

В. А. Широков,
В. В. Надутенко,
О. Є. Стрижак,
А. І. Грітчина,
А. А. Яременко

ЛЕКСИКОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПОТЕНЦІАЛУ УЧНІВ

На початку було Слово,
а Слово в Бога було,
і Бог було Слово
(Іоанн 1 : 1)

Анотація. У статті проаналізовано процес застосування лексикографічних моделей та систем для оцінювання рівня інтелектуального розвитку учнів. Детально розглянуто категорію «лексикографія». Лексикографічні моделі та системи розглядаються як понятійна основа освітніх і наукових наративів, які спроможні створювати учні за різними тематичними напрямками. Для оцінювання інтелектуального потенціалу запропоновано метод порівняння лексикографічних моделей, які сформувалися у свідомості учнів у процесі їхньої навчально-пізнавальної діяльності, з лексикографічними системами, що визначають понятійну основу стандартизованих тематичних систем знань. Як стандартизовані тематичні системи знань запропоновано використовувати наукові праці всесвітньо відомих учених. Для цього введено поняття семантичного поля, яке відображає множину концептів, що складають системи тематичних знань у форматі онтології. Завдання порівняння лексикографічних систем зводиться до виявлення рівнів консолідації онтологій. Аргументовано застосування відстані Левенштейна, діаграм Вороного, алгоритму Ллойда, моделювання мови (Language Understanding) з використанням підходу BERT як засобу щодо обчислення рівнів еквівалентності та консолідованості лексикографічних систем наративів учнів та відомих учених. Для обчислення рівнів лексикографічних систем учнів відносно систем тематичних знань відомого вченого та відповідного рейтингу їхнього позиціонування в цій системі знань ученого застосовуються методи багатовимірного оцінювання та ранжування. Наведено приклад обчислення позиціонування лексикографічних систем учнів у семантичному полі всесвітньо відомого кібернетика і математика Віктора Глушкова на основі семантичного аналізу учнівських наукових робіт, що були подані на конкурс у Малу академію наук України, тематичний напрям — кібернетика, математика.

Ключові слова: лінгвістичні технології, лексикографія, онтологія, багатовимірне оцінювання, семантичне поле, наратив, рейтинг.

Вступ. Інтелектуальний потенціал учнівської молоді формується у мовному середовищі. Саме мова та культура її використання відображають особистість [1]. Вміння сформулювати певний наратив, винести його для ознайомлення на ши-

рокий загаль чи представити у форматі доповіді досить ґрунтовно характеризує інтелектуальний рівень учня, що є доволі складною системою функціонування його особистості та інтелектуальної діяльності. Підлітковий вік становить

особливий інтерес для аналізу динаміки інтелектуально-особистісного розвитку. У цьому віці формується абстрактне й теоретичне мислення, що забезпечує якісне підвищення інтелектуальних здібностей людини. У такому контексті зазначений віковий період є синзитивним. Для підліткового періоду характерне інтенсивне формування інтелекту та особистості, на розвиток яких впливають численні внутрішні і зовнішні чинники [2; 3].

Однією з системних компонентів інтелектуального потенціалу є вербально-лінгвістична. Саме вона впливає на розвиток таких характеристик множинного інтелекту учня, як логіко-математичний, внутрішньо-особистісний, регуляційний тощо. Завдяки їхньому формуванню реалізується інтелектуальна творча активність у різних предметних галузях.

Фактично кожен учень формує у своїй свідомості в процесі реалізації особистісної навчально-пізнавальної діяльності певні лексикографічні моделі [1–4]. Використовує він ці моделі для створення освітніх і, як наслідок свого інтелектуального творчого розвитку, науково-освітніх наративів. Прикладами таких наративів можуть бути твори та наукові роботи, що подаються на конкурс до Малої академії наук України. Від того, наскільки правильно сформувалася лексикографічна компонента його свідомості, залежить коректність моделі світу, яку учень постійно розвиває у процесі своєї навчально-пізнавальної діяльності. І найбільше сприяють цьому методики наукової освіти [5]. Вони характеризуються тим, що методично забезпечують цілеспрямоване формування в учнів ціннісної картини світу на засадах виявлення, дослідження та інтерпретації ними властивостей природних, соціальних та інших значущих для розвитку людства процесів.

Зрозуміло, що під час своєї навчально-пізнавальної і в її найвищому стані — науково-освітньої діяльності учень засвоює вже накопичені людством знання, які викладені у форматі наукових та освітніх наративів. Ці наративи відображають вже визначені у процесі життєдіяльності людства системи понять, які й формують коректну модель світу. Варто зазначити, що ці системи понять зафіксовані у форматі лексикографічних систем, які визначають певний семантичний стандарт їхніх смислових інтерпретацій.

І тут виникає цікава задача — наскільки лексикографічні моделі учнів семантично еквівалентні лексикографічним моделям провідних учених та фахівців у тих чи інших предметних галузях знань. З іншого боку, цю задачу можна визначити ще у такому формулюванні — наскільки система знань учня й її лексикографічна складова консолідується з уже накопиченими людством системами знань [6]. Тобто на основі розв'язання вказаної задачі еквівалентності та консолідованості лексикографічних моделей вже визначених систем знань та тих, що формуються у свідомості учнів, ми можемо певним чином визначити рівень їхнього інтелектуального потенціалу та розвитку. І це розв'язання ґрунтується на інструментах сучасних лінгвістичних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На сьогодні у науковій і педагогічній літературі практично немає публікацій, у яких глибинно розкривалися б проблеми еквівалентності та консолідованості лексикографічних моделей, які визначають смисли концептів, що складають наративи. Особливо це стосується виявлення рівнів консолідації контекстів та дискурсів. Досить ґрунтовно досліджено семантичну еквівалентність текстів, але це у практичному сенсі переважно стосується проблеми академічної доброчесності. І ця тема у статті не досліджується. А ось широкі дослідження щодо виявлення рівнів семантичної еквівалентності та консолідованості з відповідними системами знань лексикографічних систем і тематичних дискурсів, які складають свідомість учнів та викладаються ними у наративному форматі як певний інтелектуальний ресурс, не проводилося.

Мета статті — дослідити й визначити лінгвістичні інструменти виявлення і оцінювання семантичної еквівалентності та консолідованості лексикографічних моделей, які формуються в процесі навчально-пізнавальної діяльності учнів, і стандартизованих, що визначають усі системи понять, які лежать в основі тематичних систем знань, сформованих людством.

Лексикографічні системи — інструмент концептуального представлення наративів. Згідно з теорією семантичних станів [1; 4], власними («елементарними») об'єктами концептуального представлення природно-мовних наративів у лінгвістиці мусять виступати не безпосередньо одиниці мови (одиниці

фонетичного, морфологічного, лексичного, семантичного, синтаксичного та інших рівнів, які ми інтерпретуємо як онтологічні об'єкти), а певні «проміжні» стосовно мови об'єкти, феноменологічними корелятами яких є психофізичні стани й процеси, що мають місце в мовно-розумовому апараті людини, так що усна й писемна її форми служать елементами інфраструктури мовного процесу. Опису і моделюванню підлягають як, власне, згадані психофізичні стани і процеси, так і їхня інфраструктура.

Для одиниць лексичного рівня такий стан являє собою певну суму ознак граматичної й лексичної семантики і надає шлях для узагальнення понять граматичного та лексичного значення. Власне, сам процес розуміння мови з цієї позиції виглядає як редукція апріорного розподілу лексем за сумарними ознаками граматичної й лексичної семантики, які властиві суб'єктивному лексикону реципієнта, до певного одного граматичного й лексичного значення, характерного саме для того контексту, який перебуває у полі уваги реципієнта і підлягає в цей момент процесу його індивідуальної мовної обробки.

Отже, під час розгляду формальних аспектів представлення наративу як мовної системи ми будемо виходити з існування відповідності між мовною одиницею та її станом:

$$s : X \rightarrow s(X), \quad (1)$$

де X — певна одиниця мови; s — відповідність між X та $s(X)$ — формальним об'єктом, що представляє семантичний стан одиниці X , який має своїми детермінантами елементи засобів матеріального вираження семантики.

Припустимо, що існує оператор F , дія якого визначена на множині семантичних станів S і який будемо інтерпретувати як оператор значення певної семантичної категорії. Дію оператора F можна виразити в такий спосіб:

$$F s_i(X) = f_i s_i(X), \quad (2)$$

де f_i — деяке значення семантичної категорії; функції $s_i(X)$, $i = 1, 2, \dots$, представляють семантичні стани одиниці X , що маркують її належність до значення f_i категорії F . Значення f_i , $i = 1, 2, \dots$, будемо називати власними значеннями оператора F , що відповідають семантичним станам $s_i(X)$, $i = 1, 2, \dots$. Множину всіх семантичних станів, що відповідають власному значенню f_i , називатимемо множиною *часткових семантичних станів* і позначимо символом $S(f_i)$:

$$S(f_i) := \{s : Fs = f_i s\}. \quad (3)$$

За визначенням множина $S(f_i)$ складається тільки з тих семантичних станів, які характеризуються певним значенням семантичної категорії F , а саме — значенням f_i . Рівняння (3) у тих випадках, коли множина, що пробігає індекс i , складається більше ніж із одного елемента, представляє формальне вираження явища семантичної багатозначності. Можливі випадки, коли в рівнянні (3) певному значенню f_i не відповідає жоден семантичний стан $s_i(X)$, а кілька: $s_i^j(X)$, $j = 1, 2, \dots$. Такі стани будемо називати *виродженими*.

У структурі вищенаведених формул чітко простежуються основні контури будови лексикографічної системи, зокрема, відношення «форма — зміст».

Для детального аналізу розгортання відношення «форма — зміст» (надалі вживатимемо для цього відношення аббревіатуру ВФЗ) розглянемо діаграму, де символічно зображено процес сприйняття якогось об'єкта певним суб'єктом:

$$S : D \rightarrow V(D). \quad (4)$$

Тут літерою D позначено «щось» із реального (або уявного) світу, що виступає в ролі об'єкта процесу сприйняття (спостереження, вивчення, уваги, переживання...) з боку певного S , яке ми вважаємо суб'єктом даного процесу; через $V(D)$ позначаємо результат цього процесу.

Лексикографічну систему (Л-систему) розглядатимемо як спеціальне інформаційне (семіотичне і семантичне) середовище, в якому реалізується певний лексикографічний ефект (або певна сукупність лексикографічних ефектів). Відповідно до інформаційної інтерпретації процесів сприйняття визначимо результат рецепції суб'єктом S об'єкта D , що веде до генерації класу елементарних інформаційних одиниць (ЕІО) $I^Q(D)$. Зазначена рецепція реалізується певною множиною $V(I^Q(D))$ — множини описів одиниць, що належать до класу $I^Q(D)$; ця множина є результатом процесу:

$$S : I^Q(D) \rightarrow V(I^Q(D)), \quad (5)$$

тому для кожного елемента $x \in I^Q(D)$ однозначно визначено його опис $V(x)$ як елемент множини $V(I^Q(D)) : V(x) \in V(I^Q(D))$; $Sx = V(x)$.

Згідно з інформаційною концепцією представлення опису системи ЕІО, кожний $V(x)$ зображується словом (тексту) в певному скінченному

алфавіті $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, тобто скінченної послідовності символів з A (надалі слова в алфавіті A називатимемо A -словами).

Структура на множині описів $\{V(x)\}$ вводитьсь у такий спосіб. Припустимо, що для всіх описів $V(x)$ існує єдине правило, за яким з будь-якого A -слова $V(x)$ можна виділити множину A -підслів $\beta(x) = \{\beta_i(x)\}$ з такими властивостями: елемент x належить до множини $\beta(x)$; весь опис $V(x)$ є елементом множини $\beta(x)$; правило виділення елементів множини $\beta(x)$ є єдиним для всіх $V(x)$ з $V(I^Q(D))$. Структура $\beta(x)$ є першою структурою Л-системи.

Дев'ятка об'єктів:

$$\{S, D, I^Q(D), V(I^Q(D)), \beta, \sigma[\beta], F, C, H\}, (6)$$

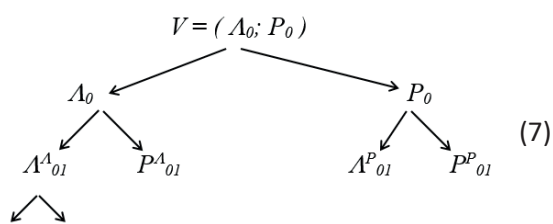
де через $\sigma[\beta]$ є макроструктурою $V(I^Q(D))$ й визначає певні обмеження $\sigma[\beta]$ на $V(x)$: $\sigma[\beta]_{V(x)} \equiv \sigma(x)$, яка породжує мікроструктуру $V(x)$, визначає елементарну лексикографічну модель даних, а її конкретна реалізація — елементарну лексикографічну систему. Інколи для скорочення, коли не виникатиме різночитань, будемо позначати через $V(I^Q(D))$ цілу елементарну лексикографічну систему. Тоді неелементарну Л-систему можна представити у вигляді об'єднання певної кількості елементарних Л-систем з можливими відображеннями та зв'язками між ними.

Введемо поняття рекурсивної редукції в Л-системі:

$$\{D; S; Q; I^Q(D), V(I^Q(D)), \beta, \sigma[\beta]\} + RR \downarrow = \{D; S; Q; I^Q(D), V(I^Q(D)), \beta, \sigma[\beta]; RR \downarrow\}.$$

Рекурсивна редукція — процес, при якому будь-який елемент структури Л-системи інтерпретується як самостійна Л-система, в якій генерується структура, визначена формулою (6).

Продовжуючи процес такої інтерпретації, одержуємо рекурсивне розвинення лексикографічної системи $V(I^Q(D))$:



Надалі позначатимемо процес рекурсивної редукції Л-системи $V(I^Q(D))$ через $RR = [V(I^Q(D))]$. У визначення цього процесу

входять характеристики всіх операторів F, C, H на всіх наявних рівнях рекурсивної редукції разом із результатами їх дії, а також усі макро- і мікроструктури: $\sigma[\beta], \beta$.

Викладена конструкція становить зміст загального визначення лексикографічної моделі даних [1; 4]:

$$\{I^Q(D), S, V(I^Q(D)), \beta, \sigma[\beta], RR \downarrow [V(I^Q(D))]\}. (8)$$

Лексикографічна модель перетворюється на лексикографічну систему, якщо вона реалізована в певній інформаційній архітектурі Σ :

$$\{S, D, I^Q(D), V(I^Q(D)), \beta, \sigma[\beta], F, C, H, \Sigma\}. (9)$$

Архітектура Σ зазвичай обирається трирівневою, такою, що відповідає ANSI/X3/SPARC (або просто ANSI/SPARC). В ANSI/SPARC визначається три рівні представлення даних: концептуальний, внутрішній і зовнішній, які ми використовуємо в такій інтерпретації [7]:

$$ARCH_LS = \{CM, EXM, INM; \Phi, \Psi, \Xi\}, (10)$$

де символом CM позначено концептуальну модель лексикографічної системи LS ; символом $EXM = \{exM\}$ — множину її зовнішніх моделей, які відповідають CM ; символом $INM = \{inM\}$ — множину її внутрішніх моделей. Через $\Phi = \{\phi\}$ позначено множину відображень CM в EXM :

$$\phi: CM = exM, \text{ де } exM \in EXM; (11)$$

відповідно $\Psi = \{\psi\}$ — множина відображень CM в INM :

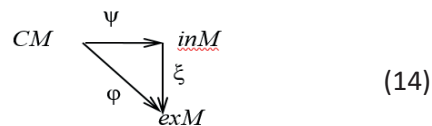
$$\psi: CM = inM, \text{ де } inM \in INM; (12)$$

$\Xi = \{\xi\}$ — множина відображень INM в EXM :

$$\xi(inM) = exM. (13)$$

Одній концептуальній моделі може відповідати декілька внутрішніх та зовнішніх моделей. Визначимо множину Ξ відображень INM в EXM : для $\forall inM \in INM$ та $\forall exM \in EXM \exists \xi \in \Xi$ таке, що: $\xi(inM) = exM$.

При цьому відображення ϕ, ψ, ξ будуються в такий спосіб, що можуть складати комутативну діаграму: $\xi \circ \psi = \phi$ (14):



Вимога комутативності [8] цієї діаграми є суттєвою, оскільки гарантує узгодженість між усіма

рівнями архітектури системи. Розглядаються дві наступні моделі лексикографічних систем:

внутрішня модель, яка містить такі елементи:

$$INM = \{D(t, s, f), ALG(D(t, s, f)), OS, PL\},$$

де: $D(t, s, f)$ — множина даних, специфікована за типами, структурами та форматами t, s, f відповідно, за допомогою яких у внутрішньому рівні представляються елементи CM ; $ALG(D(t, s, f))$ — множина алгоритмів (процесів) обробки та маніпулювання даними; OS — множина операційних платформ та PL — множина мов програмування (включаючи і процедурні мови типу СКБД), на яких реалізовано $D(t, s, f)$ та $ALG(D(t, s, f))$;

зовнішня модель, яка представляється у вигляді:

$$EXM = \{IF, SC, FUNC, PROC, APR\},$$

де: IF — інтерфейс системи; SC — множина сценаріїв; $FUNC$ — множина функцій; $PROC$ — множина допустимих процесів, APR — множина прикладних програм. Конкретну інформаційно-лінгвістичну реалізацію лексикографічної системи у певному комп'ютерному середовищі надалі називатимемо лексикографічною базою знань (ЛБЗ).

Лексикографічні системи — інструмент понятійної агрегації відображення нарративів. Як вже було визначено, лексикографічна система — це інформаційний об'єкт, що поєднує в собі риси моделі даних, моделі знань і логіко-лінгвістичного числення. Основними системоутворюючими відносинами Л-системи є: «суб'єкт — об'єкт» і «форма — зміст». Основним системоутворюючим інваріантом Л-системи є лексикографічний ефект в інформаційних системах [1; 4].

Так, для природномовної системи можна навести приклади цілого ряду лексикографічних ефектів, результатом яких стало виділення фонем, складів, морфем, слів (словоформ), лексем, словосполучень, еквівалентів слів, речень. Усі названі структурні одиниці виступають як складові відповідних класів елементарних інформаційних одиниць щодо тих чи інших типів природномовних лексикографічних ефектів.

Потужним інструментом концептуального відображення нарративів є лінгвістична онтологія предметної галузі, яка відрізняється від інших інформаційно-лінгвістичних систем тим, що крім мовного рівня розвитку лексикографічних ефектів, зазначених вище, має надмовний рівень —

множину концептів предметної галузі у форматі метаописів понять і їх відносин. Саме концепти й становлять фундаментальну основу лексикографічних моделей та систем.

Такий поділ системи на два рівні дає можливість створити модель для лінгвістичної онтології предметної галузі для двох і більше мов із загальним ядром понять і відношень між ними [9]. Позначимо в якості системи D ПГ, а $I^Q(D)$ — клас елементарних інформаційних одиниць (ЕІО) системи D . Тоді результат сприйняття суб'єктом K класу ЕІО:

$$K : I^Q(D) \rightarrow V(I^Q(D)), \quad (15)$$

де $V(I^Q(D))$ — множина описів одиниць, що належать класу $I^Q(D)$. У якості елементарних інформаційних одиниць виступають поняття ПГ. Розглянемо відображення «форма — зміст», носієм якого є комплекс $I^Q(D)$, і розкриємо його за допомогою процесу рекурсивної редукції $R \downarrow [V(I^Q(D))]$. З огляду на теорію Л-систем існує можливість виділити в структурі початкової елементарної Л-системи низку інформаційно-лінгвістичних підструктур, які інтерпретуємо як окремі Л-системи.

На діаграмі (рис. 1) $V(I^Q(D))$ співвідноситься з тією частиною описів $V(I^Q(D))$, яка представляє форму $I^Q(D)$, а $P(I^Q(D))$ зіставляється тією частиною опису $V(I^Q(D))$, яка відповідає за зміст $I^Q(D)$. Для онтології ПГ $\Lambda(I^Q(D))$ містить деяке позначення поняття, метаопис, а $P(I^Q(D))$ — це комплекс зв'язків поняття з іншими поняттями $\langle t^R \rangle$ — в онтологічній моделі — (рис. 1), через які розкривається його зміст. Крім того, сюди можна віднести множину зв'язків поняття із додатковою інформацією, представленою множиною $\langle t^I \rangle$ (рис. 1).

Далі для моделювання багатомовної онтології ПГ уявімо, як термінологічне поняття $V(I^Q(D))$ та його зв'язки $P_0(I^Q(D))$ відображаються в мовах (рис. 2).

На діаграмі (рис. 2): рівень (1) — метаопис онтології; рівень (2) — мовний; елементи виду $V^{L1}(I^Q(D))$ (нижній рядок) — це множини описів елементарних інформаційних одиниць системи в мові $L1$ ($L2$, $L3$), де $L1$, $L2$, $L3$ — індекси мов. Середній ряд елементів, елементи виду $\Lambda^{L1}(I^{Q1}(D))$ і $P^{L1}(I^{Q1}(D))$ являють собою,

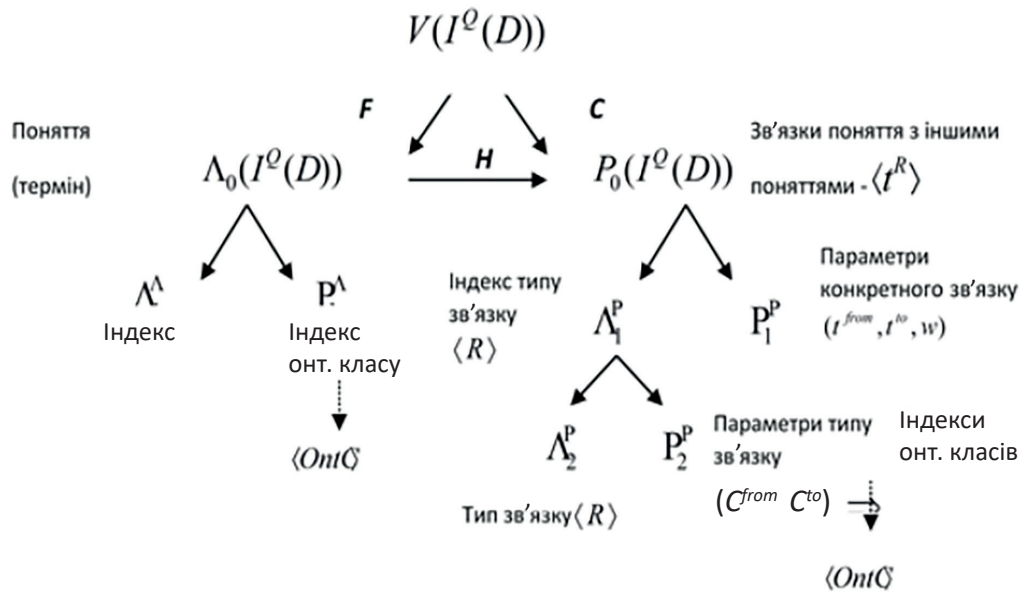


Рис. 1. Модель лінгвістичної онтології

з одного боку, відображення онтологічних надмовних комплексів $\Lambda(I^Q(D))$ і $P(I^Q(D))$ в деяку мову L_1 , з іншого боку, $\Lambda^{L_1}(I^{Q_1}(D))$ — це фактично множина термінів ПГ у мові L_1 і множина їхніх описів у граматичних категоріях мови L_1 , а $P^{L_1}(I^{Q_1}(D))$ — це множина текстових визначень термінів ПГ мовою L_1 , в яких відображено зв'язки терміна з іншими термінами.

Викладена конструкція задовольняє загальному визначенню лексикографічної моделі даних.

Архітектура Л-систем має три рівні абстракції даних: «концептуальний» — «фізичний» — «представлень», що відповідає трьом рівням архітектури ANSI/SPARC: концептуальному, внутрішньому і зовнішньому.

Визначимо відповідності між лексикографічною моделлю системи, представленою діаграма-

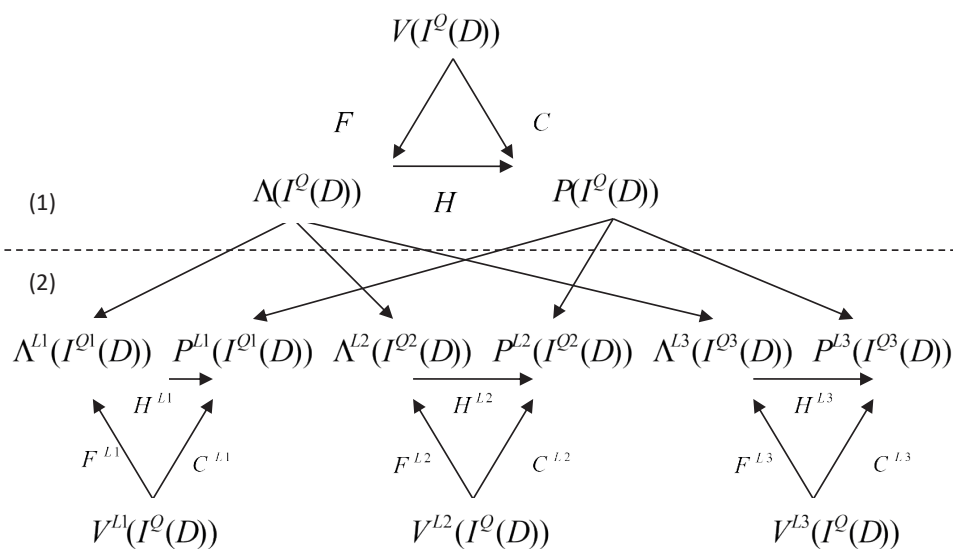


Рис. 2. Модель багатомовної лінгвістичної онтології

ми (рис. 1; рис. 2), і концептуальною моделлю онтології.

Відповідно до діаграми (рис. 2) концептуальна модель має два рівні:

$$LS \rightarrow (LS^{L1}, LS^{L2}, LS^{L3}).$$

Рівень (1) відображає формальну метаонтологію понять ПГ (рис. 2). $Ob(LS) = \{T, OntC, Pers, Br, R\}$, де T — множина термінологічних понять, R — множина типів зв'язків між поняттями, $OntC$ — множина лексико-онтологічних класів. $Pers$ і Br — множини розділів певної предметної галузі, що відповідають $\langle t^I \rangle$ — множині допоміжної довідкової, ілюстративної інформації в онтологічній моделі.

$$RelOb(LS) = \{TT, TPers, TBr\},$$

де TT — множина зв'язків між поняттями (між елементами T -множини), що на діаграмі відповідає $P(I^Q(D))$, а в онтологічній моделі $\langle t^R \rangle$. $TPers$ — множина зв'язків між множиною понять і множиною персоналій, TBr — множина зв'язків між множиною понять і множиною розділів ПГ.

Рівень (2) — відображення формальної онтології понять (концептів) лексикографічної моделі в мовній системі.

$$Ob(LS^{Li}) = \{T^{Li}, TCont^{Li}, TDef^{Li}, DefSource^{Li}\},$$

де T^{Li} — множина термінів мови Li (в онтологічній моделі це множини t^{L1}, t^{L2}, t^{L3}); для $\forall t \in \langle T^{Li} \rangle$ t ($t^{Li}, \langle T^G \rangle, tDef^{Li}$), де t^{Li} — орфографічний стандарт написання терміна, T^G — множина граматичних характеристик терміна t ($\langle t^G \rangle$ в онтологічній моделі). Це відповідає членам діаграми виду $\Lambda^{L1}(I^{Q1}(D))$. Текстова дефініція терміна — $tDef^{Li}$ (в онтологічній моделі — t^D) і $\langle TCont^{Li} \rangle$ — множина контекстів терміна t^{Li} мовою Li (параметр $\langle t^C \rangle$ в онтологічній моделі) відповідають членам діаграми виду $P^{L1}(I^{Q1}(D))$. $DefSource^{Li}$ — множина бібліографічних описів джерел текстових дефініцій; $RelOb(LS^{Li}) = \{TTCont^{Li}\}$ — множина зв'язків між множиною термінів і множиною контекстних прикладів (колекцією текстів).

Отже, рівень (1) концептуальної моделі містить формальні дані онтології, тоді як рівень (2) містить лінгвістичну частину інформації про предметну галузь.

Взаємодія між комплексами лінгвістичних даних різних мов здійснюється тільки через формальну онтологію рівня (1).

Процес абстрагування лексикографічної (словникової) структури являє собою своєрідну розшифровку, реконструкцію того лексикографічного ефекту, який призвів до утворення цієї структури. Внаслідок того, що у лінгвістичній онтології спостерігається два рівні лексикографічних ефектів, структура словникової (онтологічної) статті для деякого поняття T , вираженого терміном $TL1$ в мові $L1$ з граматичними параметрами $GL1$, має вигляд:

$$\begin{aligned} T^{L1}(T, G^{L1}) &= C^O + C^L; \\ C^O &= OntC + T + TPers + TBr; \\ C^L &= S^{L1} + T^{L2} + T^{L3} + TDef^{L1} + TCont^{L1}, \end{aligned} \quad (16)$$

де $T^{L2} \supseteq S^{L2}$ и $T^{L3} \supseteq S^{L3}$; C^O — комплекс онтологічних параметрів; C^L — комплекс лінгвістичних параметрів.

Розділи перекладних еквівалентів T^{L2} і T^{L3} на мови $L2$ і $L3$ відповідно включають в себе весь синонімічний ряд (клас умовних еквівалентів). Інші позначення відповідають вищеописаній концептуальній моделі.

Отже, склад зв'язків терміна в тексті, його онтологічне оточення залежить від приналежності до того чи іншого лексико-онтологічного класу. Терміни, здатні переходити з одного лексико-онтологічного класу в інший, в більшості випадків знаходяться у тексті в нечітких семантичних станах.

Розроблена концептуальна модель дає змогу визначити семантичний стан наративу як об'єкта онтології і, як наслідок, його онтологічне оточення (зв'язки) множини концептів, що становлять його лексикографічну систему, залежно від цільової задачі.

Виявлення семантично подібних наративів

Теорія лексикографічних систем, покладена в основу дослідження, оперує поняттям «елементарні інформаційні одиниці» (ЕІО), які інтерпретує як підсистему відносно сталих дискретних сутностей, що індукуються у структурі будь-якої системи та розвивається внаслідок дії різних за типом Л-ефектів. Відповідно, усі неелементарні об'єкти системи розглядаються як певні комбінації ЕІО.

У процесі опрацювання встановлюється дво-рівнева ієрархія об'єктів змісту тексту. На першому («верхньому») рівні — фрагменти — уривки тексту, «блоки думки», що розкривають одну тему (мікротему), на другому («нижньому») — їх конструктивні одиниці (компоненти) — предмети думки, носії предметних смислів

та відношень — слова, словосполучення, сполучення слів. Отож компоненти фрагментів виступають елементарними інформаційними одиницями.

Поняття, що позначають той самий предмет, є тотожними. Водночас при повному збігу обсягу та тій самій родовій ознаці вони мають різний зміст і відрізняються видовими ознаками.

Методологія пошуку тотожностей (подібностей) передбачає попередню обробку текстів для підвищення ефективності та швидкості пошуку — нормалізацію. Залежно від форми представлення об'єктів, що порівнюються, та обраної функції близькості можуть бути застосовані різні моделі та методи порівняння цільових об'єктів.

У більшості випадків об'єкти, що порівнюються (в нашому випадку — це слова чи тексти), представляються у вигляді векторів. Як функцію близькості при цьому використовують скалярний добуток векторів. Також використовують інші форми подання об'єктів, що порівнюються (множини, графи чи рядки текстів), відповідно функціями близькості будуть: розмір перетину множин, функції відповідності графових структур, функції подібності на текстах, відстань Левенштейна [10], векторного представлення об'єктів тощо.

Існує також наближена методика визначення подібності об'єктів, що порівнюються, якщо вони представлені векторами. З її використанням простір векторів розбивається на кластери на основі підходу діаграм Вороного [11]. Діаграма Вороного кінцевої множини точок S на площині представляє таке розбиття площини, за якого кожна область цього розбиття утворює множину точок, ближчих до одного з елементів множини S , ніж до будь-якого іншого елемента множини.

Також можливо використати інші методи для наближеного пошуку подібних об'єктів, наприклад на основі графів.

З метою кластеризації усіх значущих слів заданого набору нарративних текстів для індексації використовується алгоритм Ллойда (методом k -середніх) k -Means [12]. Для отримання достатньо дискримінативної кількості наборів тематик використовується 3000 кластерів. Тож довжина вектора кожного слова дорівнює 3000. Вектор описує відстань від заданого слова до центра кожного тематичного кластера. Семантичний вектор речення будується на основі суми семантичних векторів його слів. Середньозважена сума семантичних векторів речення мінус

відповідне математичне сподівання, нормоване за середньоквадратичним відхиленням, являє собою семантичні вектори контекстів.

Для визначення семантичної подібності контекстів використовується набір алгоритмів на основі моделювання мови (Language Understanding) із застосуванням підходу BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) [13] — двонаправленого кодування слів для їх векторного представлення та подальшого глибинного машинного навчання, а також рекурентних нейронних мереж, реалізованих для мови програмування C#. Машинне навчання здійснюється без учителя на основі контекстуального представлення Українського національного лінгвістичного корпусу (УНЛК) УМІФ НАН України. Кожне слово при цьому використовує контекстний зв'язок як із наступним, так і з попереднім словом. При цьому застосовується техніка повного маскування слів (Masked Language Model), для того щоб досліджуване слово не могло отримати контекстний зв'язок саме з собою, що порушить алгоритм. Для попереднього навчання моделі використовується УНЛК без урахування капіталізації слів з нейромережею на 12 шарів, 768 прихованих, 12 параметрів акцентування та 100 млн параметрів.

Відповідно, нечіткий пошук за реченнями реалізовано на основі трьох методів: вибору оптимально близьких за наборами хешів речень; речень, ранжованих за найменшою косинусною відстанню між їхніми семантичними векторами розмірністю 3000; та речень, отриманих за допомогою векторного представлення на основі алгоритму BERT.

Метод порівняння семантичних полів учнів і відомого вченого

Інтелектуальні досягнення учнів, особливо в старших (9–11) класах, мають представлення у нарративному форматі. Це описи певних наукових досягнень, представлення досліджень деяких процесів, наукові гіпотези, науководослідницькі роботи тощо. Багато цих нарративів учні представляють на різних конкурсах.

Однак зрозуміло, що як би ми не формалізували процес оцінювання й які б методи не використовували, експерти, що їх проводять, завжди послуговуються своїми знаннями та особистим досвідом. Одним зі шляхів корегування таких недоліків є проведення семантичних оцінювань цих нарративів, які реалізують виявлення рівнів

відповідності їх змістовності сучасному стану науки. Це забезпечить певне згладжування даних від кількісного багатомірного аналізу у бік встановлення семантичних ознак інтелектуального розвитку учнів.

Для цього, згідно з викладеним вище, ми застосуємо лінгвістичні засоби виявлення рівнів еквівалентності та консолідованості лексикографічних моделей, якими оперують учні, з тематичною лексикографічною моделлю провідного вченого, який має науковий авторитет на світовому рівні.

Загальні методи лінгвосемантичного аналізу забезпечують формування логіко-лінгвістичних моделей наративів, що реалізує виявлення низки параметрів, які позиціонують текст не як набір випадкових компонентів, а як інформаційну і структурну єдність, як системно та функціонально завершене мовленнєве ціле. Саме в такому тексті усі засоби мови стають когнітивно й комунікативно значимими, комунікативно обумовленими, об'єднаними у певну систему.

Одним із методів тут можна використати онтологічний образ відомого у світі вченого, наукові здобутки якого мали та мають вплив на розвиток конкретних наукових профілів. Тобто семантичне поле його наукових праць актуальне й до сьогодні.

Потрібно сформувати онтологію життєдіяльності відомого вченого, включити до неї його наукові результати. Така онтологія спроможна генерувати логіко-лінгвістичні моделі його наукових наративів.

З метою проведення порівнянь семантичних полів візьмемо наукові роботи учнів, які були представлені на Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів — членів МАН України за профілями: комп'ютерна інженерія; кібербезпека; програмна інженерія; системи та технології штучного інтелекту; інтернет-технології та вебдизайн; навчальні, ігрові програми та віртуальна реальність; інформаційно-телекомунікаційні системи та технології; математика; прикладна математика; статистика.

Формування семантичного поля наукових результатів розпочнемо, звернувшись до багатогранної особистості вченого Віктора Михайловича Глушкова, яка привертає інтерес широких кіл людської спільноти як за життя, так і в час, коли його немає серед нас. Тому відображення його життєдіяльності, особливо для молоді, нових

поколінь дослідників наукових горизонтів кібернетики, інформатики, математики, штучного інтелекту тощо, завжди буде актуальне. Доторкнутися до думок великого кібернетика — це мрія кожного фахівця у зазначених наукових галузях.

Відображення життєдіяльності особистості взагалі, а надто такої, як Віктор Глушков, є доволі складним завданням. Потрібно представити велику кількість сторінок його біографії; вчителів; родину; напрями наукової діяльності; наукові наративи, що вийшли з-під його пера, та багато чого іншого. І найголовніше — забезпечити їх досить сильну глибинну зв'язність незалежно від форми їхнього існування. Одним із інструментів, спроможних ефективно реалізувати агрегований формат відображення життєдіяльності такої особистості, як Віктор Глушков, є онтологія (рис. 3). Вона забезпечує повномасштабно класифікацію життєдіяльності, постійний збір різних за тематичними профілями фактів та подій з діяльності особистості, виявлення та фіксацію зв'язків між цими фактами та подіями, представлення особистості у цілісному образі тощо.

Більше того, онтологія спроможна забезпечувати встановлення, формування та відображення усіх семантичних полів, які визначають життєдіяльність особистості. Такі семантичні поля забезпечують представлення рівнів позиціонування особистості у сучасному науковому просторі. Вони певним чином задають наукові орієнтири та багатовекторність подальших досліджень за різними напрямками, які свого часу досліджував видатний учений Віктор Глушков. На їх основі можливе оцінювання рівнів досягнень різних дослідників, які ще тільки починають свій особистий шлях у науці.

Онтологію життєдіяльності академіка Глушкова було створено ще з нагоди 100-річного ювілею НАН України. Для її формування використано досить широкий спектр інформації, який характеризує грані життєдіяльності Віктора Глушкова. Фрагмент відповідної онтології представлено на рис. 3.

Як бачимо, концепти онтології, які фіксують певні факти та події у житті видатного вченого, представлено у форматі онтологічного графа (права частина рисунка) і таксономічної ієрархії (ліва частина рисунка). Фактично концепти онтології відображають відомості про його наукову діяльність, організаційні здібності його особистості. До онтології включено досить широкий інформаційний масив щодо

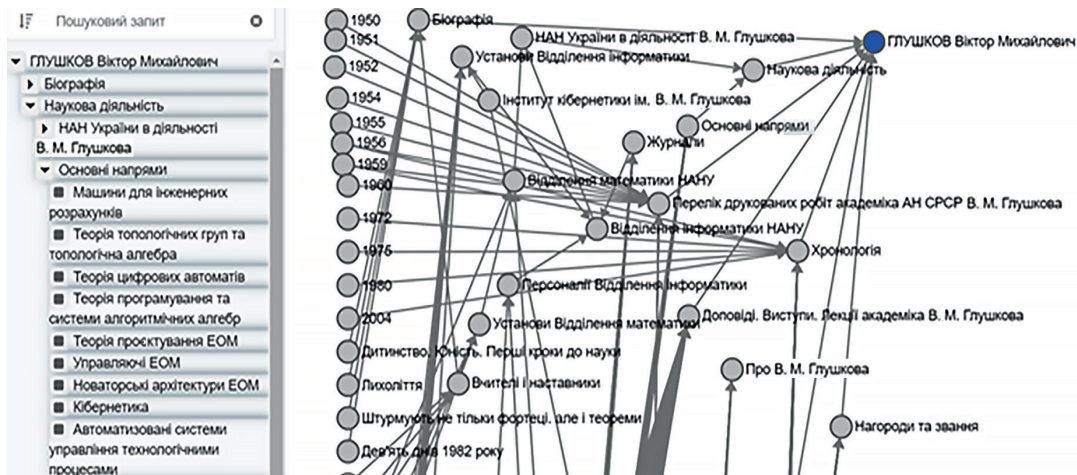


Рис. 3. Фрагмент онтології життєдіяльності Віктора Глушкова

родини Віктора Глушкова, вчителів, учнів, а також наукових видань, наукових установ, у яких реалізувалися його проекти, ідеї та гіпотези тощо.

Сервіси онтології здійснюють ієрархічну фільтрацію інформації щодо життєдіяльності. Це забезпечується на основі визначених при її реалізації тематичних класів та підкласів різного рівня. Так, на рис. 4 представлено фрагмент тематичних класів, які класифікують напрямки відображення інформації щодо життєдіяльності вченого.

Окремий формат відображення життєдіяльності має онтологічна Т-ПРИЗМА, яка представлена на рис. 5.

Вона реалізує семантичну згортку та агрегативне відображення довільної інформації щодо Глушкова. Кожна грань Т-ПРИЗМИ може бути представлена різними класами концептів онто-

логії, які характеризують життєдіяльність Глушкова. Топологія семантичної згортки Т-ПРИЗМИ має формат вкладеності типу «мотрійка». Кожна грань, якщо вона відображає складний концепт, реалізує безперервне топологічне перетворення у формат Т-ПРИЗМИ, яка відображає концепти із таксономічного різноманіття класу, що представлено гранню основної Т-ПРИЗМИ.

Ще один сервіс, який забезпечує онтологія життєдіяльності Глушкова, реалізує ранжування семантичних полів результатів діяльності учнів відносно семантичного поля, яке формується з концептів нарративу наукових результатів досліджень Віктора Глушкова. На його основі було виявлено учнів — лауреатів Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів — членів МАН України, запрошених

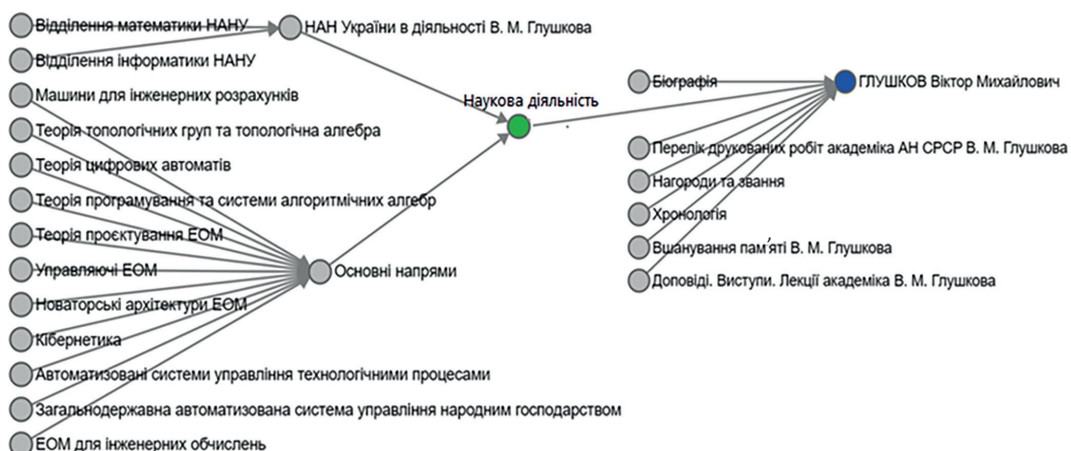


Рис. 4. Фрагмент тематичних класів першого та другого рівнів представлення інформації щодо академіка Глушкова



Рис. 5. Онтологічна Т-ПРИЗМА — Життєдіяльність Глушкова

із доповідями на ювілейну Міжнародну науково-практичну конференцію «Глушковські читання» до 100-річчя з дня народження В. М. Глушкова.

Семантичне поле Глушкова було сформоване за результатами семантико-лінгвістичного аналізу його монографії «Основи безпаперової інформатики», до якої входять описи усіх напрямів досліджень ученого — з алгебри, прикладної математики, програмної інженерії, в галузях штучного інтелекту, телекомунікацій тощо. На її матеріалах створено базу знань у форматі нейронної мережі, що була доповнена деякими математичними поняттями, використаними Глушковым у своїх наукових роботах.

Після цього були сформовані семантичні поля шляхом виявлення лексикографічних систем у вибраних проектах кожного учня. Далі, використовуючи метод обчислення семантичної еквівалентності лексикографічних систем, отримуємо значення відсотка входження семантичних полів учнів до лексикографічної системи семантичного поля Глушкова. Отриманий відсоток і визначає відповідний рейтинг для кожного учня.

Лексикографічна система семантичного поля Глушкова містить понад 22 000 понять.

Лексикографічні системи семантичних полів учнів знаходяться в інтервалі від 500 до 1200 понять.

Логіко-семантичний аналіз на еквівалентність та консолідованість лексикографічних моделей науково-освітніх робіт учнів — лауреатів Всеукраїн-

ського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт виявив рейтинг кожного (рис. 6). Аналіз проводився за наступними предметними профілями, які являють собою тематичні напрями конкурсу: комп'ютерна інженерія; кібербезпека; програмна інженерія; системи та технології штучного інтелекту; інтернет-технології та вебдизайн; навчальні, ігрові програми та віртуальна реальність; інформаційно-телекомунікаційні системи та технології; математика; прикладна математика; статистика. Значення рівнів обчислювалося за методикою багатовимірного аналізу [14; 15]. З 80 лауреатів було відібрано 15 учнів за значеннями їхніх рейтингів відповідності лексикографічних моделей в семантичному полі Глушкова (рис. 6).

Висновки. Застосування лексикографічних моделей і систем виводить процес оцінювання інтелектуального потенціалу учнів та, як наслідок, їхніх інтелектуальних досягнень на новий рівень. Лексикографічний аналіз навчально-дослідницької діяльності учнів забезпечує представлення семантичних полів їхнього мислення. В результаті застосування такої методики оцінювання відображається рівень семантичної еквівалентності та консолідованості системи знань учня з вже накопиченими людством системами знань. Тобто на основі розв'язання вказаної задачі еквівалентності та консолідованості лексикографічних моделей вже визначених систем знань та тих, що формуються у свідомості

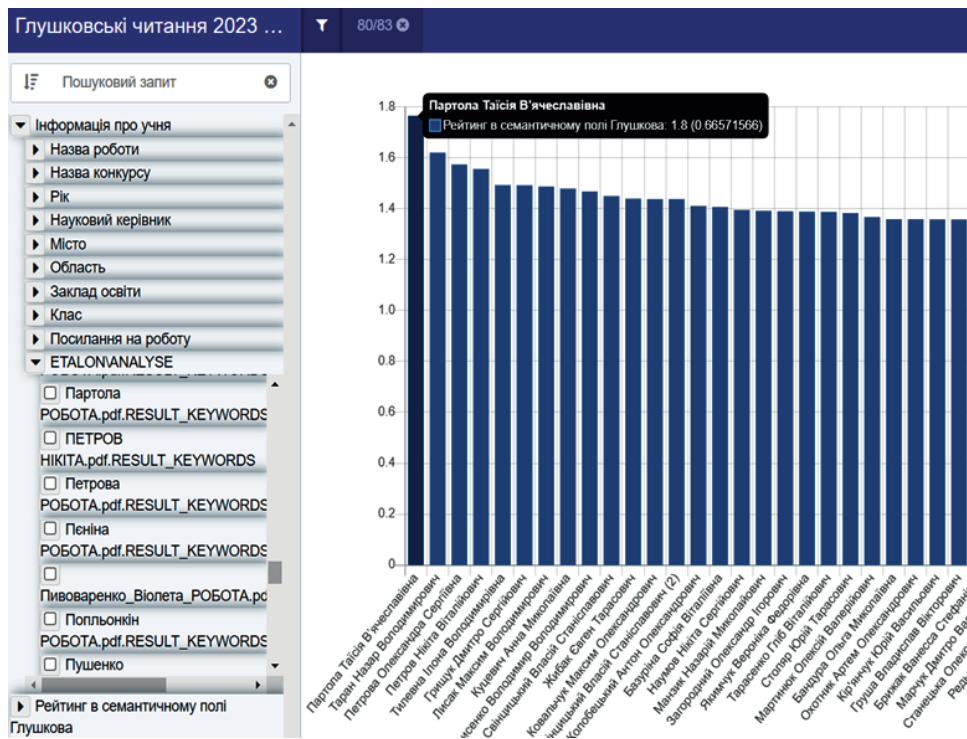


Рис. 6. Рейтинг учнів — лауреатів Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів — членів МАН України в семантичному полі Глушкова (<https://e-devel.ulif.org.ua/sppr-int/?sharedgraph=65108fc8d9d74&view=barchart>)

учнів, ми можемо певним чином визначати рівень їхнього інтелектуального потенціалу та розвитку. І це розв'язання ґрунтується на інструментах сучасних лінгвістичних технологій.

Більше того, лексикографічний підхід визначає нові технологічні умови якісного оцінювання на основі відображення семантичного поля, у якому реалізується навчально-пізнавальна діяльність учня. Забезпечується оцінювання його мовної культури, вміння логічно викладати свої міркування, твердження та логіковість висновків. Розв'язання задачі щодо виявлення семантичної еквівалентності та консолідованості лексикографічних систем, які формуються у свідомості учнів, з лексикографічними моделями провідних учених та фахівців у тих чи інших предметних галузях знань також впливає на формування у них навичок самоаналізу, критичного мислення тощо.

А це суттєво сприяє процесу інтенсивного формування інтелекту та особистості, на розвиток яких впливають численні внутрішні і зовнішні чинники.

Лексикографічне оцінювання інтелектуального потенціалу учнів також створює умови для реалізації моніторингу їхнього інтелектуального розвит-

ку. Технологічно це може бути здійснено у процесі формування цифрового образу учня, атрибутивні характеристики якого відображають семантичні стани його свідомості. Такий підхід до оцінювання рівня інтелектуального розвитку учня передбачає використання засобів онтологічного інжинірингу, що сприяє більш адаптивному управлінню його навчально-пізнавальною діяльністю як передумовою організації наукової освіти.

Список використаних джерел

1. Широков В. А. Елементи лексикографії : монографія. Київ : Довіра, 2005. 304 с.
2. Piaget J. The Psychology of Intelligence. London : Routledge and Kegan Paul, 1951.
3. Смульсон М. Л. Психологія розвитку інтелекту : монографія. Київ : Нора-Друк, 2003. 298 с.
4. Широков В. А. Феноменологія лексикографічних систем. Київ : Наукова думка, 2004. 328 с.
5. Charpak G., Léna P., Quéré Y. Les enfants et la science / Edit. Odile Jacob, 2005. 240 p.
6. Калитич Г. І. Консолідація інформації, знань і мудрості як проектування і основа гармонійного поступу України. *HTI*. 2008. № 1. С. 51.
7. *The ANSI/SPARC DBMS Model* : Proceedings of the Second SHARE Working / D. A. Jardine (Ed.). Canada, Montreal : North-Holland Pub. Co., 1977. 225 p.

8. Rydeheard D. E., Burstall R. M. Computational Category Theory. New York : Prentice Hall, 1988. XIII. 257 p.
9. Cannataro M., Talia D. Semantics and knowledge grids: building the next-generation grid. *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*. 2004. № 19 (1). Pp. 56–63.
10. Levenshtein V. I. Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. *Reports of the USSR Academy of Sciences Soviet Physics Doklady*. 1966. № 10 (8). Pp. 707–710.
11. Voronoi G. F. Nouvelles applications des paramètres continus à la théorie de formes quadratiques. *Journal für die reine und angewandte Mathematik*. 1908. Vol. 134. Pp. 198–287.
12. Lloyd S. Least squares quantization in PCM. *IEEE Transactions on Information Theory*. 1982. Vol. 28. № 2. Pp. 129–137.
13. Clark K., Khandelwal U., Levy O., Manning C. D. What Does BERT Look at? An Analysis of BERT’s Attention. *Analyzing and Interpreting Neural Networks for NLP : Proceedings of the 2019 ACL Workshop BlackboxNLP*. Stroudsburg, PA, USA : Association for Computational Linguistics, 2019. Pp. 276–286. arXiv:1906.04341. DOI: 10.18653/v1/w19-4828.
14. Saaty T. L. Decision Making with Dependence and Feedback. The Analytic Network Process. Pittsburgh, Pennsylvania : RWS Publications, 2001. 370 p.
15. Pluta W. Metody wielowymiarowej analizy porównawczej w modelowaniu informacyjnej i ekonomicznej kombinatu przemysłowego. Wrocław, 1979. 156 p.
5. Charpak, G., Léna, P., & Quéré, Y. (2005). *Children and science* / Edit. Odile Jacob [in French].
6. Kalytych, H. I. (2008). Konsolidatsiia informatsii, znan i mudrosti yak proektuvannia i osnova harmoniinoho postupu Ukrainy [Consolidation of information, knowledge and wisdom as design and basis of harmonious progress of Ukraine]. *NTI*, 1, 51 [in Ukrainian].
7. Jardine, D. A. (Ed.). (1977). *The ANSI/SPARC DBMS Model : Proceedings of the Second SHARE Working*. Canada, Montreal : North-Holland Pub. Co.
8. Rydeheard, D. E., & Burstall, R. M. (1988). *Computational Category Theory*. New York : Prentice Hall.
9. Cannataro, M., & Talia, D. (2004). Semantics and knowledge grids: building the next-generation grid. *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*, 19 (1), 56–63.
10. Levenshtein, V. I. (1966). Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. *Reports of the USSR Academy of Sciences Soviet Physics Doklady*, 10 (8), 707–710.
11. Voronoi, G. F. (1908). New applications of continuous parameters to the theory of quadratic forms. *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 134, 198–287 [in French].
12. Lloyd, S. (1982). Least squares quantization in PCM. *IEEE Transactions on Information Theory*, 28, 2, 129–137.
13. Clark, K., Khandelwal, U., Levy, O., & Manning, C. D. (2019). What Does BERT Look at? An Analysis of BERT’s Attention. *Analyzing and Interpreting Neural Networks for NLP : Proceedings of the 2019 ACL Workshop BlackboxNLP*. Stroudsburg, PA, USA : Association for Computational Linguistics. (Pp. 276–286). arXiv:1906.04341. DOI: 10.18653/v1/w19-4828.
14. Saaty, T. L. (2001). *Decision Making with Dependence and Feedback. The Analytic Network Process*. Pittsburgh, Pennsylvania : RWS Publications.
15. Pluta, W. (1979). *Methods of multivariate comparative analysis in modeling of informacyjnej i ekonomicznej kombinatu przemysłowego*. Wrocław [in Polish].

References

1. Shyrokov, V. A. (2005). *Elementy leksykohrafii [Elements of lexicography]*. Kyiv : Dovira [in Ukrainian].
2. Piaget, J. (1951). *The Psychology of Intelligence*. London : Routledge and Kegan Paul.
3. Smulson, M. L. (2003). *Psykhologhiia rozvytku intelektu [Psychology of intelligence development]*. Kyiv : Nora-Druk [in Ukrainian].
4. Shyrokov, V. A. (2004). *Fenomenolohiia leksykohrafichnykh system [Phenomenology of lexicographic systems]*. Kyiv : Naukova dumka [in Ukrainian].
5. Shyrokov, V. A., Nadutenko, M. V., Stryzhak, O. Ye., Gritchina, A. I., Yaremenko, A. A. (2024). *Lexicographic Aspects of Assessing Students’ Intellectual Potential*. Scientific Notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine, 2(30), 35–42. DOI: 10.18653/v2/w24-30-35.

V. A. Shyrokov,
M. V. Nadutenko,
O. Ye. Stryzhak,
A. I. Gritchina,
A. A. Yaremenko

LEXICOGRAPHIC ASPECTS OF ASSESSING STUDENTS’ INTELLECTUAL POTENTIAL

Abstract. The article analyzes the process of using lexicographic models and systems to assess the levels of intellectual development of students. The category of lexicography is considered in detail. Lexicographic models and systems are considered as the conceptual basis of educational and scientific narratives that can be created by students in various thematic areas. To assess the intellectual potential, a method of comparing lexicographic models formed in the minds of students in the process of their educational and cognitive activities with lexicographic systems that define the

conceptual basis of standardized thematic knowledge systems is proposed. It is proposed to use scientific works of world-famous scientists as standardized thematic knowledge systems. For this purpose, the concept of semantic field is introduced, which reflects the set of concepts that make up the thematic knowledge systems in the format of an ontology. The task of comparing lexicographic systems is to identify the levels of consolidation of ontologies. The use of Levenshtein distance, Voronoi diagrams, Lloyd's algorithm, language modeling (Language Understanding) using the BERT approach as means of calculating the levels of equivalence and consolidation of lexicographic systems of students' narratives and famous scientists is substantiated. The methods of multidimensional evaluation and ranking are used to calculate the levels of students' lexicographic systems in relation to the systems of thematic knowledge of a famous scientist and the corresponding rating of their positioning in this system of scientist's knowledge. The article presents an example of calculating the positioning of students' lexicographic systems in the semantic field of the world-famous cyberneticist and mathematician Viktor Glushkov, based on the semantic analysis of students' scientific works in the competition of the Junior Academy of Sciences, thematic area of cybernetics, mathematics.

Keywords: linguistic technologies, lexicography, ontology, multidimensional evaluation, semantic field, narrative, rating.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Широков Володимир Анатолійович — д. техн. наук, академік НАН України, директор, Український мовно-інформаційний фонд НАН України, м. Київ, Україна, vshirokov48@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5563-8907>

Надутенко Максим Вікторович — канд. техн. наук, завідувач відділу, Український мовно-інформаційний фонд НАН України, м. Київ, Україна, maxkrb@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6732-8455>

Стрижак Олександр Євгенійович — д. техн. наук, професор, заступник директора з наукової роботи, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, sae953@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4954-3650>

Грітчина Анна Іванівна — канд. пед. наук, заступниця директора з методичної роботи, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, analit@man.gov.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8210-8167>

Яременко Андрій Анатолійович — аспірант, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», спеціальність 172 Електронні комунікації та радіотехніка, провідний інженер відділу програмного забезпечення та комп'ютерних мереж, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, y_aa@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-0116-0347>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Shyrovkov V. A. — D. Sc. in Engineering (Hub), Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Director, the Ukrainian Language and Information Foundation of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, vshirokov48@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5563-8907>

Nadutenko M. V. — PhD in Engineering, Head of the Department, the Ukrainian Language and Information Foundation of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, maxkrb@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6732-8455>

Stryzhak O. Ye. — D. Sc. in Engineering (Hub), Professor, Deputy Director for Scientific Work, the NC "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine, sae953@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4954-3650>

Gritchina A. I. — PhD in Pedagogy, Deputy Director for Methodological Work, the NC "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine, analit@man.gov.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8210-8167>

Yaremenko A. A. — graduate student, National University "Yuri Kondratiuk Poltava Polytechnic", majoring in 172 Electronic communications and radio engineering, leading engineer of the software and computer networks department, NC "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine, y_aa@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-0116-0347>

Стаття надійшла до редакції / Received 03.05.2024