

МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я

Розглянуто модельно-орієнтовані підходи проектування спеціалізованих систем моніторингу стану здоров'я людини. Обґрунтовано доцільність використання такого підходу в умовах зростання ролі цифрових технологій у повсякденному житті.

Ключові слова: модельно-орієнтований підхід, модельно-орієнтована розробка, штучний інтелект, IoT.

Моніторинг стану здоров'я людини є критично важливою складовою сучасної медицини. Пристрої, призначені для носіння людиною, різноманітні медичні комп'ютерні системи – все це формує нові вимоги до інформаційних систем, які мають бути гнучкими, адаптивними та надійними. В таких умовах усе більшої актуальності набуває модельно-орієнтований підхід, що дозволяє створювати системи з високим рівнем узгодженості між вимогами, архітектурою та реалізацією.

Модельно-орієнтований підхід (МОП), також зустрічається як модель-керована розробка (МКР) – це парадигма розробки програмного забезпечення зосереджена на використанні моделей як основних артефактів на всьому циклі розробки програмного забезпечення (ПЗ) [1]. В рамках цієї парадигми розробники зосереджуються не на безпосередньому написанні коду, а на формуванні структурних та поведінкових моделей ПЗ. Потім ці моделі лягають в основу програмного коду, що дозволяє підвищити рівень абстракції під час розробки. Таким чином, працюючи з моделями, розробники можуть зосередитися на системі, перш ніж заглибитися в реалізацію.

Спеціалізовані системи моніторингу здоров'я є складними та поєднують в собі інтеграцію різноманітного апаратного забезпечення, програмне забезпечення та комунікаційні технології. Такі системи також повинні відповідати нормативним вимогам і враховувати критичні аспекти, такі як конфіденційність та безпеку даних. Застосунки інтернету речей (IoT) корисні для надання медичної допомоги, оскільки вони забезпечують безпечний моніторинг за пацієнтом у режимі реального часу. Це підкреслює важливість надійних підходів до розробки МОП. Впровадження перевірених вимогами медичних датчиків, що носять на тілі та діють як базові станції, мають важливе значення для розробки надійних систем постійного моніторингу здоров'я [4]. МОП забезпечує структурований спосіб управління складністю таких систем.

З огляду на багатогранний характер спеціалізованих систем моніторингу здоров'я, структурований та модельний підхід пропонує переваги стосовно управління складністю, забезпечення надійності та сприяння співпраці між міждисциплінарними командами. Розробка такої системи, яка постійно здійснює моніторинг основних фізіологічних параметрів пацієнта, виявляє аномалії та сповіщає медичних працівників, потребує всебічного аналізу численних аспектів, від точності та безпеки передачі даних до інтерфейсу користувача мобільного додатка та обробки даних на сервері.

Основними принципами та перевагами МОП дозволяють розробникам працювати на вищому рівні абстракції, зосереджуючись на моделях, які відображають основні аспекти систем, не заглиблюючись у низькорівневі деталі реалізації [1]. Ця абстракція спрощує процес розробки та апаратного забезпечення складними системами. Health-Dev абстрагує деталі програмного та апаратного забезпечення мереж датчиків тіла [4]. Health-De є одним із фреймворків модельно-керованої розробки, спрямований на створення системи постійного моніторингу здоров'я (PHMS), які використовують датчики тіла. Він вирішує проблеми реалізації надійних PHMS шляхом автоматизації генерації коду як для носимих датчиків, так і для базових станцій смартфонів.

Ключовою перевагою МОП є можливість автоматизації значної частини процесу розробки, особливо генерації коду з моделей [1]. Ця автоматизація економить час, зменшує ймовірність людських помилок та підвищує загальну продуктивність розробки. HealMA включає набір перетворень, упакованих як плагін Eclipse [1]. HealMA є модель-керованим фреймворком, спеціально розробленим для швидкої розробки застосунків віддаленого моніторингу здоров'я для платформи Android [1]. Він надає повний набір інструментів та методологій для спрощення процесу розробки.

Візуальні моделі відіграють роль універсальної мови, яка покращує взаєморозуміння та співпрацю між усіма учасниками процесу розробки систем моніторингу здоров'я, від програмістів до лікарів, пацієнтів і представників регуляторних органів. У межах МОП використання графічних моделей дозволяє спростити розробку, адже ці моделі чітко відображають логіку роботи системи, її структуру та дані. Такий підхід

допомагає легко пояснити функціональність додатку людям із різним технічним рівнем, що особливо важливо під час обговорення вимог і архітектури з нетехнічними учасниками.

Якщо мова йде про етапи розробки систем моніторингу здоров'я з використанням МОП, відокремлюють такі як:

- планування та визначення вимог;
- аналіз та концептуальне моделювання;
- проектування та прототипування;
- розробки програмного забезпечення;
- тестування та верифікація програмного забезпечення;
- впровадження та інтеграція;
- експлуатація та обслуговування.

На стадії планування та визначення вимог з'ясовуються потреби медичного персоналу та пацієнтів та формуються цілі і завдання майбутньої системи. На другому етапі проходить аналіз та концептуальне моделювання, на якому відбувається деталізація вимог та побудова загальної моделі системи, визначаються функціональні межі та призначення системи. За ним слідує проектування та прототипування. На основі концептуальної моделі розробляється архітектура системи, детально проектується інтерфейси, бази даних, взаємодія компонентів, мережеві налаштування. У межах МОП створюються точніші моделі, зокрема діаграми станів, структури, компонентів. Далі йде етап розробки програмного забезпечення. На ньому відбувається перехід від моделей до робочого коду. Завдяки спеціальним інструментам частина програмного коду може генеруватися автоматично. Це значно зменшує обсяг ручної роботи. Розробники також можуть вручну допрацювати окремі функції, які складно змодельовати. Такий підхід економить час і знижує ризик помилок. П'ятий етап тестування та верифікація програмного забезпечення. Після написання коду систему потрібно перевірити. Тестування в МОП охоплює не лише перевірку програми, а й оцінку самих моделей – чи правильно вони описують бажану поведінку. Проводиться порівняння того, як працює система, з тим, як це передбачено на рівні моделей і початкових вимог. Далі переходять до впровадження та інтеграції. Коли систему протестовано, її впроваджують у медичні заклади. Важливим кроком є налаштування взаємодії з іншими системами, наприклад, електронними медичними записами. На наступному відбувається експлуатація та обслуговування. Після запуску система продовжує працювати й потребує постійної підтримки. Можуть з'явитися нові вимоги, виправлення помилок чи потреба в оновленні функціоналу. У межах МОП ці зміни вносяться на рівні моделей, після чого оновлюється і сам код. Це забезпечує послідовність і зменшує ймовірність порушення логіки роботи системи.

Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) у системи моніторингу здоров'я людини має значний потенціал для покращення можливостей та ефективності спеціалізованих систем моніторингу здоров'я (рис. 1).

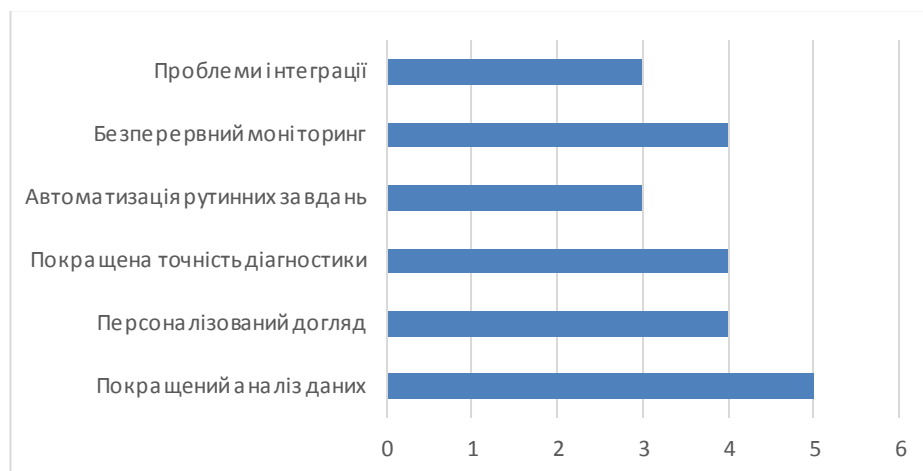


Рис. 1. Вплив інтеграції штучного інтелекту на модель-керовані системи моніторингу здоров'я

На схемі на рис. 1 можна побачити основні напрямки використання ШІ в сучасних медичних системах спостереження за станом здоров'я людини. Таким чином, добре видно, що найвищий вплив ШІ має на покращення точності та швидкості аналізу великих даних та прогнозування, що дозволяє виявляти загрози здоров'я на ранніх стадіях. Також, важливими аспектами впливу є персоналізований підхід до догляду, підвищення точності діагностики та безперервний моніторинг у режимі реального часу. Таким чином, автоматизація повсякденних процесів зменшує навантаження на медперсонал, а проблеми інтеграції ШІ вказують на потребу в етичному та технічному супроводі.

Як висновок можна зазначити що модельно-орієнтований підхід пропонує потужну парадигму для вирішення зростаючої складності спеціалізованих систем моніторингу здоров'я, забезпечуючи абстракцію, автоматизацію, покращену комунікацію та ранню валідацію.

References

1. Mehrabi M., Zamani B., Hamou-Lhadj A. HealMA: a model-driven framework for automatic generation of IoT-based Android health monitoring applications. *Automated Software Engineering*. 2022. Vol. 29, no. 2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10515-022-00363-9>.
2. Project monitoring and control in model-driven and component-based development of embedded systems - the carma principle and preliminary results. *International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering*, University of Piraeus, Greece, 22–24 July 2010. 2010. DOI: <https://doi.org/10.5220/0002997002530258>.
3. Brandon C., Singh A., Margaria T. Model driven development for AI-based healthcare Systems: A review. *Lecture Notes in Computer Science*. Cham, 2024. P. 245–265. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-73741-1_15.
4. Banerjee A. et al. Health-Dev: Model based development pervasive health monitoring systems. *2012 Ninth International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)*, London, United Kingdom, 9–12 May 2012. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1109/bsn.2012.33>.
2. Venčkauskas A. et al. A model-driven framework to develop personalized health monitoring. *Symmetry*. 2016. Vol. 8, no. 7. P. 65. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym8070065>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.13

Denys Honcharov

MODEL-ORIENTED APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF SPECIALIZED HEALTH MONITORING SYSTEMS

Model-oriented approaches to designing specialized human health monitoring systems are considered. The feasibility of using such an approach in the context of the growing role of digital technologies in everyday life is substantiated.

Key words: *model-driven engineering, model-oriented development, artificial intelligence, IoT.*

Відомості про автора / Information about the Author

Денис Гончаров, викладач кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: honcharov.denys@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0004-1200-6677>.

Denys Honcharov, Lecturer in Computer Engineering Department at Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. Email: honcharov.denys@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0004-1200-6677>.

© Д. Гончаров
20.05.2025.

Стаття отримана редакцією

