

№ 1(31)
2025



НАУКОВИЙ ВІСНИК

Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу

СЕРІЯ

Економіка та управління
в нафтовій і газовій промисловості

ISSN 2409-0948 print
ISSN 2415-3311 online

<https://eung.nung.edu.ua>

УПРАВЛІННЯ В НАФТОГАЗОВОМУ КОМПЛЕКСІ

Прийнято 04.05.2025. Прорецензовано 06.06.2025. Опубліковано 30.06.2025.

УДК 004.8:621.3.378.4

JEL Q47, O33, I23

DOI: 10.31471/2409-0948-2025-1(31)-11-25

ІНТЕГРАЦІЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ В ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕКТОР НА ОСНОВІ УНІВЕРСИТЕТСЬКИХ БАЗ ЗНАНЬ

Чудик Ігор Іванович*

доктор технічних наук, професор, ректор

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

E-mail: ihor.chudyk@nung.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7402-6962>

Даріуш Сала

доктор інженерії, заступник декана факультету менеджменту

Гірничо-металургійна академія в Кракові

30-059 Краків, ал. Міцкевича, 30

e-mail: dsala@zarz.agh.edu.pl

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1246-2045>

Полянська Алла Степанівна

доктор економічних наук, професор кафедри менеджменту та адміністрування

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

E-mail: alla.polianska@nung.edu.ua

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5169-1866>

Запропоноване посилання: Чудик, І., Сала, Д., Полянська, А., & Кісь, С. (2025). Інтеграція експертних систем в енергетичний сектор на основі університетських баз знань. Науковий вісник ІФНТУНГ. Серія: економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості, 1(31), 11-25. doi: 10.31471/1993-9965-2025-1(31)-11-25

* Відповідальний автор



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Кісь Святослав Ярославович

доктор економічних наук, професор, директор Інституту післядипломної освіти

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

E-mail: sviatoslav.kis@nung.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9426-0951>

Анотація. У статті представлено концептуальну модель експертної системи, яка інтегрує знаннєвий потенціал університетських електронних ресурсів з практичними потребами енергетичного сектору. Досліджено потенціал університетських бібліотек як джерел формалізованих знань для створення інтелектуальних експертних систем. Відповідно до мети і завдань у статті проведено аналіз сучасних підходів до побудови баз знань, орієнтованих на застосування в енергетиці; сформовано модель архітектури експертної системи з бібліотечними ресурсами як джерела оновлюваних даних та формування знань. Узагальнено компоненти даної системи, яка складається з університетської інфраструктури, яка є базовим джерелом актуалізованих знань для створення експертних систем; механізму побудови бази знань, що формалізує доступні знання та самої експертної системи на основі розгляду способів інтеграції знань у експертній системі. Розглянуто сценарії застосування експертних систем у підгалузях енергетики. У статті оцінено переваги і обмеження інтеграції з погляду технологічної, організаційної та академічної взаємодії. Запропоновано рекомендації щодо реалізації експертної системи на базі університету в партнерстві з стейкхолдерами. Підсумовано, що така інтеграція підвищує точність аналітичних рішень, створює динамічну базу знань і використовує існуючу інфраструктуру вищої освіти для швидкого розгортання адаптивних рішень. Узагальнено, що соціальне партнерство між академією та енергетичними підприємствами є критичним чинником успіху моделі. Перспективними напрямками є вдосконалення семантичного пошуку з NLP, інтеграція з платформами енергомоніторингу в реальному часі, розробка самонавчальних модулів та оцінка економічної ефективності впровадження. Запропонована модель може слугувати інструментом реалізації стратегії розвитку ІФНТУНГ, а також основою трансформації вітчизняної енергетики відповідно до принципів сталого розвитку й цифрової економіки Європейського зеленого курсу.

Ключові слова: експертні системи, бібліотека, університетська база знань, інтеграція, енергетичний сектор

Вступ. В умовах трансформації глобального енергетичного сектору, зумовленої зростаючим попитом на ресурси, викликами кліматичної стабільності та потребами в енергоефективності, зростає потреба у впровадженні інтелектуальних систем управління, здатних забезпечити швидке, обґрунтоване та адаптивне прийняття рішень. Одним із перспективних інструментів такого підходу є експертні системи, що базуються на формалізованих знаннях провідних фахівців, а також на структурованих базах знань академічного походження. Для діяльності університету використання експертних систем створює нові перспективи та напрями розвитку у реалізації стратегії Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу до 2028 року [1], зокрема щодо досягнення стратегічної цілі 2 «Зростання обсягів і напрямів наукових досліджень, партнерства та екосистеми».

Особливу роль у цьому контексті відіграють університетські бібліотеки та дослідницькі центри, які акумулюють цінну наукову інформацію, професійні напрацювання, результати експериментів і аналітичні звіти. Інтеграція таких баз знань у ядро експертної системи відкриває можливості для створення адаптивних рішень у сфері енергетики – від управління виробництвом і розподілом енергії до прогнозування попиту, оцінки інвестиційних ризиків і забезпечення сталого розвитку енергетичних бізнес-екосистем.

У статті обґрунтовано доцільність залучення університетських ресурсів до створення експертних систем для енергетичного сектору, запропоновано архітектуру інтеграції баз знань бібліотек у моделі підтримки прийняття рішень, а також визначено переваги такого підходу для цифрової трансформації енергетики на національному та регіональному рівнях.

Аналіз публікацій з досліджуваної проблематики. У контексті сучасних енергетичних викликів система управління нафтогазовими підприємствами потребує ефективного інформаційного забезпечення, що досліджується у статті [2]. Розвиток цифрових технологій в енергетиці та штучного інтелекту дозволяє ефективно вирішувати це завдання. В рамках штучного інтелекту експертні системи розглядаються як комп'ютерні системи, що імітують здатність людини приймати рішення, опираючись на знання, представлені у вигляді правил типу "якщо–то", а не традиційного процедурного програмування [3, 4, 5]. В умовах швидких цифрових змін питання застосування експертних систем широко висвітлюється у вітчизняній та зарубіжній літературі. У статті [6] розглядаються досягнення в промисловому застосуванні експертних систем, обговорюються їх фундаментальні концепції, переваги, обмеження та конкретні застосування в таких сферах, як оцінка ризиків, аналіз рішень і діагностика несправностей, а також висвітлюються проблеми та майбутні перспективи розвитку експертних систем у автоматизації та інтелектуальному виробництві. Автори статті [7] описують актуальність інтеграції експертних систем у створення нових продуктів (NPD). Програми класифікуються за п'ятьма областями: системи експертної підтримки прийняття рішень для оцінки проекту NPD, системи на основі знань (KBS) для проектування продуктів і процесів, KBS для QFD, підтримка AI для концептуального проектування та підтримка AI для групового прийняття рішень у паралельному проектуванні.

Як зазначає автор статті [8], експертні системи відіграють ключову роль в автоматизації інтелектуальної діяльності, зокрема у сферах, де потрібна висока точність прийняття рішень на основі складних знань. У статті [9] розглядаються та класифікуються методи багатокритеріального прийняття рішень (MCDM) як основи для розробки зрозумілих та інтерпретованих інструментів на основі ШІ для підтримки прозорого прийняття фінансових рішень. У статті [10] проведено огляд експертних систем, обговорюючи їхній розвиток, застосування та майбутні тенденції, досліджує основні елементи для розуміння основ експертних систем. Окремі автори також розглядають розвиток експертних систем шляхом огляду літератури з 1995 по 2004 рік. У статті [11] класифіковано статті за допомогою індексу ключових слів, надаючи уявлення про методології та застосування протягом десятиліття. У статті [12] подано систематичний огляд програмних засобів, що використовуються в розробці експертних систем у різних секторах. Її автори надають цінну інформацію про методології та застосування експертних систем протягом зазначеного періоду.

Останні наукові розвідки акцентують увагу на розвитку інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (IDSS), які поєднують експертні системи, штучний інтелект і аналітику даних у освітній сфері [13]. Дослідження засвідчують ефективність впровадження експертних систем у сфері енергетики, зокрема в умовах великого обсягу технічної інформації, складного нормативного середовища та високої вірогідності людських помилок. Штучний інтелект виступає ключовим чинником модернізації галузі, оскільки сприяє впровадженню новітніх технологічних рішень, які трансформують структуру енергосистем – через децентралізацію генерації, розподілу енергії та поступову електрифікацію виробничих процесів) [14]. У статті [15] досліджено методи оптимізації, що базуються на аналізі поточної ситуації підприємства та акумулюванні отриманих знань для подальшої їх інтеграції в систему підтримки прийняття рішень, що дозволяє підвищити ефективність управління та реалізовувати зміни на основі обґрунтованих даних.

Інтеграція експертних систем у сферу енергетики є предметом активного наукового обговорення впродовж останніх десятиліть. У статті [16] підкреслюють актуальність дослідження перспектив та викликів, пов'язаних з впровадженням інтелектуальних систем в енергетиці, для створення екологічно чистої, ефективної та стійкої енергетичної системи майбутнього. Одним із перспективних напрямів досліджень є розробка сталих та ресурсоефективних продуктів, що потребує врахування множинних цілей на всьому життєвому циклі виробу. Для підтримки інженерів у складних ситуаціях прийняття рішень розроблено систему підтримки інженерного проектування (EDSS), яка інтегрує PLM-рішення Siemens Teamcenter та інструменти оцінки життєвого циклу [17]. Дослідження підтверджують доцільність використання таких систем саме в енергетичному секторі, де поєднуються великі обсяги технічних даних, складні регуляторні вимоги та високий ризик людських помилок. Автори статті [18] демонструють ефективність застосування експертних систем у сфері відновлюваної енергетики, зокрема сонячної та вітрової генерації, для зниження навантаження та покращення використання ресурсів. Важливість таких підходів також висвітлено в роботі [19], де розглянуто управління надійністю протягом життєвого циклу електронних засобів, особливо в умовах критичної інфраструктури, як-от атомні електростанції. Це відповідає концепції експертних систем, орієнтованих на діагностику, прогнозування і технічне обслуговування. Університетські бази знань можуть містити формалізовані правила, методи діагностики й історичні кейси, що ідеально інтегруються в модулі знань енергетичних експертних систем. Це підкреслює необхідність застосування сучасних технологій – зокрема автоматизованих діагностичних систем та моніторингу в реальному часі – які є ключовими складовими як систем управління надійністю, так і цифрових експертних систем. Експертні системи пропонують можливість відповіді на виклики, агрегуючи експертні знання, опрацьовуючи дані у сфері енергетики і таким чином визначаючи потенціал енергетичної ефективності відповідно до пропонованих енергетичних заходів [20].

Особливу увагу привертає роль академічних установ у створенні експертних систем. Дослідження, проведене у статті [21] пропонує інноваційну концептуальну структуру бібліотечних послуг на основі штучного інтелекту, спрямовану на надання нових уявлень про те, як технології ШІ можуть підтримувати цифрову трансформацію університетської освіти, наголошує на потенціалі університетських бібліотек і репозитаріїв як джерела знань для навчання моделей штучного інтелекту та формування баз знань. У науковій праці досліджено актуальні проекти цифрової трансформації бібліотек у період глобалізаційних та зроблено висновок, що сучасні бібліотеки мають перспективи перетворення на нові сучасні інформаційні хаби, центри активізації життя в громаді, актуальні осередки для навчання і спілкування [22].

Дослідження процесів трансформації основних функцій сучасної бібліотеки у задоволенні постійно зростаючих інформаційних потреб користувачів та посилення ролі бібліотек в умовах цифровізації суспільства [23] значно розширює потенціал інтегрування бібліотечних знань у університетські експертні системи.

Таким чином, огляд літератури демонструє зростаючий інтерес до застосування експертних систем у сфері енергетики та одночасно виявляє потребу в активнішій інтеграції академічних знань у процеси прийняття рішень. Це й визначає наукову та практичну актуальність подальших досліджень у цьому напрямі – з метою формування екологічно чистої, ефективної та стійкої енергетичної системи майбутнього.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження полягає в розробці концептуальної моделі інтеграції університетських баз знань в експертні системи для підвищення ефективності управління та прийняття рішень у сфері енергетики, з урахуванням принципів сталого розвитку та цифрової трансформації галузі. Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання дослідження:

1. Дослідження потенціалу університетських бібліотек як джерел формалізованих знань для створення інтелектуальних експертних систем.
2. Аналізування сучасних підходів до побудови баз знань, орієнтованих на застосування в енергетичному секторі.
3. Формування моделі архітектури експертної системи, що включає бібліотечні ресурси як джерело оновлюваних знань.
4. Розроблення сценаріїв застосування експертних систем у підгалузях енергетики (електроенергетика, ВДЕ, теплогенерація тощо);.
5. Оцінювання переваг й обмежень такої інтеграції з точки зору технологічної, організаційної та академічної взаємодії.
6. Розроблення рекомендацій щодо реалізації експертної системи на базі університету в партнерстві з енергетичними підприємствами та державними структурами.

Методологія дослідження. Методологічна основа дослідження побудована на поєднанні підходів системного аналізу, інженерії знань та соціально-економічного моделювання. Метою є створення концептуальної моделі експертної системи, яка враховує можливості інтеграції знанневих ресурсів університетських бібліотек у процеси підтримки прийняття рішень в енергетичному секторі.

1. Метод системного аналізу застосовано для виявлення взаємозв'язків між ключовими компонентами системи: джерелами знань (університетські бібліотеки, репозитарії, наукові публікації), інструментами їх формалізації (онтологічні моделі, бази знань), та практичними потребами енергетичних підприємств (моніторинг, прогнозування, оптимізація).

2. Інженерію знань (Knowledge Engineering) використано для побудови бази знань експертної системи на основі розгляду таких методів як експертне інтерв'ювання фахівців енергетичного сектору; контент-аналіз академічних джерел (статей, дисертацій, стандартів), формалізації знань у вигляді правил типу IF–THEN, продукційних моделей та фреймів, використання онтологій для уніфікації термінології в системі.

3. Метод соціального партнерства та трансферу знань використано для побудови механізму взаємодії між університетами, науковими бібліотеками та енергетичними компаніями.

4. Моделювання архітектури експертної системи використано для побудови моделі архітектури експертної системи на основі виділення онтологічної схеми бази знань, модулів збору та обробки даних (Data Layer), модуля інтерпретації рішень (Inference Engine), користувацького інтерфейсу для операторів енергетичних об'єктів.

Основний матеріал. Визначення експертної системи полягає в тому, що це комп'ютерна програма, яка використовує накопичені раніше знання та специфічні процедури міркувань для підтримки прийняття рішень та розв'язання задач високої складності, для вирішення яких потрібні спеціалізовані знання експерта [7]. Збереження, обробка та передача знань є однією з ключових функцій експертних систем. Це допомагає вирішити проблему передачі досвіду та знань від експертів до нових співробітників або між відділами у компанії. Дані системи вміють зберігати знання та досвід експертів в конкретній галузі чи предметній області [24]. Це може включати правила, процедури, критерії прийняття рішень, типові сценарії та інші аспекти знань. Причому дану інформацію вони накопичують у зазначених проміжках функціонування підприємства. Завдяки експертним системам знання перетворюються у відповідні дані, наслідки опрацювання яких у вигляді чітких вказівок стає доступною співробітникам у вигляді систематизованого та легко зрозумілого алгоритму дій [25]. Це сприяє накопиченню цінного досвіду, який можна удосконалювати по мірі отримання нових даних під час функціонування усього виробничого ланцюга [26]. Саме тому, експертні системи можуть бути використані для навчання нових працівників шляхом передачі базових знань та навичок з використанням системи аналізу вхідної інформації.

Накопичення інформації на електронних чи паперових носіях дає можливість проводити документування процесів виробництва, причому від техніко-технологічного забезпечення до соціокультурного, екологічного, економічного та управлінського функціонування підприємства. При правильному документуванні процесів та рішень, що приймаються на основі знань експертів, накопичена інформація стійкою до втрати, змін або не вірного трактування. Це дає змогу забезпечувати стійку передачу досвіду між поколіннями співробітників, забезпечуючи наукові та технологічні традиції виробництва [27].

Експертні системи дозволяють зберегти та передати знання експертів у певній області, що може бути використане для навчання нових співробітників або управлінських кадрів [28]. Важливим елементом експертних систем є те, що вони дозволяють зберігати досвід не лише для поточних потреб, але й для майбутніх поколінь співробітників. Це сприяє підвищенню ефективності компанії та забезпечує стабільність та контингентність знань у колективі, дозволяючи використовувати ці знання для прийняття рішень та вирішення проблем у майбутньому [29].

Концептуальна модель, запропонована в цьому дослідженні, є результатом міждисциплінарного підходу до інтеграції знань університетського середовища з прикладними потребами енергетичного сектору. Вона базується на трьох ключових компонентах: джерела знань, механізми трансформації знань у експертні правила та інструменти прийняття рішень в енергетичному середовищі. Розглянемо кожен компонент окремо.

1. Базовим джерелом актуалізованих знань для створення експертних систем є університетська інфраструктура, яка охоплює такі складові:

- електронні бібліотеки (наукові статті, стандарти, методики);
- репозитарії відкритого доступу (дисертації, технічні документи, технічні звіти, кейс-стаді, препринти, курсові/магістерські роботи, дані досліджень тощо);
- Open Access ресурси (наукові журнали, репозитарії, електронні книги, освітні платформи з відкритими курсами, наукові дані;
- наукові школи та кафедри (експертні інтерв'ю, консультативні групи);
- освітні платформи з відкритим кодом (наприклад, Moodle, OpenEdX).

Таким чином, формування та підтримання потенціалу університетської інфраструктури, яка охоплює цифрові бібліотеки, інституційні репозитарії та платформи відкритого доступу (Open Access). Open Access виступає ефективним механізмом трансферу знань, забезпечуючи швидкий та безперешкодний доступ до актуальних наукових досліджень і створюючи умови для їх застосування у прикладних IT-рішеннях. Такий підхід сприяє подоланню розриву між академічною теорією та галузевою практикою, зменшуючи бар'єри для використання знань у сфері прогнозування, аналізу ризиків та оптимізації процесів. У концептуальній моделі взаємодії Open Access ресурси виступають посередницькою ланкою між академічними знаннями (моделі, дані, висновки досліджень) та прикладними потребами енергетичного сектору. Практична реалізація цього механізму можлива через інтеграцію університетської цифрової бібліотеки з експертною системою шляхом побудови онтології на основі категорій знань із публікацій, автоматизованого моніторингу нових досліджень, а також створення модулів семантичного пошуку знань за галузевими ключовими словами.

Практична реалізація аналізу практик відкритого доступу до знань (Open Access), академічного трансферу технологій та використання університетських ресурсів у побудові цифрових рішень можлива через низку прикладних механізмів, які демонструють потенціал інтеграції академічного середовища з прикладними потребами енергетичного сектору. Перш за все, використання Open Access ресурсів, таких як DOAJ, arXiv чи PubMed Central, відкриває доступ до актуальних наукових публікацій без необхідності ліцензійних обмежень. Ці дані можуть стати основою для побудови цифрових рішень –

зокрема, аналітичних панелей, моделей прогнозування або нейронних мереж. Наприклад, платформа для аналізу енергоспоживання може використовувати відкрито опубліковані наукові моделі з енергетики.

Другим ключовим механізмом є академічний трансфер технологій, що реалізується через офіси трансферу технологій (ОТТ), які займаються комерціалізацією наукових розробок. Це дозволяє бізнесу або стартапам отримувати ліцензії на використання алгоритмів або програмного забезпечення, створеного в університетах. Наприклад, ліцензування алгоритму оптимізації енергоспоживання, розробленого в межах наукової лабораторії, дає змогу компаніям впроваджувати ці рішення у власну діяльність.

Третім напрямом є залучення університетських ресурсів – таких як хмарні платформи, дата-центри, лабораторії штучного інтелекту або інфраструктура Інтернету речей (IoT). Ці ресурси можуть бути використані для розробки, тестування та запуску MVP (мінімально життєздатних продуктів) цифрових сервісів. Наприклад, університетська IoT-мережа може застосовуватись для моніторингу енергоспоживання та температури в кампусах, а згодом масштабуватись на рівень муніципальної інфраструктури.

Нарешті, важливу роль відіграють спільні дослідницькі проекти у форматі відкритих інновацій (open innovation), які передбачають створення R&D-груп або лабораторій за участі університетів та бізнесу. У межах таких проектів можуть бути створені пілотні цифрові продукти на основі даних, отриманих у результаті академічних досліджень та практичного досвіду. Наприклад, платформа для прогнозування навантаження в енергомережах може поєднувати наукові моделі з реальними показниками енергокомпаній, що забезпечує високу точність і практичну значущість таких рішень

2. Механізм побудови бази знань формалізує доступні знання на основі:

- систематизації інформації через онтології галузі енергетики;
- використання мови опису знань (наприклад, OWL, RDF);
- побудови правил типу IF–THEN та продукційних моделей;
- формування механізму навчання шляхом системного оновлення бази знань на основі нових академічних та практичних даних (living knowledge base).

Реалізація даного етапу передбачає формування вибірки з визначеної кількості наукових джерел університетських бібліотек і результатів проведення встановленої кількості експертних інтерв'ю, результатом чого має стати створення бази знань, що включатиме визначену кількість формалізованих правил (типу IF–THEN), поділених на такі категорії, які відповідають цілям і завданням енергетичного розвитку та енергетичної трансформації (табл. 1).

Таблиця 1 – Сценарії застосування експертних систем у підгалузях енергетики

Підгалузь	Сценарій застосування	Механізм роботи експертної системи	Очікуваний результат
Електро-енергетика	Оптимізація навантаження, запобігання аваріям	Аналіз даних SCADA, виявлення перевантажень, пропозиції балансування	Зменшення втрат, підвищення стабільності мережі
Відновлювана енергетика (ВДЕ)	Прогнозування генерації на основі погодних умов	Інтеграція метеоданих, трендів виробництва, оцінка генерації	Точне планування, ефективне включення у мережу
Теплоенергетика / теплогенерація	Вибір паливного режиму, оптимізація генерації	Аналіз типу палива, зовнішньої температури, прогноз попиту	Енергоефективність, економія ресурсів
Енергоменеджмент в громадах	Планування модернізації інфраструктури	Оцінка витрат, моделювання сценаріїв переходу на ефективні технології	Раціональне інвестування, енергозаощадження

Джерело: сформовано авторами

3. Центральна частина моделі – це експертна система, яка включає:

- механізм логічного виведення (Inference engine) аналізує вхідні запити та порівнює їх з базою знань для формування висновків;

- база знань (Knowledge base) формується за рахунок формалізованої сукупності академічних і практичних знань;

- інтерфейс користувача (User interface) як зручний спосіб взаємодії користувача з комп'ютерною системою, додатком або пристроєм адаптований під енергетичних операторів, інженерів, аналітиків;

- отримання даних з SCADA-систем, моніторингових платформ, сенсорних мереж (Data input layer) тощо.

Інструменти прийняття рішень в енергетичному середовищі охоплюють інтеграційні канали, які передбачають двосторонню взаємодію між університетом і енергетичною компанією через спільні дослідницькі платформи, пілотні проєкти, стажування; між бібліотекою і експертною системою API-доступ до електронних баз, семантичний пошук, а також зворотний зв'язок через який енергетичні підприємства можуть зворотно передавати практичні кейси, які збагачують базу знань. Впровадження моделі спрямоване на підвищення точності рішень у технічному й стратегічному управлінні енергетичними системами, створення умов для адаптивного навчання системи на основі нових наукових відкриттів та посилення ролі університетів як активних гравців у розвитку бізнес-екосистем енергетики. На основі викладеного вище на рис. 1 представлено схему інтеграції знань у енергетичний сектор.



Рисунок 1 – Інтеграція знань у енергетиці
Джерело: сформовано авторами

У створенні інтегрованої експертної системи важлива роль належить моделі соціального партнерства та трансферу знань, яка враховує взаємодію між університетами, науковими бібліотеками та енергетичними компаніями, є важливою для розвитку

інноваційних рішень у сфері енергетики. Ця модель спрямована на інтеграцію академічних та практичних знань для покращення ефективності управління енергетичними процесами. Структурний опис цієї моделі представлено на рис. 2.

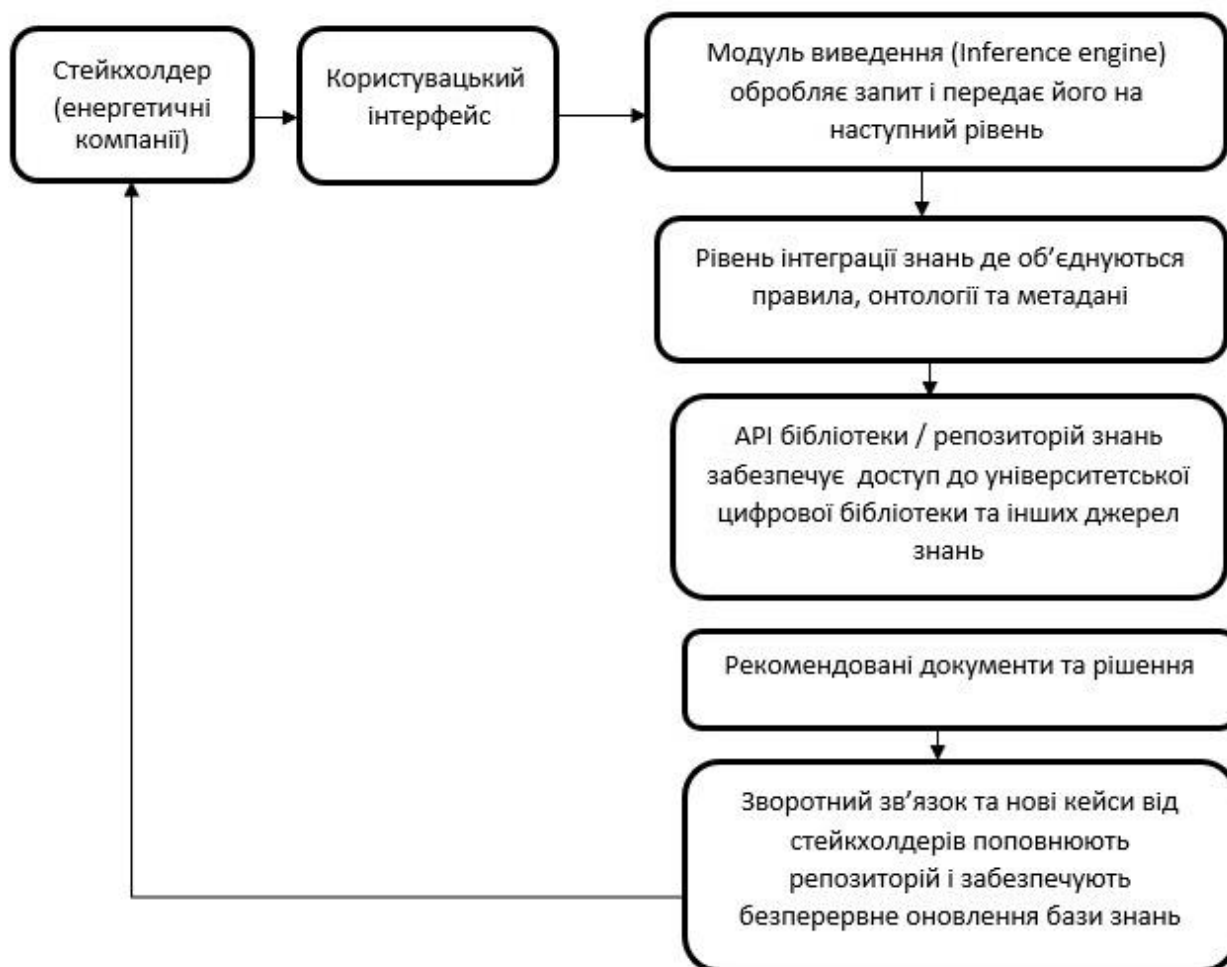


Рисунок 2 – Модель соціального партнерства та трансферу знань, яка враховує взаємодію між університетами, науковими бібліотеками та енергетичними компаніями

Примітки: пояснення компонентів рис. 2:

Стейкхолдер – користувач або зацікавлена сторона (енергетична компанія, дослідник, урядова установа), яка ініціює запит або кейс.

Інтерфейс користувача – точка взаємодії, через яку користувач формулює запит.

Модуль введення – рушій виведення, що аналізує запит, шукає логічні відповідності, правила та сценарії.

Рівень інтеграції знань – шар інтеграції знань, який об'єднує розрізану інформацію з репозиторіїв, баз даних та експертних моделей.

Репозиторій знань – цифрова бібліотека або інституційний репозиторій університету, який надає доступ до актуалізованих знань: дисертацій, кейсів, наукових статей, технічних документів.

Рекомендовані документи та рішення – результат обробки запиту: конкретні публікації, моделі, аналітичні висновки або рекомендації.

Зворотний зв'язок та нові кейси від стейкхолдерів – дані, які надходять після використання рішення: уточнення, результати впровадження, нові запити. Ці дані можуть збагачувати базу знань.

Схема на рис. 2 ілюструє концептуальну архітектуру взаємодії між стейкхолдерами (користувачами), експертною системою та університетською бібліотекою як джерелом знань. Вона демонструє, як цифрова інфраструктура університету, зокрема бібліотека і репозитарії, може бути інтегрована у систему підтримки прийняття рішень (СППР) на основі знань. Ця схема є ключовим елементом концептуальної моделі інтеграції

університетських знань у прикладні експертні системи, зокрема в таких галузях, як енергетика, де критично важлива актуальність, доказовість та релевантність рішень. Університети, наукові бібліотеки та енергетичні компанії виступають ключовими партнерами в інтеграції академічних знань у практику енергетичного сектору: університети генерують наукові дослідження та інновації, бібліотеки надають відкритий доступ до публікацій і формують бази знань, а компанії впроваджують розробки та проводять експерименти в реальних умовах. Механізми їхньої взаємодії включають академічний трансфер технологій через офіси ОТТ, платформи Open Access для оперативного обміну надбаннями, а також використання університетських ІТ-ресурсів і репозитаріїв для створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (IDSS). Ці системи аналізують великі дані та автоматизують управлінські процеси, а онлайн-платформи сприяють підвищенню кваліфікації кадрів. Інтеграція наукових результатів у виробничі процеси дозволяє точніше прогнозувати потреби в енергії та оптимізувати потоки ресурсів. Надалі модель розвитку передбачає міждисциплінарні проекти, впровадження нових енергозберігаючих технологій і розширення міжнародного співробітництва для обміну досвідом і прискорення інновацій.

Таким чином, формування та експлуатація експертної системи на основі інтеграції бібліотечних знань та потреб енергетичного сектору є перспективним та актуальним напрямом розвитку університету у еру цифрової трансформації. Беручи до уваги потенційні та потреби та можливості університетсько-галузевого партнерства, у табл. 2 представлено переваги та обмеження реалізації даного завдання.

Таблиця 2 – Переваги та обмеження інтеграції бібліотечних знань в експертну систему університетсько-галузевого партнерства

Аспект	Переваги	Обмеження
Технологічний	Доступ до актуальних наукових джерел і стандартів Можливість автоматизації оновлення знань	Необхідність уніфікації форматів даних Потреба в модернізації ІТ-інфраструктури бібліотек
Організаційний	Формування спільних проєктів з підприємствами Підвищення ролі університету як експерта	Відсутність нормативної бази для постійної взаємодії Можливий брак фінансування
Академічний	Посилення міждисциплінарності досліджень Залучення студентів і аспірантів до реальних кейсів	Необхідність перекваліфікації персоналу Обмежена мотивація до впровадження інновацій

Джерело: сформовано авторами

Виходячи із викладеного вище, пропонуємо рекомендації щодо реалізації експертної системи на базі університету, які охоплюють чотири блоки:

- технічні заходи, які передбачають розроблення платформи інтеграції бібліотечних баз з експертною системою через API або модулі знань, використовуючи онтології для структурування знань, стандарти обміну даними (наприклад, RDF, XML);
- організаційні рішення, які передбачають укладення тристоронніх меморандумів між університетом, підприємствами та державними органами, а також створення координаційної групи для управління впровадженням експертної системи;
- академічна підтримка, яка передбачає включення тематики експертних систем у навчальні програми (стажування, проєктна діяльність) та залучення магістрантів і аспірантів до збору та формалізації знань через інтерв'ю, кейси;

– фінансові та політичні інструменти, що передбачають ініціювання грантових заявок на рівні ЄС (Horizon Europe, Erasmus+) для розбудови інфраструктури та просування проєкту як частини регіональної або національної стратегії цифрової трансформації енергетики.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У статті запропоновано концептуальну модель експертної системи, яка поєднує знаннєвий потенціал університетських електронних ресурсів із практичними потребами енергетичного сектору. Результати дослідження засвідчили, що така інтеграція сприяє формуванню адаптивної системи підтримки рішень, здатної ефективно реагувати на сучасні виклики у сфері енергетики, включаючи сталий розвиток, цифровізацію, прогнозування та енергоефективність.

На основі проведених досліджень зроблено висновки про те що :

- експертні системи, збагачені академічними знаннями, підвищують точність аналітичних рішень в енергетичному менеджменті;
- університетські бібліотеки та наукові репозиторії можуть виступати ключовими вузлами формування динамічної бази знань;
- наявна інфраструктура вищої освіти (API-доступ, відкриті дані, аналітичні центри) забезпечує технологічну готовність до розгортання таких систем;
- соціальне партнерство між університетами та енергетичними компаніями є критичним чинником ефективного функціонування системи.

Перспективними напрямками подальших досліджень досліджуваного питання є: удосконалення семантичного пошуку та онтологічної структури баз знань, зокрема на основі методів обробки природної мови (NLP) та штучного інтелекту; інтеграція з державними та комерційними платформами енергомоніторингу для забезпечення повноцінної взаємодії у режимі реального часу; розробка модулів самонавчання (machine learning) для підвищення гнучкості системи; оцінка економічної ефективності впровадження експертних систем у порівнянні з традиційними підходами до управління в енергетичних підприємствах; міжнародна кооперація та порівняльні дослідження щодо впровадження подібних рішень у країнах ЄС.

Запропонована модель може стати основою для трансформації вітчизняної енергетики у напрямку сталого розвитку, що відповідає сучасним вимогам цифрової економіки та Європейського зеленого курсу. Ця модель підкреслює важливість інтеграції академічних знань і практичних рішень через партнерство університетів, бібліотек і енергетичних компаній для створення ефективних та інноваційних цифрових рішень. Це сприятиме розвитку сталого енергетичного майбутнього, підвищенню ефективності та зниженню витрат в енергетичній галузі.

Список використаних джерел

1. Стратегія Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу до 2028 року «Таланти для нафтогазової галузі та енергетичного переходу України». URL: https://nung.edu.ua/sites/default/files/2024-01/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%96%D1%8F%202024_2028.pdf
2. Chudyk I., Dmytruk V., Humeniuk V., Polianska A., & Zapuchliak I. (2024). Information Support of Value-Based Management of Oil and Gas Enterprises. *Science and Innovation*, 20(4), 70–80. URL: <https://doi.org/10.15407/scine20.04.070>
3. Russell, S., Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
4. Giarratano, J., Riley, G. (2005). *Expert systems: Principles and programming* (4th ed.). Thomson.
5. Jackson, P. (1998). *Introduction to expert systems* (3rd ed.). Addison Wesley.

6. Yang X., Zhu C. (2024). Industrial Expert Systems Review: A Comprehensive Analysis of Typical Applications. *IEEE Access*. 12. URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3419047>
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=10570495>
7. Rao, S.S., Nahm, A., Shi, Z., Deng X., Syamil Ah. (1999). Artificial intelligence and expert systems applications in new product development – a survey. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 10, 231–244. URL: <https://doi.org/10.1023/A:1008943723141>
8. Turban Efraim, Watson Hugh. (2014). Integrating Expert Systems, Executive Information Systems, and Decision Support Systems. 399-408. URL: https://www.researchgate.net/publication/249913511_Integrating_Expert_Systems_Executive_Information_Systems_and_Decision_Support_Systems
9. Černevičienė J., Kabašinskas A. (2022). Review of Multi-Criteria Decision-Making Methods in Finance Using Explainable Artificial Intelligence. *Front. Artif. Intell.* 5:827584. URL: <https://doi.org/10.3389/frai.2022.827584>
10. Jay Liebowitz. (1995). Expert systems: A short introduction, *Engineering Fracture Mechanics*, 50(5–6), 601–607. URL: [https://doi.org/10.1016/0013-7944\(94\)E0047-K](https://doi.org/10.1016/0013-7944(94)E0047-K).
11. Shu-Hsien Liao. (2005). Expert system methodologies and applications – a decade review from 1995 to 2004. *Expert Systems with Applications*, 28 (1), 93–103. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2004.08.003>
12. Gwendolyn John Oloo. (2023). Trends and insights on tools used for the development of expert systems: a systematic review of research articles (2018–2022). *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 8 (01), 331–347. URL: <https://doi.org/10.33564/IJEAST.2023.v08i01.050>
13. Khosravi, H., Sadiq, S., Amer-Yahia, S. (2023). Data management of AI-powered education technologies: Challenges and opportunities. *Learning Letters*, 1, Article 2. URL: <https://doi.org/10.59453/XLUD7002>
14. Суходоля О. М. (2022). Штучний інтелект в енергетиці: аналіт. доповідь К.: НІСД, 49 с. URL: <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.09>
15. Polyanska A. (2024). Application of decision support systems (DSS): the case of energy company. Proceedings of the 44th International Business Information Management Association Conference (IBIMA): empower business and create economic development in digital future: vision 2030 : 27–28 November 2024, Granada, Spain / ed. Khalid S. Soliman. International Business Information Management Association (IBIMA), 1385–1393. URL: <https://u.pcloud.link/publink/show?code=cLzrtalK#folder=24197..>
16. Макоєдова В. О. (2024). Інтелектуальні системи в енергетиці. *Інвестиції: практика та досвід*, № 22, С. 101–105. URL: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.22.101>
17. Buchert T., Ko N., Graf R., Vollmer Th., Alkhayat M., Brandenburg E., Stark R., Klocke F., Leistner Ph., Henrich Schleifenbaum J. (2019). Increasing resource efficiency with an engineering decision support system for comparison of product design variants. *Journal of Cleaner Production*, Volume 210, 1051–1062. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.104>
18. Azimi R., Ghayekhloo M., & Ghofrani M. (2016). A hybrid method based on a new clustering technique and multilayer perceptron neural networks for hourly solar radiation forecasting. *Energy Conversion and Management*, 118, 331–344.
19. Gnatiuk S., Sakovich L., Kuriata Ya., Semekha S., Dybach O., Honchar S. (2025). Ensuring the Necessary Level of Reliability for Electronic Means in I&C Systems. *Ядерна та радіаційна безпека*, № 1(105). URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2025.1\(105\).02](https://doi.org/10.32918/nrs.2025.1(105).02)
20. Ioshchikhes B., Weigold M. (2024). Development of stationary expert systems for improving energy efficiency in manufacturing, *Procedia CIRP*, 126, 921–926. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.08.351>
21. Okunlaya R.O., Syed Abdullah N., Alias R.A. (2022). Artificial intelligence (AI) library services innovative conceptual framework for the digital transformation of university education. *Library Hi Tech*, 40(6), 1869–1892. URL: <https://doi.org/10.1108/LHT-07-2021-0242>
22. Денбновецький С. О. (2022). Цифрова трансформація українських бібліотек в умовах глобалізаційних перетворень. *Бібліотекознавство. Документознавство. Інформологія*. № 1. С. 26–33. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bdi_2022_1_6

23. Кузьменко О. І., Загуменна В. В. (2021). Трансформація та розширення функцій бібліотек в сучасному цифровому просторі. *Бібліотекознавство. Документознавство. Інформологія*. № 3. С. 38-44. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bdi_2021_3_7
24. Міхалевська Г. І., Міхалевський В. П. (2010). Основні концепції побудови експертних систем. *Collection of Scientific Papers of Applied Math and Computer Technologies Faculty of Khmelnytskyi National University*, 1 (3). URL: <http://ap.khnu.km.ua/articles/files/Computer%20science/Informational%20technologies/2010/09%20Basic%20concepts%20of%20building%20expert%20systems.pdf>
25. Zeinab A. Karake. (1990). Enhancing the learning process with expert systems. *Computers & Education*, 14 (6), 495-503. URL: [https://doi.org/10.1016/0360-1315\(90\)90108-J](https://doi.org/10.1016/0360-1315(90)90108-J).
26. Bieda B, Sala D., Polyanska A., Babets D., Dychkovskiy R. (2023). Knowledge management in organisation on the base of using the hybrid methods of uncertainty analysis. *Scientific Papers of Silesian University of Technology*, 187, 55-74. URL: <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2023.187.3>
27. Ernest E. (1987). Expert systems and document handling. *Information processing and Management*, 23 (2), 77-80.
28. Kappes Edward Patrick. (1990). A Study of the Uses of Expert Systems in the Training Environment. OTS Master's Level Projects & Papers. 415. URL: https://digitalcommons.odu.edu/ots_masters_projects/415
29. Khosravi, H., Buckingham Shum, S., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y.-S., Kay, J., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Sadiq, S., & Gašević, D. (2022). Explainable Artificial Intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100074. URL: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100074>

References

1. Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. (2024). *Strategiia do 2028 roku "Talanty dlia naftohazovoi haluzi ta enerhetychnoho perekhodu Ukrainy"* [Strategy to 2028: Talents for the Oil and Gas Industry and Ukraine's Energy Transition]. https://nung.edu.ua/sites/default/files/2024-01/Стратегія%202024_2028.pdf (in Ukrainian)
2. Chudyk, I., Dmytruk, V., Humeniuk, V., Polianska, A., & Zapuchliak, I. (2024). Information support of value-based management of oil and gas enterprises. *Science and Innovation*, 20(4), 70–80. <https://doi.org/10.15407/scine20.04.070>
3. Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
4. Giarratano, J., & Riley, G. (2005). *Expert systems: Principles and programming* (4th ed.). Thomson.
5. Jackson, P. (1998). *Introduction to expert systems* (3rd ed.). Addison Wesley.
6. Yang, X., & Zhu, C. (2024). Industrial expert systems review: A comprehensive analysis of typical applications. *IEEE Access*, 12. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3419047>
7. Rao, S. S., Nahm, A., Shi, Z., Deng, X., & Syamil, A. (1999). Artificial intelligence and expert systems applications in new product development – A survey. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 10, 231–244. <https://doi.org/10.1023/A:1008943723141>
8. Turban, E., & Watson, H. (2014). Integrating expert systems, executive information systems, and decision support systems. In *Proceedings*. <https://www.researchgate.net/publication/249913511>
9. Černevičienė, J., & Kabašinskas, A. (2022). Review of multi-criteria decision-making methods in finance using explainable artificial intelligence. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5, Article 827584. <https://doi.org/10.3389/frai.2022.827584>
10. Liebowitz, J. (1995). Expert systems: A short introduction. *Engineering Fracture Mechanics*, 50(5–6), 601–607. [https://doi.org/10.1016/0013-7944\(94\)E0047-K](https://doi.org/10.1016/0013-7944(94)E0047-K)
11. Liao, S.-H. (2005). Expert system methodologies and applications – A decade review from 1995 to 2004. *Expert Systems with Applications*, 28(1), 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2004.08.003>
12. Gwendo, J. O. (2023). Trends and insights on tools used for the development of expert systems: A systematic review of research articles (2018–2022). *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 8(01), 331–347. <https://doi.org/10.33564/IJEAST.2023.v08i01.050>

13. Khosravi, H., Sadiq, S., & Amer-Yahia, S. (2023). Data management of AI-powered education technologies: Challenges and opportunities. *Learning Letters*, 1, Article 2. <https://doi.org/10.59453/XLUD7002>
14. Sukhodolia, O. M. (2022). *Shtuchnyi intelekt v enerhetytsi: Analitychna dopovid* [Artificial intelligence in the energy sector: Analytical report]. Kyiv: NISD. <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.09> (in Ukrainian)
15. Polyanska, A. (2024). Application of decision support systems (DSS): The case of energy company. In *Proceedings of the 44th IBIMA Conference: Empower business and create economic development in digital future – Vision 2030* (pp. 1385–1393). IBIMA. <https://u.pcloud.link/publink/show?code=cLzrtalK>
16. Makoiedova, V. O. (2024). Intellectual systems in the energy sector. *Investments: Practice and Experience*, (22), 101–105. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.22.101>
17. Buchert, T., Ko, N., Graf, R., Vollmer, T., Alkhayat, M., Brandenburg, E., Stark, R., Klocke, F., Leistner, P., & Schleifenbaum, J. H. (2019). Increasing resource efficiency with an engineering decision support system for comparison of product design variants. *Journal of Cleaner Production*, 210, 1051–1062. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.104>
18. Azimi, R., Ghayekhloo, M., & Ghofrani, M. (2016). A hybrid method based on a new clustering technique and multilayer perceptron neural networks for hourly solar radiation forecasting. *Energy Conversion and Management*, 118, 331–344.
19. Gnatiuk, S., Sakovich, L., Kuriata, Ya., Semekha, S., Dybach, O., & Honchar, S. (2025). Ensuring the necessary level of reliability for electronic means in I&C systems. *Nuclear and Radiation Safety*, (1)(105). [https://doi.org/10.32918/nrs.2025.1\(105\).02](https://doi.org/10.32918/nrs.2025.1(105).02)
20. Ioshchikhes, B., & Weigold, M. (2024). Development of stationary expert systems for improving energy efficiency in manufacturing. *Procedia CIRP*, 126, 921–926. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.08.351>
21. Okunlaya, R. O., Syed Abdullah, N., & Alias, R. A. (2022). Artificial intelligence (AI) library services innovative conceptual framework for the digital transformation of university education. *Library Hi Tech*, 40(6), 1869–1892. <https://doi.org/10.1108/LHT-07-2021-0242>
22. Denbnovetskyi, S. O. (2022). Digital transformation of Ukrainian libraries in the context of globalization processes. *Library Science. Document Science. Informology*, (1), 26–33. http://nbuv.gov.ua/UJRN/bdi_2022_1_6 (in Ukrainian)
23. Kuzmenko, O. I., & Zahumenna, V. V. (2021). Transformation and expansion of library functions in the modern digital space. *Library Science. Document Science. Informology*, (3), 38–44. http://nbuv.gov.ua/UJRN/bdi_2021_3_7 (in Ukrainian)
24. Mikhalevska, H. I., & Mikhalevskyi, V. Ts. (2010). Basic concepts of building expert systems. *Scientific Papers of the Faculty of Applied Mathematics and Computer Technologies of Khmelnytskyi National University*, 1(3). <http://ap.khnu.km.ua/articles/files/...> (in Ukrainian)
25. Karake, Z. A. (1990). Enhancing the learning process with expert systems. *Computers & Education*, 14(6), 495–503. [https://doi.org/10.1016/0360-1315\(90\)90108-J](https://doi.org/10.1016/0360-1315(90)90108-J)
26. Bieda, B., Sala, D., Polyanska, A., Babets, D., & Dychkovskyi, R. (2023). Knowledge management in organisation on the base of using the hybrid methods of uncertainty analysis. *Scientific Papers of Silesian University of Technology*, 187, 55–74. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2023.187.3>
27. Ernest, E. (1987). Expert systems and document handling. *Information Processing and Management*, 23(2), 77–80.
28. Kappes, E. P. (1990). *A study of the uses of expert systems in the training environment* (Master's thesis). Old Dominion University. https://digitalcommons.odu.edu/ots_masters_projects/415
29. Khosravi, H., Buckingham Shum, S., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y.-S., Kay, J., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Sadiq, S., & Gašević, D. (2022). Explainable Artificial Intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100074. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100074>

INTEGRATION OF EXPERT SYSTEMS INTO THE ENERGY SECTOR ON THE BASIS OF UNIVERSITY KNOWLEDGE BASES

Chudyk Igor

Doctor of technical sciences, professor, rector
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
76019, Ivano-Frankivsk, st. Karpatska, 15
E-mail: ihor.chudyk@nung.edu.ua
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7402-6962>

Dariusz Sala

Doctor of Engineering, Deputy Dean of the Faculty of Management
AGH University of Krakow
30-059 Krakow, av. Mickiewicha, 30
e-mail: dsala@zarz.agh.edu.pl
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1246-2045>

Polyanska Alla

Doctor of Economics, professor,
head of the department of management and administration
76019, Ivano-Frankivsk, st. Karpatska, 15
e-mail: alla.polianska@nung.edu.ua
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5169-1866>

Kis Sviatoslav

Doctor of Economics, Professor, Director of the Institute of Postgraduate Education
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
76019, Ivano-Frankivsk, Karpatska St.15
e-mail: svjatkis@gmail.com
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9426-0951>

Abstract. The article presents a conceptual model of an expert system that integrates the knowledge potential of university electronic resources with the practical needs of the energy sector. The potential of university libraries as sources of formalized knowledge for the creation of intelligent expert systems is studied. In accordance with the goal and objectives of the article, an analysis of modern approaches to building knowledge bases focused on application in energy is conducted; a model of the architecture of an expert system with library resources as a source of updated data and knowledge formation is formed. The components of this system are summarized, which consist of a university infrastructure, which is the basic source of updated knowledge for the creation of expert systems; a mechanism for building a knowledge base that formalizes available knowledge and the expert system itself based on consideration of methods of integrating knowledge in an expert system. The scenarios of application of expert systems in energy sub-sectors are considered. The article assesses the advantages and limitations of integration in terms of technological, organizational and academic interaction. Recommendations are proposed for the implementation of an expert system based on a university in partnership with stakeholders. It is concluded that such integration increases the accuracy of analytical solutions, creates a dynamic knowledge base and uses the existing infrastructure of higher education for the rapid deployment of adaptive solutions. It is generalized that the social partnership between the academy and energy enterprises is a critical factor in the success of the model. Promising directions are the improvement of semantic search with NLP, integration with real-time energy monitoring platforms, development of self-learning modules and assessment of the economic efficiency of implementation. The proposed model can serve as a tool for implementing the development strategy of IFNTUNG, as well as the basis for the transformation of the domestic energy sector in accordance with the principles of sustainable development and the digital economy of the European Green Deal.

Key words: expert systems, library, university knowledge base, integration, energy sector