

УДК 004.912

А. І. Лісовенко, О. В. Бісікало

МЕТОД ПІДТРИМКИ ФУНКЦІЇ «ЗАПИТАННЯ-ВІДПОВІДЬ»

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Анотація. Розроблено метод підтримки функції «запитання-відповідь». Запропонований метод дозволяє автоматизовано проводити лінгвістично-статистичну обробку вхідної неструктурованої текстової інформації та запитання користувача з метою генерації бази знань онтологічного типу. Метод будує відповідь на запитання користувача за рахунок попередньої обробки вхідного природно-мовного контенту та врахування сенсу питання. В основу методу покладено модель бази знань із нечітким відношенням сенсу, який застосовує семантичну модель побудови бази знань для слівформ вхідного тексту і питання. Запропоновано застосування комутативної підгрупи образних конструкцій як моделі формальної теорії Th до речень природними мовами. Розроблений метод має розширені інтерактивні можливості, які охоплюють три типи обмеженого за формальними ознаками та вхідною інформацією псевдодіалогу. Метод забезпечує можливість формувати відповідь на питання на основі інформації з кількох речень тексту, що дозволяє врахувати у відповіді на питання семантичне значення питального займенника та синтаксичну структуру речення. Виконано експериментальні дослідження та отримано оцінку релевантності відповідей на тестові питання розробленої системи у порівнянні з відомими за допомогою методів експертних оцінок.

Ключові слова: метод, система типу «запитання-відповідь», QA, образний аналіз, текст, сила зв'язку, словформа, нечітке відношення, релевантність.

Аннотация. Разработано метод поддержки вопросно-ответной функции. Предложенный метод позволяет автоматизированно проводить лингвистично-синтаксическую обработку входной неструктурированной текстовой информации и вопроса пользователя с целью генерации базы знаний онтологического типа. Метод строит ответ на вопрос пользователя за счет предварительной обработки входного текстового контента на естественном языке и учета смысла вопроса. В основу метода положено модель базы знаний с нечетким отношением смысла, который применяет семантическую модель построения базы знаний для словформ входного текста и вопроса. Предложено применение коммутативной подгруппы образных конструкций как модели формальной теории Th к предложениям на естественном языке. Разработанный метод имеет расширенные интерактивные возможности, которые охватывают три типа, ограниченного за формальными признаками и входной информацией, псевдиалога. Метод обеспечивает возможность формирования ответа на вопрос на основе информации из нескольких предложений текста, что позволяет учитывать в ответе на вопрос семантическое значение вопросительного местоимения и синтаксическую структуру предложения. Выполнено эксперимент и получено оценку релевантности ответов на тестовые вопросы разработанной системой в сравнении с известными с помощью методов экспертных оценок.

Ключевые слова: метод, вопросно-ответная система, QA, образный анализ, сила связи, словформа, нечеткое отношение, релевантность.

Abstract. The method which support question and answer system was developed. The offered method allows is automated to carry out linguistically - syntactic processing of input unstructured text information and the user's question for the purpose of generation of the knowledge base of ontologic type. The method builds the answer to the user's question due to preliminary processing of entrance text content in a natural language and accounting of sense of a question. The basis for a method it is knowledge base model with the indistinct relation of sense which applies semantic model of creation of the knowledge base to word forms of the entrance text and a question. Use of komutativny semi-group of figurative designs as models of the formal theory Th to offers in a natural language is offered. The developed method has expanded interactive opportunities which cover three types, limited behind formal signs and input information, pseudo-dialogue. The method provides a possibility of formation of the answer to a question on the basis of information from several offers of the text that allows to consider semantic value of an interrogative pronoun and syntactic sentence structure in the answer to a question. It is executed an experiment and it is received assessment of the relevance of answers to test questions developed sistemiy in comparison with known by means of methods of expert estimates.

Key words: method, question-answering system, QA, figurative analysis, text, bonding force, word form, fuzzy relation, relevance.

DOI: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2018-43-3-24-29>.

Вступ

В сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційно-комунікаційних технологій все більшого значення набуває взаємозв'язок людини та програмно-технічних засобів, зокрема складних інформаційних систем. Актуальність створення систем типу «запитання-відповідь» (СЗВ або QA-системи), які здатні аналізувати питальне речення і давати відповіді користувачам залежно від власних знань про навколишній світ важко переоцінити. Головною перевагою СЗВ перед популярними пошуковими системами є постановка питання природною мовою, а не шляхом підбору ключових слів, а також отримання користувачем короткої відповіді, а не переліку документів або посилань. Спільні аспекти побудови QA та пошукових систем залишаються в загальному тренді галузі ІТ, зокрема методи накопичення у базі знань (БЗ) нових знань з текстового контенту та підходи з удосконалення механізмів інформаційного пошуку [1].

Актуальність

Характерно, що людина зазвичай «індексує» природно-мовну інформацію не за формальними ознаками, а за результатами її образного переосмислення, що і дозволяє їй відповідати ефективно. У роботах [2, 3, 4] були розглянуті математичні моделі образного аналізу та синтезу текстової інформації, проте

поза контекстом методу підтримки функції «запитання-відповідь». Окрім того, у щоденну практику користувачів інформаційних систем і мереж, зокрема Інтернету, увійшли сталі навички застосування пошукових інструментів, які дозволяють досить швидко знайти потрібну текстову інформацію. Тому нові інтерактивні можливості мають не тільки знаходити більш релевантну інформацію з певної текстової колекції, але й не програвати відомим методам пошуку за часом її отримання.

Мета

Метою роботи є математичне обґрунтування та експериментальне підтвердження релевантності методу підтримки функції «запитання-відповідь», який має здатність перетворити певний вхідний текстовий контент на формальну базу знань, представити відповідь користувача у вигляді, сумісному з базою знань, згенерувати відповідь та надати її у вигляді, що максимально наближений до відповіді людини-експерта. Достовірність отриманих результатів пропонується перевірити за допомогою методів експертної оцінки.

Математичне обґрунтування методу

При розробці методу підтримки функції «запитання-відповідь» будемо вважати, що QA-система працює у межах одного тексту певної предметної області. Для реалізації поставленої мети пропонується використовувати математичний апарат онтологій [5], нечітких відношень [7] та формальних систем [6]. Вхідний текст представимо у вигляді матриці зв'язків між словоформами у тексті, де рядки відповідають головному слову пари, а стовпці – підлеглому слову. Особливість підходу полягає у врахуванні сили зв'язків лише між значимими словоформами, що суттєво зменшує розмірність матриці. Для аналізу неструктурованої текстової інформації та побудови матриці зв'язків між словоформами пропонується застосувати технічний інструментарій відкритого лінгвістичного пакету DKPro Core [8].

Для коректного перетворення вхідної текстової інформації у базу знань запропоновано розробити процедури семантичного аналізу та модулі переведення у внутрішнє подання. Розглянемо можливості побудови семантичної моделі БЗ. Головною задачею даного етапу є розробка модулів QA-системи, що повинні виокремлювати різні терміни, які означають об'єкти, їх властивості та взаємовідношення між ними в контексті введеного тексту.

За основу для формальної моделі семантики було обрано тлумачний словник, який містить лексичне значення слів. Слово є основною інформаційною одиницею, а словник – основою роботи лінгвістичної системи.

Для роботи із даним типом систем зручно використовувати семантичні функції, які відображають існуючі між об'єктами відношення, а також поняття онтології [9, 5].

Для розробки семантичного словника необхідно застосувати кілька етапів: на першому етапі будеться квадратна матриця Q із визначеними статистично вагами, пропорційними кількості зв'язків між словоформами обраного тексту. Далі для реалізації моделі бази знань використовуються нечіткі відношення.

З метою відображення створеної бази знань обраного тексту із кількістю речень L у нечіткє відношення побудовано функцію належності для створеної нечіткої множини значимих словоформ.

$$\mu_Q(\langle i_l, i_j \rangle) = f(k_{lj}, t_L) \quad (1)$$

де значення елемента (l, j) матриці Q залежить від статистики (кількості k_{lj}) появи зв'язку для кортежу $\langle i_l, i_j \rangle$ за час t_L спостереження (аналізу) L вхідних речень.

Для визначення матриці вхідного тексту було застосовано відому сигмоїдальну функцію, а саме:

$$\mu_Q(\langle i_l, i_j \rangle) = f(k_{lj}, \lambda) = \frac{1}{1 + e^{-k_{lj} + \lambda}}, \quad (2)$$

де k_{lj} – всі ненульові елементи матриці, а λ – статистична оцінка математичного сподівання: якщо $k_\Sigma = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n k_{ij}$, а m – кількість ненульових елементів матриці Q , то $\lambda = k_\Sigma / m$.

Аналогічним чином побудовано як матрицю тексту Q , так і матрицю питання R .

Формалізовано основне завдання методу підтримки функції «запитання-відповідь» як визначення релевантної відповіді. Пропонується побудувати матрицю P , яка буде основою для визначення речення-відповіді. З цією метою визначаються функції належності матриці Q та матриці R згідно з рівнянням (2). Для отримання відповіді застосуємо формули композиції нечітких відношень «MAX-MIN» та «MIN-MAX»

$$\mu_P(\langle i_l, i_j \rangle) = \max_{i_k \in I} \left\{ \min \left\{ \mu_Q(\langle i_l, i_k \rangle), \mu_R(\langle i_k, i_j \rangle) \right\} \right\}, \quad (3)$$

$$\mu_P(< i_l, i_j >) = \min_{i_k \in I} \left\{ \max \left\{ \mu_Q(< i_l, i_k >), \mu_R(< i_k, i_j >) \right\} \right\}. \quad (4)$$

На основі залежностей (3) або (4) отримуємо нову матрицю P , яка містить відповідні числові значення з μ_P у тих комірках, які найімовірніше будуть відповіддю на питання користувача.

Для формалізації часткового випадку отримання розгорнутої від питального займенника відповіді на питання було задано формальну теорію Th як прикладну теорію першого порядку. З цією метою за основу було взято відомі результати теорії формальних систем. Зокрема:

1. Введено скінченний алфавіт, до складу якого входять символи, що будуть використані як позначення:

- а) $Al = \{A, B, \dots, Z, x_1, x_2, \dots, x_n, t_1, t_2, t_3\}$ – змінних;
- б) $Con = \{\emptyset, 1, \dots, n\}$ – констант;
- в) $\{\setminus, \oplus\}$ – символів бінарних операцій, визначення яких дамо нижче;
- г) $\{=\}$ – бінарного предикатного символу «дорівнює» у значенні теорії множин;
- д) $\{\neg, \rightarrow, \forall\}$ – логічних зв'язок та кванторів, де \neg – заперечення (ні), \rightarrow – логічне слідування (якщо ..., то ...), \forall – квантор загальності;
- е) дужок «(», «)» та коми «,».

У відповідності до концепції розуміння сенсу елементів ЕК будемо вважати, що символи з в) позначають: \setminus – зв'язок між двома образами в асоціативній парі $\omega \in \Omega$, значення якого буде наведено нижче; \oplus – операція об'єднання образних конструкцій «PLUS OK».

2. Визначено процедури побудови термів (рядків символів) та формул (допустимих виразів) формальної теорії Th .

3. Виділено множину формул, які вважаються схемами аксіом [10] та застосування власних аксіом [11].

4. Визначено скінченну множину правил виведення, які дозволяють отримати з деякої скінченної множини формул іншу множину формул.

Окрім теорем формальної теорії предикатів першого порядку для досягнення мети дослідження в теорії Th було запропоновано та доведено такі власні теореми:

Теорема 1. $\langle Терм \rangle \rightarrow \langle АНФтерм \rangle$ (Будь-який вираз у формі $\langle Терм \rangle$ можна перетворити у асоціативну нормальну форму $\langle АНФтерм \rangle$).

Теорема 2. $\langle АНФтерм \rangle \rightarrow \langle АНФq \rangle \oplus \langle АНФ? \rangle \oplus \langle АНФа \rangle$,
де $\langle АНФ? \rangle$ – позначаємо $\langle АНФ\omega \rangle = x_i \setminus x_j \mid x_i, x_j \in Al$ для зручності користування;
 $\langle АНФа \rangle$ – всі елементарні терми з $\langle АНФтерм \rangle$, в яких символ x_j є першим, потім рекурсивно підставляється наступний символ за принципом пошуку у глибину, але, якщо в рекурсії знаходиться $\langle АНФ? \rangle = x_j \setminus x_i$, то ця гілка пошуку переривається (символ x_i та всі наступні за ним не враховуються); $\langle АНФq \rangle$ – всі інші окрім $\langle АНФ? \rangle \oplus \langle АНФа \rangle$ елементарні терми, що складають $\langle АНФтерм \rangle$.

Вербальне формулювання. Будь-який вираз у формі $\langle АНФтерм \rangle$ можна розкласти через операцію об'єднання конструкцій \oplus на такі складові, як $\langle АНФq \rangle$ – питальна конструкція, $\langle АНФ? \rangle$ – питальний займенник, що відповідає зв'язку у парі словоформ $\langle АНФ\omega \rangle = x_i \setminus x_j$, $\langle АНФа \rangle$ – конструкція відповіді на питання.

Теорема 3. $\langle АНФа^j \rangle \rightarrow \langle АНФа_1^j \rangle \oplus \langle АНФа_2^j \rangle$,

де $\langle АНФа^j \rangle$ – піддерева елементарних термів, які відповідають умовам Теорема 2 та для яких символ x_j є кореневим; $\langle АНФа_1^j \rangle$ та $\langle АНФа_2^j \rangle$ – елементарні терми, які відповідають принципу побудови $\langle АНФа^j \rangle$, але знайдені у двох різних термах $\langle АНФтерм_1 \rangle$ та $\langle АНФтерм_2 \rangle$.

Вербальне формулювання. Будь-яка конструкція відповіді на питання $\langle AN\Phi a^j \rangle$ може бути побудована за допомогою операції об'єднання конструкцій \oplus з елементарних термів $\langle AN\Phi a_1^j \rangle$ та $\langle AN\Phi a_2^j \rangle$, для яких символ X_j є кореневим та які знайдені у двох різних термах (реченнях тексту) $\langle AN\Phi терм_1 \rangle$ та $\langle AN\Phi терм_2 \rangle$.

Експериментальне підтвердження релевантності методу

Для визначення найімовірніших пар значимих словоформ було застосовано критерій «величина сили зв'язків» та відсортовано отримані пари за даним критерієм. Упорядкований за зменшенням сили зв'язків список пар S' вважається основою для формулювання відповіді на питання користувача. Загалом такий алгоритм підтримує метод діалогу «дельфійський оракул», для якого відповідь є окремим реченням з підмножини пар словоформ вхідного тексту, або так званий пошуковий тип діалогу, де відповідь складається з кількох речень вхідного тексту [2].

Оцінку релевантності роботи систем було визначено з залученням експертів. Експертною оцінкою вважають процедуру отримання оцінки певної задачі (проблеми) на основі думки спеціалістів (експертів) з метою подальшого прийняття рішення [12]. Існує дві групи експертних оцінок: індивідуальні оцінки (основані на використанні незалежних одна від одної думок окремих експертів) та колективні оцінки (грунтуються на використанні колективної думки експертів). Розрізняють такі способи вимірювання об'єктів: ранжування; попарне порівняння; безпосередня оцінка [13-15].

Релевантність та достовірність роботи запропонованого методу було експериментально підтверджено. У якості тестового тексту було обрано текст «Packaging for confectionery industry made of polymer materials» [16] та роман Дж. Лондона «White Fang» [17]. Результати роботи розробленого програмного забезпечення було порівняно із такими відомими системами, як YodaQA [18], A.L.I.C.E. [19] та Rose. Обмеженням експерименту було те, що експертам пропонувалось задавати питання системам переважно з таких слів (словоформ), які були присутні у вхідному тексті.

Результати після тестування для запропонованого методу (*New_QA*) маємо такі: отримано 82,35% відповідей на питання від загальної їх кількості; коректних відповідей отримано 70,59%. Дані висновки було зроблено, виходячи з оцінок 20-ти експертів, які за 5-бальною системою оцінювали якість відповіді на аналогічне питання кожної з систем, що порівнювались. Усереднені значення отриманих експертних оцінок наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Усереднені значення оцінок експертів.

Experts	A.L.I.C.E	YodaQA	Rose	New_QA
$\Sigma 20$	0,366	0,843	0,416	3,5705

На рис. 1 наведено кругову діаграму усередненого значення оцінок експертів (а) та комплексну діаграму оцінок експертів для кожної з розглянутих систем (б).

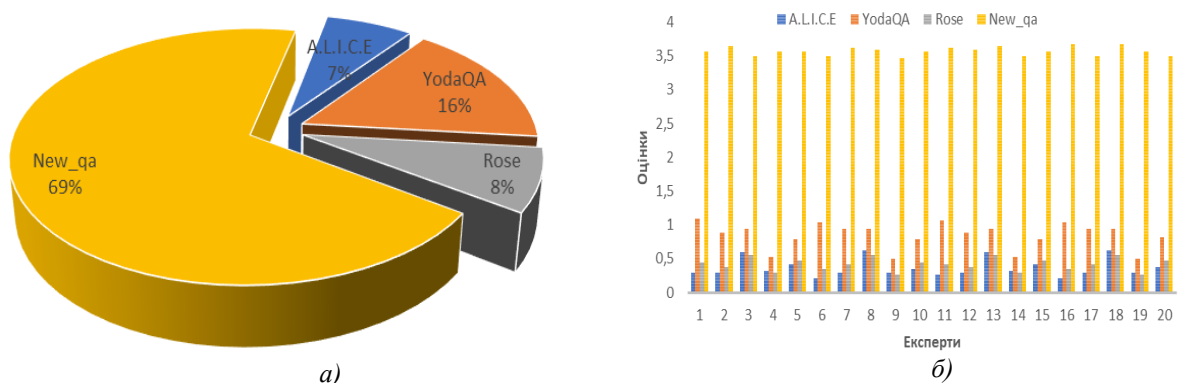


Рисунок 1 – Графічне подання оцінок експертів: а) – кругова діаграма усередненого значення оцінок експертів; б) – комплексна діаграма оцінок експертів для кожної з систем

Для перевірки достовірності та підтвердження оцінок експертів було застосовано статистичне оцінювання, а саме побудовано довірчий інтервал з довірчою ймовірністю 0,95 для дисперсії та середньоквадратичного відхилення. На рис. 2 наведено розкид вибірки відносно середнього арифметичного (а) та

довірчий інтервал (δ) із довірчою ймовірністю 0,95 для даної вибірки оцінок експертів порівняно з нормальним законом.

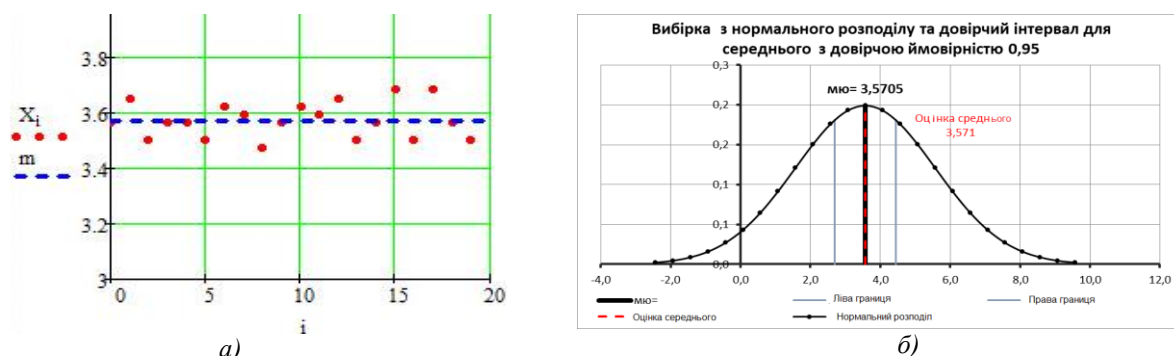


Рисунок 2 – Статистичні оцінки: а) – розкид вибірки відносно середнього значення; б) – довірчий інтервал з довірчою ймовірністю на рівні 0,95

Отримані результати підтвердили достовірність застосованих в експерименті оцінок експертів.

Проте експеримент виявив недолік роботи системи у значних затратах часових ресурсів, особливо при обробленні текстів великого обсягу. Тому було запропоновано застосовувати алгоритм та програмні засоби прискореного отримання відповіді на питання користувача шляхом управління динамічною пам'яттю.

Висновки

Результати експериментального дослідження виявили, що запропонований метод підтримки функції «запитання-відповідь» є релевантним, зокрема отримано 82,35% відповідей на питання 20-ти експертів від загальної їх кількості, коректних відповідей отримано 70,59%. Запропонований метод за експертними оцінками, статистичну достовірність яких при проведенні експерименту було перевірено, переважає відомі доступні системи за якістю відповідей у 4,24–9,77 раз. Отриманих результатів було досягнуто за таким обмеженням експерименту – експертам пропонувалось задавати однакові питання системам, що порівнювалися переважно зі слів (словоформ), які були присутні у вхідному тексті.

Також після проведення серії експериментів було виявлено гіперболічну залежність значення релевантності отриманих результатів від розміру вхідного текстового контенту. Емпірично для запропонованого методу встановлено оптимальним обсяг вхідного тексту розміром 100–200 сторінок. Найбільш придатною областю застосування розробленої СЗВ є закриті підприємства, які мають текстові матеріали, що заборонено розміщувати у глобальній мережі та мають специфічну фахову термінологію.

Список літератури

1. Моделирование процессов побудови парадигматичних зв'язків між словоформами на основі вимірювання текстової інформації / О. В. Бісікало, А. І. Лісовенко, О. В. Яхимович, С. С. Траченко // Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2015): збірник тез доповідей III Міжнародного наукового конференції (Вінниця, 27-29 жовтня 2015 р.). – Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2015. – С. 119-121
2. Development of dialog system powered by textual educational content / Oleg V. Bisikalo, Sergei M. Dovgalets, Anna I. Lisovenko, Paweł Pijarski // Proc. SPIE 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016. – 7 p. 100314E (September 28, 2016); doi:10.1117/12.2248863.
3. Bisikalo Oleg. Support for Interactive Features of E-learning Content Based on the Formal Theory / Oleg Bisikalo, Irina Kravchuk // Journal of Applied Computer Science & Mathematics. – Romania, Suceava, 2014. – No. 16 (8). – Pp. 9-15.
4. Підтримка діалогу з навчальним контентом / А. І. Лісовенко, О. В. Бісікало, О. В. Яхимович, С. С. Траченко // Адаптивні технології управління навчанням: матеріали першої міжнародної конференції. (Одеса, 23-25 вересня 2015 р.). – Одеса, 2015. – С. 97–100.
5. Бісікало О. В. Метод отримання лексичної онтології з тексту на основі інструментальних засобів WordNet та NLTK / О. В. Бісікало, С. С. Траченко // Контроль і управління в складних системах (КУСС-2016): тези доповідей XIII міжнародного наукового конференції (Вінниця, 3-6 жовтня 2016 р.). – Вінниця: ВНТУ, ПП «ТД «Едельвейс», 2016. – С. 96–98. – ISBN 978-617-7237-17-3.
6. Shtovba S. "Introduction to the Theory of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic", [Electronic resources]. – Available at: \www/URL: http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1_5.php.

7. Bisikalo Oleg. Support for Interactive Features of E-learning Content Based on the Formal Theory / Oleg Bisikalo, Irina Kravchuk // Journal of Applied Computer Science & Mathematics. – Romania, Suceava, 2014. – No. 16 (8). – Pp. 9-15.
 8. Natural Language Processing: Integration of Automatic and Manual Analysis [Electronic resource]. – Technischen Universität Darmstadt, 2014. – Available at: \www/URL: <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/4151/1/rec-thesis-final.pdf>. – 21.04.2015.
 9. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем [Текст] / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский // – СПб: Питер, 2000. – 384 с.
 10. Столл Р. Множества. Логика. Аксиоматические теории / Р. Столл // пер с англ. – М.: Просвещение, 1968. – 231 с.
 11. Основи дискретної математики: підручник / Ю. В. Капітонова, С. Л. Кривий, О. А. Летичевський [та ін.] // – К.: Наукова думка, 2002. – 579 с. – ISBN 966-00-0622-5.
 12. Peter D. Gogono. A, Alun D. Preece, Rajjan Shinghal, and Ching Y. Suen “Review of Expert Systems Evaluation Techniques” [Electronic resources] American Association for Artificial Intelligence in technical report - american association for artificial intelligence ws., 113-118 (1994) – Available at: <https://www.aaai.org/Papers/Workshops/1993/WS-93-05/WS93-05-016.pdf>.
 13. Wilcoxon F. Individual Comparisons by Ranking Methods [Electronic resource] Biometrics Bulletin, Vol. 1, No. 6., 80-83 (1945). – Available at: <http://sci2s.ugr.es/keel/pdf/algorithm/articulo/wilcoxon1945.pdf>.
 14. The Method of Paired Comparisons (PC). Lecture №6. [Electronic resource] – Available at: <http://ecsocman.hse.ru/data/466/641/1219/ch6.pdf>.
 15. Allen M.J. “Direct Method to Assess Student Learning” [Electronic resource] WASC/AAHE Collaborative Workshop on Building Learner-Centered Institutions-Developing. – Institutional Strategies for Accessing and Improving Student Learning, 2004, 8 p. – Available at: <http://programs.honolulu.hawaii.edu/intranet/sites/programs.honolulu.hawaii.edu.intranet/files/assessment-methods.pdf>.
 16. Packaging for confectionery industry made of polymer materials. [Electronic resource]. – Available at: \www/URL: http://eng.anfol.ua/pages/korreksy_dlya_konfet.html.
 17. Jack London. White Fang [Electronic resource]. – Available at: \www/URL: http://royallib.com/read/London_Jack/White_Fang.html#0.
 18. BAUDIŠ Petr. “YodaQA: A Modular Question Answering System Pipeline”, In: POSTER 2015 — 19th International Student Conference on Electrical Engineering. Prague: CTU, 2015, pp. 8.
 19. A.L.I.C.E. [Electronic resource]. – Available at: \www/URL: <http://alice.pandorabots.com/>.
- Стаття надійшла: 06.11.2018.

Відомості про авторів

Лисовенко Анна Ігорівна – к.т.н., асистент кафедри Автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця.

Бісікало Олег Володимирович – д-р техн. наук, професор, декан факультету комп’ютерних систем управління та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця.

А. И. Лисовенко, О. В. Бисикало

МЕТОД ПОДДЕРЖКИ ВОПРОСНО-ОТВЕТНОЙ ФУНКЦИИ

Винницкий национальный технический университет, г. Винница

A. I. Lisovenko, O. V. Bisikalo

METHOD OF SUPPORT OF QUESTION-ANSWER FUNCTION

Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia