

### Формування знань з інформатики в процесі конструювання ієрархічних схем та статистичний аналіз цих навчальних дій

Практична навчальна діяльність у сфері інформатики відбувається, стосовно складних, добре формалізованих штучних об'єктів. Серед таких об'єктів можна назвати, зокрема такі, як: програми, бази даних, електронні таблиці, комп'ютерні мережі, обчислювальні системи. Навчальні дії в цій сфері, пов'язані з багатокроковим, абстрактно-логічним, причинно-наслідковим мисленням. Діяльність первинна в цій сфері. На її основі формуються процеси сприйняття; спосіб диференціації та структурування знань; особливості зв'язків у понятійній сфері; методологія дій, як розумових, так і матеріалізованих.

Специфіка практичної навчальної діяльності в сфері інформатики полягає в наступному. Число компонентів ментальних дій, навіть в навчальних завданнях, часто значно перевищує ту кількість, яку можна утримувати в полі уваги. Людина не може оперувати одночасно всіма багаточисельними функціональними вузлами складного об'єкта, які вона сприймає і розрізняє. Тому вона змушена у процесі інтелектуальної роботи масштабувати поняття, не виходячи в процесі ментальних дій за межі магічного числа Міллера  $7 \pm 2$  [1]. Саме це число характеризує об'єм короткочасної пам'яті людини. Дії в полі уваги (в короткочасній пам'яті) усвідомлюються, тому можуть бути оптимізовані. Навчальні дії поступово формуються в довготривалій декларативній пам'яті. Цю ментальну конструкцію в психології називають пізнавальною (когнітивною) схемою. Пізнавальна схема усвідомлюється в процесі навчальних дій тільки частинами. Вона є результатом тривалої інтелектуальної діяльності, що супроводжується переведенням уваги та абстрактно-логічним масштабуванням понять. Пізнавальна схема навчання є частиною пізнавальної структури людини.

У дослідженнях з когнітивної психології (Ф. Бартлетт, С. Палмер, У.Найссер, Э. Рош, М. Минський, Б. Величковський і ін.) [2] впроваджується домінуюча думка про те, що інтелектуальна діяльність детермінується структурною організацією пізнавальної сфери. Жодна з когнітивних структур ніколи не є радикально новою, кожна є модифікацією попередньої в часі конструкції. Зокрема У. Найссер вважає, що „ті види відомостей, для яких у нас нема схем, ми просто не сприймаємо” [3]. Когнітивні структури еволюціонують в режимі їх диференціації [4], і як наслідок вони часто утворюють ієрархічні конструкції.

На жаль, реальний типовий підхід у комп'ютеризованому навчанні, як правило, акцентований не на психологічному механізмі процесу навчання, а на вибірковій перевірці засвоєння декларативних знань.

Актуальною проблемою є розробка програмних засобів для підтримки навчальних процесів, в яких відбувається не тільки просте понятійне відтворення, а реалізується навчальне абстрактно-логічне масштабування понятійними одиницями. Останнє може досягатись у процесі конструювання зв'язаних понятійних ієрархій. Такий підхід був розглянутий в роботі [5].

Типове завдання на конструювання понятійних ієрархій подано на рисунку 1. Це вікно виконання завдання. Тут необхідно побудувати структуру обчислювальної системи з наявних елементів.

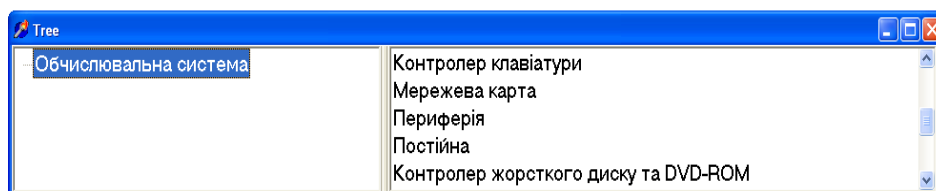


Рис.1 Інтерфейс початкової програми для оперування завданням на конструювання ієрархій

Запропонований студентам інтерфейс вікна виконання складається з двох частин (рис.1). З лівої сторони знаходиться вікно, в якому необхідно побудувати ієрархію, а з правої - вікно з компонентами для конструювання. На початковому етапі виконання завдання на панелі зліва міститься тільки кореневий елемент дерева, через котрий задається предметна галузь. Виконання завдання полягає у побудові деревовидної структури шляхом переміщення компонентів справа наліво. Список компонентів справа доступний через відповідну смугу прокрутки. Порядок слідування окремих елементів у списку випадковий.

На рис.2 показана ситуація, коли завдання на конструювання виконано ще не повністю.

Частина компонентів структури вже переміщені у ліву панель та утворюють ієрархічну конструкцію.

У деяких випадках список справа може бути і надлишковим. У такому разі наприкінці правильного виконання завдання права панель все ж таки містить деяку кількість записів. Через такі завдання надають побудові структури додаткової складності.

Під час перевірки виконання цих завдань відслідковується тільки наявність окремих гілок дерева, а порядок їх слідування неважливий. В якості змістового наповнення завдань була використана структура обчислювальної системи.

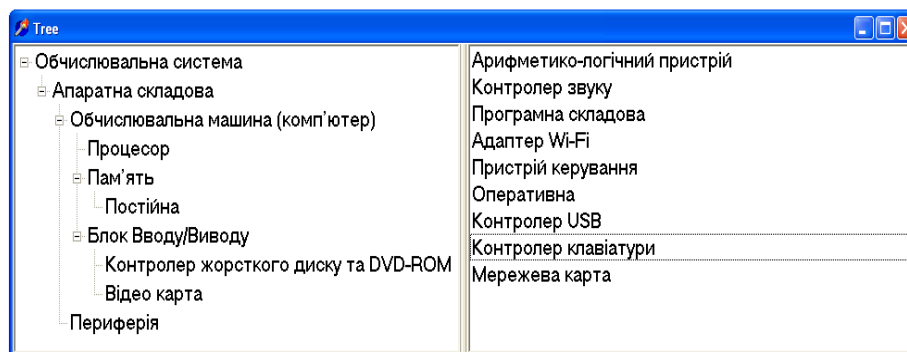


Рис. 2. Інтерфейс початкової програми. Завдання в процесі виконання. У правому вікні ще є невикористані компоненти структури.

Ієрархічні структури добре масштабуються. Базисна для формування завдання ієрархічна структура, як правило, значно більша, ніж потрібно для створення одного завдання і до неї включаються елементи різного ступеня узагальненості. Тому в процесі проектування завдань на конструювання гілки цих деревоподібних утворень можна згортати і розгортати на свій розсуд, не втрачаючи змістової цілісності, але регулюючи кількість елементів у структурі. В якості базису для завдання можна вибрати не деталізацію кореня всього дерева, а деталізацію окремої гілки. Це дозволяє досягати високого ступеня деталізації та конкретизації матеріалу, не втрачаючи однорідність завдання за кількістю необхідних дій.

Великий розмір базової для завдань ієрархії дозволяє утворювати десятки завдань навколо однієї деревоподібної структури, масштабуючи її в процесі формування завдання або пересуваючись в ній. Тут, з однієї сторони, можна акцентувати під час формування завдання на локальних гілках дерева. З іншої сторони, якщо не сильно деталізувати, можна втриматись ближче до «стовбура» базової ієрархії.

На основі аналізу інтерфейсу програми можна зробити маніпуляції в ньому максимально швидкими. Редагування текстів в цьому інтерфейсі мінімізоване. Робота реалізована переважно через використання миші. Доступні перенесення окремих компонентів між деревом і списком, також перестановки, як всередині списку, так і в межах дерева. Реалізована також можливість перенесення цілих гілок дерева.

Максимальне пришвидшення маніпуляцій впродовж виконання завдання є ключовим принциповим моментом, що дозволяє акцентувати на інтелектуальних діях, а не рутинній психомоторній роботі редагування текстів. Даний підхід дозволяє оцінювати швидкість інтелектуальних дій. Аналіз конструкції деревоподібної структури, що є результатом виконання завдання, дозволяє визначити також, який відсоток гілок дерева правильний.

Однорідність завдань в пакеті є важливим моментом, оскільки це впливає на діагностику навчальних процесів. Завдання повинні бути рівноцінні за складністю та кількістю дій, необхідних для їх виконання.

Складність виконання окремого завдання залежить від двох факторів. По-перше, від кількості компонентів в завданні. По-друге, від міри вкладеності окремих компонентів.

Зрозуміло, що в однорідному пакеті кожне завдання повинно бути каліброване за складністю і за кількістю дій, необхідних для виконання завдання.

Калібрування за кількістю компонентів і за кількістю дій реалізується досить легко. Кількість дій в цих завданнях корелює з кількістю елементів конструювання. У всіх завданнях в пакеті було по 20 компонентів.

Калібрування завдань в пакеті за складністю полягала в відслідковуванні міри вкладеності ієрархічних понятійних конструкцій. В кожному завданні було чотири компоненти з глибиною вкладень чотири (рис.3).

За кожним з компонентів, що включає інші компоненти, формується змістовна складова, а значить спричинюється локалізація уваги на ньому. Локалізація уваги спричинює усвідомлення відповідних понятійних одиниць та їх зв'язків. Початковий етап виконання завдання (рис.3), пов'язаний з понятійною одиницею "апаратна частина обчислювальної системи". Цей компонент містить компоненти "обчислювальна машина" і "периферія". Саме ці три компоненти заповнюють поле уваги на початку виконання завдання. Наступне заповнення поля уваги може бути таким: "обчислювальна машина", "процесор", "пам'ять", "блок введення/виведення". Далі в полі уваги може опинитись: "процесор", "арифметико-логічний пристрій", "пристрій керування".

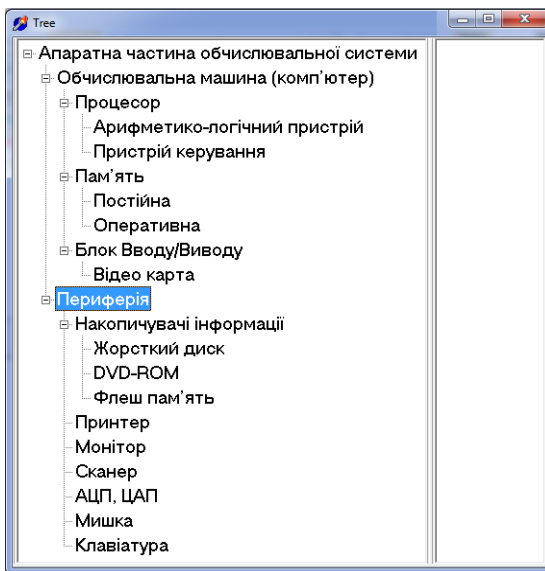


Рис.3. Інтерфейс початкової програми. Завдання виконано.

Порядок заповнення поля уваги може бути різний. Так наприклад, далі, після концентрації уваги на компоненті "обчислювальна машина", може бути задіяна не гілка "процесор", а однорівнева з нею гілка "пам'ять". Незмінним в процесі виконання завдання лишається напрям ментальних дій в бік деталізації наявних в структурі понять.

Очевидно, можна говорити також про транзити уваги. Наприклад, наведена вище деталізація відбулась через наступний транзит уваги: "апаратна частина обчислювальної системи", "обчислювальна машина", "процесор", "арифметико-логічний пристрій".

Як вже відмічалось, за кожним компонентом, що включає інші компоненти ініціюються відповідні логічні дії і усвідомлення їх. Реалізується цей механізм через вербальну петлю. Впродовж вербальної петлі відбуваються логічні дії стосовно добору відповідних компонентів. В процесі навчання відбувається формування відповідних візерунків - "паттернів" з понятійних одиниць, що одночасно знаходяться в полі уваги. Якщо логічні дії стосовно якоїсь логічно завершеної сукупності понять вже відбувались кілька разів і паттерн знань утворився, то повторні дії стосовно цих понятійних одиниць відбуваються значно швидше. Вербальна петля в цьому випадку не створюється в режимі тривалих пошукових ітерацій. Вона спрацьовує швидко. Супутні матеріалізовані дії відтворюють відповідний паттерн знань. Такі дії можуть погано усвідомлюватись через їх швидкоплинність, таким чином можна зробити деякі проміжні підсумки стосовно завдань на конструювання ієрархічних понятійних дерев.

- Конструювання ієрархічних понятійних структур є ефективним оригінальним та перспективним для подальшого розвитку підходом в реалізації автоматизованого навчального тренінгу та тестування.
- Використання навчальних програм та завдань для підтримки роботи з ієрархічними конструкціями активує та підтримує в процесі навчання розвиток здатностей до причинно-наслідкового і абстрактно-логічного мислення.
- Витрати часу на матеріалізовану діяльність в завданнях на конструювання ієрархічних структур мінімізуються в порівнянні зі звичайними завданнями, зменшується дифузність мислення, підвищується диференціація понятійного базису розумових дій.
- Важливим моментом для досліджень в галузі психології та педагогіки навчання, а також для автоматизації навчальних процесів є те, що пакети завдань на конструювання ієрархічних структур можна зробити однорідними за складністю та кількістю матеріалізованих дій.

Розглянемо навчальні процеси, що включають конструювання дерев знань, в контексті ідеологічних концепцій когнітивної психології. Проаналізуємо отриманий експериментальний статистичний матеріал.

В експерименті брали участь біля 210 студентів, які багатократно виконували пакет з 10 завдань, намагаючись максимально покращити свою оцінку. Всього було зроблено 3700 вимірів. Враховувались тільки ті виміри, що стосувались правильних виконань завдань. На виконання пакету завдань була відведена одна лабораторна робота, однак більшість студентів приходили в комп'ютерний клас додатково. Результати їх діяльності фіксувалися і опрацьовувалися також.

Кожен окремих графік на рис.4 є розподілом кількостей виконаних завдань за часом їх виконання. Розподіл на рис.4.1 характеризує розподіл часу виконання пакету завдань за першою спробою. Відповідно рис.4.2 – це розподіл за другою спробою; рис.4.3 – за третьою спробою і так далі. Кожен з розподілів відображає сукупну роботу всіх студентів. Такий підхід був розглянутий стосовно інших об'єктів навчання в роботах [6, 7].

Швидкість виконання завдань є величиною, обернено пропорційною часу їх виконання, тобто чим менший час виконання, тим більша швидкість навчальних дій. Тому, кожний з графіків, поданий на рис.4, можна називати також розподілом кількостей виконаних завдань за швидкістю навчальних дій.

Точками на графіках рис.4 показані експериментальні дані. Це розподіли кількості правильно виконаних завдань за часом їх виконання. Так перша точка в кожному графіку пов'язана з кількістю правильно виконаних завдань в часовому проміжку від 0 до 30 сек. Друга - від 30 до 60 сек. Відповідно п'ята точка з позначенням 157 на рис.4.1 пов'язана з кількістю завдань, що були виконані за час 120 -150 сек, в першій спробі. П'ята точка на рис.4.2 позначена через 134, а на рис.4.3 - 71. Ці точки показують кількості завдань, що були виконані за 120 -150 сек, відповідно в другій і третій спробі.

Розподіли мають вигляд несиметричних дзвоноподібних контурів. Такі контури зручно апроксимувати сумою нормальних розподілів. Апроксимація експериментальних розподілів була реалізована додаванням чотирьох нормальних кривих, що були зміщені між собою вздовж осі часу. Жирні лінії на рис.4, що з'єднують експериментальні точки, є результатом такої апроксимації. Моделювання розподілів за допомогою зміщених між собою нормальних кривих є перспективним оригінальним напрямком, що дозволяє моделювати процеси навчання великих груп учнів. Кожний окремих нормальний розподіл може характеризувати окрему категорію суб'єктів навчання. На рис.4 нормальні криві подані тонкими лініями, розташованими під контурами відповідних розподілів.

Моделні уявлення про процес навчання полягають в тому, що формування понятійних паттернів відбуваються не миттєво. Тому кожний експериментальний розподіл має в своєму складі кілька нормальних (гаусових) складових.

Центр першого нормального розподілу, назвемо його розподілом швидкісних дій, знаходиться в точці 78 сек. Через нього характеризуються повністю автоматизовані дії студентів в кожній із спроб.

Наступний контур охоплює дії, коли один з паттернів ще не сформований повністю і студент тратить час на логічні роздуми стосовно нього. Центр цього контуру в точці 126 сек.

Центр третього нормального контуру – в точці 231. Цей розподіл формується з результатів виконання завдань, коли два понятійних паттерна ієрархічної схеми обчислювальної системи ще не сформовані.

На останньому контурі, центр якого знаходиться найдалі від початку координат, показано розподіл швидкостей дій студентів у яких на момент виконання завдання не сформовані три паттерни. Це означає, що їх робота не була автоматизована в трьох сеансах концентрації уваги. Дисперсії нормальних модельних контурів не однакові. Найменша дисперсія пов'язана з контуром швидкісних дій. Дисперсія кожного наступного контуру більша.

Робота модельного механізму навчання полягає в "перекачуванні" площі нормальних контурів повільного виконання завдань в нормальні контури швидкого виконання (рис.5). Площа кожного експериментального розподілу, зображеного на рис.4, нормована до 1. На рис.5 зображені частки цієї площі, відповідні першому (рис.5.1), другому (рис.5.2), третьому (рис.5.3) і четвертому (рис.5.4) нормальному розподілу в кожній спробі виконання пакету завдань.

Очевидно, в першій спробі виконання пакету завдань основна кількість подій була сконцентрована в другому і третьому нормальному контурі. Це - орієнтовно 80% від загальної площі експериментального контуру, адже на другий і третій контур припадає на кожний близько 40% від загальної площі. Частка найбільш повільних виконань завдань (четвертий контур) складає трохи менше 20%. Площа під першим контуром, що відповідний швидким виконанням завдань, незначна.

В другій спробі частка студентів з повністю сформованими знаннями, як і в попередній спробі, незначна. В цій спробі відбувається значне "перекачування" площі з третього і четвертого нормального контуру в другий. Тому частка площі другого нормального контуру в експериментальному розподілі складає приблизно 75%. Ця площа, як видно з графіків процесу навчання, є буферною. Далі, в третій спробі, ця площа в значній мірі опиняється під першим контуром, що є контуром швидких дій. Це свідчить, що значна кількість студентів, у яких залишився не сформованим ще тільки один паттерн, в другій спробі переходить в категорію людей з сформованими знаннями.

Якісний стрибок в навчальному процесі спостерігається в третій спробі. Частка студентів з повністю сформованими знаннями в цій спробі досягає значення 33%. В четвертій спробі цей відсоток продовжує рости і доходить до мітки 40%. Подальше зростання кількості студентів з повністю сформованими знаннями сповільнюється.

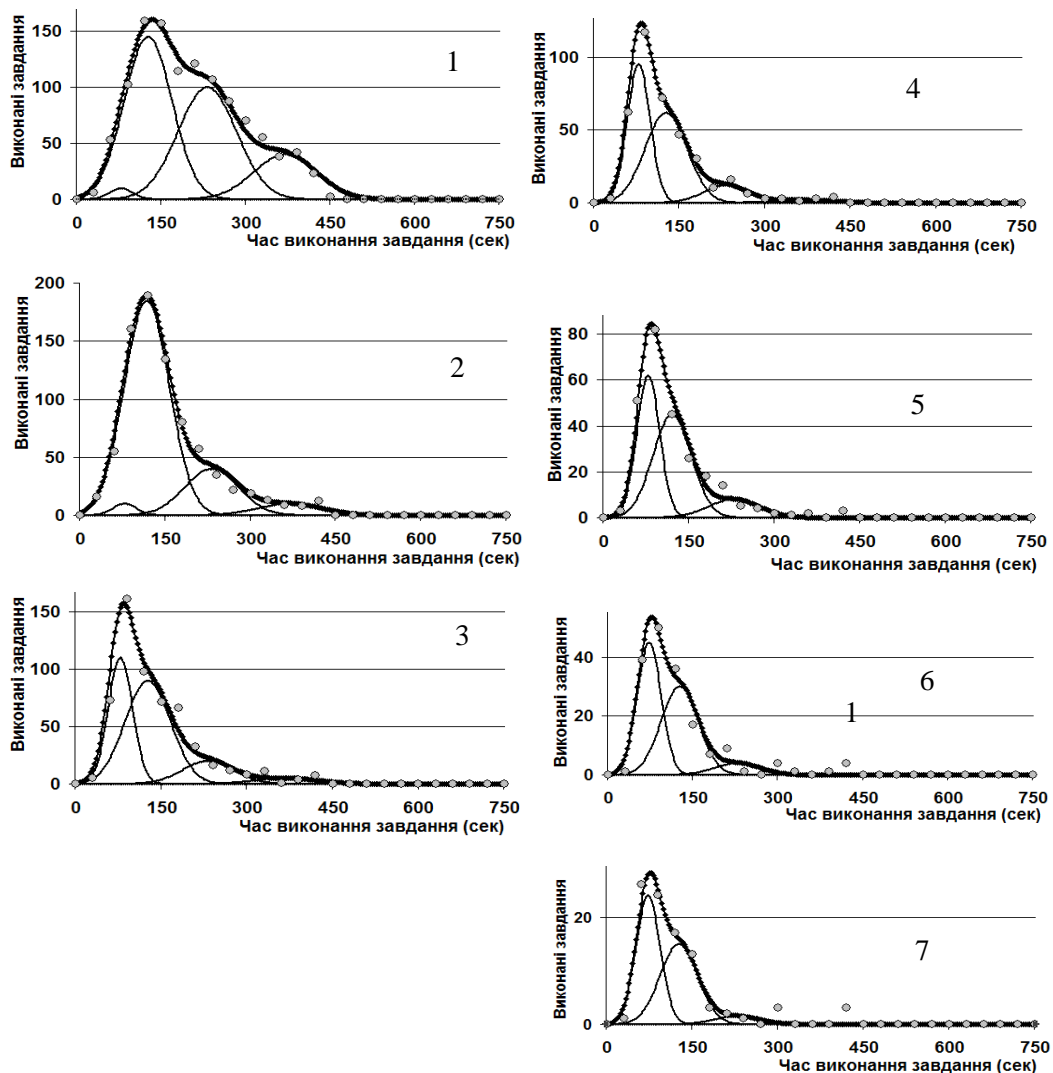


Рис.4. Контури розподілів кількостей виконаних завдань за часом їх виконання

Основна причина несиметричної форми контурів, в першій спробі полягає, очевидно, в різних рівнях сформованості структури знань у різних суб'єктів навчальних дій, а також в різній динаміці формування цієї структури в процесі навчання.

У групі, що виконує завдання на початковому етапі навчання є носії всіх рівнів сформованості знань. У процесі навчання відбувається перерозподіл площ під нормальними контурами. Від контурів тривалого виконання площа переміщується до контуру швидкісної роботи. З моделі видно, що перерозподіл площ під смугами контуру повинен був би на кінцевому етапі навчання привести до стану, коли весь розподіл сконцентрується в контурі швидкісної роботи. Тоді сумарний контур набув би форми, максимально наближеної до нормальної.

У процесі апроксимації розподілу сумою гаусових кривих з'ясувалось наступне. Всі розподіли достатньо точно описуються кривою, що формується сумою нормальних кривих. Трансформація форми розподілу в процесі навчання не приводить до значної зміни положення нормальних кривих на шкалі часу та до зміни їх дисперсії. Змінюються переважно тільки амплітуди нормальних складових розподілу.

Наведені статистичні дослідження дозволяють виявити найбільш загальні закономірності навчання, які проявляються тільки, як консолідований, сукупний результат діяльності великих груп учнів. Цей результат не може бути отриманий за допомогою аналізу навчальних дій окремих індивідуумів. Інтегральні процеси, що є результатом консолідованих дій великих груп учнів, добре описуються в межах модельної метафори про перерозподіл площ під нормальними контурами.

Зручним моментом є те, що в цих контурах можуть уособлюватись навчальні дії різних категорій студентів.

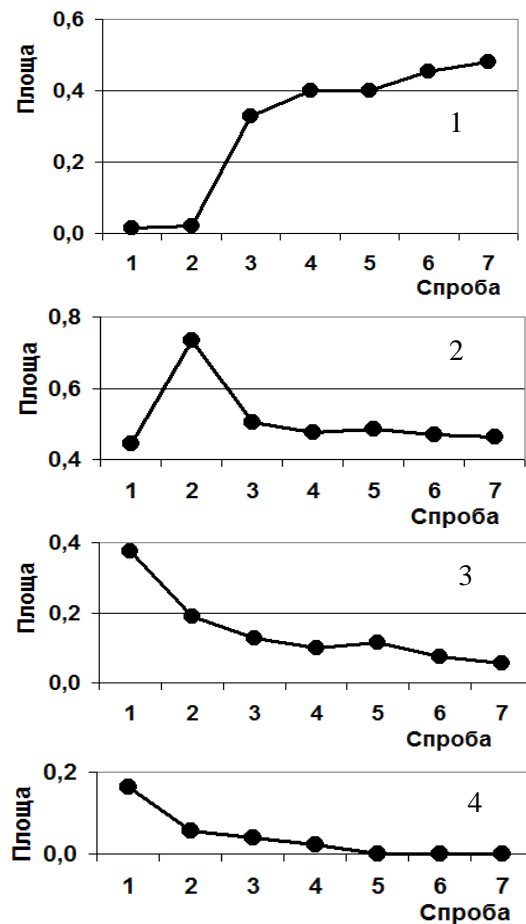


Рис.5 Площі під нормальними складовими розподілів.  
Нумерація складових зліва направо.

Модельний підхід до розгляду формування ієрархічних понятійних конструкцій, що базується на доктринах когнітивної психології, дозволяє пояснити достатньо тонкі процеси: перенесення уваги, усвідомлення навчальних дій, формування понятійного базису мислення.

#### Список використаних джерел

1. Miller George A. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two. // The Psychological Review. – 1956, – vol. 63. Issue 2. – P. 81-97.
2. Холодная М. А. Психология интеллекта: парадоксы исследования / М. А. Холодная. – СПб. : Питер, 2002. – 272 с.
3. Найссер У. Познание и реальность. Смысл и принципы когнитивной психологии / У. Найссер. – М. : Прогресс, 1981. – 225 с.
4. Чуприкова Н.И. Психология умственного развития: Принцип дифференциации / Н. И. Чуприкова. – М. : Столетие, 1997. – 478 с.

5. Головін М.Б. Автоматизація навчання програмуванню в контексті конструювання ієрархічних програмних структур / М.Б. Головін, О.І. Сомик // Інформаційні технології в освіті. – Херсон, 2011. – Випуск 10. – С. 58-63.
6. Головін М.Б. Дослідження процесів навчання на основі аналізу моментів статистичних розподілів швидкостей навчальних дій (на матеріалах вивчення інформатики) / М.Б. Головін // Психологічні перспективи. – Луцьк, 2011.– Випуск 18. – С. 62 - 72.
7. Головін М.Б. Аналіз процесу навчання за допомогою статистичних розподілів швидкостей навчальних дій (на прикладі вивчення інформатики) / М.Б. Головін // Вісник Волинського університету. Серія педагогічні науки. – Луцьк, 2011.– Випуск 17. – С. 4 – 9.