



І.Ю. Шубін¹, Г.Г. Четвериков², О.С. Ашурова³, С.Г. Літвін⁴

¹Кандидат технічних наук, професор кафедри програмної інженерії,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
igor.shubin@nure.ua, ORCID iD: 0000-0002-1073-023X

²Доктор технічних наук, професор кафедри програмної інженерії,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
grirorij.chetverykov@nure.ua, ORCID iD: 0000-0001-5293-5842

³Аспірант кафедри програмної інженерії,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
olga.ashurova@nure.ua, ORCID iD: 0000-0001-8899-5804

⁴Науковий співробітник НДЦ інтегрованих радіоелектронних систем і технологій,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
riit.kharkiv.ua@gmail.com ORCID iD: 0000-0002-7183-6345

ИНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Сучасний етап розвитку науки і техніки характеризується, насамперед, поширенням, з одночасною конвергенцією поміж собою «високих технологій»: нано-, біо-, інформаційних та когнітивних. Цей факт визначає стійку тенденцію до збільшення високотехнологічних проєктів на базі зазначених технологій. В даних умовах вельми актуальною постає задача формування, з одного боку, такої команди співробітників, рівень компетентності якої надасть змогу забезпечити ефективне виконання високотехнологічних проєктів, а з іншого – здійснити раціональний розподіл людських ресурсів з метою ефективної реалізації всього портфелю проєктів. Людський капітал, як основа інтелектуального капіталу ІТ-компанії є складним об'єктом оскільки характеризується багатьма параметрами (кваліфікація, рівень компетентності, творчі здібності, креативний спосіб мислення тощо), що дозволяють ІТ-компанії створювати високотехнологічні проєкти. Задля оцінки параметрів складних об'єктів необхідно використовувати поєднання різних методів оцінювання, а саме, методів кваліметрії (оцінки якості), методів класифікації, евристичних методів, методів декомпозиції та методології управління проєктами. Створення автоматизованої інформаційної системи оцінювання параметрів складних об'єктів для оцінки кадрів ІТ-компанії на прикладі пошуку проєктних менеджерів є актуальною задачею, а зважаючи на складність та багатофакторність рішення необхідно використовувати систему, засновану на знаннях, тобто інтелектуальну інформаційну систему.

ИНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА, СКЛАДНИЙ ОБ'ЄКТ, ОЦІНЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КАДРІВ, КВАЛІМЕТРИЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ

Современный этап развития науки и техники характеризуется, прежде всего, распространением, с одновременной конвергенцией между собой «высоких технологий»: нано-, био-, информационных и когнитивных. Этот факт определяет устойчивую тенденцию к увеличению высокотехнологических проектов на базе указанных технологий. В данных условиях весьма актуальной становится задача формирования, с одной стороны, такой команды сотрудников, уровень компетентности которой позволит обеспечить эффективное выполнение высокотехнологических проектов, а с другой - осуществить рациональное распределение человеческих ресурсов с целью эффективной реализации всего портфеля проектов. Человеческий капитал, как основа интеллектуального капитала ИТ-компания является сложным объектом поскольку характеризуется многими параметрами (квалификация, компетентность, творческие способности, креативный способ мышления и т.д.), позволяющими ИТ-компаниям создавать высокотехнологические проекты. Для оценки параметров сложных объектов необходимо использовать сочетание различных методов оценки, в частности, методов кваліметрії (оценки качества), методов классификации, эвристических методов, методов декомпозиции и методологии управления проектами. Создание автоматизированной информационной системы оценивания параметров сложных объектов для оценки кадров ИТ-компания на примере поиска проектных менеджеров является актуальной задачей, а учитывая сложность и многофакторность решения необходимо использовать систему, основанную на знаниях, то есть интеллектуальную информационную систему.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА, СЛОЖНЫЙ ОБЪЕКТ, ОЦЕНИВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ, КВАЛІМЕТРИЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ

The current stage of development of science and technology is characterized, first of all, by the spread, with simultaneous convergence of «high technologies»: nano-, bio-, informational and cognitive. This fact determines a steady trend towards an increase in high-tech projects based on these technologies. In these conditions, the task of forming, on the one hand, such a team of employees, the level of competence of which will ensure the effective implementation of high-tech projects, and on the other hand, to carry out a rational distribution of human resources in order to effectively implement the entire portfolio of projects, becomes very urgent. Human capital, as the basis of the intellectual capital

of an IT company, is a complex object because it is characterized by many parameters (qualifications, competence, creativity, creative way of thinking, etc.) that allow an IT company to create high-tech projects. To assess the parameters of complex objects, it is necessary to use a combination of various assessment methods, in particular, qualimetry (quality assessment) methods, classification methods, heuristic methods, decomposition methods and project management methodology. The creation of an automated information system for evaluating the parameters of complex objects for assessing the personnel of an IT company using the example of finding project managers is an urgent task, and given the complexity and multifactorial nature of the solution, it is necessary to use a knowledge-based system, that is, an intelligent information system.

INTELLIGENT SYSTEM, COMPLEX OBJECT, PROFESSIONAL STAFF ASSESSMENT, QUALIMETRY, CLASSIFICATION

Вступ

У новому тисячолітті базою зростання економіки в розвинених країнах стали високі технології. Такий напрям розвитку вимагає залучення нових ресурсів, підвищує попит на результати науково-технічної діяльності, інвестиції, інформацію і кадри, що відповідають вимогам високих технологій.

У світовій економіці спостерігається стале зростання частки високотехнологічної продукції у ВВП, який у розвинутих країнах становить на сьогодні 10-15%.

У відповідності до РМІ РМВОК [1], управління людськими ресурсами входить до основних галузей знань, а набір команди проекту є одним з головних етапів управління людськими ресурсами.

Витяги з міжнародних та національних стандартів, які наведено нижче, ілюструють важливість питань людських ресурсів.

Розділ 6.2 ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008) «Людські ресурси» [2]. Персонал, залучений до робіт, які впливають на відповідність продукції вимогам до неї, повинен бути компетентним, тобто мати належні освіти, професійну підготовленість, навички та досвід. Організація повинна: визначати необхідний рівень компетентності для персоналу залученого до робіт, які впливають на відповідність продукції вимогам до неї; якщо це можливо, забезпечувати проведення навчання або вживати інших заходів для досягнення потрібної компетентності; оцінювати результативність ужитих заходів; забезпечувати обізнаність персоналу щодо доцільності та важливості своєї діяльності та щодо свого в досягнення цілей у сфері якості; вести відповідні записи стосовно освіти, професійної підготовленості, навичок і досвіду.

Підрозділ 7.1.2 ISO 9001:2015 «Людські ресурси». Організація повинна визначати і виділяти персонал, необхідний для результативного впровадження системи менеджменту якості, а також виконання її процесами [2].

Розділ 6.2 ДСТУ ISO 9001-2001 «Людські ресурси». Персонал, залучений до робіт, що впливають на якість продукції, повинен бути компетентним, тобто мати належні освіти, професійну підготовку, кваліфікацію та досвід.

Підрозділ 6.2.1 ISO 9004:2000 «Залучення працівників». Керівництво повинне поліпшувати резуль-

тативність та ефективність діяльності організації, зокрема системи управління якістю, залучаючи та підтримуючи працівників.

Підрозділ 6.2.2.1 ISO 9004:2000 «Компетентність». Керівництво повинне забезпечувати необхідні рівні компетентності для ефективного та результативного функціонування організації. Воно повинне передбачати аналізування фактичних та очікуваних потреб щодо компетентності порівняно з рівнями компетентності, які вже існують в організації.

Підрозділ 6.2.2.2 ISO 9004:2000 «Обізнаність і підготовка». Під час планування потреб у загальній та професійній підготовці слід враховувати зміни, викликані характером процесів, застосовуваних в організації, етапами підвищення кваліфікації працівників, та культури організації. Це дає змогу забезпечити працівників знаннями та уміннями, які, разом із досвідом, підвищуватимуть їхню компетентність.

Підбір кадрів в українських ІТ-компаніях здійснюється шляхом проведення співбесід з кандидатами та їх професійного тестування. Якість підбору персоналу та обсяги даної роботи можна суттєво збільшити за рахунок використання інформаційних технологій в цьому процесі. В Інтернеті існує інформація про дуже велику кількість фахівців в галузі ІТ. Для того, щоб обробляти інформацію про потрібні кадри, необхідна інформаційна система, яка може оцінювати потенційні кадри та їх класифікувати [3].

Зважаючи на те, що інформація про потрібні кадри в галузі ІТ в силу своєї різноманітності та багатфакторності являє собою складний об'єкт, оцінка його параметрів характеризується:

- високим рівнем невизначеності в наслідок унікальності кожного претендента на посаду;
- гетерогенністю здібностей та властивостей характеру здобувача;
- дефіцитом часу на прийняття рішення;
- великою розмірністю.

В зазначених умовах з цією задачею може впоратися інтелектуальна система.

Для представлення інтелектуальної системи оцінювання параметрів складних об'єктів можна застосувати математичну модель на прикладі системи оцінювання проектних менеджерів ІТ-компанії.

1. Математична модель системи оцінювання проектних менеджерів ІТ-компанії

У рамках розробки моделі оцінювання проектних менеджерів ІТ-компанії запропоновано, що об'єкти представляються у вигляді множини властивостей об'єктів S . Відзначимо важливу деталь: множина S є об'єднанням множин, що не перетинаються, N і E – відповідно множини чисельних і властивостей таких, що можна перелічити. Кожна властивість E_i , яку можна перелічити, може визначати значення з певної кінцевої множини значень. Кожна чисельна властивість N_i може ухвалювати значення, що лежать в області дійсних чисел, обмеженої мінімальним і максимальним межами N_{imin} N_{imax} , відповідно. Уведення такого розподілу дає можливість системі врахувати як кількісні (чисельні), так і якісні (такі, що можна перелічити) характеристики об'єкта [4].

Завдання, що розв'язуються інтелектуальною системою, діляться на два види: завдання кваліметрії (оцінки якості) і класифікації (розпізнавання образів). У процесі розв'язку завдання кваліметрії кожному оцінюваному об'єкту ставиться у відповідність число I , що є оцінкою даного об'єкта. У процесі розв'язку завдання класифікації кожному об'єкту ставиться у відповідність найменування класу, до якого ставиться даний об'єкт.

У рамках конкретного завдання оцінювання, до оцінюваних об'єктів пред'являються вимоги з множини T , а також встановлюються відповідності F між властивостями й вимогами. При цьому одна вимога може посилатися на кілька властивостей. Взагалі, зміст введення вимог, як інструмента, використовуваного для адекватної оцінки об'єкта, полягає в наступному: вимоги виражають мету суб'єкта оцінки при розв'язку конкретного оцінного завдання; властивості ж, будучи описом, представленням об'єкта оцінки, існують незалежно від розв'язуваного завдання. Конкретне значення властивості одержують лише з погляду системи вимог, пред'явленої суб'єктом оцінки.

Крім того, у завданні класифікації формується множина класів C . У завданні кваліметрії кожній вимозі з множини T ставиться у відповідність вага (значимість) цієї вимоги. У завданні класифікації кожній вимозі ставляться у відповідність n ваг, де n – кількість класів. У цьому випадку P_{ij} – це вага (значимість) i -ї вимоги з множини T в j -му класі з множини C . А вся множина P називається множиною ваг (вагових коефіцієнтів). Крім того, у завданні кваліметрії для кожного елемента з множини F – відповідностей вимоги й залежних від нього властивостей завдається так званий дуговий ваговий коефіцієнт, значення якого визначає значимість конкретної властивості в рамках конкретної вимоги.

Наприклад, при оцінці комп'ютерів вимозі «швидкодія» відповідають властивості: «тип процесора»,

«тактова частота» і «тип системної шини». При цьому тип процесора, наприклад, вносить у швидкодію комп'ютера більший внесок, ніж тип системної шини. Відповідно дуговий коефіцієнт властивості «тип процесора» у рамках вимоги «швидкодія» буде більше, ніж коефіцієнт властивості «тип системної шини» у рамках тієї ж вимоги, через те, що тип процесора вносить більший вклад у швидкодію системи, ніж тип системної шини. При розв'язку завдання класифікації кожному елементу множини F ставляться у відповідність n коефіцієнтів, де n – кількість класів, що визначають значимість властивості в межах даної вимоги для даного класу з множини C . Отримана в такий спосіб множина D називається множиною дугових вагових коефіцієнтів [4].

Після формулювання множини вимог можна говорити про формування множини еталонів E . Еталон як ідеал може в дійсності не існувати, але для ухвалення рішення він повинен бути завданий. Причому, у рамках описуваної моделі еталон не ідентичний поняттю «еталон» у загальноприйнятому сенсі цього слова. Еталон з погляду моделі не тільки несе інформацію про ідеальне значення тієї або іншої властивості, але й про те, на скільки всі інші значення даної властивості «гарні» з погляду пред'явлених вимог до об'єкта оцінки. Елементом E_i множини E є функція $V=f_i(S_i)$. Ця функція виражає те, наскільки конкретне значення властивості S_i задовольняє завданню (підвищує оцінку) [5]. Значення цієї функції лежать у межах нуля й одиниці. Якщо значення функції дорівнює одиниці, то значення властивості повністю задовольняє завданню й підвищує загальну оцінку об'єкта у відповідність із вагою цієї властивості в рамках пов'язаних з ним вимог і вимог рівня моделі (тобто з урахуванням дугових коефіцієнтів і вагових коефіцієнтів). Навпаки, якщо значення функції дорівнює нулю, то дане значення не задовольняє даному завданню й властивість не вносить внеску в загальну оцінку об'єкта. Вочевидь, що дана функція безперервна, якщо властивість S_i чисельна й має n значень, якщо властивість S_i така, що можна перелічити (де n – кількість результатів i -ї властивості). Для підвищення ефективності оцінювання, в модель вводиться бінарний вектор критичності K . Якщо значення елемента вектора критичності K_{ij} дорівнює 1, то j -а властивість критична в i -ї вимозі. Це означає, що якщо значення j -ї властивості конкретного об'єкта має в рамках завдання міру виразності рівну 0, то об'єкт свідомо одержує найнижчу оцінку. Вектор критичності вносить у модель елемент логіки предикатів, оскільки дозволяє відітнути об'єкти, що свідомо не задовольняють умовам завдання.

Таким чином, у завданні кваліметрії оцінна модель являє собою кортеж:

$$M \langle S, T, P, D, E, F, K \rangle, \text{ а в завданні класифікації: } \\ M \langle S, T, P, D, E, C, F, K \rangle.$$

Вищеописаних даних достатньо для ухвалення рішення поставленого оцінного завдання (класифікації або кваліметрії) [6]. Причому в такій моделі існують можливості для досить точного аналізу ухваленого рішення й гнучкого настроювання системи. Безсумнівною перевагою моделі є її універсальність. Дійсно, модель, сформульована таким чином, інваріантна до предметної галузі, переліку властивостей і іншим обмежуючим умовам.

Структури даних повинні бути як внутрішніми (придатними для використання іншими програмними модулями інтелектуальної системи) так і зовнішніми (придатними для зберігання на зовнішніх носіях). Крім того, необхідно розробити механізми формування й модифікації зазначених структур даних для настроювання системи на розв'язок конкретного оцінного завдання, а також механізми, що забезпечують одержання інформації іншими програмними модулями (наприклад, модулями оцінки й ухвалення рішення). Механізми керування даними повинні бути представлені у вигляді програмних модулів (підпрограм, класів, ресурсів), що реалізують структури даних і алгоритми [7].

Проектування інтелектуальної системи оцінки проектних менеджерів ІТ-компанії починається зі складання її структурної моделі [8]. При виділенні структурних компонентів програми, керуються наступними вимогами до елементів: відносна самостійність, істотність для процесу в цілому, стійке розрізнення [8]. Зв'язки між структурними складовими сусідніх рівнів зображують у вигляді дуг графа.

Представляється доцільним об'єднати множини T , D , P , K і множину відповідностей F в одну структуру даних, оскільки ці множини логічно зв'язані між собою (існування множин P і D впливає зі змісту й формулювання множини T). Крім того, об'єднання цих множин надасть можливість сполучити параметри P і F (якщо відсутня відповідність між i -ю вимогою й j -ю властивістю, то вага $P_{ij} = 0$).

Для того щоб зв'язати всі ці файли разом, необхідна структура даних, що зберігає інформацію про самий проект у цілому (про тип розв'язуваного завдання, про імена файлів і т.д.) [9].

Тому логічні структури повинні сполучати переваги структур з послідовним доступом і структур з випадковим доступом. Причому, дані структури повинні зберігати інформацію, що записана у файлах-компонентах системи й надавати її на вимогу інших програмних модулів. Для структуризації опису доцільно поділити реалізовані функції на рівні. При цьому функції першого рівня викликаються безпосередньо при обробці того або іншого повідомлення головного вікна програмного додатка. Функції другого рівня викликаються функціями першого рівня і т.д. [10].

Опис основних алгоритмів керування даними. Після формулювання уявлення інформації у вигляді структур фізичних даних можна перейти до проектування алгоритмів керування цими структурами. Спочатку сформулюємо: які дії повинна дозволити робити система з погляду користувача по настроюванню на розв'язок конкретного оцінного завдання. Система повинна дозволити:

- створювати опис конкретного оцінного завдання і усіх її компонентів;
- настроюватися на розв'язок раніше сформульованого завдання;
- видаляти інформацію про завдання, якщо в ній відпала необхідність;
- модифікувати усі складові частини проекту, що несуть інформацію про компоненти оцінної моделі, тобто модифікувати уявлення множин S , T , P , E , D , C , K і відповідностей F ;
- здійснювати збереження зроблених змін з наданням можливості користувачеві продублювати інформацію.

З погляду програмного інтерфейсу, проєктовані алгоритми повинні:

- надавати інформацію про всі компоненти моделі іншим програмним модулям системи;
- зберігати в пам'яті інформацію про імена файлів-компонентів проекту для можливості їх запису на диск або читання з диска;
- зберігати й дозволити динамічно (з інших підсистем) змінювати інформацію про стан проекту.

Таким чином, система повинна постійно контролювати коректність сформованих компонентів моделі й залежно від цього дозволити або не дозволити робити ті або інші дії. Наприклад, не можна дозволити робити оцінювання, доки не сформовані еталони й не можна дозволити формувати еталони, доки не сформовані множини вимог і вагових коефіцієнтів.

Підсистеми фактично є автоматизованими робочими місцями різних категорій користувачів. Так адміністратор системи повинен користуватися підсистемою настроювання й адаптації, підсистемою керування мережею проєктів і підсистемою керування БД [11]. Експерти-фахівці в предметній галузі повинні користуватися підсистемами навчання й, можливо, підсистемами настроювання й адаптації, а також підсистемами керування БД. Особа, що ухвалює рішення (керівник), як правило, користується тільки підсистемою прийняття й аналізу розв'язків. Рядові оператори забезпечують внесення вихідних даних у базу і є основними користувачами підсистеми керування базою даних. На даній підставі пропонується реалізувати проєктовану інтелектуальну систему у вигляді наступних п'яти автоматизованих робочих місць:

АРМ адміністратора – підсистема настроювання й адаптації;

- АРМ оператора – підсистема керування базами даних;
- АРМ менеджера – підсистема прийняття й аналізу розв’язків;
- АРМ експерта – підсистема навчання;
- АРМ когнітолога – підсистема керування мережею проектів.

Таким чином, розв’язано актуальну задачу розробки інформаційної системи для оцінки кадрів ІТ-компанії на прикладі оцінки проектних менеджерів та застосування процесів управління проектом згідно з методологією SCRUM [12].

Запропонована математична модель системи оцінки проектних менеджерів ІТ-компанії може бути використана для представлення в інтелектуальній системі оцінювання параметрів складних об’єктів.

Моделювання інтелектуальної системи оцінювання параметрів складних об’єктів

Використовуючи математичну модель системи оцінювання проектних менеджерів ІТ-компанії було розроблено спеціальні засоби в формі моделей процесів та взаємозв’язків для майбутнього проектування інтелектуальної системи оцінювання параметрів складних об’єктів (рис. 1, рис. 2).

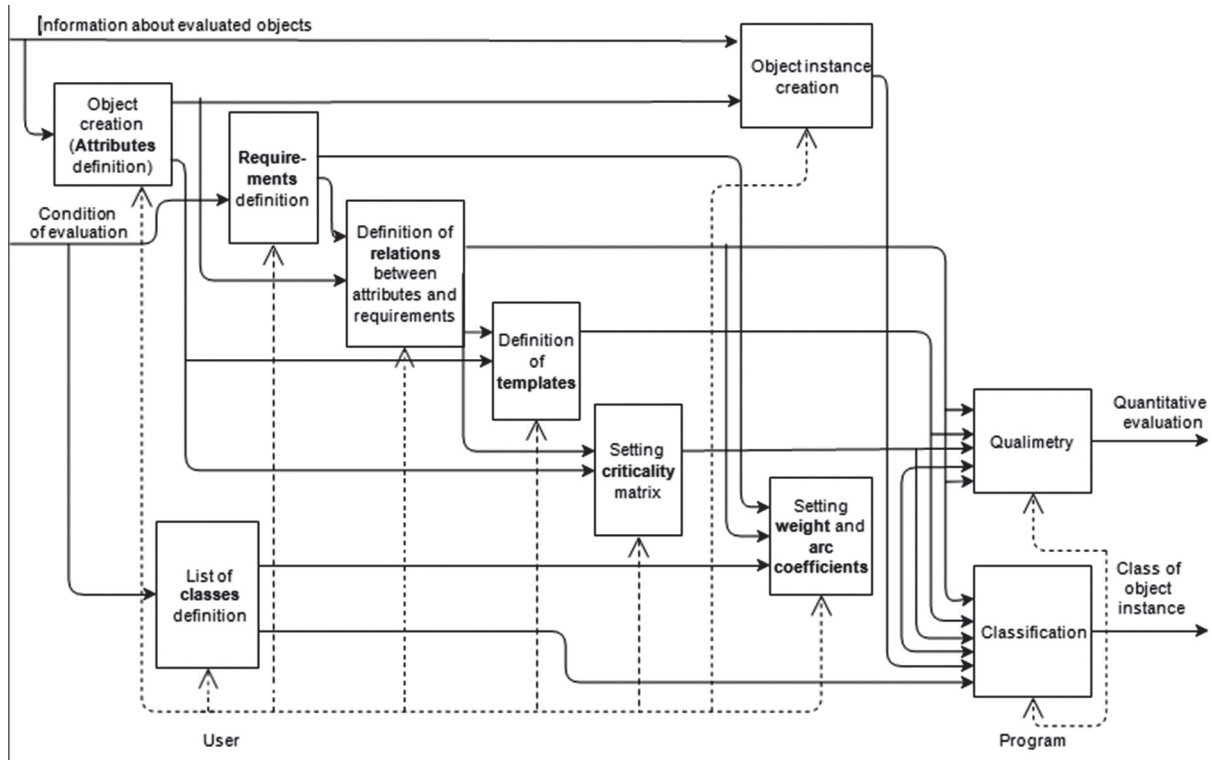


Рис. 1. Діаграма декомпозиції IDEF0 «Процес оцінювання параметрів складних об’єктів»

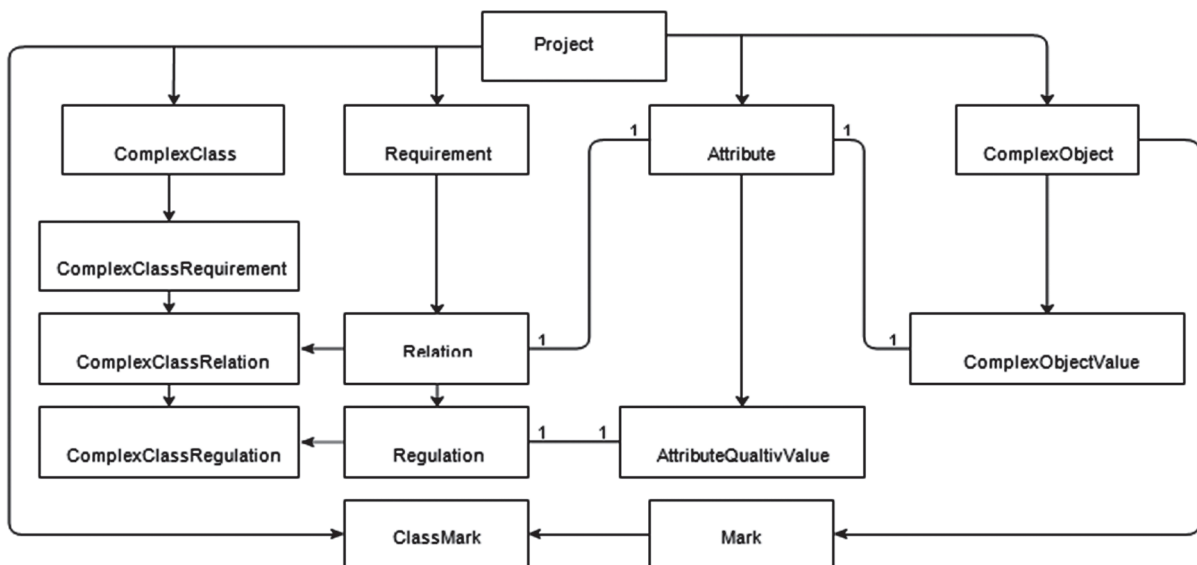


Рис. 2. Модель інтелектуальної системи оцінювання параметрів складних об’єктів

Висновки

З метою ефективної реалізації високотехнологічних проектів розроблено модель інтелектуальної системи оцінювання параметрів складних об'єктів на основі математичної моделі системи оцінювання проектних менеджерів ІТ-компанії

Завдання, що розв'язує інтелектуальна система базується на таких методах оцінювання, як кваліметрія (оцінка якості) і класифікація (розпізнавання образів), що дозволить підвищити ефективності діяльності ІТ-компанії при оцінюванні такого складного об'єкту, як людський капітал.

Результати дослідження можуть знайти практичне застосування при проектуванні та розробці інтелектуальної системи оцінювання параметрів складних об'єктів завдяки якій ІТ-компанії зможуть знаходити відповідні кадри та формувати команди співробітників, рівень компетентності яких надасть змогу забезпечити ефективне виконання високотехнологічних проектів.

Список літератури:

- [1] Шостак О. І. Розробка підходу до формування експертних комісій щодо оцінювання складу команд виконавців високотехнологічних проектів // Технологический аудит и резервы производства. 2016. Т. 4, № 2 (30). С. 20–25.
- [2] A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). – 5th ed. – Project Management Institute, 2013. – 616 p.
- [3] Васильєва В.Г. Інформаційна технологія оцінки проектних менеджерів ІТ-компаній / А.Д. Козирев, І.Ю. Шубін // Міжнародна науково-практична конференція «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами (ММП-2019)», Коблево, 2019 р. Праці – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 151с.
- [4] Івашко В.Г., Фін В.К. Експертні системи й деякі проблеми їх інтелектуалізації // Семіотика й інформатика. – 1986. – Вып. 27. – С.25-61.
- [5] Chetverikov G.G., Vechirska I.D., Tanyanskiy S.S. The methods of algebra finite predicates in the intellectual system of complex calculations of telecommunication companies// International Conference Proceedings Crimean Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo).-2014, 6959425. – pp. 346-347
- [6] Chetverikov G.G., Vechirska I.D., Leshchinsky V.A. Mathematical modeling and design of multiple-valued logic elements of digital telecommunications networks // International Conference Proceedings Crimean Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo). – 2014, 6959429. – pp. 354-355.
- [7] Кук М.Н., Макдональд Дж. Формальна методологія набуття й представлення експертних знань. ТИИЭР. – Т. 74, N 10. – 1986. – С.145-155.
- [8] Представление и использование знаний / Під ред. Х. Уэно, М.Исидзука. – М.: Мир,1989. 220 с.
- [9] Cohen M.A., Grossberg S. Absolute stability of global pattern formation and parallel memory storage by competitive neural networks//IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. 2016. V. 13. N 5. P. 815 – 826.
- [10] Хоггер К. Введення в логічне програмування. - М. Мир, 1988. – 348с.
- [11] Chetverikov G., Puzik O., Vechirska I. Multiple-valued structures of intellectual systems //Proceedings of the with Internations Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). 2016, 7589907. – pp. 204-207.
- [12] A Guide to the SCRUM BODY OF KNOWLEDGE (SBOK™ GUIDE)// Електронний ресурс// URL: <https://www.scrumstudy.com/SBOK/SCRUMstudy-SBOK-Guide-3rd.pdf>.

Надійшла до редколегії 22.04.2020