

ГАГЕН В. А.

Черкаський державний технологічний університет
<https://orcid.org/0000-0001-8427-3978>
e-mail: valentine.hagen@gmail.com

ПРОЕКТУВАННЯ АРХЕТИПОВОЇ МОДЕЛІ СЕМАНТИЧНОЇ СУМІСНОСТІ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Наведені причини необхідності досягнення семантичної сумісності медичних записів та інформаційних систем. Визначено, що семантична сумісність є критичним фактором ефективності систем обміну медичною інформацією. Запропоновано архетипову модель семантичної сумісності. Для цього було створено дві моделі: локальну та глобальну. Глобальна модель ознак визначатиме функції, загальні для всіх МІС, тоді як локальна модель характеристик визначатиме особливості, характерні для певної системи. Розроблено DEAR модель для опису предметної області. Спираючись на отриману модель предметної області спроектуємо модель ознак (функціональну модель) системи обміну медичною інформацією. Модель поведінки EART складається з наступних компонентів: E — об'єкт, A — дія, R — реакція, а T — час. Розроблено локальну та глобальну моделі функцій, на основі яких представлено модель поведінки системи, на основі якої було розроблено структуру моделі архетипів. Подібно до моделі ознак, модель архетипів складається з двох рівнів: локального та глобального. Архетип запропоновано представити як суму трьох параметрів: назви, типу та опису.

Ключові слова: медична інформаційна система, цифрові медичні записи, ефективність медичних систем

Valentyn HAHEN
Cherkassy State Technological University

ARCHETYPICAL MODEL OF SEMANTIC COMPATIBILITY OF MEDICAL INFORMATION SYSTEMS PROJECTING

There are a few different ways to think about semantic compatibility in the context of electronic health records (EHRs). One way to think about it is in terms of the structure of the data. This would involve making sure that the data is organized in a way that is consistent with how other systems expect it to be organized. Another way to think about it is in terms of the meaning of the data. This would involve making sure that the data is annotated in a way that is consistent with how other systems expect it to be annotated. A third way to think about semantic compatibility is in terms of the use of the data. This would involve making sure that the data is used in a way that is consistent with how other systems expect it to be used. Each of these approaches has its own strengths and weaknesses. The approach that is most appropriate will depend on the specific context in which the EHR is being used. The structure of the data is the most important factor to consider when thinking about semantic compatibility. This is because the structure of the data determines how the data is organized and how it is accessed. If the structure of the data is not compatible with the structure of other systems, then the data will not be accessible to those systems. The meaning of the data is also important to consider when thinking about semantic compatibility. This is because the meaning of the data determines how the data is interpreted. If the meaning of the data is not compatible with the meaning of other systems, then the data will not be interpreted correctly by those systems. The use of the data is also important to consider when thinking about semantic compatibility. This is because the use of the data determines how the data is used. If the use of the data is not compatible with the use of other systems, then the data will not be used correctly by those systems. In general, the most important factor to consider when thinking about semantic compatibility is the structure of the data. The meaning of the data and the use of the data are also important factors to consider, but they are not as important as the structure of the data.

Keywords: medical information system, data exchange, semantic compatibility

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Семантичною сумісністю прийнято називати здатність систем обмінюватися даними та інтерпретувати інформацію, одночасно дозволяючи використовувати інформацію в системах без втручання користувача та без додаткових домовленостей між різними зацікавленими сторонами [1]. Цілями семантичної сумісності є рівномірне розпізнавання та обробка семантично-еквівалентної інформації, навіть якщо мова йде про велику кількість інформації або неоднорідні дані [2]. Тому, спочатку потрібно дотриматися правил синтаксичної сумісності. Семантична сумісність потребує загальної еталонної моделі для представлення медичних даних для МІС (медичних інформаційних систем), узгодженої структури клінічних даних (тобто однакового розуміння термінології, наприклад, онтології та словника даних) та спільної системи клінічної термінології [3]. Адже для того, щоб системи могли ефективно взаємодіяти одна з одною, вони повинні мати спільне розуміння значення інформації, якою вони обмінюються [4]. Отже, семантична сумісність МІС є критичним фактором для розрахунку ефективності систем обміну медичною інформацією (СОМІ). Для того, щоб медичні системи могли обмінюватися даними, вони повинні мати можливість інтерпретувати значення даних, що передаються. Це може бути проблемою, оскільки значення даних в різних МІС можуть відрізнятися. Системи повинні бути семантично сумісні, щоб гарантувати, що дані інтерпретуються правильно.

Формулювання цілей статті

Мета роботи полягає в створенні архетипової моделі семантичної сумісності для того, щоб покращити точність передачі медичної інформації між інформаційними системами в системі обміну медичною інформацією «Елемент».

Архетипові моделі семантичної сумісності. Одним із способів покращити сумісність систем EHR є використання архетипових моделей. Архетипова модель — це модель того, як повинен працювати певний тип системи. Було показано, що використання архетипових моделей покращує сумісність систем в інших областях, таких як фінанси та виробництво [5]. Отже, для того, щоб створити інформаційну систему підвищення якості надання медичних послуг, потрібно розробити архетипову модель семантичної сумісності. Для цього нам спочатку потрібно зрозуміти поняття доменної моделі. Потім ми створимо модель ознак/функцій, що буде розділена на два рівні: глобальний і локальний. Глобальна модель ознак визначатиме функції, загальні для всіх МІС, тоді як локальна модель характеристик визначатиме особливості, характерні для певної системи.

Область знань в медичній галузі є складною і багатогранною. Щоб створити ефективну архетипову модель для СОМІ, необхідно створити модель предметної області. Дана модель буде спрощенням реальної області. Вона включатиме лише концепції та відносини, які мають відношення до завдання розробки архетипової моделі семантичної сумісності для СОМІ.

Модель предметної області буде складатися з трьох типів понять: об'єктів, атрибутів та відносин. Об'єкти — це речі, які існують у предметній області, наприклад пацієнти, постачальники та ліки. Атрибутами є властивості об'єкта, наприклад ім'я пацієнта або дозування ліків. Відносини — це відносини між об'єктами, наприклад відносини між пацієнтом і постачальником.

Визначившись зі структурою моделі, потрібно вказати кількість різних типів об'єктів та атрибутів у нашій предметній області. Для цього використаємо принцип об'єктно-орієнтованого програмування і створюємо клас для кожного об'єкта та атрибута. У цьому випадку ми маємо такі класи:

- Клас *пацієнт*: ім'я, вік, стать;
- Клас *постачальник*: назва;
- Клас *ліки*: назва, дозування;
- Клас *відносини*: пацієнт-постачальник, пацієнт-лікар.

Останнє припущення полягає в тому, що всі об'єкти пов'язані відносинами. Іншими словами, кожен об'єкт має принаймні одне відношення з іншим об'єктом. Це припущення важливо для побудови мережевої моделі предметної області. Виходячи з цього, можна сказати, що запропонована модель являє собою мережу взаємопов'язаних об'єктів. Тепер ми маємо всі необхідні дані для побудови моделі предметної області. Побудуємо DEAR-модель предметної області:

$$D = \{E, A, R\},$$

де параметр D – відповідає за предметну область, E – за об'єкти, A – за атрибути, а R – за відносини між сутностями. В свою чергу, параметри $\{E, A, R\}$, складаються з наступних об'єктів, атрибутів та відносин:

$$E = \{\text{пацієнт, провайдер, ліки}\}$$

$$A = \{\text{ім'я пацієнта, вік пацієнта, стать пацієнта, назва ліків, дозування}\}$$

$$R = \{\text{пацієнт – провайдер, пацієнт – ліки}\}$$

Основна мета моделі предметної області – спростити складності медичної галузі, щоб їх можна було краще зрозуміти та проаналізувати з використанням інструментів комп'ютерного моделювання. Щоб створити модель, яка точно представляє предметну область, необхідно зробити ряд припущень. Ці припущення зроблені для спрощення області до рівня, необхідного для проектування СОМІ.

Перше припущення полягає в тому, що кожен об'єкт може мати кілька атрибутів. Це припущення дозволяє точніше уявити реальність, оскільки кожен об'єкт у світі має кілька властивостей. На основі даного припущення розширимо нашу модель представлення атрибутів:

$$A = \begin{cases} A_1 = \{A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1i}\} \\ \dots \\ A_n = \{A_{n1}, A_{n2}, \dots, A_{ni}\} \end{cases},$$

Друге припущення полягає в тому, що існує функція, яка описує відносини між об'єктами. Ця функція необхідна для того, щоб точно відобразити складну мережу відносин між різними об'єктами предметної області. Отже, враховуючи структуру моделі та вище зазначені припущення, запропоновано наступний варіант математичного представлення даної моделі:

$$D = \begin{cases} E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\} \\ A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\} \\ R = \{R(E_1 E_2), \dots, R(E_1 E_n)\} \end{cases},$$

де $\{E_1, \dots, E_n\}$ – перелік всіх об'єктів предметної області, а кожному об'єкту E_n відповідає атрибут A_n , а також існує така функція R , що описує зв'язки між даними об'єктами. Представимо графічне зображення DEAR-моделі (Рис. 1).

Спираючись на отриману модель предметної області спроектуємо модель ознак (функціональну модель) СОМІ. Функціональна модель є моделлю функціональності МІС. Вона використовується для визначення функцій, які є загальними для всіх медичних систем. Згідно Рис. 1, функціональна модель буде розділена на два рівні: глобальний і локальний. Глобальна модель ознак визначатиме функції, спільні для

всіх МІС. Модель локальних функцій визначатиме особливості, характерні для окремих МІС. Отже, функціональна модель може бути представлена наступним чином:

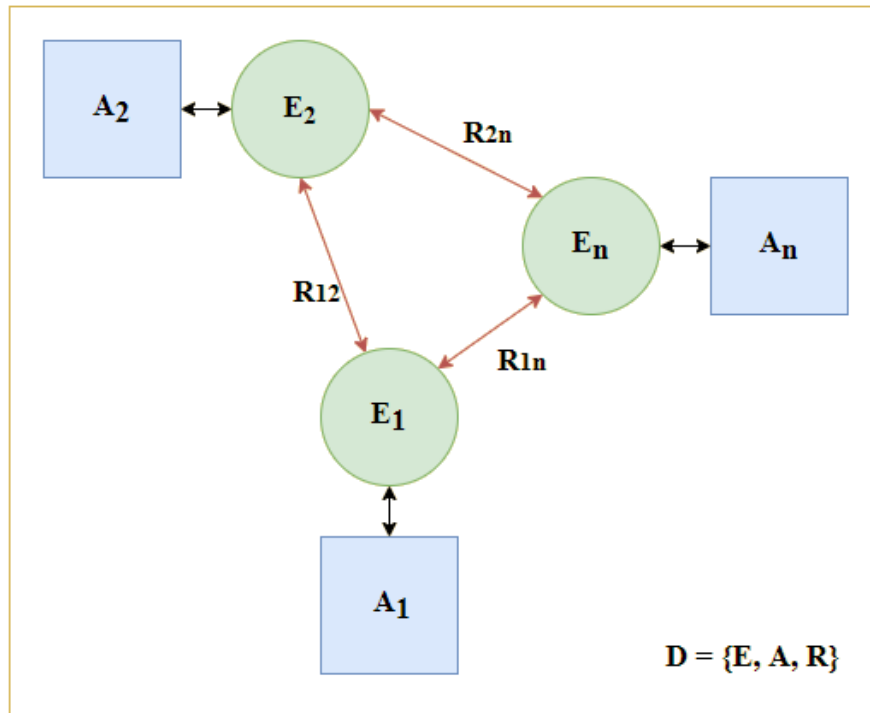


Рис. 1. Модель предметної області

$$FM = GFM + LFM,$$

де FM відповідає за функціональну модель, GFM – глобальна модель функцій, а LFM – локальна модель функцій. Припустимо, що GFM має наступний вигляд:

$$GFM = \{G_1, G_2, \dots, G_n\},$$

де параметри $\{G_1, \dots, G_n\}$ відповідають за глобальні функції МІС. Тоді, аналогічно представимо локальну модель:

$$LFM = \{L_1, L_2, \dots, L_n\},$$

де $\{L_1, \dots, L_n\}$ – локальні функції окремих МІС. Отже, модель ознак для СОМІ «Елемент» може бути представлена графічно наступним чином:

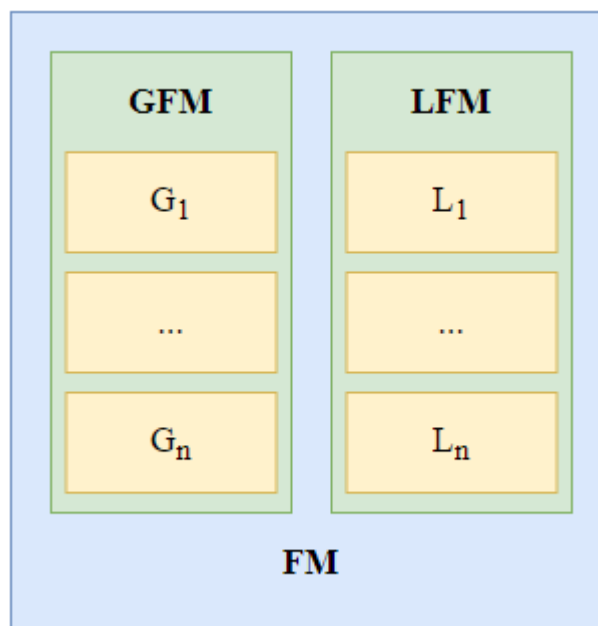


Рис. 2. Модель ознак СОМІ

Основною перевагою моделі ознак є те, що вона дозволяє створити онтологію для МІС, що дозволить формалізувати процес обміну медичною інформацією. Крім того, використання онтології дозволить створити більш ефективну СОМІ [6].

Глобальна модель функцій буде включати такі функції:

- **Інформація про пацієнта:** ця функція дозволить користувачеві переглядати та редагувати інформацію про пацієнта, таку як ім'я, адреса та дата народження.
- **Інформація про постачальника:** ця функція дозволить користувачеві переглядати та редагувати інформацію про постачальника, таку як ім'я, адреса та спеціальність.
- **Інформація про ліки:** ця функція дозволить користувачеві переглядати та редагувати інформацію про ліки, таку як назва, дозування та побічні ефекти.
- **Інформація про алергію:** ця функція дозволить користувачеві переглядати та редагувати інформацію про алергію, таку як назва, тяжкість та симптоми.
- **Інформація про діагноз:** ця функція дозволить користувачеві переглядати та редагувати інформацію про діагноз, таку як ім'я, код та опис.
- **Інформація про процедури:** ця функція дозволить користувачеві переглядати та редагувати інформацію про процедуру, таку як назва, код та опис.
- **Інформація про аналізи:** ця функція дозволить користувачеві переглядати та редагувати інформацію тесту, таку як назва, код та опис.

Модель локальних функцій буде включати такі функції:

- **Планування зустрічей:** ця функція дозволить користувачеві планувати, перепланувати та скасовувати зустрічі з пацієнтами, постачальниками та лікарями.
- **Рахунки та страхування:** ця функція дозволить користувачеві переглядати та оплачувати рахунки, а також оновлювати інформацію про страхування.
- **Керування рецептами:** ця функція дозволить користувачеві заповнювати рецепти та керувати ними.
- **Управління запасами:** ця функція дозволить користувачеві відстежувати і керувати рівнем запасів (як для лікарень, так і для аптечних закладів).
- **Поповнення за рецептом:** ця функція дозволить користувачеві запитувати поповнення за рецептом.
- **Лабораторні результати:** ця функція дозволить користувачеві переглядати результати лабораторних досліджень.
- **Електронні медичні картки:** ця функція дозволить користувачеві отримувати доступ та оновлювати електронні медичні картки пацієнтів.

Отже, спираючись на функціональну модель СОМІ, сформуємо наступні функції, що будуть використані в системі «Елемент» на глобальному та локальному рівнях:

Таблиця 1

Функції системи «Елемент»

№ п/п	Глобальний рівень	Локальний рівень
1.	Функція перегляду та аналізу медичної інформації	Функція надання медичної інформації лікарям
2.	Функція зберігання медичної інформації	Функція надання медичної інформації пацієнтам
3.		Функція надання медичної інформації медичного персоналу

Фінальним етапом при створенні моделі ознак СОМІ є створення моделі поведінки системи. Модель поведінки — це модель, яка характеризує поведінку об'єктів у системі. Модель поведінки використовується для ідентифікації поведінки об'єктів у системі. Дана модель може бути представлена у вигляді набору площин:

$$\langle E, A, R, T \rangle,$$

де E — об'єкт, A — дія, R — реакція, а T — час. Об'єкт E — це об'єкт, поведінка якого характеризується. Дія A — це дія, що виконується об'єктом E над іншими об'єктами в системі. Реакція R — це реакція інших об'єктів системи на дію A об'єкта E . Час T — це час, протягом якого відбуваються дія A та реакція R .

Модель поведінки може бути представлена у вигляді орієнтованого графа. У орієнтованому графі вузли відповідають об'єктам, а ребра — діям. Орієнтований граф показано на рис. 3.

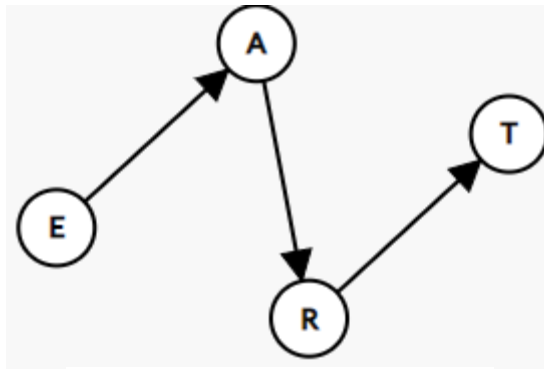


Рис. 3. Орієнтований граф моделі поведінки

Згідно з Таблицею 1 модель поведінки складається з чотирьох об'єктів: пацієнта, лікаря, медичного персоналу та інформаційної системи. Пацієнт – це суб'єкт, поведінка якого характеризується. Лікар – це особа, яка взаємодіє з пацієнтом. Медичний персонал – це суб'єкт, який взаємодіє з лікарем. Інформаційна система – це суб'єкт, який взаємодіє з медичним персоналом.

Пацієнту проводяться наступні дії:

- запитувати медичну інформацію;
- отримувати медичну інформацію.

Лікар проводить такі дії:

- надання медичної інформації пацієнту;
- надання медичної інформації медперсоналу.

Медичний персонал виконує такі дії:

- надання лікарю медичної інформації;
- надання медичної інформації до інформаційної системи.

Інформаційна система виконує такі дії:

- надання медичної інформації медичним працівникам;
- зберігання медичної інформації.

На основі функціональної моделі ми пропонуємо знакову модель поведінки СОМІ. Дана модель — це математична модель поведінки системи. Вона відображає поведінку системи в процесі її функціонування. Модель поведінки СОМІ побудована на основі функціональної моделі та онтологічної моделі СОМІ. Вона визначає поведінку системи в процесі функціонування системи і може бути представлена у вигляді системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = f(x, y, z, t); \\ \frac{dy}{dt} = g(x, y, z, t). \end{cases}$$

Де X – множина всіх об'єктів системи, Y – множина всіх подій системи, Z – множина всіх станів системи, t – час, S – множина всіх ознак системи, f – сукупність усіх функцій системи, g – множина всіх предикатів системи. Предикат — це функція, яка повертає логічне значення (0 чи 1). У контексті системи предикат є функцією, яка визначає стан системи. Предикати використовуються для опису умов, за яких система працює. Наприклад, предикат може використовуватися для опису стану, за якого пацієнт отримує медичну інформацію:

Отримати – медичну – інформацію (пацієнт, лікар, інформаційна система)

Цей предикат істинний, коли пацієнт отримує медичну інформацію від лікаря через інформаційну систему.

Системні функції використовуються для опису дій, які виконує система. Наприклад, таку системну функцію можна використовувати для опису дії надання медичної інформації пацієнту:

Надати – медичну – інформацію (пацієнт, лікар, інформаційна система)

Ця функція виконується, коли лікар надає медичну інформацію пацієнту через інформаційну систему.

Отже, фінальним етапом розробки моделі семантичної сумісності МІС є розробка моделі архетипів, що базується на моделях предметної області та моделі ознак. Подібно до моделі ознак, модель архетипів складається з двох рівнів: локального та глобального. Модель глобального архетипу визначає архетипи, загальні для всіх медичних систем, в той час як модель локального архетипу визначає архетипи, характерні для певної медичної системи. Модель архетипу використовується для порівняння особливостей певної медичної системи з архетипами, які існують у медичній сфері. Запропонуємо наступну структуру моделі архетипів (Рис. 4):

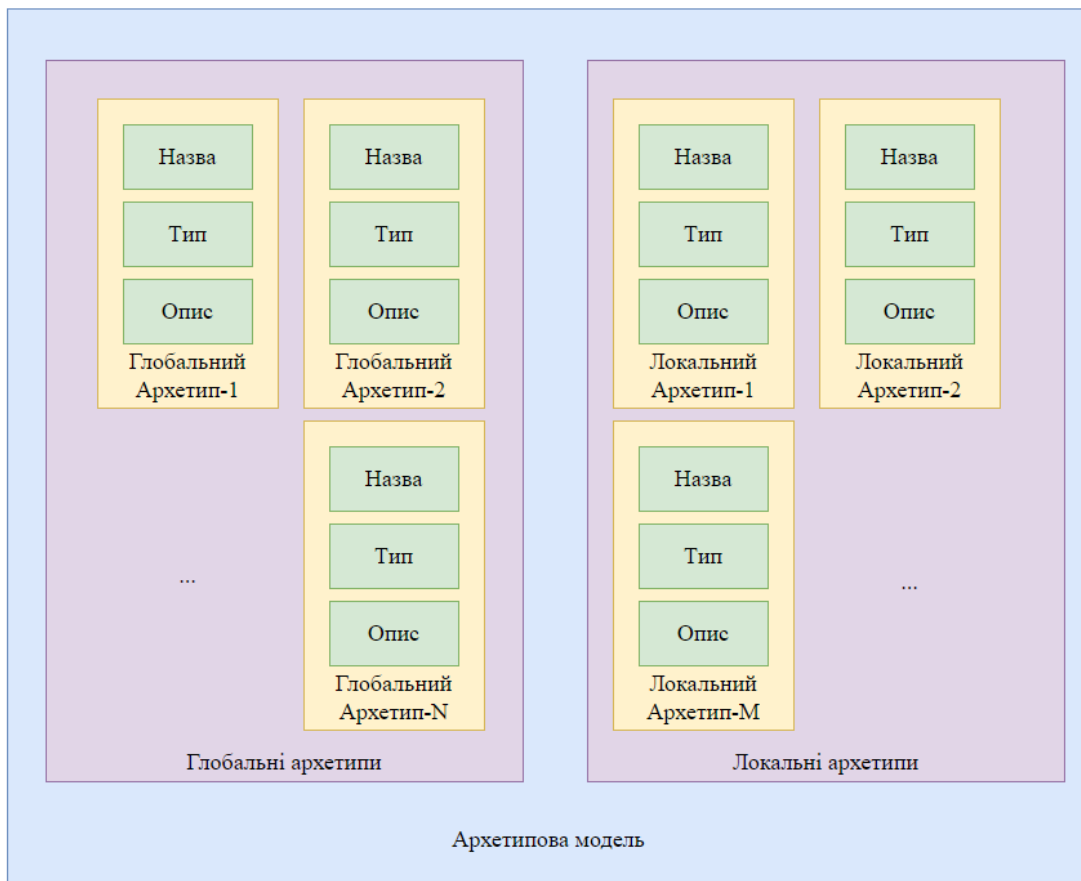


Рис. 4. Структура моделі архетипів

Кожен окремий архетип, будь то локальний чи глобальний матиме однакову архітектуру і може бути представлений за допомогою таких параметрів як назва, тип та опис:

$$\text{АРХЕТИП} = \langle \text{НАЗВА, ТИП, ОПИС} \rangle$$

Отже, структура запропонованої архетипової моделі складається з наступних елементів:

- Назва: назва архетипу. Назва архетипу використовується для ідентифікації архетипу.
- Тип: тип архетипу, який може відповідати стану, лікуванню або іншій медичній концепції. Тип архетипу використовується для категоризації архетипу.
- Опис: опис архетипу, який включатиме його визначальні характеристики. Опис архетипу використовується для характеристики архетипу.
- Модель глобального архетипу: модель архетипів, спільних для всіх медичних систем.
- Модель локального архетипу: модель архетипів, характерних для певної медичної системи.

Згідно заданої структури приведемо приклад локальних та глобальних архетипів для сфери охорони здоров'я:

Таблиця 2

Локальні та глобальні архетипи в галузі охорони здоров'я

№ п/п	Назва	Тип	Опис	Класифікація
1.	Пацієнт	Особа	Особа, яка отримує медичну допомогу.	Глобальний архетип
2.	Зустріч	Подія	Подія, під час якої пацієнт отримує медичну допомогу.	Глобальний архетип
3.	Діагноз	Концепт	Концепція, що представляє хворобу або стан.	Глобальний архетип
4.	Гострий інфаркт міокарда	Стан	Стан, що характеризується раптовою смертю частини серцевого м'яза через нестачу кисню.	Локальний архетип
5.	Аортокоронарне шунтування	Лікування	Лікування ішемічної хвороби серця, що включає хірургічне обхід заблокованої або пошкодженої ділянки артерії.	Локальний архетип
6.	Цукровий діабет	Стан	Стан, що характеризується високим рівнем цукру в крові.	Локальний архетип

Припустимо, що існує n-глобальних архетипів та m-локальних. Отже, враховуючи запропоновану структуру архетипової моделі, модель кожного окремого архетипу представимо повну модель архетипів за допомогою наступної формули:

$$A = \sum_{i=0}^n AG_i + \sum_{i=0}^m AL_i,$$

Де А – повна модель архетипів, АG – модель глобального архетипу, АL – модель локального архетипу.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Існує ряд різних способів, завдяки яким МІС можуть бути сумісні одна з одною. Одним із способів є використання архетипових моделей, які в основному є шаблонами, які можна використовувати для забезпечення узгодженості даних у різних системах. Іншим способом є використання методів відображення, які передбачають створення карти того, як дані організовані в одній МІС, а потім використання цієї карти для керування процесом введення даних в іншій системі МІС. Також можна використати стандартизацію даних – тоді усі медичні системи будуть використовувати однакову термінологію та системи кодування. Однак, для СОМІ «Елемент» найбільш підходящим методом є застосування архетипових моделей. Для того, щоб подобувати архетипову модель була розроблена DEAR-модель предметної області, де параметр D – відповідає за предметну область, E – за об'єкти, A – за атрибути, а R – за відносини між сутностями. Розроблено функціональну модель, яка складається з моделей локальних та глобальних функцій, розроблено EART модель поведінки системи, де E – об'єкт, A – дія, R – реакція, а T – час. Об'єкт E – це об'єкт, поведінка якого характеризується. Побудовано математичну модель поведінки системи. Вона відображає поведінку системи в процесі її функціонування на основі чого побудовано структуру моделі архетипів та модель архетипу, що складається з назви, типу та опису.

Література

1. Kopanitsa G. Integration of hospital information and clinical decision support systems to enable the reuse of electronic health record data. *Methods Inf Med.* 2017. № 56. P. 238–47.
2. Roehrs A., da Costa CA, Righi R da R. Toward a Model for Personal Health Record Interoperability. *IEEE j biomed health informatics.* 2019. № 23. P. 867–873.
3. Martínez-Costa C., Menárguez-Tortosa M., Fernández-Breis J.T. An approach for the semantic interoperability of ISO EN 13606 and OpenEHR archetypes. *J Biomed Inform.* 2010. № 43. P. 736–746.
4. Benson T., Grieve G. Why Interoperability Is Hard. In: *Principles of Health Interoperability.* Springer, Cham. 2021. № 4. P. 21–40.
5. David Moner, Jose A Maldonado, Montserrat Robles. Archetype Modeling Methodology. *Journal of Biomedical Informatics.* 2018. URL: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-biomedical-informatics>.
6. Bouanani-Oukhaled Zahra, Verdier Christine, Dupuy-Chessa Sophie. Ontological Model for EHR Interoperability. *Studies in health technology and informatics.* 2016. № 226. P. 147–150.