

## СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УПРАВЛІННІ ЯКІСТЮ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

*Н.О. Комлева, В.В. Любченко, С.Л. Зіноватна*

В роботі виконано проектування системи підтримки прийняття рішень, яка дозволяє автоматизувати роботи з видобування інформації з результатів анкетування. Узагальнення сучасних публікацій підтвердило актуальність мети роботи. Проаналізовано предметну область та визначено, які задачі має вирішувати система підтримки прийняття рішень. На основі результатів аналізу сформульовані вимоги до проєктованої системи. Як результат проєктування архітектури системи отримано логічне і процесне подання проєктованої системи. З метою прискорення виконання аналітичної обробки даних розроблено денормалізовану модель даних. Отриманий проєкт передбачає роботу з різними джерелами даних та орієнтований на поступове доповнення функціональних можливостей системи.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, предметна область, аналіз вимог, архітектурне проєктування, структура даних.

The authors describe the design of a decision support system, which allows automating the works on extracting information from the survey results. The generalization of modern publications had confirmed the relevance of the primary purpose of the paper. The domain analysis determined what tasks the decision support system should solve. The results of domain analysis became the base for the requirements specification. Logical and process views represent the system architecture design. A denormalized data structure, which accelerates the acquisition of aggregated data in different dimensions, is developed. The system design provides the work with various data sources as well as incremental development of the decision support system.

Key words: decision support system, domain, requirement analysis, architectural design, data structure.

В работе выполнено проектирование системы поддержки принятия решений, позволяющей автоматизировать работы по извлечению информации из результатов анкетирования. Обобщение современных публикаций подтвердило актуальность цели работы. Проанализирована предметная область и определено, какие задачи должна решать система поддержки принятия решений. На основе результатов анализа сформулированы требования к проектируемой системе. В результате проектирования архитектуры системы получены логическое и процессное представление проектируемой системы. С целью ускорения выполнения аналитической обработки данных разработана денормализованная модель данных. Полученный проект предусматривает работу с различными источниками данных и ориентирован на постепенное дополнение функциональных возможностей системы.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, предметная область, анализ требований, архитектурное проектирование, структура данных.

### Вступ

Освітній процес в навчальних закладах є систематичною і цілеспрямованою діяльністю, яка дозволяє студентам опанувати комплекс знань і умінь відповідно до обраної ними програми навчання. У світлі проведених в Україні реформ вищої освіти надзвичайно актуальними є питання контролю і забезпечення якості навчального процесу (НП), що регламентуються нормами «Положення про акредитацію освітніх програм, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти».

Під якістю НП у загальному сенсі розуміють відповідність реальних результатів навчання вимогам, що зафіксовані в освітній програмі. При цьому управління якістю зобов'язує до визначення засобів та методик для досягнення результатів навчання студентів.

Незважаючи на велику кількість процедур, які керують ходом НП, залишається певна невизначеність з вибором практик, що підвищують його ефективність. Різноманіття таких практик обумовлено наявністю різних форм навчання (очне, заочне, дистанційне, тощо) та умовами навчання, які забезпечує відповідний навчальний заклад. Додаткові складнощі привносить неможливість повної уніфікації навчальних процесів навіть в рамках певних форм і програм навчання. Крім того, якісне управління таким складним процесом, як освітня діяльність, передбачає взаємодію з великими масивами даних, результати обробки яких виступають параметрами управління. Все сказане підтверджує необхідність використання засобів автоматизації в задачах управління ходом НП.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Заклади вищої освіти (ЗВО) повинні забезпечувати як задоволеність із боку студентів, так і виконання своїх бізнесів-процесів. Для досягнення цієї мети доречно застосувати можливості інструментів аналізу даних. Багато ЗВО уже збирають дані для того, щоб ухвалити рішення щодо ключових змін у НП.

В роботі [1] зазначено, що для прийняття більш раціональних рішень як у процесі навчання, так і в керуванні навчальним закладом, необхідно обробляти, зберігати, спільно використати, аналізувати й застосовувати великі й складні набори даних. Звичайно використовуються чотири типи базованої на цих даних аналітики: статистичні звіти, інформаційні панелі моніторингу, прогнози й рекомендації.

Заклади освіти, як і будь-які інші організації у світі, значною мірою залежать від здібності адаптуватися до навколишнього середовища. Прискорення змін у всіх сферах суспільного життя вимагає переосмислення як цілей, так і способів організації й поведінки. Прийняття кращих рішень на користь освіти, безумовно, вплине на якість освітніх установ, що дасть їм більшу конкурентоспроможність на все більш жорсткому ринку. Адже відомо, що найбільш конкурентоспроможними є ті країни, які щонайкраще використовують інформаційно-комунікаційні технології, які домінують, і продуктивно застосовують знання [2]. В роботі [3] сказано, що нові лідери вищої освіти будуть виділятися у напруженій роботі по видобуванню дієвої інформації з даних у їхніх інформаційних системах, яка забезпечить спеціалістам можливість розуміти й формулювати взаємозв'язки між вхідними й вихідними даними освітньої діяльності в рамках усього навчального закладу. Результатом стане усвідомлене прийняття рішень, обумовлене місією, якістю, вартістю й доходом.

Потужним інструментом прийняття рішень можуть стати засоби бізнес-аналітики [4–5]. Системи бізнес-аналітики (Business Intelligence) можна визначити як інструменти, що допомагають і підсилюють результати, які отримані в процесі прийняття рішень, і роблять їх більш точними і надійними на основі знань, заснованих на інтуїтивних цінностях і особистому досвіді [4].

В умовах зростання конкуренції на ринку навчальних закладів виникає необхідність у застосуванні спеціальних заходів для популяризації їх діяльності. Особливу роль в автоматизації складних процесів у сфері навчання відіграють системи підтримки прийняття рішення (СППР), які видають рекомендації на підставі дослідження та аналізу значущих аспектів таких процесів. Дослідження [6] пропонує багатокритеріальну СППР для оцінки передачі знань з закладів вищої освіти суспільству загалом. При цьому використовуються три важливі складові СППР: структурування та аналіз стратегічних варіантів, оцінювання з вимірюванням привабливості закладу та формулювання рекомендацій.

В роботі [7] показано застосування СППР для визначення академічної спеціалізації, яка найбільше відповідає можливостям студента згідно з його профілем. Логістичний процес входить у програму орієнтації щодо дослідження майбутнього студента в рамках університетської навчальної програми та проводиться за допомогою штучних нейронних мереж.

Найчастіше для аналізу успішності НП беруться до уваги показники успішності навчання з певних дисциплін. Так, в дослідженні [8] характеристикою профілю студента є показники успішності навчання з математики, що надалі аналізуються з використанням дерев класифікації та за допомогою регресії. При цьому автори вивчають їх кореляцію з «очікуванням батьків» на освіту, «типом школи», випускником якої є студент, тощо, тобто пов'язують успішність навчання студента з його передісторією і оточенням.

Важлива роль для побудови якісної СППР відводиться експерту, який у багатьох випадках визначає рекомендовані значення характеристик досліджуваного процесу. Роботу [9] присвячено формалізації вимог до експертів, в тому числі при груповій експертизі. Авторами розроблено комунікаційну модель та прототип для імітації сценаріїв прийняття рішень.

## **Мета і задачі роботи**

Метою роботи є спрощення визначення комплексу заходів з підвищення якості НП за рахунок проектування СППР, яка дозволяє автоматизувати роботи з видобування інформації з результатів анкетування.

Для досягнення мети в роботі вирішені такі задачі:

- проаналізовано предметну область, як результат визначено основні задачі, рішення яких має підтримувати СППР;
- сформульовано вимоги до проекрованої СППР;
- розроблено архітектурний проект СППР, який передбачає можливість працювати з різними джерелами даних та може бути розширеним для рішення нових задач;
- розроблено структуру даних, яка дозволяє прискорити обробку та аналіз даних за рахунок використання OLAP-технологій.

## **Аналіз предметної області та постановка завдання**

НП передбачає чисельні синхронні і асинхронні взаємодії викладачів зі студентами, характер і частота яких залежать від форми і організації навчання. Традиційно ефективність НП оцінюється за процентними показниками «успішність» і «якість», які розраховуються на підставі кількісного аналізу оцінок, одержаних студентами за різні види робіт. Ці характеристики НП можна назвати спостережуваними. Нарівні з ними результати навчання визначають і неспостережувані характеристики (НХ), що відображають здатність студента усвідомлювати цілі навчання, адаптуватися до НП, ефективно управляти навчальним часом і власною навчальною діяльністю, тощо. В основному НХ стосуються основних складових НП – контенту навчальної дисципліни, методів викладання та супутніх методичних матеріалів. Можливість вимірювання і аналізу значень таких характеристик дозволить оцінювати якість НП більш комплексно і об'єктивно.

Одержати значення НХ можна за допомогою зворотного зв'язку від студентів, який доцільно організувати у вигляді опитування (анкетування). Мета такого анкетування – отримати виражену в придатних для обробки і аналізу судженнях думку студентів про те, які аспекти НП потребують удосконалення.

Для спрощення урахування результатів анкетування під час прийняття рішень щодо якості НП доцільно розробити СППР, що призначена для забезпечення повного і об'єктивного аналізу предметної діяльності з метою допомоги людям, які приймають рішення в складних умовах або в умовах невизначеності [10]. Результати, що їх надає СППР, різняться складністю їх отримання та цінністю для користувача. Найпростішим варіантом є статистичні звіти, які надають узагальнені дані за результатами окремих опитувань у вигляді таблиць та діаграм. Така інформація лише спрощує сприйняття даних окремого опитування, решту висновків має виконати користувач. Інформаційні панелі забезпечують візуальне подання даних, згрупованих за певною ознакою, наприклад, результати відповідей на однакові запитання в опитуваннях за різними дисциплінами на одному потоці, результати опитувань за однією дисципліною в поточному та попередньому роках, тощо. Такі порівняння дають можливість перевірити ефективність впроваджених змін, або дають підстави для висновків про необхідність змін. За наявності достатньої кількості історичних даних про результати опитувань СППР може надавати прогнози щодо очікуваної ефективності НП за певних умов. Також застосування методів інформаційної діагностики надає можливість виявити проблемні характеристики НП та надати рекомендації щодо можливих дій в діагностованому стані.

На рис. 1 показана формалізована схема, що демонструє місце СППР для підтримки процедур моніторингу при реалізації студентоцентрованого підходу в НП.

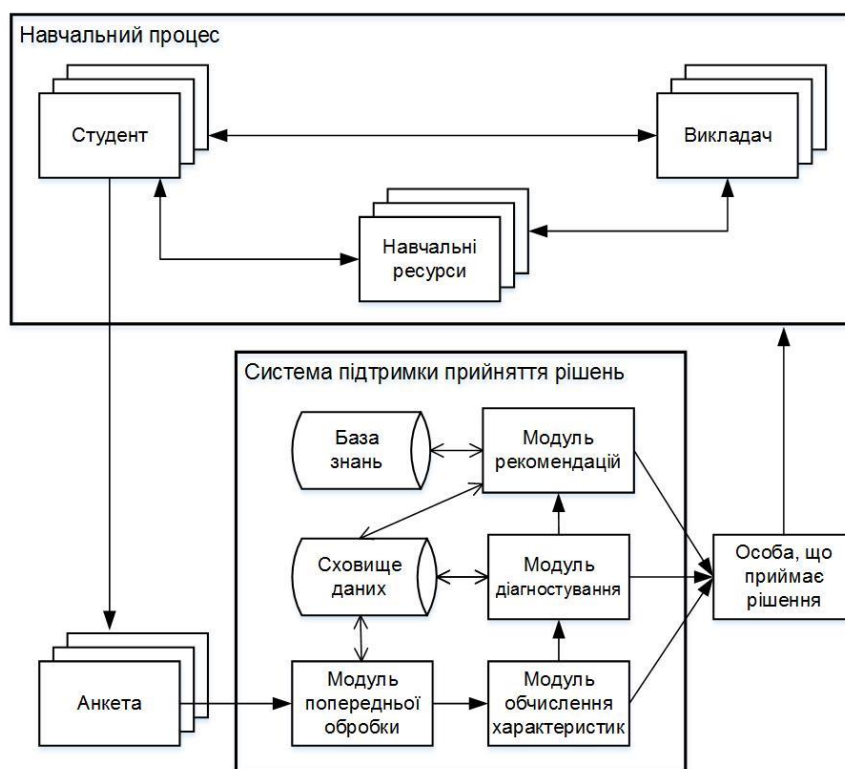


Рис. 1. Система підтримки прийняття рішень у навчальному процесі

Для студентів, задіяних у НП, готуються анкети з переліком питань, релевантних меті досліджень НП. Відповіді на питання анкети є основою для СППР, тому необхідно ретельно стежити за якістю первинних даних – контролювати їх достовірність, повноту і зрозумілість [11].

Після попередньої обробки, що усуває шумову складову первинних даних, обчислюються значення НХ. Модуль діагностування визначає відхилення обчислених значень НХ від їх рекомендованих значень, які визначені експертами. По виду і величині відхилень модуль рекомендацій активізує відповідні правила бази знань, що пов'язані з набором практик викладання. Вся отримана інформація надається особі, що приймає рішення, для забезпечення об'єктивності і обґрунтованості рішень щодо заходів, які призначені для підвищення якості НП. Вся супутня інформація, що дозволяє обґрунтувати прийняте рішення, зберігається в сховищі даних.

## Вимоги до СППР

Визначимо перелік акторів та функціональні вимоги до системи підтримки прийняття рішень (рис. 2).

Основними категоріями осіб, що взаємодіють з системою, є Експерт та Викладач. Управління якістю НП відповідно до дисципліни (НПД) повинно виконуватись відповідно до пакету її характеристик. Експерт спільно з Викладачем визначають пакети НХ відповідних НПД. Ці характеристики є підмножинами повного пакету НХ НП. Також Експерт з Викладачем формують базу практик викладання – заходів для підвищення ефективності НП.

Первинними даними для роботи СППР є результати анкетування. Кожне питання анкети дозволяє отримати значення для однієї чи кількох НХ. Проведення анкетування та завантаження результатів у СППР проводиться з використанням зовнішньої Системи анкетування.

Структура анкети визначається набором встановлених для певної дисципліни НХ НПД, тому при завантаженні результатів відстежується, чи усі потрібні характеристики НПД покриті питаннями анкети. Якщо так, то анкета вважається повною та визначаються валідність і достовірність результатів анкетування. Ця процедура є більш складною при використанні паперових анкет та певним чином автоматизованою при застосуванні спеціалізованих засобів анкетування.

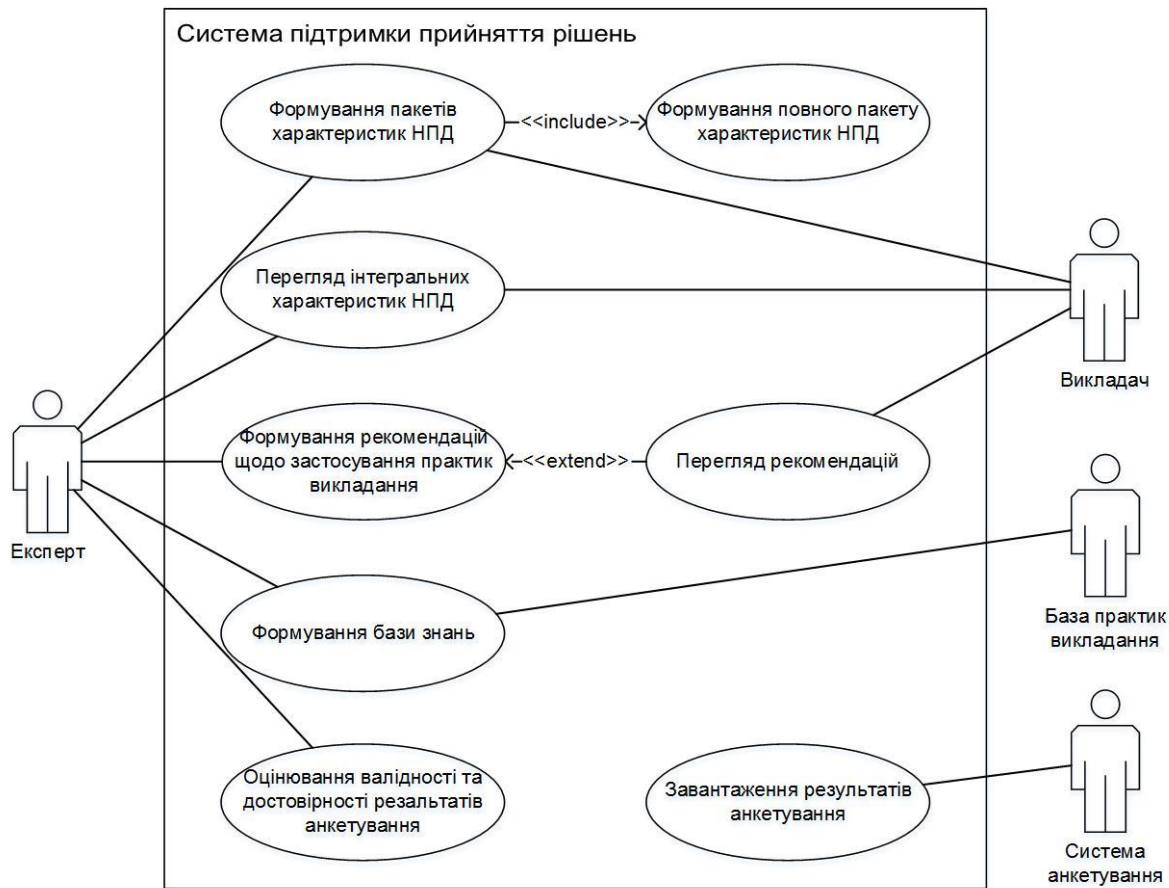


Рис. 2. Діаграма варіантів використання системи підтримки прийняття рішень

За результатами анкетування проводиться статистична обробка даних з отриманням інтегральних характеристик НПД, які, у порівнянні зі стандартними значеннями, дозволяють діагностувати стан НПД відповідно до властивостей характеристик. Методика статистичної обробки даних залежить від шкал вимірювання НХ; розгляд цього аспекту знаходиться поза межами даної статті.

За даними діагностування станів НПД формуються рішення щодо застосування практик викладання, які обираються з відповідної бази та надають рекомендації, відповідні до характеру та ступеня проблеми. Для кожної практики визначений пов'язаний з нею набір характеристик та їх властивостей. Відповідність між практикою та НХ НП, які підлягають коригуванню для підвищення ефективності НПД, визначається правилами бази знань. Базу знань необхідно сформувати до першого використання СППР, вона не може бути порожньою та повинна перейти перевірку на однозначне трактування правил. Наведемо приклади правил бази знань СППР:

1. IF (Question="Доступ до методичних матеріалів надавався в зручній формі" AND Answer="Не згоден" AND Count>50%) THEN "Змінити форму подання методичних матеріалів";
2. IF (Question="Ви розуміли на аудиторних заняттях новий матеріал" AND Answer="Не завжди" AND Count>50%) THEN ("Спростити подачу нового матеріалу" OR ("Підготувати роздатковий матеріал" AND "Своєчасно видати роздатковий матеріал" AND "Забезпечити актуальний канал комунікації"));
3. IF (Question="Ви розуміли на аудиторних заняттях новий матеріал" AND Answer="Частіше ні" AND Count>90%) THEN ("Переглянути навчальну програму дисципліни").

## Архітектурний проект СППР

СППР розробляється для того, щоб задовольнити бізнес-цілі закладу освіти. Містом між цими абстрактними цілями та конкретною працюючою СППР є архітектурний проект, головною перепороною до

розробки якого є складність проєктованої системи. Бажано, щоб програмна архітектура була спроектована з використанням відомих рішень, які забезпечують досягнення цих бізнес-цілей. Таке рішення – архітектурний стиль – допомагає досягти бажаних характеристик та поведінки програмної системи [12].

Виходячи зі сформульованих вимог, можемо стверджувати, що СППР має бути сегментована таким чином, щоб модулі могли розроблятися та підключатися окремо з невеликими взаємодіями між частинами, що забезпечить надалі модифікованість і можливість повторного використання. Основою цієї сегментації має стати послідовність обробки даних в СППР.

Від початку дані мають пройти попередню обробку, яка залежить від того, яким чином було організовано опитування. Якщо опитування виконувалося з використанням паперових анкет, то їх треба перевести в цифровий формат – відсканувати та розпізнати. Якщо опитування виконувалося за допомогою спеціалізованих засобів на кшталт Google Form або Survey Monkey, то потрібно імпортувати відповіді до СППР. Далі підготовлені дані зберігаються у СППР для забезпечення можливості працювати з ними. Наступним етапом є власне обробка й аналіз даних з метою отримати інформацію, яка стане у нагоді для прийняття рішень щодо покращення якості, наприклад, діагностика якості НП, рекомендації щодо змін методичного та дидактичного забезпечення, тощо. Наостанок результати обробки готуються для презентації кінцевим користувачам.

За визначеного контексту для розробки архітектурного проєкту доречним є застосування *n*-ланкової архітектури, в якій кожна ланка має чітко визначені роль та відповідальності [13]. Для СППР достатньою є 4-ланкова архітектура. Розглянемо докладніше призначення кожної ланки.

Ланка джерел даних забезпечує постачання даними. Зазвичай анкетування проводять в паперовій або електронній формі. У випадку паперового анкетування дані надходять у вигляді відсканованих анкет і потребують розпізнавання, яке має бути виконано в цій ланці. У випадку електронного анкетування в ланці джерел даних реалізують інтерфейси до зовнішніх систем, за допомогою яких виконується анкетування.

Ланка зберігання даних відповідає за отримання даних із джерел даних та, за необхідності, перетворення їх у формат, який підходить для подальшого їх використання. Наприклад, після розпізнавання відсканованих анкет можуть видалятися всі анкети, в яких залишилися запитання без відповідей. Також ця ланка забезпечує роботу сховища даних СППР. Крім обробки результатів опитування слід забезпечити надання рекомендацій щодо заходів з покращення НП. Отже СППР потрібна власна база знань про властивості практик викладання, яка також реалізована в ланці зберігання даних.

Ланка аналізу забезпечує виконання всіх процедур з підготовки потрібних аналітичних результатів або з пошуку відповідних рекомендацій.

Ланка споживання забезпечує візуалізацію результатів аналізу для того, щоб інформаційно підтримати користувача в процесі прийняття рішень.

Кожна ланка включає кілька типів компонентів, як показано на рис. 3.

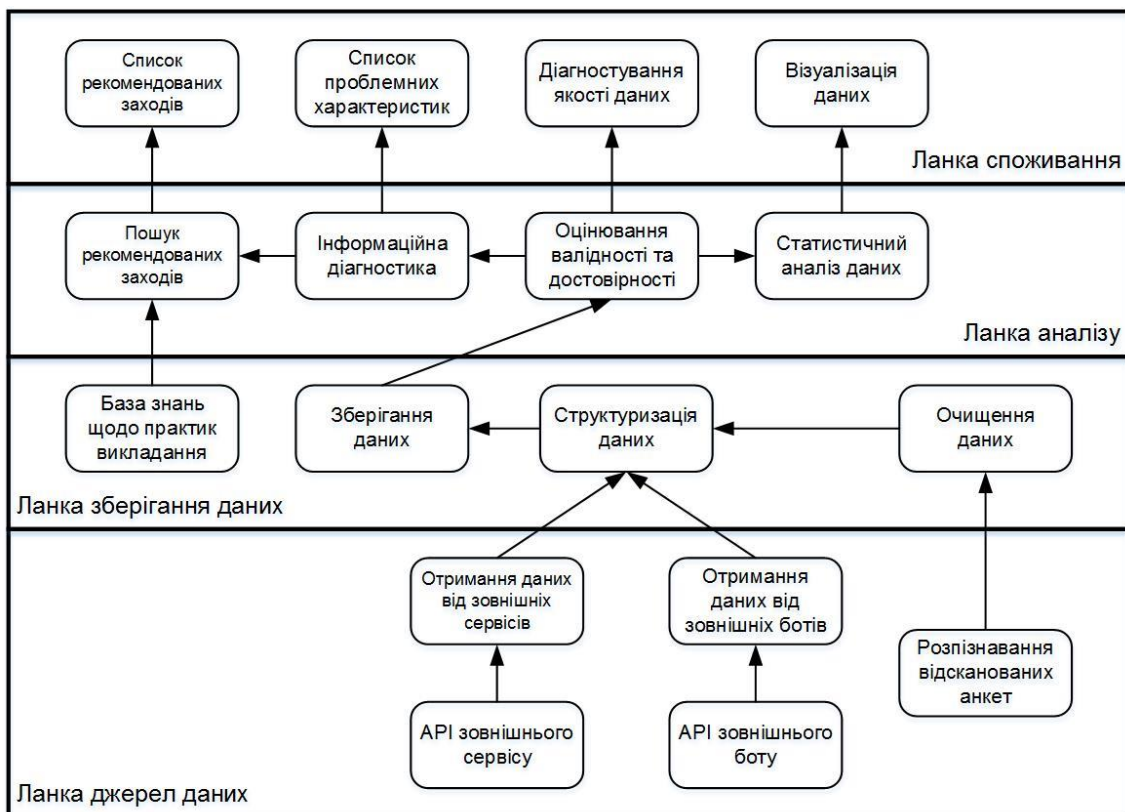


Рис. 3. Структурне подання архітектури СППР

Зауважимо, що СППР має бути сумісна з оточуючим середовищем, що буде визначати конкретну реалізацію інтерфейсів ланок джерел даних та споживання. Можливі рішення як безпосередньої взаємодії з користувачем, так і передача даних з/до інших інформаційних систем.

Початкова реалізація СППР не передбачає обробки великих масивів даних та виконання складних обчислень, отже вона може бути розташована на одному обчислювальному вузлі з забезпеченням доступу користувачам за звичайними мережними протоколами. Але надалі є сенс перейти до сервісної архітектури за допомогою виокремлення сервісів [14], що дозволить спростити підтримку і подальший розвиток СППР.

### Основні процеси, реалізовані СППР

Перейдемо від опису структури СППР до опису процесів, які забезпечують її належне функціонування. Розпочнемо з опису загального процесу роботи СППР (рис. 4). Існують два принципово різні шляхи роботи СППР: перший активується при надходженні до системи результатів завершеного опитування, другий – при надходженні запиту від користувачів системи. Вони різняться частотою активації та послідовністю виконуваних дій.

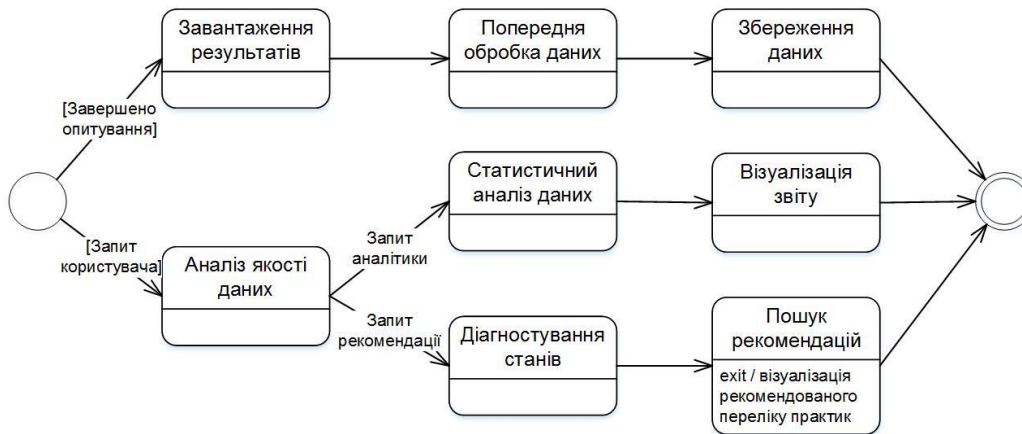


Рис. 4. Діаграма станів загального процесу роботи СППР

Опитування, які проводять в ЗВО, надають результати, які суттєво різняться за такими характеристиками, як мета, що визначає набори оцінюваних характеристик та запитань анкети, носій (паперовий або електронний), охоплення (студенти спеціальності, факультету або всього ЗВО), частота (наприкінці семестру або раз на рік). Отже при завершенні опитування необхідно забезпечити завантаження «сирих» даних до СППР, після чого виникає потреба в їх попередній обробці. Для даних, які отримані з паперових носіїв, необхідно виконати очищення від пустих записів, які можуть з'явитися через неакуратне заповнення анкет респондентами. Всі результати опитування потребують структуризації, оскільки потрібно визначити відповідності між питаннями анкети та аналізованими характеристиками якості. І, нарешті, структуровані дані слід зберегти для подальшого використання. Відповідна діаграма діяльностей показана на рис. 5.

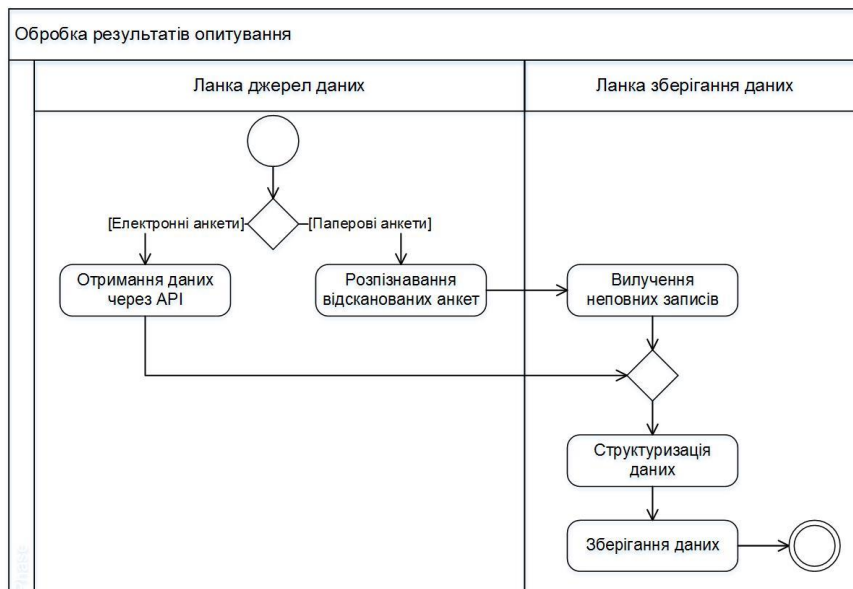


Рис. 5. Діаграма діяльностей процесу обробки результатів опитування

Але головним призначенням СППР, безумовно, є надання інформації, яка допомагає зацікавленій особі прийняти рішення. Діаграма діяльностей, яка показує процес підготовки такої інформації, показана на рис. 6.

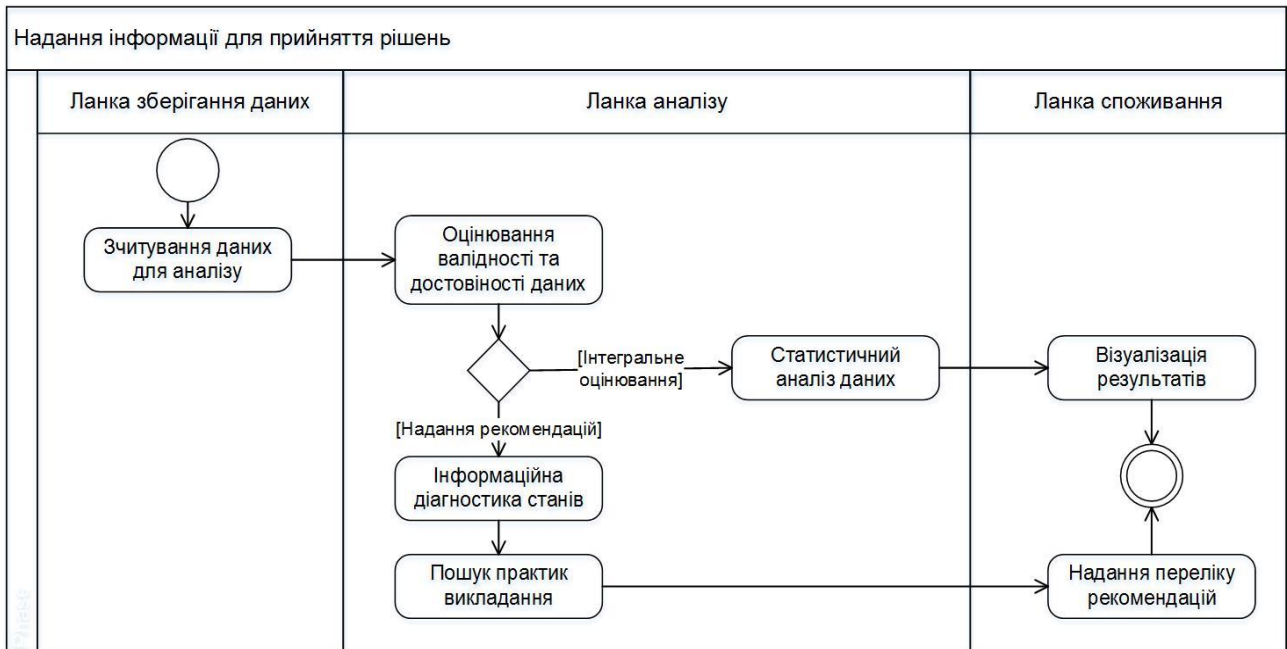


Рис. 6. Діаграма діяльностей процесу видобування інформації для прийняття рішень

Звернемо увагу, що в цьому процесі результати оцінювання валідності та достовірності та інформаційна діагностика станів є допоміжними діяльностями. Проте в майбутньому вони можуть також бути задіяні для підтримки прийняття певних рішень.

## Структура даних

СППР має надавати різноманітні результати аналітичної обробки. Бажано підтримати ці можливості на рівні структур даних та забезпечити використання OLAP-технологій. Розглянемо докладніше модель даних для СППР.

Після виконання структуризації даних результат опитування представлено як таблицю, стовпці якої відповідають питанням анкети  $q_j$ , а рядки – фізичним екземплярам анкет  $A_i$ , заповненим різними респондентами. На перетинанні знаходиться варіант відповіді  $va_{ij}$ , зазначений в анкеті  $A_i$  на питання  $q_j$ .

На рис. 7 показана спрощена модель даних для нормалізованого зберігання інформації про анкетування. Для заповнення бази даних буде потрібне перетворення табличної форми документа, орієнтованої по стовпцях, у форму, орієнтовану по рядках.

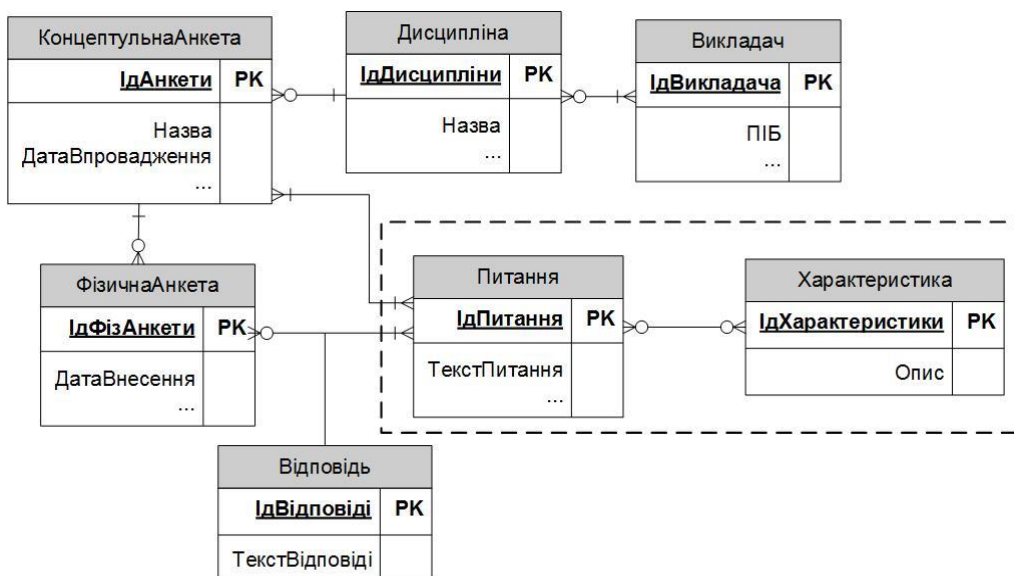


Рис. 7. Нормалізована модель даних – база даних анкет

Для забезпечення аналітичної обробки необхідна інформація про відповідність між питаннями анкети та характеристиками НП, яка може розглядатися як метадані для подальших етапів роботи (виділено штриховою лінією на рис. 7).

Анкетування проводяться по завершенні чергового викладання дисципліни, отже результати кожного анкетування надають дані про викладання певної дисципліни у визначений часовий інтервал зазначеним викладацьким складом. Для того, щоб СППР надавала ґрунтовні рішення, потрібна обробка великого обсягу даних, яка зазвичай потребує багато часу. Для прискорення аналізу використовується денормалізована структура [15], що представляє багатомірний куб (рис. 8).

Наведена модель даних представляє повністю денормалізовану структуру кубу «зірка», та дозволяє виконати аналіз наданих відповідей у різних розрізах, з переміщенням по рівнях ієрархії у кожному вимірі.

Саме значення міри у кожному розрізі є вхідними даними для подальшого діагностування стану НП.

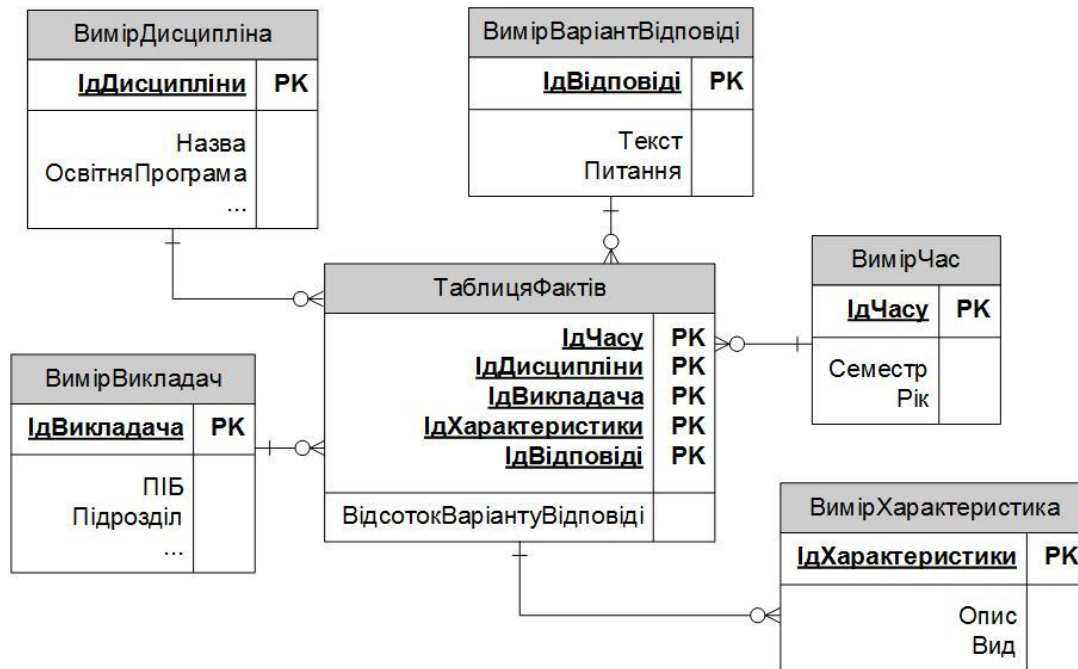


Рис. 8. Денормалізована модель даних – багатомірний куб

## Висновки

У роботі виконано проектування СППР для спрощення прийняття рішень про заходи з підвищення якості НП. Безумовною цінністю СППР є те, що вона базується на НХ НП, які зазвичай не беруться до уваги. Ці характеристики можуть бути визначені анкетуванням студентів та є актуальним зворотнім зв'язком для реалізації студентоцентрованого підходу в НП. До складу СППР входять модулі для отримання значень НХ НП та визначення їх відхилень від рекомендованих значень, що дозволяє діагностувати стан НП та надати відповідні рекомендації щодо його покращення.

Розроблювана СППР налаштовується на конкретну дисципліну НП, що дозволяє врахувати усі її особливості. Можливість роботи з різними джерелами анкетних даних підвищує гнучкість системи.

Запропоновано денормалізовану структуру даних для роботи з багатомірним кубом, використання якої дозволить пришвидшити отримання агрегованих даних у різних розрізах. Автоматизація обробки даних гарантує повний облік усіх отриманих відомостей від учасників НП. Використання OLAP-технологій дозволяє виконувати аналітичну обробку даних, за результатами якої можливо вирішення багатьох інтелектуальних завдань, а саме діагностування поточного стану НП відповідно до його окремих НХ, обґрунтування вибору практик викладання та прийняття рішень щодо доцільності їх застосування, моделювання змін у НП під управлінням його НХ, прогнозування значень НХ для заданого горизонту прогнозування, тощо.

Результати роботи системи можуть бути легко масштабовані для ряду закладів вищої освіти та їх підрозділів за наявності уніфікованих умов проведення навчальних процесів.



## Література

1. Education Analytics white paper. March 2017. 27 p. URL: <http://edudownloads.azureedge.net/msdownloads/MicrosoftEducationAnalytics.pdf> (дата звернення: 19.01.2020)
2. Barranco A.L., Saucedo-Lozada S.N., Avendaño-Jimenez I.Y, Martínez-Leyva R., Carcaño-Rivera L.A. Business Intelligence in Educational Institutions. *Research in Computing Science*. 2015. Vol. 96. 2015. P. 43–53.
3. Soares L., Patricia S., Lindsay W. *Evolving Higher Education Business Models: Leading with Data to Deliver Results*. Washington, DC: American Council on Education, 2016. 79 p.
4. Guster D., Brown C. G. The application of business intelligence to higher education: technical and managerial perspectives. *Journal of Information Technology Management*. 2012. Vol. XXIII, N 2. P. 42–62.
5. Mussa M.S., Souza S.C., Freire E.F.S., Cordeiro R.G., Hora H.R.M. Business intelligence in education: an application of Pentaho software. *Revista Produção e Desenvolvimento*. 2018. Vol. 4, N 3. P. 29–41.
6. De Almeida M.V., Ferreira J.J.M., Ferreira F.A.F. Developing a multi-criteria decision support system for evaluating knowledge transfer by higher education institutions. *Knowledge Management Research & Practice*. 2019. Vol. 17, Is. 4. P. 358–372.
7. Hesham F., Riadh H. How can one improve the logistics process of academic orientation? Neural network programming to support the decision-making system in a university career. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2020. Vol. 7, N 1. P. 6–19.
8. Sanzana M.B., Garrido S.S., Poblete C.M. Profiles of Chilean students according to academic performance in mathematics: An exploratory study using classification trees and random forests. *Studies in Educational Evaluation*. 2015. Vol. 44. P. 50–59.
9. Carneiro J., Saraiva P., Martinho D. Representing decision-makers using styles of behavior: An approach designed for group decision support systems. *Cognitive Systems Research*. 2018. Vol. 47. P. 109–132.
10. Handbook on Decision Support Systems I. Basic Themes / eds. F. Burstein, C. Holsapple. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. 854 p.
11. Krisilov V. A., Komleva N. O. Analysis and Evaluation of Competence of Information Sources in Problems of Intellectual Data Processing. *Problemele Energeticii Regionale*. 2019. Vol. 1-1, N 40. P. 91–104.
12. Bass L., Clements P., Kazman R. *Software Architecture in Practice*. Addison-Wesley Professional, 2012. 624 p.
13. Richards M. *Software Architecture Patterns*. O'Reilly Media, Inc., 2015. 47 p.
14. Liubchenko V. Queueing Modelling in the Course in Software Architecture Design. *Advances in Intelligent Systems and Computing III / Shakhovska N., Stepashko V. (eds)*. 2019. Vol. 871. P. 550–560.
15. Кунгурцев А.Б., Зиноватная С.Л. Имитационная модель для исследования эффективности денормализации реляционной базы данных в информационной системе. *Науковий журнал «Радіоелектроніка. Інформатика. Управління»*. Запорозьке. 2008. 1(19). С. 60–69.

## References

1. Microsoft (2017) Education Analytics white paper. [Online] March 2017. Available from: <http://edudownloads.azureedge.net/msdownloads/MicrosoftEducationAnalytics.pdf> (Accessed: 19th January 2020)
2. Barranco A.L., Saucedo-Lozada S.N., Avendaño-Jimenez I.Y, Martínez-Leyva R. & Carcaño-Rivera L.A. (2015) Business Intelligence in Educational Institutions. *Research in Computing Science*. 96. P. 43–53.
3. Soares L., Patricia S. & Lindsay W. (2016) *Evolving Higher Education Business Models: Leading with Data to Deliver Results*. Washington, DC: American Council on Education.
4. Guster D. & Brown C.G. (2012) The application of business intelligence to higher education: technical and managerial perspectives. *Journal of Information Technology Management*. XXIII (2). P. 42–62.
5. Mussa M.S., Souza S.C., Freire E.F.S., Cordeiro R.G. & Hora H.R.M. (2018) Business intelligence in education: an application of Pentaho software. *Revista Produção e Desenvolvimento*. 4 (3). P. 29–41.
6. Almeida de M.V., Ferreira J.J.M. & Ferreira F.A.F. (2019) Developing a multi-criteria decision support system for evaluating knowledge transfer by higher education institutions. *Knowledge Management Research & Practice*. 17 (4). P. 358–372.
7. Hesham F. & Riadh H. (2020) How can one improve the logistics process of academic orientation? Neural network programming to support the decision-making system in a university career. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 7(1). P. 6–19.
8. Sanzana M.B., Garrido S.S. & Poblete C.M. (2015) Profiles of Chilean students according to academic performance in mathematics: An exploratory study using classification trees and random forests. *Studies in Educational Evaluation*. 44. P. 50–59.
9. Carneiro J., Saraiva P. & Martinho D. (2018) Representing decision-makers using styles of behavior: An approach designed for group decision support systems. *Cognitive Systems Research*. 47. P. 109–132.
10. Burstein F. and Holsapple C. (eds.) (2008) *Handbook on Decision Support Systems I. Basic Themes*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
11. Krisilov V.A. & Komleva N.O. (2019) Analysis and Evaluation of Competence of Information Sources in Problems of Intellectual Data Processing. *Problemele Energeticii Regionale*. 1-1 (40). P. 91–104.
12. Bass L., Clements P. & Kazman R. (2012) *Software Architecture in Practice*. Addison-Wesley Professional.
13. Richards M. (2015) *Software Architecture Patterns*. O'Reilly Media, Inc.
14. Liubchenko V. (2019) Queueing Modelling in the Course in Software Architecture Design. *Advances in Intelligent Systems and Computing III*. 871. P. 550–560.
15. Kungurtsev A.B. & Zinovatnaya S.L. (2008) Simulation model for research of denormalization efficiency of relational database in the information system. *Scientific journal "Radio Electronics, Computer Science, Control"*. 1(19). P. 60–69. (in Russian).

**Про авторів:**

*Комлева Наталія Олегівна,*

кандидат технічних наук, доцент.

Кількість публікацій в українських виданнях – 46.

Кількість наукових публікацій в зарубіжних виданнях – 4.

<http://orcid.org/0000-0001-9627-8530>,

*Любченко Віра Вікторівна,*

доктор технічних наук, професор.

Кількість публікацій в українських виданнях – 58.

Кількість наукових публікацій в зарубіжних виданнях – 5.

<http://orcid.org/0000-0002-4611-7832>,

*Зіноватна Світлана Леонідівна,*

кандидат технічних наук, доцент.

Кількість публікацій в українських виданнях – 25.

Кількість наукових публікацій в зарубіжних виданнях – 1.

<http://orcid.org/0000-0002-9190-6486>.

**Місце роботи авторів:**

Одеський національний політехнічний університет,

проспект Шевченка, 1, м. Одеса, 65044.

Тел.: (38)(048) 705-85-66.

E-mail: [kaf.spz@onu.ua](mailto:kaf.spz@onu.ua)