



Володимир Камишин – доктор педагогічних наук, старший науковий співробітник, член-кореспондент НАПН України, директор ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», м. Київ, Україна.

Коло наукових інтересів: інформаційні технології в управлінні в освіті й науці, методологія системної кваліметрії, виявлення і розвиток обдарованості, проблеми управління навчально-виховним процесом, людський чинник та ергономіка.

✉ kvv@ukrintei.ua

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-8832-9470>

Олексій Рева –

доктор технічних наук, професор; професор кафедри аеронавігаційних систем Національного авіаційного університету, м. Київ, Україна.

Коло наукових інтересів: безпека авіаційних систем, людський чинник та ергономіка, прийняття рішень, педагогічна кібернетика, підготовка авіаційних операторів «переднього краю».

✉ ran54@meta.ua

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-5954-290X>



Сергій Завгородній – декан факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій Національного авіаційного університету, кандидат технічних наук, м. Київ, Україна.

Коло наукових інтересів: людський чинник і ергономіка, професійна підготовка авіаційних операторів «переднього краю», інформаційні технології.

✉ zavgorodniys67@ukr.net

🆔 <https://orcid.org/0000-0003-2451-5108>

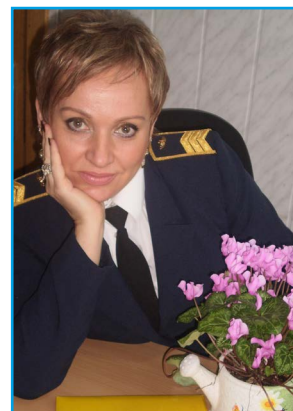
Лариса Сагановська –

старший викладач кафедри фізико-математичних дисциплін та інформаційних технологій в авіаційних системах Львівської академії Національного авіаційного університету, м. Кропивницький, Україна.

Коло наукових інтересів: Формування професійних знань авіаційних фахівців із використанням інформаційних технологій.

✉ lora-sag@uk

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-2560-4383>



УДК 159.9.07:159.928

<https://doi.org/10.32405/2411-1317-2022-3-100-107>

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕВРИСТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕЗАУРУСУ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Анотація. В умовах інформаційного буму нагально актуальним є вирішення проблеми, з одного боку, структурної організації (ірхітектоніки) простору знань, що за світовими прогнозами має досягти у 2025 році 163 Zb. З іншого ж боку, йдеться про визначення тезаурусу певної галузі знань (чи певної навчальної дисципліни), тобто того повного і систематизованого набору даних, що вважається в інформатиці достатнім для людини-користувача або ЕОМ, щоби успішно орієнтуватися в цій галузі знань. І саме цей тезаурус має бути успішно опанованим навченими в межах відповідних навчальних програм.

Розглядаючи «дерево знань» як об'єкт, схожий навіть не на розгалужений кущ, а на баньян з кількома стовбурами, обґрунтовано теоретичну можливість і представлено математичну модель застосування методології евристичних рішень для «обрізання» зазначеного «дерева», а отже формування шуканих тезаурусів навчальних дисциплін.

Ключові слова: інформаційний бум, обмеженість ресурсів людини з опанування знаннями, евристичні рішення, тезаурус навчальної дисципліни

Постановка проблеми. Бум інформаційних технологій, зокрема прогрес у методах збору, зберігання і обробки даних, призвів до накопичення величезних їх обсягів. За світовою статистикою, якщо у 2006 році обсяг інформації, вироблений людством за усю історію його існування, дорівнював 0,16 Zb (1 zettabyte (Zb)= 10^{21} байт), то очікується, що у 2025 році він зросте до 163 Zb, що у 10 разів більше за показник 2016 року. Відповідну динаміку наочно ілюструє рис. 1.

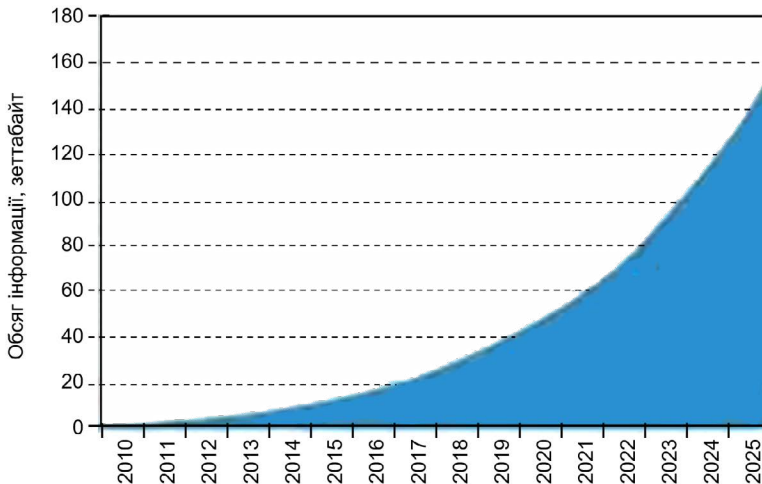


Рис. 1. Світова динаміка зростання обсягів інформації

Наведене робить актуальним вирішення проблеми обробки, структуризації, аналізу, а отже й опанування інформації людиною-користувачем. Оскільки в протилежному випадку її величезний обсяг перетвориться у щось на кшталт інформаційного Демона Другого Порядку, описано-

го майже 50 років тому в «Кіберіаді» чудового польського фантаста С. Лема (Stanislaw Herman Lem) (Лем, 1990).

Оскільки «слона вживають маленькими кусанчиками», то й знання варто опановувати певними «порціями», тому у контексті наших досліджень ідеться про необхідність науково-обґрунтованого визначення меж змістовного (знаннєвого) наповнення кожної навчальної дисципліни (НД), тобто формування її тезаурусу (від лат. *thēsaurus* – *скарб, множина, скарбниця*, що відтворює), під яким в інформатиці розуміють повний систематизований набір даних певної галузі знань, що дозволяє людині-користувачу або ЕОМ у ній успішно орієнтуватися. Тобто, йдеться ще й про внутрішню цілісність і завершеність тезаурусу. І зрозуміло, що знання, що виходять за межі тезаурусу, людина опановуватиме в процесі виробничої чи наукової діяльності.

Отже, порушується питання щодо науково-обґрунтованого «обрізання» відомого ще з біблійських часів «дерева знань» (рис. 2), яке, як видно з рис. 1, на сучасному етапі існування людства незвичайно активно, майже мультиплікативно, «кущиться». Причому автори погоджуються з думкою Джонардона Ганері (Jonardon Ganeri), професора філософії Нью-Йоркського університету в Абу-Дабі, що «дерево знань варто уявляти як баньян, з його численним повітряним корінням, а не як яблуню (дерево з єдиним стоволом)». Тому йдеться не лише про послідовно-паралельну взаємодію і доповнення знань, але ще й про їх позитивну інтерференцію та конвергенцію, що може бути ознакою та передумовою виникнення синергетичного ефекту.

Аналіз досліджень і публікацій. На сьогодні вирішення проблеми обґрунтування тезаурусу НД (ТНД) дещо підмінюється формуванням змісту НД, що вирішуються методами педагогічного проектування. Причому зміст НД формується, переважно, на основі багатого особистого досвіду науково-педагогічної праці його розробників. Тому, якщо реалізація відповідних результатів і призводить по позитивних наслідків, інколи навіть суттєвих, проте вони не є оптимальними через відсутність обґрунтованої науково-методологічної основи – моделі організації освітнього простору знань і інструментарію обрізання відповідного «дерева» для встановлення ТНД.

У праці (Камишин, Рева, Добровольська, 2016) обґрунтовано системно-кібернетичні основи формування простору знань в умовах інформаційного буму, що дозволяє розробити модель архітекτονіки знань, а отже побудувати відповідне «дерево», що кущиться, з якого й має вирізатися тезаурус певної НД чи галузі знань (рис. 3). Однак, при цьому не обґрунтовується ані глибина, ані ширина зазначеного «обрізання», що й має бути предметом спеціальних досліджень. З аналізу праць за темою дослідження випливає можливість застосування з зазначеною метою методології теорії евристичних рішень.

Постановка завдання дослідження. Виходячи з вищенаведеного, метою цієї публікації є наукове обґрунтування застосування методології теорії евристичних рішень (ЕР) для формування ТНД.

Виклад основного матеріалу. Сутність застосування евристичних моделей ПР для обрізання «дерева знань» і формування ТНД. Насамперед визначимося з відповідною термінологією.

У наших дослідженнях уважатимемо, що *прийняття рішень* (ПР) – це цілеспрямований акт емоційно-вольового вибору експертом (групою експертів) певної кількості гілок (за потреби й стовбурів, якщо йдеться про «баньян») «дерева знань» для формування ТНД шляхом пе-



Рис. 2. Ілюстрація біблійського «дерева знань», що кущиться

ретворення вихідної інформації, коли ситуація організації архітекtonіки знаннєвого простору невизначена.

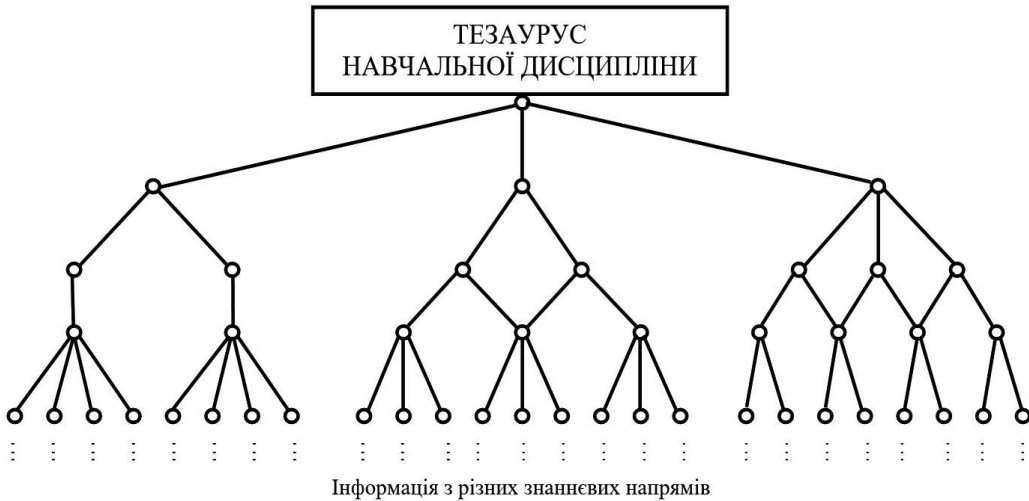


Рис. 3. Архітекtonіка «дерева знань»: гіпотетичний приклад формування тезаурусу знань з певної навчальної дисципліни

Водночас *EP* – це алгоритм вибору певної кількості гілок (за потреби й стовбурів, якщо йдеться про «баньян») «дерева знань» для формування ТНД, що базується на досвіді експерта (групи експертів) та інтуїції, осяянні та синергії, не є гарантовано точними чи оптимальними, але достатні для вирішення поставленої задачі. Типовими умовами застосування *EP* є дефіцит часу на розв'язання проблемної ситуації і перевантаження інформацією, що ускладнює процес її обробки.

Спираючись на попередні дослідження нашої проблеми, розглянемо зміст евристичних методів та рішень на прикладі обрізання «дерева знань» для створення тезаурусу певної НД. При цьому матимемо на увазі думку піонерів *EP* А. Ньюелла (Allen Newell) та Г. Саймона (Herbert A. Simon), які, розглядаючи розгалужені процеси, зауважували про те, що коли суб'єкт, який вирішує задачу, стикається з групою альтернатив, звичайний евристичний прийом полягає у виявленні з самого початку можливих шляхів за допомогою відносно доступного тесту.

Отже, вважатимемо, що загальна кількість гілок «дерева знань», що з'являються на *T*-му етапі, дорівнює N^T .

Якщо маємо граф виду рис. 3, що містить N альтернатив у кожному корені, то він має довжину T і один правильний шлях до мети, то при випадкових пробах буде потрібно зробити у середньому $(0,5 \cdot N)^T$ проб. У тому ж графі, якщо евристичний тест дозволить відкинути як безрезультатні половину альтернатив у кожному корені і здійснити випадковий пошук, кількість проб зменшиться до $0,5 \cdot (0,5 \cdot N)^T$, тобто, у 2 рази, і т.д.

Як бачимо, рис. 3 ілюструє, як сходяться знання, поняття з різних навчальних дисциплін і наукових напрямків у деякий знаннєвий простір, званий тезаурусом конкретної НД. Обрізання цього розгалуженого куща відбувається шляхом застосування того або іншого тесту. Внаслідок цього одержується вже усічений процес, що кущиться, в якому ефективність пошуку рішень щодо залучення у тезаурус певної навчальної інформації оцінюється так: Нехай, $m_1, m_2, \dots, m_{(T+1)}$ – кількість усічених коренів процесу, що кущиться на 1-му, 2-му, ..., *T*-му, *T*+1-му етапах рішення, а N – кількість операцій, що застосовуються. Тоді кількість гілок на цих етапах складе відповідно:

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= N - m_1 \\ l_2 &= (N - m_1) \cdot N - m_2 \\ &\dots \\ l_T &= N^T - m_1 N^{T-1} - \dots - m_{T-1} N - m_T \\ l_{T+1} &= N^{T+1} - m_1 N^T - \dots - m_{T-1} N^2 - m_T N - m_{T+1} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Якщо на деякому етапі, скажімо, на T -му, Ви досягнете рішення, то на наступному, $T+1$ -му, етапі всі гілки необхідно усікти, тобто, $l_{(T+1)} = 0$

Позначимо загальну кількість відсічених гілок – через M , а загальну кількість гілок, що залишилися, – через L . Тоді

$$M = \sum_{j=1}^{T+1} m_j; \quad L = \sum_{j=1}^{T+1} l_j. \quad (2)$$

Складаючи рівняння (1), отримуємо

$$L = N \frac{N^{T+1}-1}{N-1} - m_1 \frac{N^{T+1}-1}{N-1} - m_2 \frac{N^T-1}{N-1} - \dots - m_{T+1} \frac{N-1}{N-1}. \quad (3)$$

Або з врахуванням виразу (1), прийдемо до результату

$$L = \frac{M-N}{N-1}. \quad (4)$$

Вважаючи, що кількість гілок, яка залишилась, може бути інтерпретованою як довжина шляху, що веде до рішення, одержаний результат можна інтерпретувати у такий спосіб: довжина шляху, що веде до рішення, залежить від співвідношення кількості відсічених коренів і кількості застосованих операцій.

Розуміючи у подальшому під ефективністю рішення $E(T)$ співвідношення довжини шляхів, що ведуть до рішення, без використання L^* і з використанням L того чи іншого тесту (знання), одержимо:

$$E(T) = \frac{L^*}{L}. \quad (5)$$

Якщо тест не використовувати, то кількість шляхів до рішення буде максимальною і визначатиметься так:

$$L^* = \frac{N(N^T-1)}{N-1}. \quad (6)$$

Підставляючи формули (4) і (6) до виразу (5) одержимо

$$E(T) = \frac{N(N^T-1)}{M-N}. \quad (7)$$

Знайдемо граничні значення M , а через них й $E(T)$.

1. M_{\min} існує лише тоді, коли на кожному з T етапів є тільки один шлях, а на $T+1$ -му етапі немає жодного шляху, оскільки рішення вже знайдено, тобто:

$$\left. \begin{aligned} m_1 &= m_2 = \dots = m_T = (N-1) \\ m_{T+1} &= N \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Тоді маємо, що

$$M(N-1)_{min}. \quad (9)$$

2. M_{max} можливо, коли на кожному з T етапів мають місце всі шляхи, а на $T+1$ -му етапі всі шляхи відсічені, тобто

$$m_1 = m_2 = \dots = m_T = 0; \quad m_{T+1} = N^{T+1}. \quad (10)$$

Звідси маємо, що

$$MT + 1_{max}. \quad (11)$$

Підставляючи одержані значення M_{min} і M_{max} до рівності (2), матимемо:

$$1 \leq E(T) \leq \frac{N}{T} \cdot \frac{(N^T - 1)}{N - 1}. \quad (12)$$

Підрахуємо далі ефективність рішення при використанні ієрархічної системи рішення. Нехай передостанній рівень ієрархічної системи створює p підділей (i , таким чином, p етапів), що об'єднують по T' операцій останнього рівня. Тоді $T = p T'$.

Загальна кількість гілок, що ведуть до кожної з підділей, у відповідності із раніш наведеним буде $N(N^{T'-1})/(N-1)$, а всього

$$L^{**} = \frac{N(N^{T'} - 1)}{N - 1} \cdot p \quad \text{або} \quad L^{**} = \frac{N(N^{T'} - 1)}{N - 1} \cdot \frac{T}{T'} \quad (13)$$

Порівнюючи останній вираз (13) із загальною кількістю шляхів до рішення, матимемо:

$$\frac{L^*}{L^{**}} = \frac{N^T - 1}{N^{T'} - 1} \cdot \frac{T'}{T}. \quad (14)$$

Або, враховуючи, що $N^T \gg 1$ і $N^{T'} \gg 1$,

$$\frac{L^*}{L^{**}} \approx \frac{T'}{T} \cdot N^{T - T'}. \quad (15)$$

На завершення зауважимо, що дослідження евристичних стратегій, що застосовуються при вирішенні наукових проблем, а також проблем, які виникають у колективних іграх або в процесі ПР іншого роду, значно розширюють спектр знань окремої людини.

Висновки:

1. Ця стаття є природнім розвитком попередніх досліджень авторів з застосування методології теорії графів для формування організаційної структури (архітектоніки) взаємодії дидактичних одиниць (ДО) у багатовимірному просторі знань.

2. Обґрунтовано, що, враховуючи взаємну послідовно-паралельну залежність та доповнення знань, відповідне «дерево» має розглядатися не просто як розгалужений кущ, а як баньян, з його численним повітряним корінням.

3. Виходячи з мети дослідження розкрито зміст дефініцій *прийняття рішення* (ПР) та *евристичне рішення* (ЕР).

4. Спираючись на отримувану в вищенаведений спосіб архітектоніку ДО, уперше аналітично обґрунтовано і математично заформалізовано застосування евристичних методів УР для встановлення ТНД, зокрема обрізання «дерева знань», яке активно куциться, що й сприяє формуванню тезаурусу певної галузі знань або НД.

5. Подальші дослідження з розвитку кібернетичної системно-інформаційної методології у педагогіці слід проводити у таких напрямках (не ранжуючи):

- обґрунтування моделі припинення навчання;
- встановлення критеріїв компетентності учасників освітньо-виховного процесу, спираючись на показники і характеристики впливу людського чинника на УР;
- розроблення методології усунення «статистичної похибки того, хто вижив» у групових рішеннях учасників ОВП тощо.

Використані джерела

- Кремень, В. Г., Ільїн, В.В. (2012). *Синергетика в освіті: контекст людиноцентризму*. Педагогічна думка.
- Камишин, В. В., Рева, О.М., Добровольська, Н.А. (2016). Системно-кібернетичні основи організації простору знань у дидактиці в умовах інформаційного буму. *Вища школа*, 9, 103–117.
- Кремень, В. Г. (2014). Проблеми якості української освіти в контексті сучасних цивілізаційних змін. *Педагогіка і психологія*, 4, 5–10.
- Купенко, В. О. (2015). *Педагогічні проекти: навчальний посібник*. Сумський державний університет.
- Лем, С. (1990). *Подорож шоста, або як Трурль і Кляпавці створили Демона Другого Порядку, аби розбійника Мордана перемогти*. Кіберіада (І.І. Сварник, Пер. з польськ.) (сс.182–196). Видавництво художньої літератури «ДНІПРО».
- Рева, О.М., Камишин, В.В., та ін. (2019). *Методи і моделі кваліметрії синергетичного ефекту у дидактиці: монографія*. ІОД НАПН України.
- Савельєва, Н.М. (Ред.) (2017). *Навчально-методичне забезпечення освітніх компонентів: довідник для педагогічних та науково-педагогічних працівників*. ПНПУ імені В. Г. Короленка.
- Шевченко, І. (2010). Педагогічне проектування та його складові. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Педагогічні науки*, 91, 256–260.

References

- Kamyshyn, V. V., Reva, O.M., Dobrovolska, N.A. (2016). Systemno-kibernetichni osnovy orhanizatsii prostoru znan u dydaktytsi v umovakh informatsiinoho bumy. *Vyshcha shkola*, 9, 103–117.
- Kremen, V. H. (2014). Problemy yakosti ukrainskoi osvity v konteksti suchasnykh tsyvilizatsiinykh zmin. *Pedahohika i psykholohiia*, 4, 5–10.
- Kremen, V. H., Ilin, V.V. (2012). *Synerhetyka v osviti: kontekst liudynotsentryzmu*. Pedahohichna dumka.
- Kupenko, V. O. (2015). *Pedahohichni proekty: navchalnyi posibnyk*. Sumskyi derzhavnyi universytet.
- Lem, S. (1990). *Podorozh shosta, abo yak Trurl i Kliapavtsii stvoryly Demona Druhoho Poriadku, aby rozbiinyka Mordania peremohty*. Kiberiada (I. I. Svarnyk, Transl.) (pp.182–196). Vydavnytstvo khudozhnoi literatury «DNIPRO».
- Reva, O.M., Kamyshyn, V.V. et al. (2019). *Metody i modeli kvalimetrii synerhetychnoho efektu u dydaktytsi: monohrafiia*. IOD NAPN Ukrainy.
- Savelieva, N.M. (Ed.) (2017). *Navchalno-metodychne zabezpechennia osvitnikh komponentiv: dovidnyk dlia pedahohichnykh ta naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv*. PNPU imeni V.H. Korolenka.
- Shevchenko, I. (2010). Pedahohichne proiektuvannia ta yoho skladovi. *Naukovi zapysky Kirovohradskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Vynnychenka. Pedahohichni nauky*, 91, 256–260.

Volodymyr Kamyshyn, Dr. Sc. in Education, Senior Researcher, Corresponding Member of the NAES of Ukraine, Director of “Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information”, Kyiv, Ukraine.

Research interests: information technologies in management in education and science, methodology of system quality measurement, identification and development of giftedness, problems of management of educational process, human factor and ergonomics.

Oleksii Reva, Dr. Sc. in Engineering, Professor, Professor of the Department of Aeronautical Systems, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.

Research interests: safety of aviation systems, human factors and ergonomics, decision-making, pedagogical cybernetics, training of “frontline” aviation operators.

Serhii Zavhorodnii, PhD in Engineering, Ass. Prof., Dean of the Faculty of Air Navigation, Electronics and Telecommunications, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.

Research interests: human factors and ergonomics, professional training of “front-line” aviation operators, information technologies.

Larysa Sahanovska, Senior Lecturer of the Physical and Mathematical Disciplines Department, National Aviation University Flight Academy, Kropyvnytskyi, Ukraine.

Research interests: formation of professional knowledge of aviation specialists with the use of information technologies.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF HEURISTIC APPROACH TO ESTABLISHING THE THESAURUS OF ACADEMIC DISCIPLINE

In conditions of the information explosion, it is urgently relevant, on the one hand, to solve the problem of the structural organization (architecture) of the knowledge space. According to the world's prediction, the knowledge space will reach 163 Zb in 2025. On the other hand, it is about defining the thesaurus of a certain field of knowledge (or a certain academic discipline). That is a complete and systematized set of data that is considered in informatics to be comprehensible for a human user or a computer to successfully navigate in this field of knowledge. It is this thesaurus that must be successfully mastered by students in the relevant educational programs. Considering the “tree of knowledge” as an object similar not to a branched bush, but to a banyan tree with several trunks, the theoretical possibility is substantiated, as well as the mathematical model of the application of heuristic decision methodology is presented for “pruning” the specified “tree” and therefore the formation of the sought-after thesauruses of academic discipline. The authors note that the study of heuristic strategies used in solving scientific problems, as well as problems that arise in collective games or the process of PR of another kind, significantly expands the range of knowledge of a person.

Keywords: information explosion; limitation of human resources for mastering knowledge; heuristic solutions; thesaurus of educational discipline.