

УДК 004.41

**ПІДХОДИ ЩОДО ВАЛІДАЦІЇ І ВЕРИФІКАЦІЇ ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБРОБКИ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ
АГРОМОНІТОРИНГУ**

О. М. Ткаченко, кандидат технічних наук, доцент

Т.А. Баранова, асистент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: baranova@nubip.edu.ua

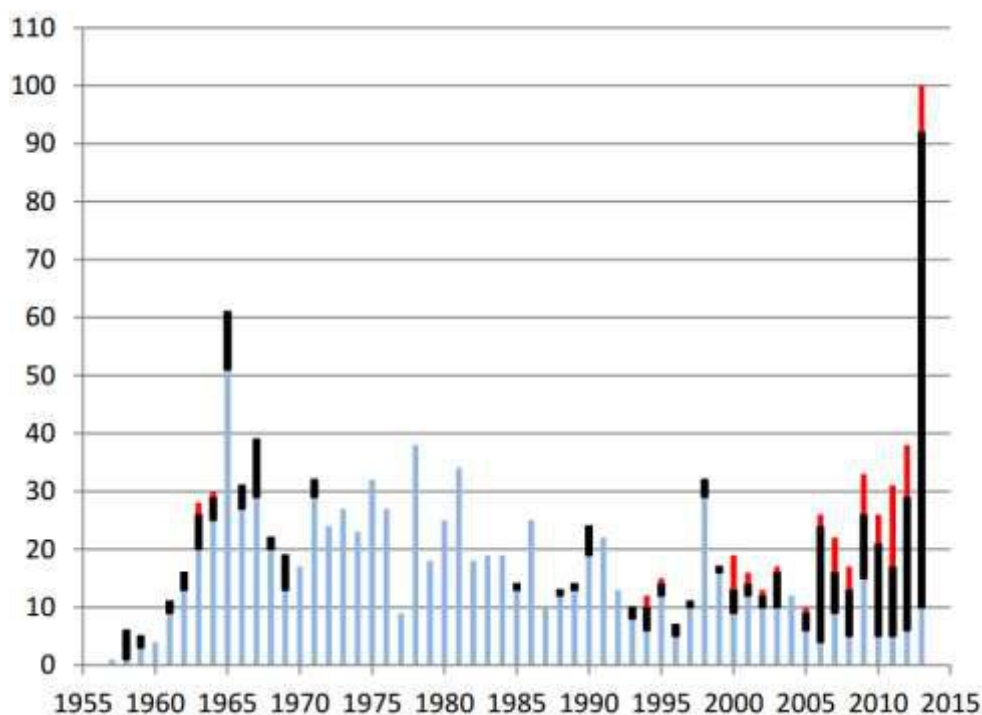
Анотація. Супутникові знімки є основним вхідним потоком даних для подальшого процесу автоматизованої обробки при вирішенні задач моніторингу різного призначення. Якість отриманих зображень впливає на достовірність результатів і висновків. Крім технічних, існують і природні фактори, такі як сезонність, які можуть вплинути на достовірність вхідних даних. З огляду на це та не уніфікованість програмного забезпечення (ПЗ), яке використовується на різних етапах роботи зі зображеннями, виникає необхідність узагальнити підходи щодо перевірки якості цього ПЗ. У статті узагальнено підходи та можливості валідації і верифікації програмного забезпечення, призначеного для обробки супутникових даних. Ці підходи базуються на багаторічному досвіді розробки ПЗ та підходах, апробованих у провідних компаніях. Відзначено специфіку тестування, симуляції, розробки UML-моделей, статичний і динамічний аналіз, проектування відмовостійкого ПЗ. Відповідні підходи до валідації і верифікації доцільно застосовувати залежно від етапу життєвого циклу ПЗ, а також від завдання, на виконання якого спрямоване ПЗ. Основними методами перевірки є симуляція, тестування і UML-моделювання, як і для звичайного ПЗ. Разом з тим, при перевірці ПЗ, призначеного для роботи на апаратах, з яких здійснюється зйомка, доцільно застосовувати симуляцію роботи в реальних умовах.

Ключові слова: програмне забезпечення, супутникові дані, валідація, верифікація, агромоніторинг

Актуальність. Сучасний рівень продовольчих потреб та стан використання необхідних для їх задоволення ресурсів вимагає впровадження технологій, які не тільки є оптимальними за економічними критеріями, а й забезпечують можливість ефективного і безпечного використання сільськогосподарських земель протягом тривалого періоду. Сучасний глобальний моніторинг

спирається на технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та обробку знімків, отриманих з різних типів сенсорів з космосу [1]. Агromоніторинг є складовою більш глобального моніторингу, який також охоплює такі сфери як довкілля, міська і транспортна інфраструктура, військові та потенційно небезпечні об'єкти тощо [2].

За останні десятиліття в космос було запуснено значну кількість малих (до 100 кг) супутників з різним програмним забезпеченням (ПЗ) (рис.1).



**Рис. 1. Кількість малих супутників, запуснених у період 1957-2015 рр.
Джерело: [3]**

Не уніфікованість ПЗ створює проблему достовірності отриманих даних та є фактором можливого викривлення отриманих результатів. Крім того, параметри моніторингу мають власну специфіку, яка може вплинути на достовірність даних у часовому зрізі. Наприклад, NDVI має характерну динаміку протягом року (рис. 2).

Все це обумовлює необхідність перевірки коректності не лише методів обробки даних, а й ПЗ, яке це виконує.

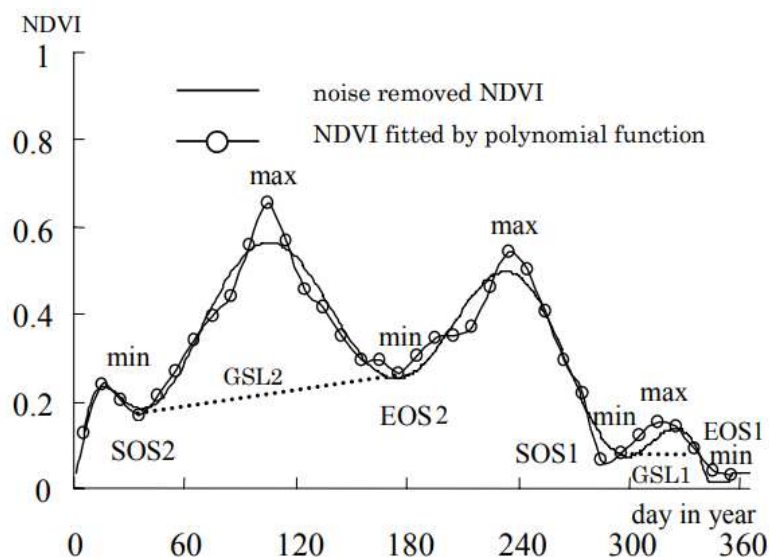


Рис. 2. Сезонна динаміка NDVI. Джерело: [4]

Аналіз досліджень і публікацій. Ще у 1970-х рр., у період становлення індустрії програмного забезпечення, розглядалися проблеми реалізації програмних проектів та підвищення якості ПЗ. Досвід того часу зразково узагальнив у 1975 р. Ф. Брукс у книзі "Міфічний людино-місяць". Утвердження об'єктно-орієнтованої парадигми у програмуванні, що відобразилося в публікації у 1986 р. Б. Страуструпом специфікацій мови C++ та узагальнено в книзі Г. Буча "Об'єктно-орієнтований аналіз і проектування з прикладами програмування на C++", зумовило зміну підходів в управлінні ІТ-проектами, від каскадної моделі 1970-х рр. до стандартизованої спіральної моделі Боема і популярних нині гнучких методологій розробки, а також появу нового інструментарію, такого як UML, інтегрованих середовищ розробки ПЗ, платформ колективної розробки, систем аналізу коду тощо.

Попри універсальність підходів до розробки ПЗ для різних предметних областей, системи, які функціонують в екстремальних умовах (наприклад, у відкритому космосі) та в реальному режимі часу вимагають особливої уваги до якості ПЗ, для забезпечення якої необхідними є процеси валідації та верифікації.

Мета дослідження – огляд основних підходів щодо валідації і верифікації ПЗ для обробки супутникових даних.

Матеріали та методи дослідження. Верифікація ПЗ – це тестування з метою перевірки, чи програмний код правильно реалізовує закладені функції. Верифікація – це перевірка, яка проводиться, щоб довести, що код відповідає всім його вимогам у цільовій системі або платформі. Перевірка ПЗ є не обов'язковою, якщо вимоги до програмного забезпечення є повними і правильними.

Верифікація і валідація вмонтовані у життєвий цикл ПЗ (рис. 3).

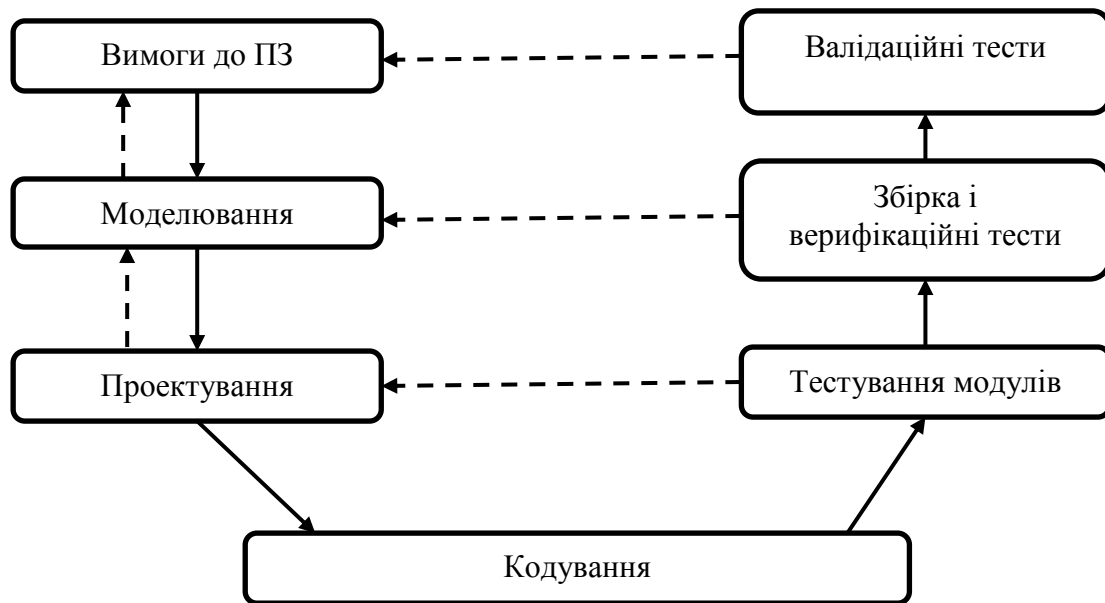


Рис. 3. Валідація і верифікація у життєвому циклі ПЗ

На сьогодні можна узагальнити основні підходи щодо організації валідації і верифікації малого ПЗ обробки супутникових даних [5]:

- симуляція і тестування;
- проектування на основі моделей і верифікація ПЗ;
- формальні методи;

- проектування стійкого до відмов ПЗ та верифікації на основі моніторингу часу виконання.

Симуляція і тестування мають чи не найдовшу історію і є одними з найпоширеніших методів перевірки ПЗ, у т.ч. призначеного для обробки супутникових зображень, для забезпечення масових телекомунікацій та військових супутників. Так, перевірка ПЗ на основі симулювання і тестування уже понад 50 років використовується такими компаніями, як Boeing Space Systems [6]. Даний підхід передбачає, що після розгляду вимог до ПЗ і завершено розробку коду здійснюється комп'ютерна симуляція реальних умов космосу на різних ступенях складності. Для великих супутників симуляція, як правило, включає моделі сенсорів, приводів, енергетичні модулі та інші підсистеми.

Разом з тим, в останні роки набувають популярності інші підходи, насамперед, на основі моделей, що дозволяють прискорити цикл "прототип-код-тест/верифікування". Основною мовою моделювання є UML2, яка пропонує набір стандартизованих типів діаграм і передбачає, що компоненти можуть взаємодіяти лише через повідомлення, обмін якими здійснюється через відповідні інтерфейси. Крім UML, для моделювання і генерування коду використовують інші середовища, такі як Matlab/Simulink.

Формальні методи (статичний аналіз, перевірка моделей та ін.) є складнішими, але також можуть запропонувати ефективну перевірку такого ПЗ. Вони використовують математичні методи для підтвердження логіки кодування програми. Особливістю цього підходу є спрямованість на підтвердження відсутності помилок, на відміну від традиційного програмування, яке націлене на пошук помилок. Серед формальних методів виділяють статичний і динамічний аналіз. Статичний аналіз частково реалізований у компіляторах. Методи статичного аналізу можуть бути використані для пошуку синтаксичних і семантичних помилок, а також для локалізації фрагменту коду, який може спричинити переповнення, вихід за межі масивів, недопустимих математичних

операцій тощо. Динамічний аналіз передбачає моніторинг виконання програми для пошуку небажаних чи тупикових відгалужень, зациклювання та ін.

Методи відстеження помилок у процесі роботи ПЗ дозволяють випробувати його на предмет стійкості до відмов у реальному режимі часу. Крім помилок у роботі прикладного ПЗ, може відбутись збій у роботі операційної системи, проблеми з живленням. Крім того, на роботу системи можуть вплинути природні фактори, такі як радіаційне випромінювання, різка зміна температури, що може призвести до пошкодження ділянок пам'яті комп'ютера, та ін. Такі ситуації повинні бути передбачені при розробці ПЗ. Перевірка системи на основі випробування у реальному режимі часу є фактором підвищення відмовостійкості системи.

Висновки і перспективи. Запропонований огляд підходів до валідації і верифікації ПЗ для агромоніторингу на основі супутникових знімків демонструє, що при перевірці ПЗ зазначеного типу основними методами є симуляція, тестування і UML-моделювання, як і для звичайного ПЗ. Разом з тим, при перевірці ПЗ, призначеного для роботи на апаратах, з яких здійснюється зйомка, необхідно застосовувати симуляцію роботи в реальних умовах. Якість ПЗ впливає на валідність первинних даних агромоніторингу, які надходять у вигляді знімків для подальшої обробки. З огляду на це, одним з найбільш перспективних напрямів є розробка точних симуляторів роботи апаратно-програмних комплексів, описаних у публікації, в реальних умовах.

Список літератури

1. *Advances in Environmental Remote Sensing / Edited by Qihao Weng.* – CRC Press, 2011. – 610 p.
2. Ткаченко О.М. Обробка великих масивів даних у задачах моніторингу // *Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції "Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні '2017"*, м. Київ, 22-23 червня 2017. – К.: НУБіП України, 2017. – С.98-100
3. Swartwout M. Cheaper by the dozen: The avalanche of rideshares in the 21st century. *Aerospace Conference, 2013 IEEE*, DOI: 10.1109/AERO.2013.6497182

4. Fang, W., Chen, J., Shi, P. Variability of the phenological stages of winter wheat in the north china plain with noaa/avhrr ndvi data (1982-2000). In International Geoscience and Remote Sensing Symposia, IGARSS, 2005

5. Jacklin S. Survey of Verification and Validation Techniques for Small Satellite Software Development. 2015 Space Tech Expo Conference May 19-21, Long Beach, CA. – <https://ti.arc.nasa.gov/publications/23631/download/>

6. Slafer L. Achieving Software Validation through Simulation. Applied Dynamics Conference, 2001. – <https://www.adi.com/wp-content/uploads/2012/08/BoeingSatelliteSoftwareValidation.pdf>

References

1. Weng, Q. (Ed.) (2011). Advances in Environmental Remote Sensing. CRC Press.

2. Tkachenko, O. M. (2017). Obrobka velykykh masyviv danykh u zadachakh monitorynhu [Processing of large amount of data in the monitoring tasks]. V International Scientific Conference "Global and Regional Problems of Informatization in Society and Nature Using 2017", 98 – 100.

3. Swartwout, M. A. (2013). Cheaper by the dozen: The avalanche of rideshares in the 21st century. 2013 IEEE Aerospace Conference, 1-12.

4. Fang, W., Chen, J., Shi, P., & Imura, H. (2005). Variability of the phenological stages of winter wheat in the North China Plain with NOAA/AVHRR NDVI data (1982-2000). Proceedings. 2005 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS '05., 5, 3124-3127.

5. Jacklin, S. (2015). Survey of Verification and Validation Techniques for Small Satellite Software Development. 2015 Space Tech Expo Conference May 19-21. Retrieved from <https://ti.arc.nasa.gov/publications/23631/download/>

6. Slafer, L. (2001). Achieving Software Validation through Simulation. Applied Dynamics Conference. Retrieved from <https://www.adi.com/wp-content/uploads/2012/08/BoeingSatelliteSoftwareValidation.pdf>

ПОДХОДЫ К ВАЛИДАЦИИ И ВЕРИФИКАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ АГРОМОНИТОРИНГА

А. Н. Ткаченко, Т. А. Баранова

Аннотация. Спутниковые снимки являются основным входным потоком данных для дальнейшего процесса автоматизированной обработки при решении задач мониторинга различного назначения. Качество полученных изображений влияет на достоверность результатов и выводов. Кроме технических, существуют и природные факторы, такие как сезонность, которые могут повлиять на достоверность исходных данных. Учитывая это и не унифицированность программного обеспечения (ПО), которое используется на

различных этапах работы с изображениями, возникает необходимость обобщить подходы к проверке качества ПО. В статье обобщены подходы и возможности валидации и верификации программного обеспечения, предназначенного для обработки спутниковых данных. Эти подходы основаны на многолетнем опыте разработки ПО и подходах, апробированных в ведущих компаниях. Отмечено специфику тестирования, симуляции, разработки UML-моделей, статический и динамический анализ, проектирование отказоустойчивого ПО. Соответствующие подходы к валидации и верификации целесообразно применять в зависимости от этапа жизненного цикла ПО, а также от задачи, на выполнение которой направлено ПО. Основными методами проверки являются симуляция, тестирование и UML-моделирование, как и для обычного ПО. Вместе с тем, при проверке ПО, предназначенного для работы на аппаратах, на которых осуществляется съемка, целесообразно применять симуляцию работы в реальных условиях.

Ключевые слова: программное обеспечение, спутниковые данные, валидация, верификация, агромониторинг

APPROACHES FOR AGROMONITORING DATA PROCESSING SOFTWARE VALIDATION AND VERIFICATION

O. Tkachenko, T. Baranova

Abstract. Satellite images are the main input data stream for the further automated processing process when solving different purposes monitoring tasks. The quality of resulting images effects on reliability of results and conclusions. Except technical, there are also natural factors, such as seasonality, which may be a factor of reliability of the source data. Given that and non-unification of software that is used at various stages of working with images, there is a need to generalize approaches to software quality testing. The article summarizes approaches and possibilities for validating and verifying the software intended for satellite data processing. These approaches are based on years of software development experience of leading companies. Specifics of testing, simulation, UML models developing, static and dynamic analysis, designing of fault-tolerant software are noted. Appropriate approaches to validation and verification are advisable to use depending on the stage of the software lifecycle, as well as on the task to which the software is directed. Basic methods are simulation, testing and UML designing, as well as for general software. At the same time, when software checking intended for work on the apparatus for taking images, it is expediently to apply simulation of work in real conditions.

Key words: software, satellite data, validation, verification, agro-monitoring