

УДК: 378.147:373.3.011.3-051]:37.091.33

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ІЗ МЕТОДИКО-МАТЕМАТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПОЧАТКОВОЇ ШКОЛИ

Надія Ляшова

кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри теорії і практики початкової освіти
ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»
м. Слов'янськ, Україна
ORCID ID 0000-0002-8087-6621
nadinika2017@gmail.com

Анотація. У статті проаналізовано домінантні параметри візуалізації в професійній підготовці вчителя початкової школи. Зокрема акцентовано на методичній роботі в освітній галузі «Математика». Доведено значення візуалізації навчального матеріалу в методичній роботі як важливого чинника реалізації програми з математики для учнів початкової школи. Визначено тенденцією розробки принципово нових засобів візуалізації на сучасному етапі, використання різних форм: від традиційних діаграм, графіків, таблиць, структурно-логічних схем до інноваційних графічних форм систематизації математичного матеріалу, виокремлення смислових одиниць теми та графічного його оформлення в певному порядку. Описано можливості запровадження ментальних карт як одного із сучасних методів візуалізації щодо методико-математичної професійної підготовки сучасного вчителя початкових класів. Визначено етапи розробки та використання ментальних карт як об'єктивного методу якісного навчання студентів та як інструмента, що забезпечує розвиток усіх без винятку розумових операцій. Доведено, що побудова процесу навчання методики математики на основі візуально-пізнавального підходу дозволяє максимально розвинути потенційні можливості візуального мислення майбутніх учителів початкової школи.

Ключові слова: візуалізація навчального процесу; ментальні карти; інтелект-карти; професійна підготовка студентів; методика математики; візуальне мислення.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Методична підготовка є однією з найважливіших складових фундаменту професійного розвитку майбутнього вчителя початкової школи та формування всебічно гармонійно розвиненої особистості. Процес засвоєння методико-математичних знань потребує системного мислення, навичок аналізу і синтезу інформації, вміння аналізувати, доводити й аргументувати думки. Для цього в підготовці студентів приділяється увага застосуванню засобів різних форм візуалізації навчального матеріалу. Системна проблематика цього спрямування широко розглядалася науковцями й раніше, та активно досліджується світовою наукою й на сучасному етапі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Спроби візуалізувати математичний матеріал, зробити його більш наочним, відомі здавна. Ще древні математики намагалися найелементарніші алгебраїчні тотожності і теореми представляти в геометричному вигляді. Пізніше прихильниками візуалізації математичного матеріалу виступили видатні математики: Рене Декарт (Rene Descartes), Готфрід Лейбніц (Gottfried Wilhelm Leibniz), Марія Аньєзі (Maria Gaetana Agnesie), Леонард Ейлер (Leonhard Euler), Карл Гаусс (Carl Friedrich Gauss), Бернад Ріман (Bernhard Riemann), Давид Гільберт (Hilbert David) та інші. Зокрема «король математики» – німецький учений К. Гаусс – зазначав, що математика – наука не стільки для вух, скільки для очей (Бернстайн, 2006).

Різні форми та засоби візуалізації навчального матеріалу як у вищій школі, так і в загальноосвітній певною мірою відображено і в сучасних дослідженнях (О. Баришкін, М. Башмаков, Н. Вергілес, Л. Гаврілова, В. Далінгер, Л. Данилевич, В. Зінченко, С. Поздняков, Н. Резнік, А. Сиротюк, С. Симоненко, Я. Топольник та ін.). Аналіз наукових праць доводить, що накопичено значний досвід візуалізації навчального матеріалу з різних галузей науки, але є питання, які ще потребують з'ясування та обговорення. Зокрема досить не повно вивчено проблематику щодо форм і методів візуалізації навчального матеріалу під час професійної підготовки майбутніх учителів початкової школи.

Формулювання цілей статті. Метою статті є окреслення можливих шляхів візуалізації навчального процесу в професійній методико-математичній підготовці майбутніх учителів початкової школи.

Теоретичні основи дослідження. Цілеспрямована професійна діяльність майбутнього вчителя початкових класів щодо формування методико-математичних знань реалізується за допомогою різноманітних засобів, способів, методів візуалізації навчального матеріалу. Відомий німецький математик і логік Г. Лейбніц, працюючи над концепцією математичного аналізу, стверджував, що наочність – гарний засіб проти невизначеності слів (Данилевич & Лиходід, 2008). Свого часу, аналізуючи стан проблем пізнання в математиці, німецький математик Г. Вейль (Hermann Klaus Hugo Weyl), учень та послідовник Д. Гільберта, наводить слова свого вчителя, який зазначав: «У математиці, як і взагалі в наукових дослідженнях, зустрічаються дві тенденції: тенденція до абстрагування, на основі чого з'являються логічні зв'язки певного математичного матеріалу та його систематизація, інша тенденція – тенденція до наочності, яка, на противагу першій, прагне до живого розуміння об'єктів та їх внутрішніх відношень» (Weyl, 1954, с. 627).

Російський математик В. Болтянський, відомий своїми працями з методики викладання математики, стверджував, що ізоморфізм і простота сприйняття є головними ознаками візуалізації. Він поєднав дві основні властивості візуалізації: ізоморфізму й простоти. Ізоморфізм – відповідність між математичними об'єктами, їх тотожність; простота – у сприйнятті візуалізованого математичного об'єкта. Тобто це правильне ізоморфне відображення істотних рис математичного явища та простота його сприйняття (Болтянський & Савін, 2002).

Зазначимо, що поняття: «візуалізація» та «наочність» не однакові за своїм значенням. Тлумачення терміна «візуалізація» передбачає процес створення зорового образу, тоді як термін «наочність» асоціюється вже з сформованим певним чином навчальним об'єктом. Це дає підстави стверджувати, що поняття «візуалізації» навчального матеріалу виходить за межі, окреслені терміном «наочність» (Семенихіна & Юрченко, 2014). Також під візуалізацією розуміється процес уявного перетворення сенсорних еталонів, виділення їх структурних особливостей для розв'язання проблемної ситуації, оперування образами так само, як якщо б вони були оригіналами (Баришкін & Резнік, 2005).

Під час навчання методики математики все більшого значення набуває формування в студентів візуального мислення, тобто «мислення посередництвом візуальних операцій». Р. Артхейм (Rudolf Arnheim) американський науковець, педагог, спираючись на досягнення фізіологів, психологів і педагогів, розглядав візуальне мислення як діяльність, яка забезпечує створення образів, оперування ними, перекодування їх у заданому або довільному напрямку, використання різних систем відліку для побудови образу, виявлення в образі різних ознак і властивостей об'єкта, які є значущими для людини (Артхейм, 1969, 1974). На роль візуального мислення як людську діяльність, продуктом якої є породження нових образів, створення нових візуальних форм, що несуть певне смислове навантаження і роблять знання явними, видимими, наочними, відкритими, вказували також В. Зінченко і Н. Вергілес (1969). Д. Роем розглядає візуальне мислення як природну здатність людини бачити не лише за допомогою очей, але і в думках, що дозволяє виявляти ідеї, які в іншому випадку залишилися б непоміченими; швидко й інтуїтивно розвивати їх, а потім доносити до інших людей за допомогою простих малюнків (Роем, 2013). Оскільки візуальне мислення допомагає аналізувати, класифікувати, систематизувати і творчо інтерпретувати інформацію, то його вважають найвищим рівнем розвитку наочних видів мисленнєвої діяльності, продуктивним видом, який має складну інтегровану структуру, що відображає зв'язки й відношення об'єктивної

реальності за допомогою різних форм візуального кодування на метавербальному рівні. Змістом цього рівня наочно-мисленнєвої діяльності є трансформація різних проблемних ситуацій у структури нових знань, створення образів-концептів (Симоненко, 2005).

Серед наукових розвідок, присвячених аналізу можливостей застосування візуалізації в навчальних цілях, переважають дослідження щодо конструювання та форм подання і представлення різних видів навчальної інформації. Зокрема числову і текстову інформацію краще конструювати у вигляді діаграм, графіків, структурних схем, інфографіки (Логвиненко, 2018). В. Далінгер вважає основою принципу візуалізації когнітивну графіку, мета якої полягає у створенні комбінованих моделей подання знань, які поєднують у собі символічний і геометричний способи мислення і сприяють активізації процесів пізнання певного предмета (Dalinger, 2019).

Як відомо, математична мова, з одного боку, є наочною: кожний математичний знак, символ, геометрична фігура, діаграма, схема, таблиця або графік уже є узагальненням, і чим вищий розділ математики, тим абстрактніша математична мова. При цьому необхідними є вміння аналізу і моделювання студентами абстракцій, що ведуть до розуміння суті математичного об'єкта, явища або процесу. З іншого боку, студент збагачується логічним мисленням, що ґрунтується на візуальному мисленні, розвиток якого є одним із важливих завдань методико-математичної освіти.

Зважаючи на те, що вміння мислити образами є показником професіоналізму в освітньому процесі підготовки майбутніх учителів початкової школи, то вважаємо за потрібне застосовувати сучасні методи і засоби розвитку візуального мислення. Для вирішення цієї проблеми сучасними науковцями розробляються різнопланові методи структурування математичної інформації. У процесі візуалізації навчального матеріалу використовуються як традиційні (діаграми, графіки, таблиці, структурно-логічні схеми), так й інноваційні графічні форми систематизації математичного матеріалу, виокремлення смислових одиниць теми та графічне його оформлення в певному порядку. Така графічна техніка допомагає визначити можливі причини проблем у сприйнятті та подальшому засвоєнні навчального матеріалу. До них можна віднести прийом «cluster», стратегію «fishbone», методи «scribe», інтелект-карти («mind map»), інфографіку тощо.

Одним із методів, що доповнює і підсилює освітній процес професійної підготовки майбутніх учителів початкової школи, сприяє їхньому ефективному розвитку візуального мислення, є використання ментальних карт у методико-

математичній підготовці. Ментальні карти – це порівняно новий інструмент, що забезпечує розвиток усіх без винятку розумових операцій. Концепція карт заснована на теорії американського психолога Д. Осубела (David Paul Ausubel). Основною ідеєю його концепції було представлення нових теорій і понять через уже наявні і відомі ідеї, досвід та поняття. У кінці 60-х на початку 70-х років минулого століття теорію Д. Осубела розвинув американський педагог Д. Новак (Joseph D. Novak). Він розробив правила створення інструменту для опрацювання нових концепцій – концепт-карти. Його методика концептуального відображення була представлена як інструмент для підвищення осмисленого навчання студентів. Подальший розвиток ця методика отримала завдяки дослідженню британського психолога Т. Бьюзена (Tony Buzan). Він запропонував ефективний метод візуалізації, представлення графічної інформації – «mind maps» (ментальні карти) у вигляді живих, біоморфних, схожих на ліани, рисунків. Розробив правила і принципи їх образного конструювання. Автор зазначав, що ментальні карти допомагають краще керувати розумовим процесом і дають більшу свободу думки. Ментальна карта реалізується у вигляді діаграми, на якій у центрі зображено головну тему (поняття, слово, ідею). Від неї відходять зв'язані гілками (лініями) підтеми, система основних понять, зв'язок з іншими темами та поняттями тощо. В основі цієї техніки лежить принцип асоціативних розумових процесів (Бьюзен, 2019).

Вектор візуалізації навчальної інформації, спрямований на наповнення смисловими, методичними та формотворчими засобами, знайшов продовження в працях як зарубіжних (А. Okada, S. Buckingham, Т. Sherborne), так і вітчизняних науковців та вчителів-практиків. Зокрема давно відомим є досвід використання опорних конспектів донецьким педагогом-новатором В. Шаталовим та його послідовниками Р. Шейман, В. Гиршович та ін. Інтелект-карти було запроваджено в плануванні та організації освітнього процесу О. Захаренко, І. Кіндрат, Ю. Палтишева, Н. Терещенко. Науковці І. Чергінець, І. Гресь, Н. Павлович, О. Шикиринська, В. Вишківська, Т. Александрович досліджували використання інтелект-карт у методичній роботі. Ментальні карти реалізуються в практичній роботі вчителів загальноосвітніх шкіл. Зокрема Т. Позднякова розглядала спосіб візуалізації та структурування інформації за допомогою ментальних карт на уроках біології; В. Машкіна – на уроках географії; Н. Приходько використовувала технологію mind mapping у викладанні іноземних мов; І. Колесник – ментальне картографування в професії історика тощо.

Зазначимо, що в науковій літературі можна зустріти в перекладі такі назви Бьюзенівського методу: «карта розуму», «інтелект-карта», «карта пам'яті», «карта знань», «концепт-карта», «асоціативна карта», «діаграма зв'язків», «асоціативна діаграма», «схема мислення», «майндмеппінг». Усі вони стосуються способу зображення процесу візуального системного мислення за допомогою схем. Також ментальна карта розглядається як зручна техніка альтернативного запису. Ми згодні з тим, що ментальна карта – це спосіб візуалізації інформації, що відображає взаємозв'язок елементів, їх ієрархічність та послідовність. Це сучасний, швидкий, цікавий, дієвий і простий спосіб систематизації, узагальнення, уявлення, запам'ятовування й акумуляції великого обсягу даних. І є основою візуально-пізнавального підходу в навчальній діяльності студентів (Рязанцев, 2018).

Тож побудова процесу навчання студентів методики математики на основі візуально-пізнавального підходу дозволяє максимально використовувати потенційні можливості візуального мислення. Одним із центральних завдань такого підходу – широке і цілеспрямоване використання пізнавальної функції візуалізації. Активне і цілеспрямоване використання резервів візуального мислення студентів припускає перенесення пріоритету з ілюстративної функції наочності на її пізнавальну функцію, тим самим забезпечуючи перенесення акценту з навчальної функції на розвивальну.

Результати дослідження. Для ефективного вибору майбутньої освітньої і професійної траєкторії створення ментальних карт студенти мають отримувати достатню кількість відомостей про можливі варіанти їх реалізації в доступній та емоційно привабливій формі. Візуально-пізнавальну стратегію органічного навчання студентів щодо створення та побудови ментальних карт із методики математики початкової школи пропонуємо здійснювати в п'ять етапів.

Перший – початковий. На початковому етапі аналізуємо вже готові зразки ментальних або інтелект-карт, послідовність їх побудови та створення. Студенти визначають, що ментальні карти використовують для візуалізації, структуризації і класифікації методико-математичного матеріалу, а також як засіб для навчання, організації, розв'язання задач, прийняття правильного методичного рішення тощо.

Другий етап – ознайомчий. На цьому етапі студенти самостійно вивчають онлайн-сервіси для побудови ментальних карт та практичні основи їх розробки. Рекомендуємо скористатися сервісами та програмами Mindomo, Spinscape, Mind42, MindMeister, Ekpenso, Glinkr, Xmind, FreeMind тощо, за допомогою яких

створюються діаграми зв'язків, карти пам'яті, інтелект-карти (Вороб'єва & Сурікова & Будунова, 2013; Топольник, 2019).

Третій етап – колективна побудова ментальної карти. На цьому етапі студенти узагальнюють знання з різних форм і методів створення ментальних карт та колективно будують одну з них. (Приклад графічної побудови ментальної карти в загальному вигляді представлено на рис. 1).

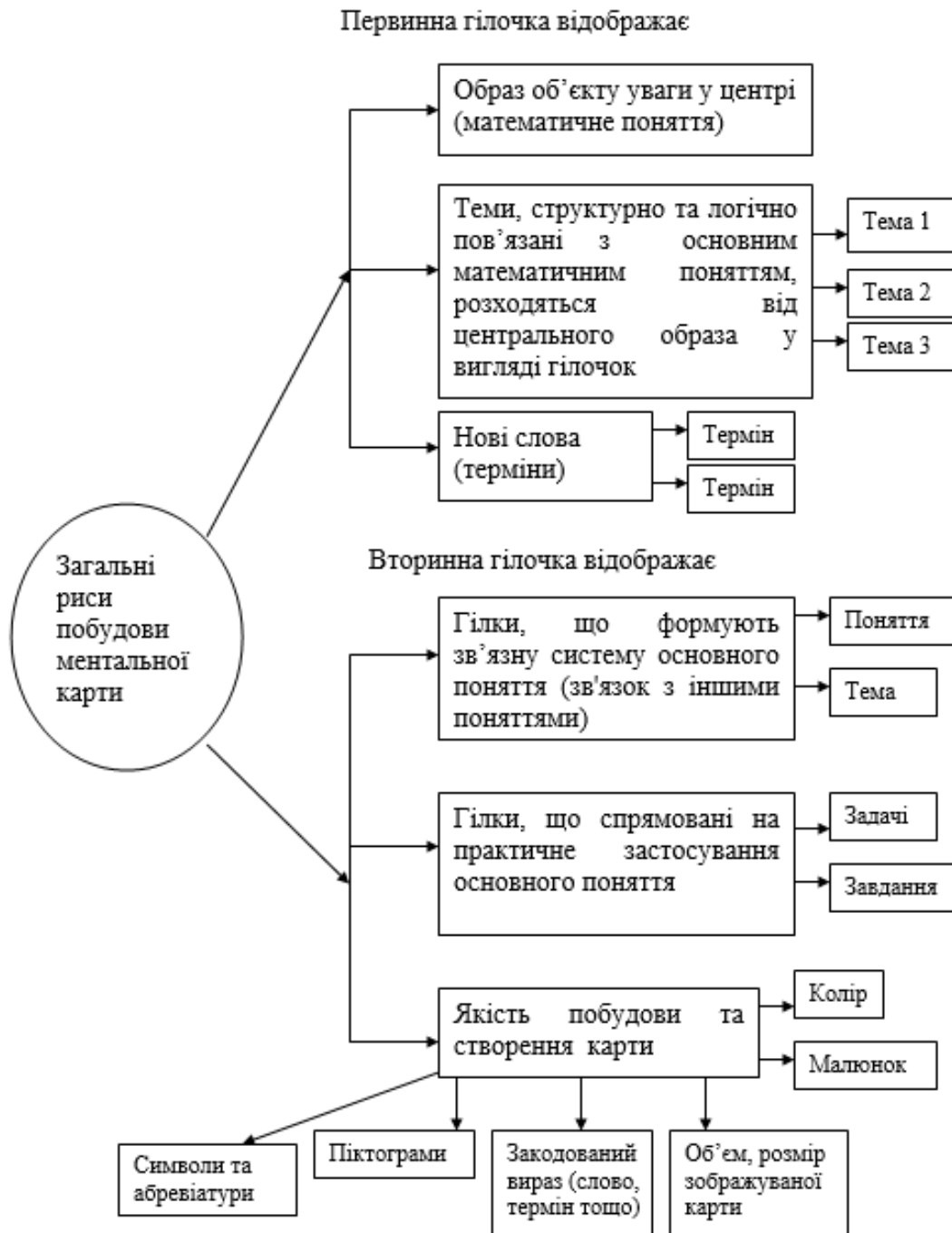


Рис. 1. Графічна побудова ментальної карти у загальному вигляді

Четвертий етап – групова робота. Кожна група вибирає одну із запропонованих загальних методичних тем, наприклад: «Засоби навчання математики в початкових класах», «Величини», «Пропедевтика геометрії в початкових класах», «Розв’язання типових задач» тощо і розробляють ментальну карту з подальшою презентацією та поясненням. До того ж теми можуть конкретизуватися або доповнюватися.

П’ятий етап – творчий. Студенти самостійно створюють власну ментальну карту, а потім презентують її на наступних заняттях. Якість, ефективність, цікавість, привабливість та оригінальність ментальної карти можна урізноманітнити за допомогою кольору, малюнків, символів та аббревіатур, а також додання карті тривимірної глибини. Така робота показує нескінченну різноманітність можливих асоціацій і, отже, невичерпність можливостей творчого потенціалу студентів для розкриття певного методико-математичного поняття.

Складання власної ментальної карти дає можливість студентам виявити слабкі місця в методичному питанні, самостійно попрацювати з різними джерелами довідкової математичної літератури, розвивати просторову уяву, візуальне мислення, уміння систематизувати інформацію тощо. Завдяки сукупності розумових операцій (аналіз, синтез, порівняння, узагальнення, класифікація, систематизація) структурований навчальний матеріал набуває певної системи за допомогою знаків-сигналів (символічних, графічних, словесних), що дозволяє створити яскраву зорову опору математичних взаємозв’язків та його структурних елементів, яка запам’ятовується надовго.

Висновки. Ефективність навчання методики математики знаходиться в прямій залежності від якості репрезентації масиву методичної інформації в компактні візуальні об’єкти, від умінь та навичок майбутніх учителів початкових класів узагальнювати навчальний матеріал, здійснювати перехід від лінійного мислення до структурного, системного. Створення ментальних карт та їх подальше використання на уроках математики в початковій школі сприяє утворенню нових видів візуального кодування інформації, її згортання, структурування, узагальнення та систематизації. Асоціативні проекції та зв’язки забезпечують відображення ключових моментів максимального сприйняття, розуміння та засвоєння методико-математичного матеріалу студентами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Арнхейм, Р. (1974). *Искусство и визуальное восприятие*. Москва, Российская Федерация: Прогресс.

2. Барышкин, А. Г., Резник, Н. А. (2005). Основные параметры визуализации учебной информации. *Компьютерные инструменты в образовании*, 7, 38–44.
3. Бернштейн, П. (2006). *Против богов: укрощение риска*. Москва, Российская Федерация: «Олимп-Бизнес».
4. Болтянский, В. Г., Савин А. П. (2002). *Беседы о математике*. Москва, Российская Федерация: МЦНМО.
5. Бьюзен, Т. (2019). *Интеллект-карты. Полное руководство по мощному инструменту мышления*. Москва, Российская Федерация: МИФ.
6. Воробьева, В. М., Сурикова, Л. В. і Будунова, Л. Г. (2013). *Эффективное использование метода интеллект-карт на уроках*. Москва, Российская Федерация: «ТемоЦентр».
7. Данилевич, Л. П. і Лиходід, О. М. (2008). Створення засобів наочності з використанням комп'ютерних технологій. *Професійна підготовка педагогічних працівників* (с. 16–24). Київ, Житомир, Україна: ЖДПУ.
8. Зинченко, В. П., Вергилес, Н. Ю. (1969). *Формирование зрительного образа. Исследование деятельности зрительной системы*. Москва, Российская Федерация: МГУ.
9. Кіндрат, І. (2012). Використання інтеллект-карт у плануванні та організації освітнього процесу. *Нова педагогічна думка*, 4, 153–156.
10. Колесник, І. (2012). Ментальне картографування та професія історика: між раціональним й уявленим. *Український історичний журнал*, 5, 135–156.
11. Логвиненко, В. (2018). Використання технології інфографіки для візуалізації навчального контенту. *Фізико-математична освіта*, 2(16), 79–85
12. Позднякова, Т. (2018). *Візуалізація та структурування інформації за допомогою ментальних карт на уроках біології*. Рівне, Україна: РОППО.
13. Рязанцев, А. В. (2018). Интеллект карты (mindmap). Графическое решение бизнес-задач. Москва, Российская Федерация: «Книжкин Дом».
14. Роэм, Д. (2013). *Визуальное мышление. Как «продавать» свои идеи при помощи визуальных образов*. Москва, Российская Федерация: Эксмо.
15. Семенихіна, О. і Юрченко, А. (2014). Уміння візуалізувати навчальний матеріал засобами мультимедіа як фахова компетентність учителя. *Науковий вісник Ужгородського національного університету: Серія «Педагогіка. Соціальна робота»*. (С. 176–179). Ужгород, Україна: Видавництво УжНУ «Говерла». 33.
16. Симоненко, С. М. (2005). *Психологія візуального мислення*. (Автореф. дис. д-ра психол. наук). Харків, Україна: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна.
17. Сиротюк, А. Л. (2007). *Психофизиологические основы обучения школьников*. Москва, Российская Федерация: Сфера.
18. Терещенко, Н. В. (2012). Интеллект-карты – сучасні інноваційні соціальні технології навчання в системі освіти. *Функціональна економіка. Вчені записки*, 14, 139–145.
19. Топольник, Я. (2019). Використання засобів інформаційно-комунікаційних технологій для унаочнення матеріалів педагогічного експерименту. *Професіоналізм педагога: теоретичні й методичні аспекти*, 10, 159–174.
20. Arnheim, R. (1969). *Visual thinking*. Berkley: Univ. of California Press.
21. Dalinger, V. (2019). The solution of mathematical problems by means of visual images. *Norwegian Journal of development of the International Science*, 29, 28–34
22. Weyl, H. (1954). David Hilbert and his mathematical work. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 50, 612–654.
23. Okada, A., Buckingham Shum, S., & Sherborne, T. (2008). *Knowledge cartography: software tools and mapping techniques*. London, the UK: Springer Ltd.

VISUALIZATION AS AN EFFECTIVE METHOD OF METHODOLOGICAL AND MATHEMATICAL TRAINING OF FUTURE PRIMARY SCHOOL TEACHERS

Nadiia Liashova

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
SHEI “Donbas State Pedagogical University”

Sloviansk Donetsk region, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-8087-6621

nadinika2017@gmail.com

Abstract. The article analyzes the dominant parameters of visualization in the professional training of primary school teachers. In particular, the emphasis is placed on methodological work in the field of education “Mathematics”. The importance of visualization of educational material in methodological work as an important factor while implementing the program in mathematics for primary school students is proved. It is determined by the tendency to develop fundamentally new means of visualization at the present stage, the use of various forms: from traditional diagrams, graphs, tables, structural-logical schemes to innovative graphic forms of systematization of mathematical material, separation of semantic units and its graphic design in a certain order. The opportunities to introduce mental maps as one of modern methods of visualization concerning methodological and mathematical professional training of the modern primary school teacher are described. The stages of development and use of mental maps as an objective method of measuring the quality of student learning and as a tool that ensures the development of all mental operations without exception are identified. It is proved that the construction of the process of teaching mathematics methods on the basis of visual and cognitive approach allows to maximize the potential of visual thinking of future primary school teachers. The creation of mental maps and their further use in mathematics lessons in primary school contributes to the formation of new types of visual coding of information, its folding, structuring, and generalising. Associative projections and connections provide reflection of key moments of the maximum understanding and mastering of methodological and mathematical material by students.

Keywords: visualization of the educational process; mental maps; intelligence cards; professional training of students; mathematics methodology; visual thinking.

REFERENCES

1. Arnheim, R. (1974). *Art and visual perception*. Moscow, the Russian Federation: Progress.
2. Baryshkin, A. G. & Reznik, N. A. (2005). The main parameters of visualization of educational information. *Kompyuternye instrumenty v obrazovanii*, 7, 38–44.
3. Bernstein, P. (2006). *Against the gods: taming the risk*. Moscow, the Russian Federation: “Olimp-Biznes”.
4. Boltyanskiy, V. G. & Savin, A. P. (2002). *Conversations about mathematics*. Moscow, the Russian Federation: MTsNMO.
5. Buzen, T. (2019). *Intelligence cards. A complete guide to a powerful tool for thinking*. Moscow, the Russian Federation: MIF.
6. Vorobeva, V. M., Surikova, L. V., & Budunova, L. G. (2013). *Effective use of the method of intelligence maps in lessons*. Moscow, the Russian Federation: “ТемоТsentр”.
7. Danylevych, L. P. & Likhodid, O. M. (2008). Creating visual aids using computer technology. *Profesiina pidhotovka pedahohichnykh pratsivnykiv* (p. 16–24). Kyiv, Zhytomyr, Ukraine: ZhDPU.

8. Zinchenko, V. P. & Virgiles, N. Yu. (1969). *Formation of a visual image. Study of the activity of the visual system*. Moscow, the Russian Federation: MGU.
9. Kindrat, I. (2012). The use of intelligence maps in the planning and organization of the educational process. *Nova pedahohichna dumka*, 4, 153–156.
10. Kolesnyk, I. (2012). Mental mapping and the profession of historian: between rational and imagined. *Ukrainskyi istorychnyi zhurnal*, 5, 135–156.
11. Lohvynenko, V. (2018). Using infographic technology to visualize educational content. *Fizyko-matematychna osvita*, 2(16), 79–85.
12. Pozdniakova, T. (2018). *Visualization and structuring of information with the help of mental maps in biology lessons*. Rivne, Ukraine: ROIPPO.
13. Riazantsev, A. V. (2018). *Intelligence map (mindmap). Graphic solution of business problems*. Moscow, the Russian Federation: “Knizhkin Dom”.
14. Roem, D. (2013). *Visual thinking. How to “sell” your ideas with the help of visual images*. Moscow, the Russian Federation: Eksmo.
15. Semenikhina, O. & Yurchenko, A. (2014). Ability to visualize educational material by means of multimedia as a professional competence of a teacher. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu: Seriya “Pedahohika. Sotsialna robota”*. (Pp. 176–179). Uzhhorod, Ukraine: Uzhhorod National University Publishing House “Hoverla”.
16. Symonenko, S. M. (2005). *Psychology of visual*. (Extended abstract of Doctoral dissertation). Kharkiv, Ukraine: Kharkivskyi natsionalnyi universytet imeni V. N. Karazina.
17. Sirotyuk, A. L. (2007). *Psychophysiological bases of schoolchildren’s education*. Moscow, the Russian Federation: Sfera.
18. Tereshchenko, N. V. (2012). Intelligence maps – modern innovative social learning technologies in the education system. *Funktsionalna ekonomika. Vcheni zapysky*, 14, 139–145.
19. Topolnik, Ya. (2019). The use of information and communication technologies to illustrate the materials of the pedagogical experiment. *Profesionalizm pedahoha: teoretychni y metodychni aspekty*, 10, 159–174.
20. Arnheim, R. (1969). *Visual thinking*. Berkley: Univ. of California Press.
21. Dalinger, V. (2019). The solution of mathematical problems by means of visual images. *Norwegian Journal of development of the International Science*, 29, 28–34
22. Weyl, H. (1954). David Hilbert and his mathematical work. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 50, 612–654.
23. Okada, A., Buckingham Shum, S., & Sherborne, T. (2008). *Knowledge cartography: software tools and mapping techniques*. London, the UK: Springer Ltd

Матеріали надійшли до редакції 03.09.2020 р.