«Cosmorum»

Олеся Шевченко

**Специфікація програмного забезпечення**

**Документ**

**Версія: 1.0 Дата: 15.06.2025**

# **ЗМІСТ**

[1 Вступ 3](#_Toc200492042)

[1.1 Огляд продукту 3](#_Toc200492043)

[1.2 Мета 3](#_Toc200492044)

[1.3 Межі продукту 3](#_Toc200492045)

[1.4 Означення та абревіатури 4](#_Toc200492046)

[2 Загальний опис 5](#_Toc200492047)

[2.1 Перспективи продукту 5](#_Toc200492048)

[2.2 Функції продукту 5](#_Toc200492049)

[2.3 Характеристики користувачів 6](#_Toc200492050)

[2.4 Загальні обмеження 7](#_Toc200492051)

[2.5 Припущення та залежності 7](#_Toc200492052)

[3 Конкретні вимоги 8](#_Toc200492053)

[3.1 Вимоги до програмного забезпечення 8](#_Toc200492054)

[3.2 Властивості програмного продукту 10](#_Toc200492064)

[3.2.1 Автоматична обробка зображень 10](#_Toc200492065)

[3.2.2 Профіль користувача 10](#_Toc200492066)

[3.2.3 Інтеграція з API NASA 11](#_Toc200492067)

[3.2.4 Захист даних 11](#_Toc200492068)

[3.3 Атрибути програмного продукту 11](#_Toc200492069)

[3.3.1 Надійність 11](#_Toc200492070)

[3.3.2 Доступність 12](#_Toc200492071)

[3.3.3 Безпека 12](#_Toc200492072)

[3.3.4 Супроводжуваність 12](#_Toc200492073)

[3.3.5 Переносимість 13](#_Toc200492074)

[3.3.6 Продуктивність 13](#_Toc200492075)

[3.4 Вимоги бази даних 13](#_Toc200492076)

[3.4.1 Загальні положення 13](#_Toc200492077)

[3.4.2 Основні колекції 14](#_Toc200492078)

[3.4.3 Вимоги до структури даних 16](#_Toc200492079)

[3.4.4 Масштабованість 16](#_Toc200492080)

[3.4.5 Залежності 17](#_Toc200492081)

[3.5 Інші вимоги 17](#_Toc200492082)

[3.5.1 Підтримка 17](#_Toc200492083)

[3.5.2 Розгортання 17](#_Toc200492084)

[3.5.3 Етичні та соціальні аспекти 18](#_Toc200492085)

1 ВСТУП

### 1.1 Огляд продукту

Система «Cosmorum» – це веб-застосунок для астрономів-аматорів, який поєднує функціональність аналізу астрономічних фотографій, збереження і демонстрацію персональних спостережень та облік сонячних подій. Таким чином, платформа надає користувачу можливість завантажувати астрономічні фотографії та автоматично визначати, які об’єкти знаходяться на них (з використанням сервісу астрометрії), і, окрім того, вести особистий профіль спостережень та переглядати профілі інших користувачів. Також користувач може переглядати інформацію про астрономічні події та, за бажанням, отримувати сповіщення про майбутні.

Система спроектована для зручної роботи із веб-браузера. Основна аудиторія – студенти, аматори, а також науковці-початківці, які займаються візуальними дослідженнями неба та бажають мати зручну та зрозумілу платформу для зберігання своїх спостережень.

## 1.2 Мета

Метою створення «Cosmorum» є формування зручної та інтерактивної цифрової екосистеми для любительської астрономії: відповідно, надати користувачам можливість ділитися власними спостереженнями за небом у науково обґрунтованому форматі та полегшити ідентифікацію об’єктів у нічному небі. Таким чином, загальною метою є створення спільноти людей, зацікавлених в астрономії, та підвищення їхньої обізнаності про астрономічні об’єкти та події.

## 1.3 Межі продукту

На даному випуску система має такі функціональні межі:

* реєстрація та автентифікація користувача через email та пароль;
* завантаження астрономічного зображення (jpg/png);
* надсилання фото на зовнішній сервіс астрометрії;
* очікування на результат обробки та підтвердження користувачем;
* перегляд загального списку спостережень;
* пошук за об'єктами або назвою;
* особистий профіль користувача з доступом до архіву;
* надсилання сповіщення про подію за день до її настання;
* відсутність офлайн-доступу.

## 1.4 Означення та абревіатури

В специфікації даного проекту використані такі означення:

1. Астрометрія – метод визначення точного положення об’єктів на небесній сфері за фотографією.
2. Astrometry.net – веб-сервіс, який автоматично аналізує зображення зоряного неба та визначає об’єкти на ньому.
3. Спостереження – сукупність астрономічної фотографії, метаданих, координат та результатів обробки.
4. JWT – JSON Web Token — спосіб авторизації користувачів.
5. MongoDB – Нереляційна база даних, яка зберігає дані у форматі JSON.
6. React – фреймворк для створення інтерфейсів користувача.
7. FastAPI – Python-фреймворк для створення бекенд-API.
8. TailwindCSS – CSS-фреймворк, що базується на утилітарних класах.
9. Подія (у контексті) – майбутнє астрономічне явище: сонячний спалах, геомагнітна буря тощо.

# **2 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС**

## 2.1 Перспективи продукту

Система «Cosmorum» розробляється як масштабована платформа, що матиме потенціал до подальшого функціонального зростання. У перспективі продукт може розвиватися в таких напрямах:

* розширення соціального функціоналу: можливість підписки на профілі інших користувачів, коментарі, приватні повідомлення;
* інтеграція з астрономічним обладнанням: підтримка Bluetooth-з'єднання з телескопами для автоматичного отримання координат спостережень;
* мобільний офлайн-режим: можливість збереження знімків без доступу до інтернету з подальшою обробкою;
* освітній режим: додавання інтерактивних навчальних матеріалів з астрономії для новачків.

Загальний напрям розвитку системи буде залежати безпосередньо від подальших потреб користувачів.

## 2.2 Функції продукту

Основні функціональні можливості системи такі:

1. Реєстрація / вхід до системи:
2. Створення облікового запису через email та пароль;
3. Авторизація з використанням JWT.
4. Завантаження астрономічного зображення
5. Обробка завантаженого фото через Astrometry.net;
6. Відображення визначених об'єктів користувачу;
7. Підтвердження або редагування результатів.
8. Збереження спостереження:
9. Додавання назви, опису, координат;
10. Збереження фото та метаданих до профілю користувача.
11. Публічна галерея:
12. Перегляд спостережень інших користувачів;
13. Відкриття профілю автора.
14. Профіль користувача:
15. Перегляд особистих спостережень;
16. Редагування інформації про себе;
17. Вихід із системи.
18. Сповіщення про події:
19. Можливість підписки;
20. Відправлення електронних нагадувань.
21. Адміністративна панель (тільки веб):
22. Модерація спостережень;
23. Статистика та контроль даних.

## 2.3 Характеристики користувачів

Основною цільовою аудиторією «Cosmorum» є люди:

* які цікавляться астрономією на аматорському рівні;
* які мають власні астрофотографії і хочуть визначити об’єкти на них;
* які прагнуть поділитися власними спостереженнями з іншими людьми;
* які шукають простий інтерфейс без потреби в технічних знаннях;
* будь-якого віку;
* будь-якої статі;
* будь-якої професії.

Відповідно, дана система розрахована на широку аудиторію і має бути інтуїтивно зрозумілою, з достатньою кількістю підказок, та уникати складних термінів і професійної астрономічної термінології.

## 2.4 Загальні обмеження

Система «Cosmorum» має такі обмеження:

1. Мовна підтримка: лише англійська та українська мови інтерфейсу на етапі першого випуску.
2. Браузерна підтримка: сучасні браузери (Chrome, Firefox, Safari).
3. Підтримувані формати зображень: JPG, PNG.
4. Обмеження на розмір файлу: до 10MB.
5. Швидкість інтернету: стабільне підключення обов’язкове для обробки фото;
6. Обсяг зберігання: обмежений умовами хостингу MongoDB.
7. Обмеження API: можливі затримки або обмеження в обробці через сторонні сервіси.

## 2.5 Припущення та залежності

ПЗ-1: Користувачі мають базові навички користування веб- або мобільним додатком.

ПЗ-2: Зовнішні API (Astrometry.net, NASA API) будуть доступними під час роботи.

ПЗ-3: Інтернет-з’єднання у користувача є стабільним.

ПЗ-4: Завантажені зображення дійсно є астрономічними (не фотографії людей, тварин, тощо).

ПЗ-5: Користувач надає дозвіл на обробку та зберігання даних.

ПЗ-6: Робота зображень залежить від сервісу Astrometry.net.

ПЗ-7: Серверна частина створена на базі FastAPI.

ПЗ-8: Система автентифікації працює через JWT.

# **3 КОНКРЕТНІ ВИМОГИ**

## Вимоги до програмного забезпечення

### Інтерфейс користувача

Насамперед інтерфейс системи має бути адаптивним, простим та дружнім для користувача. Дизайн повинен підтримувати темний режим за замовчуванням, оскільки більшість спостережень відбувається вночі, а різкі світлі елементи можуть заважати або подразнювати очі. Навігація, в свою чергу, реалізується через панель у шапці (Головна, Пошук, Галерея, Події) та головне меню (Профіль, Дошка, Додати Спостереження, Налаштування).

Взаємодія з користувачем відбувається через форму реєстрації/входу, панель управління спостереженнями (перегляд, редагування, видалення), а також інтерактивний перегляд аналізованих знімків. Окрему увагу приділено модальному вікну з результатами астрометричного аналізу, яке містить назви об’єктів, координати, дату зйомки та інші метадані. Інтерфейс має бути доступним з будь-якого сучасного браузера (Chrome, Firefox, Safari, Edge) без потреби встановлення додаткового ПЗ або плагінів.

3.1.2 Програмне забезпечення

Програмне забезпечення має бути реалізоване відповідно до сучасних принципів веб-розробки та забезпечувати надійну і стабільну роботу. Система повинна підтримувати багатокористувацьку взаємодію без втрати даних або блокування з одночасним використанням функціоналу, пов'язаного з обробкою спостережень, завантаженням зображень та отриманням астрономічних подій.

Вимоги до стабільності полягають у забезпеченні безперервної роботи програми навіть під час пікових навантажень, включаючи важкі операції, такі як передача великих зображень або обробка відповідей від сторонніх сервісів.

Фронтенд повинен бути сумісним з усіма сучасними браузерами і коректно відображатися на різних пристроях. Код клієнтської частини повинен бути модульним і підтримувати можливість масштабування, зокрема, додавання нових мов інтерфейсу, налаштувань профілю користувача або функціональних розширень без значного рефакторингу.

### Також обов'язковою є підтримка багатомовності на всіх етапах взаємодії користувача з інтерфейсом, а структура даних повинна дозволяти зберігати мовозалежні поля в базі даних без дублювання логіки. Усі системні повідомлення мають бути локалізовані.

### 3.1.3 Програмний інтерфейс

«Cosmorum» комунікує з сервером через REST API, реалізований на FastAPI. Програмні інтерфейси охоплюють модулі: реєстрації та логіну (із JWT-автентифікацією), управління користувачами, створення та перегляду спостережень, завантаження зображень, отримання результатів з Astrometry.net, а також доступ до бази астрономічних подій, імпортованих через NASA API. API реалізовано з використанням стандартів REST, а обмін даними – у форматі JSON.

### 3.1.4 Комунікаційний протокол

Уся взаємодія клієнта з сервером здійснюється через захищений протокол HTTPS. Аутентифікація користувача реалізується за допомогою JWT, що дозволяє безпечно управляти сесіями та правами доступу до персоналізованих функцій. В свою чергу, передача облікових даних, зображень, аналітичних результатів, а також будь-яких особистих даних здійснюється з використанням SSL-шифрування.

### 3.1.5 Обмеження пам’яті

Через обмеження інфраструктури запроваджено певні ліміти:

* 1. Завантажувані зображення не повинні перевищувати 10 МБ.
  2. Кількість збережених спостережень на одного користувача не обмежується жорстко, але при досягненні високого навантаження можливе запровадження квоти.
  3. Сервер кешує результати астрометрії, щоб уникнути повторної обробки зображень, проте кешування обмежене доступною оперативною пам’яттю середовища виконання.

## 3.2 Властивості програмного продукту

### 3.2.1 Автоматична обробка зображень

Першою з ключових властивостей системи «Cosmorum» є автоматична обробка зображень, яка реалізується за допомогою інтеграції з сервісом Astrometry.net. Завдяки цьому платформа не лише приймає фотографії, а й аналізує їх, автоматично визначаючи положення об'єктів, їх назви та координати. Це дає змогу користувачеві перетворити звичайну фотографію на науково орієнтовану одиницю спостереження.

### 3.2.2 Профіль користувача

Іншою суттєвою властивістю є профіль користувача, в межах якого зберігаються всі спостереження, підписки на астрономічні події та базова інформація про користувача. Кожен користувач може переглядати свою галерею, редагувати окремі спостереження або видаляти їх. Таким чином платформа також виконує роль соціального простору – з можливістю аналізу чужих спостережень, перегляду найпопулярніших об’єктів і підготовки до власних досліджень.

### 3.2.3 Інтеграція з API NASA

Наступною властивістю є інтеграція з API NASA DONKI для отримання даних про найближчі астрономічні події. Це дає користувачу можливість планувати власні спостереження, а також підписуватись на події (наприклад, сонячні спалахи та геомагнітні бурі). Зібрані події зберігаються у базі даних MongoDB та оновлюються періодично через бекенд, що забезпечує актуальність інформації.

### 3.2.4 Захист даних

Захист даних також є важливою властивістю «Cosmorum»: уся інформація передається через HTTPS-протокол, зображення зберігаються з обмеженим доступом, а логіка бекенду не дозволяє стороннім особам отримати доступ до чужих спостережень без дозволу власника. Аутентифікація реалізується через JWT, що забезпечує безпечне управління сесіями.

Таким чином, «Cosmorum» поєднує у собі властивості системи для збереження астрономічних спостережень, сервісу обробки зображень, аналітичного інструменту та соціальної платформи з особистим кабінетом і доступом до глобального календаря подій. Його архітектура дозволяє легко масштабувати систему та інтегрувати нові сервіси, зберігаючи при цьому простоту користування та ефективність основного функціоналу.

## 3.3 Атрибути програмного продукту

### 3.3.1 Надійність

Система «Cosmorum» має забезпечувати стабільну роботу у звичайних та пограничних сценаріях використання. Веб-застосунок реалізовує повторні спроби виконання критичних операцій (наприклад, надсилання зображення на розпізнавання), обробку нештатних ситуацій через повідомлення користувачу та логування всіх системних помилок для подальшого аналізу.

### 3.3.2 Доступність

Оскільки користувачі «Cosmorum» можуть працювати з додатком у різний час доби та з різних регіонів, система має бути доступною цілодобово. Серверна інфраструктура побудована на хмарних сервісах з гарантією високої доступності, з можливістю масштабування. Веб-інтерфейс адаптований до різних пристроїв і підтримує сучасні браузери, забезпечуючи безперебійний доступ навіть при повільному інтернет-з’єднанні. У випадку тимчасової недоступності зовнішніх сервісів, застосунок інформує користувача та дозволяє повторити спробу.

### 3.3.3 Безпека

Програмний продукт реалізує механізми автентифікації з використанням JWT-токенів та зберігає всі персональні дані користувачів з дотриманням принципів мінімізації доступу. Дані про спостереження, профілі користувачів, геолокації та результати розпізнавання передаються по захищених каналах (HTTPS). Доступ до API обмежено авторизацією.

### 3.3.4 Супроводжуваність

Архітектура «Cosmorum» побудована за принципами розділення відповідальностей: фронтенд, бекенд і база даних – окремі логічні компоненти. Код системи документовано, розміщено в репозиторії з контрольованими змінами та інструкціями для розгортання. Це дозволяє легко оновлювати систему, виправляти помилки та додавати нову функціональність без ризику порушення існуючого функціоналу. Розробка ведеться з використанням сучасних фреймворків (FastAPI, React) з активною підтримкою та великою спільнотою.

### 3.3.5 Переносимість

Система розробляється з урахуванням хмарної або локальної інфраструктури – серверна частина може бути розгорнута на будь-якому середовищі, що підтримує Python та MongoDB, а клієнтська – на будь-якому веб-сервері. Завдяки REST API можлива інтеграція з іншими застосунками та перенесення логіки на мобільну платформу в майбутньому без повної переробки коду. Сама структура даних у базі проектована таким чином, щоб бути незалежною від конкретного середовища зберігання.

### 3.3.6 Продуктивність

Основні операції в системі – авторизація, перегляд та збереження спостережень – виконуються в режимі реального часу. Час реакції системи на критичні запити не має перевищувати 1–2 секунд, навіть при високому навантаженні. Фонові операції, пов’язані з обробкою зображень або імпортом подій, винесено в асинхронні процеси, що не впливають на загальну швидкодію.

## 3.4 Вимоги бази даних

### 3.4.1 Загальні положення

База даних веб-застосунку «Cosmorum» є основним сховищем інформації про користувачів, їхні астрономічні спостереження, результати обробки зображень (астрометрії) та астрономічні події. Основною метою є забезпечення швидкого доступу до великого обсягу даних із можливістю фільтрації, пошуку, сортування та аналітики.

У проекті використовується MongoDB як документоорієнтована NoSQL СКБД. Вона дозволяє зберігати документи у форматі BSON/JSON, що відповідає природі даних у системі: динамічні схеми, вкладені структури (результати обробки, координати, фото тощо) та висока гнучкість при розширенні.

### 3.4.2 Основні колекції

У системі визначено такі колекції:

* users – інформація про користувачів;
* observations – дані користувацьких астрофотографій;
* astronomical\_events – астрономічні події, імпортовані з NASA API;
* reset\_tokens – користувацькі токени для відновлення паролів.

Відповідно, схема бази даних має такий вигляд (див. табл. 3.1-3.4):

Таблиця 3.1 – Структура колекції users

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Поле | Тип даних | Опис |
| \_id | ObjectId | Унікальний ідентифікатор користувача |
| username | String | Імʼя користувача |
| email | String | Email-адреса (унікальна) |
| password | String | Хешований пароль |
| avatar\_url | String | URL до аватарки |
| bio | String | Біографія користувача (опційно) |

Таблиця 3.2 – Структура колекції observations

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Поле | Тип даних | Опис |
| \_id | ObjectId | Унікальний ідентифікатор спостереження |
| title | String | Назва спостереження |
| description | String | Опис спостереження |
| image\_url | String | Посилання на зображення |
| calibration | Object | Калібрація зображення |
| objects\_in\_field | Array | Масив обʼєктів у кадрі (назви) |
| user\_id | ObjectId | Посилання на автора спостереження |
| date | Date | Дата створення |
| last\_modified | Date | Дата останнього редагування |

Таблиця 3.3 – Структура колекції astronomical\_events

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Поле | Тип даних | Опис |
| \_id | ObjectId | Унікальний ідентифікатор події |
| type | String | Тип події (наприклад, FLR) |
| title | String | Назва події |
| start\_time | Date | Час початку |
| source\_location | String | Координати джерела |
| class\_type | String | Клас події |
| link | String | Посилання на джерело |
| raw\_data | Object | Сире представлення події |
| subscribers | Array | Список ID користувачів, які підписані |

Таблиця 3.4 – Структура колекції reset\_tokens

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Поле | Тип даних | Опис |
| \_id | ObjectId | Унікальний ідентифікатор токена |
| token | String | Токен відновлення пароля |
| user\_id | ObjectId | Посилання на користувача |
| expires\_at | Date | Дата закінчення дії токена |

Дані колекції мають такі зв’язки:

* users – observations: один-до-багатьох. Один користувач (users.\_id) може мати багато спостережень (observations.user\_id). Це означає, що кожне спостереження належить одному користувачу;
* users – reset\_tokens: один-до-багатьох. Кожен токен скидання пароля (reset\_tokens.user\_id) належить одному користувачу. Один користувач може мати кілька активних токенів.
* astronomical\_events – users: багато-до-багатьох. Користувачі можуть підписуватись на астрономічні події — список підписників зберігається в полі astronomical\_events.subscribers як масив \_id користувачів.

### 3.4.3 Вимоги до структури даних

Дані в базі мають відповідати таким вимогам:

* 1. Кожен документ має унікальний \_id.
  2. Дані повинні бути нормалізовані настільки, щоб уникнути дублювання критичної інформації, але з урахуванням переваг денормалізації для продуктивності.

### 3.4.4 Масштабованість

Архітектура бази даних має дозволяти горизонтальне масштабування (шардінг) у разі значного збільшення обсягу даних. Можливе розділення окремих колекцій за регіонами або типом.

### 3.4.5 Залежності

База даних проекту відповідає таким залежностям:

* MongoDB Atlas або окремий екземпляр MongoDB на хмарному хості;
* зовнішні сервіси – astrometry.net, SMTP для email;
* авторизація через систему керування користувачами бекенду (FastAPI з JWT).

## 3.5 Інші вимоги

### 3.5.1 Підтримка

Система «Cosmorum» повинна супроводжуватися базовим комплектом технічної документації: інструкції з розгортання, налаштування, підключення до бази даних, опис структури API та сценаріїв його використання.

Уся документація має бути доступною в електронному вигляді в репозиторії проекту та підтримувати українську мову.

### 3.5.2 Розгортання

Веб-додаток повинен бути розгорнутий на хмарній платформі або сервері, що забезпечує безперервний доступ 24/7. Мінімальні вимоги до середовища:

* підтримка HTTPS;
* можливість запуску FastAPI-бекенду;
* підтримка MongoDB 6.0+;
* сумісність з фронтендом, зібраним з React;
* сховище для спостережень.

Система має підтримувати CI/CD-процеси — автоматичне тестування та розгортання змін з репозиторію.

### 3.5.3 Етичні та соціальні аспекти

«Cosmorum» має бути дружнім до спільноти астрономів-любителів, з чіткими правилами користування та етичними принципами модерації. Система не повинна підтримувати або поширювати недостовірні наукові дані, фальшиві відкриття чи спостереження, і має мати механізми ручної перевірки конте