів хмар.

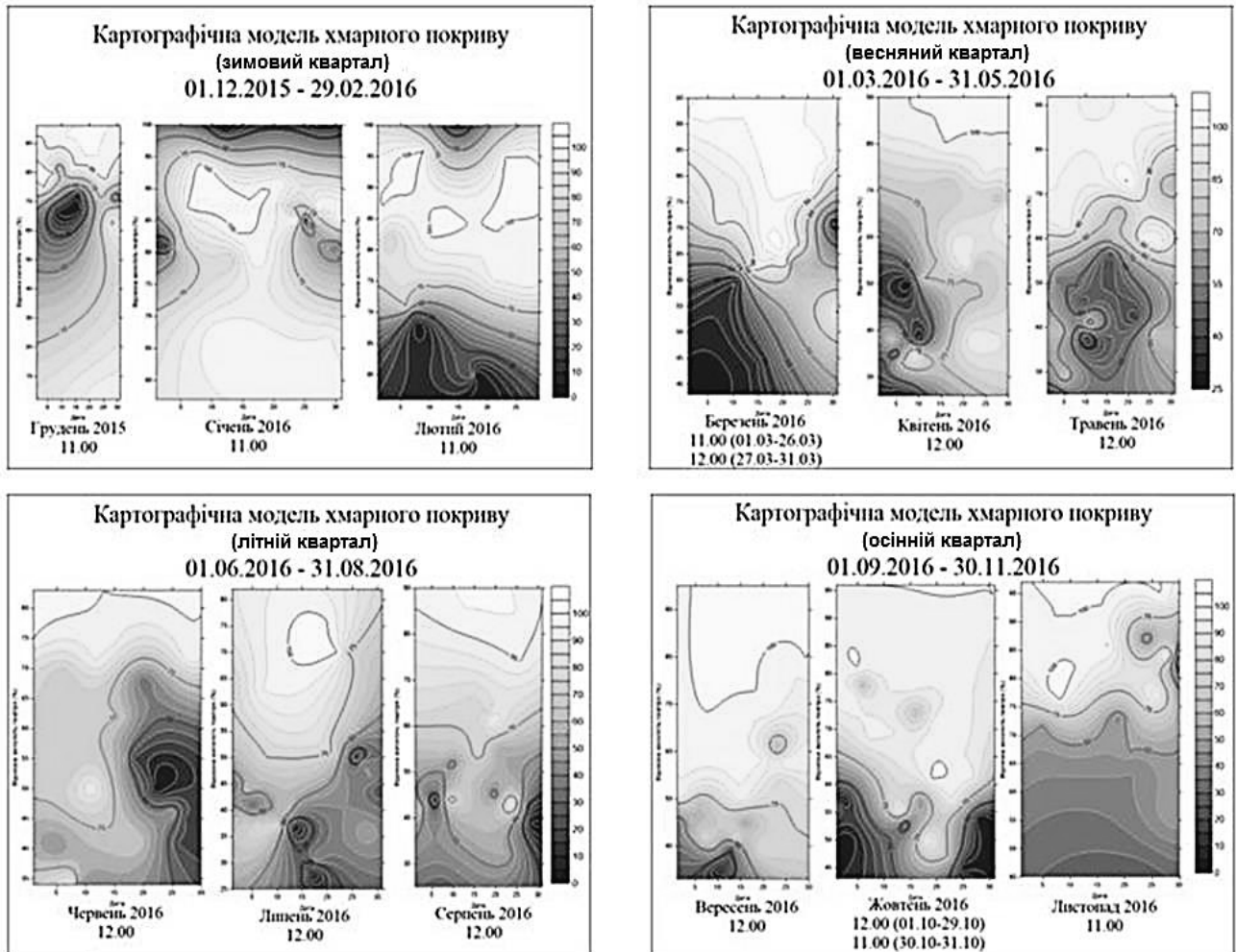


Рис. 2. Картографічні моделі хмарного покриву

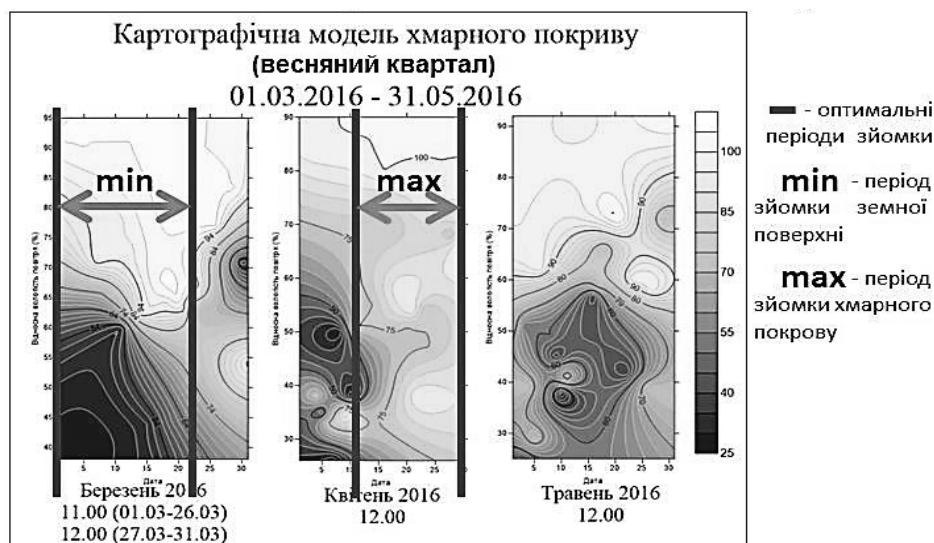


Рис. 3. Результат визначення оптимальних періодів зйомки

Кінець осіннього та зимовий квартал можна не враховувати, оскільки наявність сніжного покриву перешкоджає отримати достовірний набір інформації про класифікаційні ознаки хмарного покриву.

Кінець квітня є найбільш оптимальним періодом для замовлення знімків з метою вивчення земної поверхні.

Розробка методики визначення форми хмар по результатах обробки космічного знімку. У зв'язку з різноманіттям класів зорових образів і цілей розпізнавання число способів вторинного опису зображень практично необмежено. У зв'язку з цим на шляху створення надійних і швидкодіючих алгоритмів виникає проблема вибору вторинного опису зображень найменшої розмірності з якомога більшою інформативністю в умовах дії чинників, що заважають.

У розпізнаванні хмарності першим кроком є відділення її від інших типів підстильної поверхні (рис. 4).



Рис. 4. Виділення основних типів підстильної поверхні на першому етапі розпізнавання

Спільний аналіз всієї супутникової інформації дозволить з'ясувати вертикальну протяжність хмар і уточнити за цими даними їх форму. Якщо в розпорядженні дешифрувальника є тільки знімки хмарності, то для визначення потужності хмар використовують тіні, що відкидаються високими хмарами, на більш низькі. Перевищення однієї хмари над іншими в цьому випадку може бути визначено за даними висоти Сонця.

Тіні можуть бути видні не тільки на тлі більш низьких хмар, але й на світлому піску, сніжному і крижаному покриві.

У той же час, на водній поверхні, яка зазвичай має темний тон, тінь не завжди можливо виявити.

При аналізі знімків не завжди вдається точно визначити форми морфологічної класифікації хмар через фотографічну подібність більшості з них між собою.

Тому при дешифруванні користуються умовною класифікацією, складеною з урахуванням інформативних можливостей космознімків [7, 8].

Кількість хмарності характеризує ступінь покриття хмарами тієї чи іншої ділянки земної поверхні і визначається відношенням (у відсотках) площі, зайнятої хмарними елементами всередині контуру, до всієї площі, обмеженої контуром.

У більшості практичних ситуацій максимальною інформативністю відрізняються ознаки форми. Якщо яскравість об'єкта досить однорідна в межах

займаної ним площі, то практично вся інформація про його форму зосереджена на його кордонах (контурах). Таким чином, ознаками форми є координати контурних точок об'єктів.

Крім основних типів хмарності, при дешифруванні визначаються межі однорідних хмарних полів і кількість хмарності.

Вид подання контуру істотно впливає на можливість його аналізу і ототожнення. Найбільш загальними підходами є апроксимація кривих, протестування контурів і зв'язування точок перепадів контрасту.

Оскільки при зв'язуванні безлічі контурних точок апроксимуюча крива може погано відображати геометричну форму об'єкта, попередньо визначають домінуючі точки контуру (точки зламу, локальні екстремуми функції кривизни).

Параметри моделі контуру є дескрипторами форми об'єктів і використовуються для їх класифікації [9, 10].

Нормальний закон розподілу є граничним законом, до якого наближаються інші закони розподілу при аналогічних умовах які найчастіше зустрічаються.

Для моделювання результатів вимірювань параметра x з нормальним законом розподілу визначимо функцію $Norm(m, \sigma)$:

$$Norm(m, \sigma) := \sqrt{\frac{12}{v}} \cdot \sigma \cdot \left(\sum_k rnd(1) - \frac{v}{2} \right) + m,$$

де $v = 48$; $k = 1, \dots, v$.

На заданому кольоровому знімку земної поверхні було виділено два класи просторово-розподілених об'єктів (рис. 5).



Рис. 5. Заданий знімок хмари

Клас 1 – «земна поверхня», клас 2 – «хмара».

Колір кожного пікселя зображення визначається значеннями компонент R , G і B .

Для перевірки відповідності заданого розподілу нормальному для 1 і 2 побудовані гістограми розподілів значень ознаки N з відповідними умовними густота розподілу ймовірностей (ГПІ) (рис. 6) [11, 12].

Визначимо відхилення експериментального від теоретичного закону розподілу за критерієм χ^2 .

Для нормального закону розподілу значення:

для класу 1 $\chi^2 = 2,747$, $\tau = 7$,

для класу 2 $\chi^2 = 17,695$, $\tau = 7$.

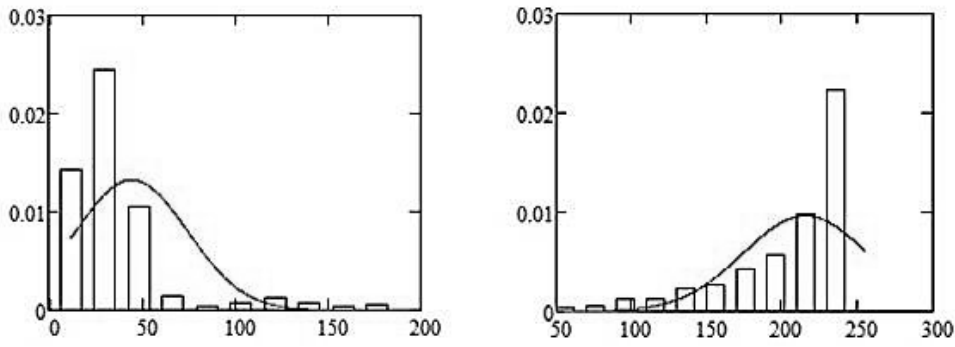


Рис. 6. Гістограма розподілу значень ознаки N і умовна ГРІ для класів 1 та 2

Зіставивши τ і χ^2 , маємо, що відповідне табличне значення квантиля χ^2 -розподілу для класу 1 дорівнює 0.907. Це означає, що згенеровано контрольну вибірку, яка з ймовірністю 90,7% відповідає нормальному закону розподілу.

Для класу 2 значення квантиля χ^2 -розподілу становить 0,626. Це означає, що згенеровано контрольну вибірку, яка з ймовірністю 62,6% відповідає нормальному закону розподілу.

Емпіричні ймовірності помилок розпізнавання

$$P_{e12} = 0,006, P_{e21} = 0,016.$$

Загальна емпірична ймовірність помилки розпізнавання

$$P_e = 0,011.$$

Ймовірності правильного розпізнавання

$$P_{11} = 0,984, P_{22} = 0,994.$$

Для того, щоб провести розпізнавання вихідного зображення і результати отримати у вигляді чорно-білого зображення, де чорний колір відповідає класу 1, а білий — класу 2, необхідно скласти вирішальне правило. Пошук контурів проводять методом «жука», алгоритм методу реалізований з використанням програмного продукту MATLAB (рис. 7).

Отже, площа отриманої фігури містить 1333 пікселя. Для того щоб розрахувати відхилення необхідно виміряти відстань від контуру фігури до кола і квадрату (рис. 8).

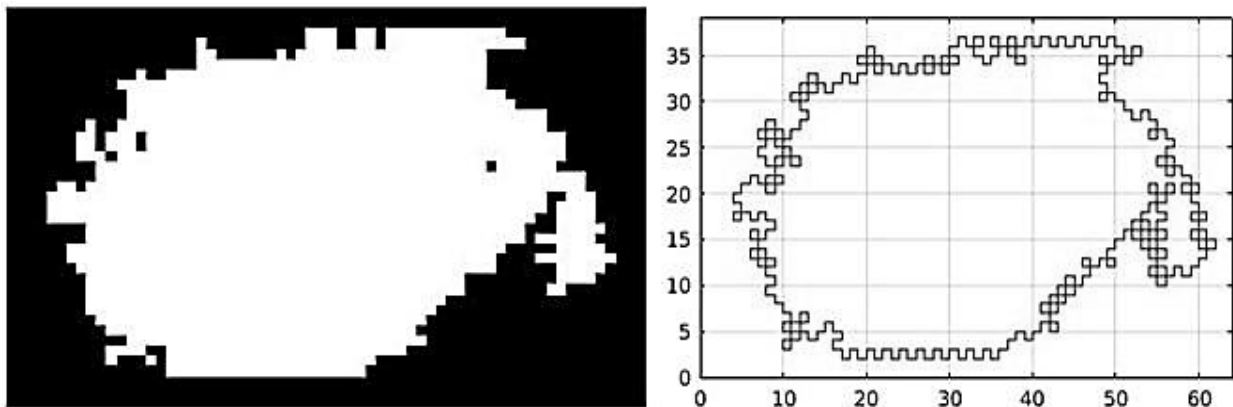


Рис. 7. Розпізнавання вихідного зображення за ознакою N та виділення контуру хмари методом «жука»

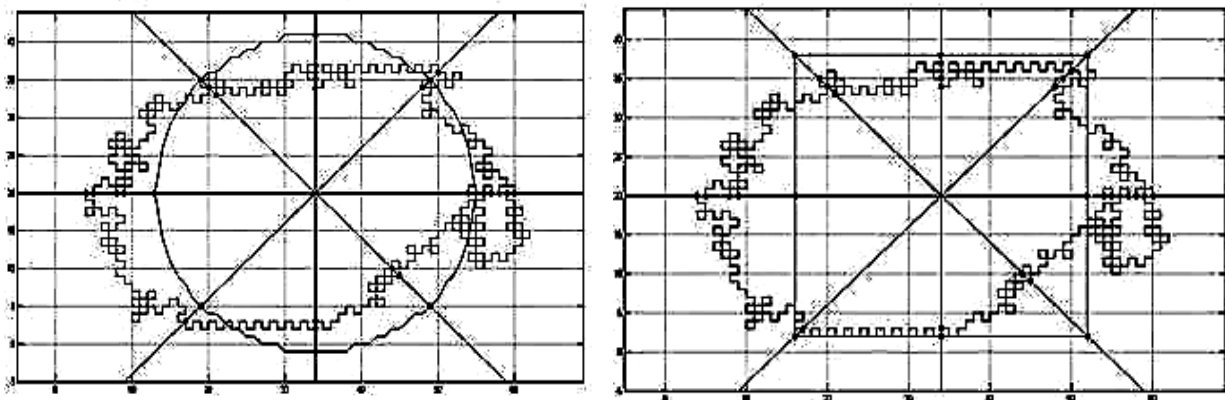


Рис. 8. Порівняння контуру хмари з колом та квадратом

В результаті обчислень відхилення становить:

– від квадрата $\Delta_{\text{кв}} = -2,0666$,

– від кола $\Delta_{\text{коло}} = -1,0305$.

Можна зробити висновок про те, що для опису даного хмари краще використовувати коло, ніж квадрат.

Висновки

Визначення оптимального періоду замовлення космічних знімків високої якості на основі запропонованих картографічних моделей значно скорочує затрати на вирішення тематичних ГІС-задач.

Вивчення типів хмарності з використанням запропонованої методики дає можливість відслідковувати динаміку та процес утворення будь-яких видів хмар та з високою ймовірністю безпомилковості передбачати небезпечні атмосферні явища.

За рахунок цього підвищується ефективність керування повітряним рухом та використання даних дистанційного зондування Землі у всіх сферах життєдіяльності людства.

Використання знімків супутників NOAA є сприятливим для вирішення зазначених задач завдяки наданню зацікавленим користувачам у відкритому доступі, достатній інформативності щодо створення запропонованих картографічних моделей і розпізнавання типу хмар за їх формою.

Запропоновані принципи побудови картографічних моделей хмарного покриву з урахуванням часових періодів виконання зйомки рекомендується додати до класифікатору тематичних ГІС-задач та до атласу хмар у якості орієнтиру по датах замовлення космічних знімків високої якості.

Перспективи подальших досліджень — розробка методики побудови картографічних моделей для визначення оптимальних періодів космічної зйомки підстильної поверхні заданих областей (територій певної держави-замовника) на основі статистичних даних метеорологічних станцій та даних дистанційного зондування Землі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андреев С. М. Методика застосування бібліотек комп'ютерного зору для побудови картографічних моделей / С. М. Андреев, В. А. Жилин, А. С. Топчий // Системи управління, навігації та зв'язку : збірник наукових праць. – Полтава : Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, 2018. – Вип. 1(47) – С. 3-7.
2. Методика разработки картографических моделей парковых зон / С. М. Андреев, Г. В. Дмитерко, В. А. Жилин, С. И. Овчаренко // Системи обробки інформації : збірник наук. праць. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип. 12(137) – С. 6-14.
3. Мальцев К. А. Основы работы в программе Surfer 7.0: Учебно-методическое пособие / К. А. Мальцев. – Казань: Издательство Казанского государственного университета, 2008. – 24 с.
4. Решение геологических задач с применением программного пакета Surfer / сост. И. А. Иванова, В. А. Чеканцев. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2008. – 92 с.
5. Мальцев К. А. Построение моделей пространственных переменных (с применением пакета Surfer): Учебное пособие / К. А. Мальцев, С. С. Мухарамова. — Казань: Казанский университет, 2014. — 103 с.
6. Измерение облачности на снимках, полученных со спутника SPOT — 4 / Е. А. Мальцев, Э. Е. Сиротин, Д. А. Перфильев, Г. М. Цибульский // Журнал Сибирского федерального университета. – 2011. – №2 (5). – С. 229-242.
7. Об опыте автоматического статистического распознавания облачности / Н. Н. Апрашова, И. А. Горлач, А. А. Желнин, С. В. Сорокин // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1998. – № 10 (38). – С. 1788-1792.
8. Астафуров В. Г. Классификация облаков по спутниковым снимкам на основе технологии нейронных сетей / В. Г. Астафуров, А. В. Скороходов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2011. — № 1 (8). — С. 65-73.
9. Демидова Л. А. Сегментация спутниковых изображений с применением аппарата теории нечетких множеств / Л. А. Демидова, Н. И. Нестеров, Р. В. Тишкин // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. — 2012. — № 3. — С. 11-17.
10. Ветров А. А. Сегментация облачных объектов на панхроматических изображениях земной поверхности / А. А. Ветров, А. Е. Кузнецов // Цифровая обработка сигналов. – 2011. – № 3. – С. 32-36.
11. Математические методы распознавания образов: Курс лекций. / А. Е. Лепский, А. Г. Броневиц. – Таганрог: Издательство ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.
12. Мицель А. А. Непараметрический алгоритм текстурного анализа аэрокосмических снимков / А. А. Мицель, Н. В. Колодникова, К. Т. Протасов // Изв. Томского политехнич. ун-та. – 2005. – № 1 (308). – С. 65-70.

REFERENCES

1. Andreev, S.M., Zhilin, V.A. and Topchiy, A.S. (2018), "Method of using computer vision libraries for constructing cartographic models", *Systems of control, navigation and communication*, No. 1 (47), PNTU, Poltava, pp. 3-7.
2. Andreev, S.M., Dmyterko, G.V., Zhilin, V.A. and Ovcharenko, S.I. (2015), "Methodology for the development of cartographic models of park areas", *Information processing systems*, No. 12 (137), KhAFU, Kharkiv, pp. 6-14.
3. Maltsev, K.A. (2008), *Fundamentals of work in the program Surfer 7.0 drive tutorial*, Kazan State University, Kazan, 24 p.
4. Ivanova, I.A. and Chekantsev, V.A. (2008), *The solution of geological problems with the use of the Surfer software package drive tutorial*, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 92 p.
5. Maltsev, K.A. (2014), Construction of models of spatial variables with application of the Surfer package drive tutorial, Kazan University, Kazan, 103 p.

6. Maltsev, E.A., Sirotin, E.E., Perfilev D.A. and Tsubulsky, G.M. (2011), "Measurement of cloudiness in images obtained from the SPOT-4 satellite", *Journal of the Siberian Federal University*, No. 2 (5), pp. 229-242.
7. Aprausheva, N.N., Gorlach, I.A., Zhelnin, A.A. and Sorokin S.V. (1998), "On the experience of automatic statistical recognition of clouds", *Journal of Computational Mathematics and Mathematical Physics*, No. 10 (38), pp. 1788-1792.
8. Astafurov, V.G. and Skorokhodov, A.V. (2011), "Classification of clouds from satellite images based on neural network technology", *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*, No. 1 (8), pp. 65-63.
9. Demidova, L.A., Nesterov, N.I. and Tishkin, R.V. (2012), "Segmentation of satellite images using the apparatus of the theory of fuzzy sets", *Bulletin of the Ryazan State Radio Technical University*, No. 3, pp. 11-17.
10. Vetrov, A.A. and Kuznetsov, A.E. (2011), "Segmentation of cloud objects on panchromatic images of the Earth's surface", *Digital Signal Processing*, No. 3, pp. 32-36.
11. Lepsky, A.E. and Bronevich, A.G. (2009), *Mathematical methods of pattern recognition*, Southern Federal University, Taganrog, 155 p.
12. Mycel, A. A., Kolodnikova, N.V. and Protasov K.T. (2005), "Nonparametric algorithm for the texture analysis of aerospace images", *Proceedings of Tomsk Polytechnic University*, No. 1 (308), pp. 65-70.

Received (Надійшла) 23.02.2018

Accepted for publication (Прийнята до друку) 28.04.2018

Разработка методики определения типов облачности для заказа оптимального временного периода космической съемки

С. М. Андреев, Д. А. Волотовская, В. А. Жилин

Предметом исследования является методика определения типов облачности по данным, полученным со спутников Национального управления океанических и атмосферных исследований Министерства торговли США. **Объектом исследования** является мониторинг оптико-метеорологических характеристик облачной атмосферы на основе космических снимков. **Целью работы** является повышение результативности изучения облачного покрова и повышения информативности метеорологических данных для поддержки принятия решений в задачах метеорологии, управления воздушным движением и использования данных дистанционного зондирования Земли в различных сферах функционирования социума. Для достижения поставленной цели решены следующие частные задачи: создание картографических моделей облачности и подстилающей поверхности с учетом временных периодов выполнения съемки; проведение анализа существующих признаков распознавания облачности на космических снимках; разработка и практическая реализация методики определения по космоснимкам форм облаков и оптимального периода съемки облачного покрова. Картографические модели облачности с учетом периодов съемки дают информацию об оптимальном заказе цифровых данных, что значительно сокращает затраты и оптимизирует работу со спутниковой информацией. **Выводы:** определение оптимального периода заказа снимков высокого качества на основе предложенных картографических моделей значительно сокращает затраты на решение тематических задач геоинформационных систем. Изучение типов облачности с использованием предложенной методики дает возможность отслеживать динамику и процесс образования всех видов облаков и с высокой вероятностью безошибочно прогнозировать опасные атмосферные явления. За счет этого повышается эффективность управления воздушным движением и использования данных дистанционного зондирования Земли во всех сферах жизнедеятельности человечества.

Ключевые слова: картографические модели; облачный покров; подстилающая поверхность; временные периоды космической съемки.

Development of the clouds types determination method for ordering the optimal temporary period of space shooting

S. Andreev, D. Volotovskaya, V. Zhilin

The subject of the study is a method for determining the types of cloudiness based on data from satellites National Oceanic and Atmospheric Administration of the US Department of Commerce. **The object of the study** is to monitor the opto-meteorological characteristics of cloudy atmosphere on the basis of space images. **The purpose of the work** is to increase the effectiveness of the study of cloud cover and increase the informativity of meteorological data to support decision-making in meteorology, air traffic control, and the use of Earth remote sensing data in various spheres of the functioning of society. In order to achieve this goal, the following partial tasks were solved: the creation of cartographic models of clouds and the underlying surface, taking into account the time periods of the photographing; conducting analysis of existing signs of cloud recognition on space images; development and practical implementation of the method for determining cloud forms and the optimal time period for photographing the cloud cover. Cloud templates that define shooting periods provide information about the optimal time of digital data ordering, which greatly reduces costs and optimizes the work with satellite information. **Conclusions:** determining the optimal time period for ordering high quality images based on proposed cartographic models significantly reduces the cost of solving thematic tasks of geographic information systems. The study of the types of clouds using the proposed methodology makes it possible to trace the dynamics and the process of formation of any types of clouds and with a high probability of non-falsity to predict dangerous atmospheric phenomena. This increases the effectiveness of air traffic control and the use of remote sensing data in all areas of human life.

Keywords: cartographic models; cloud cover; surface of the landscape; time periods of space survey.