

## Алгоритм як модель алгоритмічного процесу

У сучасній методичній літературі, присвяченій навчанню інформатики, важко знайти матеріали, в яких не згадується про алгоритмічний стиль мислення. Але ще важче знайти публікації, в яких тлумачиться це поняття. У кращому випадку цей термін пояснюється на емпіричному рівні. Між тим, ми вважаємо, що науково обґрунтоване уточнення змісту, що вкладається в поняття алгоритмічного стилю мислення, є однією із важливих проблем при з'ясуванні цілей й змісту навчання шкільної інформатики і її розділу «Алгоритміка», зокрема. Специфіку алгоритмічного стилю буде досить важко (чи навіть неможливо) виявити без аналізу предметної галузі, де цей стиль має переважне застосування, та об'єктів, що є елементами цієї предметної галузі. Такими об'єктами в алгоритміці є алгоритми. У даній роботі ми намагаємося проаналізувати існуючі на даний момент тлумачення алгоритму із точки зору дидактичної придатності цього поняття в шкільній інформатиці.

Будь-яку людську діяльність завжди можна подати у вигляді процесу розв'язування людиною тих чи інших задач (навчальних, пізнавальних, трудових і ін.). При організації діяльності провідну роль займає мислення. Воно завжди є процесом, який спрямований на досягнення певної мети, на пізнання та перетворення певного об'єкту (реального чи ідеального). І багато в чому процес мислення визначається саме характером об'єктів та способами їх перетворення, «маніпуляції» ними. Спираючись на основні положення психології мислення, що висвітлені у роботах В. С. Виготського, С. Л. Рубінштейна, В. С. Мерліна, О. М. Леонтєва, В. В. Давидова та ін., будемо вважати, що **стиль мислення** – це система *мисленневих* способів дій, прийомів, методів та відповідних їм мисленневих стратегій, що спрямовані на розв'язування задач певного класу і детермінованих цими задачами. Специфічними об'єктами, що розглядаються в алгоритміці, є алгоритми як певні артефакти, продукти людської діяльності. Тому, в загальному випадку, будемо вважати, що **алгоритмічний стиль мислення** – це система мисленневих способів дій, прийомів, методів та відповідних їм мисленневих стратегій, що спрямовані на розв'язування як теоретичних, так і практичних задач, і результатом яких є алгоритми як специфічні продукти людської діяльності.

Історично поняття алгоритму виникло в математиці і є в ній фундаментальним. Математика надає інструменти універсального опису математичних моделей. Така модель реального процесу є деяким математичним об'єктом, що поставлений у відповідність цьому процесу. В минулому столітті у результаті досліджень в галузі математики К. Геделя, А. Черча, А. Тьюрінга, А. А. Маркова, А. М. Колмогорова визначилося широке коло процесів, яким притаманні наступні властивості:

1. Вони в принципі строго детерміновані, тобто кожний попередній етап повністю визначає наступні;
2. Вони потенційно здійсненні – з тієї точки зору, що при довгому протіканні без зовнішніх перешкод приводять до фактичного результату;
3. Вони мають атомарну будову – складаються із сукупності елементарних операцій (інваріантів), яких є всього лише кілька видів;
4. Вони полягають у переробці об'єктів, що чітко розрізняються, і тому зручні для людського сприйняття, запам'ятовування і мислення [3].

Для опису і дослідження таких процесів, що дістали назву алгоритмічних, виникла теорія алгоритмів як розділ математики. У цій теорії основний наголос робиться на понятті принципової обчислюваності алгоритмів, а форма подання алгоритму особливої ролі не відіграє. При цьому характерною особливістю алгоритму є вибір мінімальних засобів для подання і перетворення інформації, що диктується з точки зору зручності формалізації самого поняття алгоритму. Але процедури конкретних обчислень, записані за допомогою такого роду алгоритмічних систем, як правило настільки громіздкі та складні для розуміння, що в реальній практиці не можуть бути використаними. Це стосується прикладної математики і особливо інформатики. Адже «... генетично інформатика залежить від математики, від її мови та формальних конструкцій; однак, якщо об'єкти, що вивчаються математикою, формальні з самого початку, то сфера впливу інформатики – моделювання об'єктів, які є спочатку неформальними, засобами формальних мов» [2, с. 14]. Тому для практичної реалізації алгоритмічних методів перетворення інформації на базі класичної теорії алгоритмів виникає прикладна теорія алгоритмів. При цьому застосування алгоритмічних методів дослідження виходить за межі математики, кібернетики, інформатики. Це відбулося тому, що «подання за допомогою алгоритмів дозволяє виявити певні закономірності у поведінці складної системи, взаємозв'язок частин, що її складають, вивчити її динамічні характеристики. Місце формул, не заперечуючи їх, а узагальнюючи, зайняли алгоритми» [1, с. 14]. Тобто мова вже йде не про окремі ізолювані розділ математики чи інформатики, а про окрему методологію наукового дослідження. Поняття алгоритму проникло в галузь гуманітарних та суспільних дисциплін, наприклад, в психологію – для опису психічних процесів, в педагогіку – для опису і організації процесу навчання і т. ін. Але в зв'язку із використанням у «розмитих», не сформованих формально галузях науки, відбулося і певне «розмиття» самого терміну «алгоритм». І це зрозуміло – адже не всі реальні процеси строго формальні. Світ не вичерпується лише алгоритмічними формами. Навіть у процесах, які вдається так чи інакше описати за допомогою алгоритмів, є неформалізовані компоненти, неприпустимі в межах строгого математичного поняття алгоритму. Тому використовуються так звані послаблення поняття алгоритму. В математиці також зустрічаються із поняттям послаблення алгоритму (це послаблення реалізується в алгоритмі зведеності – приписові,

який зводить розв'язування задач певного типу до задач, які приймаються за вже розв'язані). На відміну від «абсолютних» алгоритмів, операції яких строго формальні, певні приписи алгоритмічного типу допускають правила, що мають змістовий характер. Наприклад, якщо в якості виконавця виступає людина, то алгоритми можуть містити дії, що істотно залежать від людського розуміння; у силу цього операції, із яких складаються приписи, можуть бути, по суті справи, досить складними «блоками» розумових дій, – лише б виконавець, наприклад, людина, міг оперувати без ускладнень такими «змістовними блоками».

Таким чином, на даний момент можна виділити три змістові значення, що можуть інтерпретувати поняття алгоритму:

- 1) як строго визначений математичний об'єкт;
- 2) як термін, що використовується в прикладній теорії алгоритмів – емпіричне поняття, але сам алгоритм є строгим формальним приписом;
- 3) як термін, що використовується в послабленому, «розмитому» значенні.

Ми вважаємо, що з точки зору навчання алгоритміки в школі найбільш придатне поняття алгоритму, що використовується у прикладній теорії алгоритмів. Емпіричне поняття алгоритму з одного боку є формальним, що відрізняє його від «розмитого», а з іншого боку є зрозумілим, простим для застосування у порівнянні з його математичним тлумаченням. Тому далі в роботі, використовуючи термін «алгоритм», ми будемо розуміти саме його емпіричне поняття. Існує багато тлумачень алгоритму. Наприклад:

1. Алгоритм (алгорифм) – точний припис, що визначає обчислювальний процес, який веде від варіюваних вихідних даних до шуканого результату [6, с. 3];

2. Алгоритм (алгорифм) – спосіб (програма) розв'язування обчислювальних та інших задач, які точно приписують, як і в якій послідовності отримати результат, що однозначно визначається вхідними даними [9, с. 34];

3. Алгоритм – система правил виконання обчислювального процесу, що приводить до розв'язання певного класу задач після скінченого числа операцій [4, с. 13];

4. Алгоритм – система операцій (наприклад, обчислень), що застосовуються за строго визначеними правилами, яка після послідовного їх виконання приводить до розв'язування поставленої задачі [9, с. 19];

5. Алгоритм – це деякий скінченний набір операцій, виконання яких одна за однією через скінченне число кроків приводить до поставленої мети (розв'язку задачі) [5, с. 14].

Алгоритм може набувати двох форм – ідеальної та знакової. Ідеальна форма є відображенням ментального образу алгоритму в ментальному просторі людини, носієм його семантичного значення. Знакова форма є своєрідною проміжною формою і служить для передачі алгоритму від конструктора алгоритму до його виконавця і для збереження алгоритму для наступного використання. Отже, знакова форма необхідна, по-перше, для усунення семантичної різниці в інтерпретації алгоритму конструктором та виконавцем, а, по-друге, для збереження або передачі алгоритму для подальшого застосування (рис. 1).

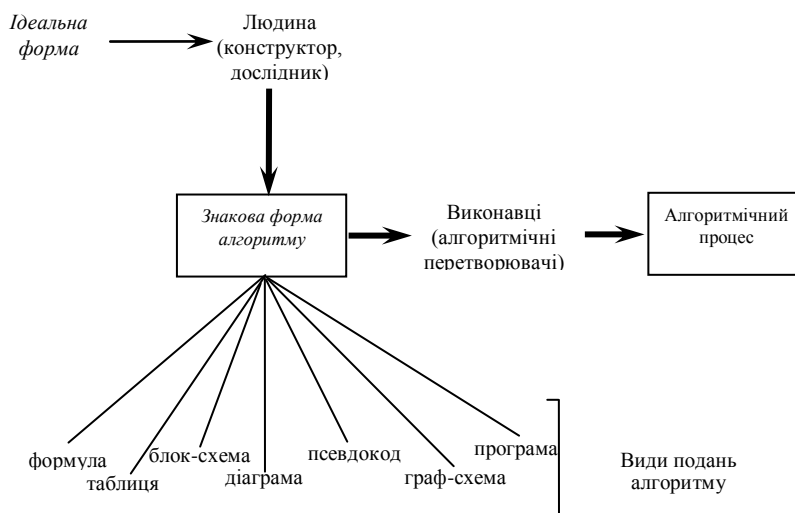


Рис. 1.

Цілком зрозуміло, що перш ніж навчитися конструювати, складати алгоритми, і через них породжувати алгоритмічні процеси і керувати ними, потрібно зрозуміти закономірності, що мають місце в самих цих процесах. Але в більшості випадків алгоритмічний процес спостерігати неможливо внаслідок його безпосередньої недоступності для людини (наприклад, за рахунок швидкості протікання цього процесу в комп'ютері та реалізації на апаратному рівні, зовнішньому по відношенню до людини). Про такий процес можна робити висновки лише за результатами

(проміжними та кінцевими), що виводяться. Такі результати не можуть дати адекватної інформації про характер протікання, структуру власне процесу. Гомоморфним алгоритмічному процесові є алгоритм у знаковій формі. Гомоморфність тут означає, що він не цілком однозначно відповідає процесові, але відтворює його істотні кроки. Можна стверджувати, що алгоритм-опис є згорненою формою алгоритму-процесу. Такого роду гомоморфізм добре ілюструють слова Д. Пойа: «Гомоморфізм є своєрідним систематичним перекладом. Оригінал не лише перекладається на іншу мову, але й скорочується таким чином, що результат перекладу і скорочення виявляється систематично рівномірно стиснутим ... Тонкощі при такому скороченні можуть бути і втрачені, але все, що присутнє в оригіналі, відображено у перекладі, і в зменшеному масштабі співвідношення зберігаються» [8, с. 49]. Таким чином, знакова форма є самостійним об'єктом, що реально існує і заміщує інший реальний об'єкт – алгоритмічний процес. При цьому виконується умова: алгоритм не співпадає повністю із відповідним йому алгоритмічним процесом, але дослідження алгоритму дає повну інформацію про протікання процесу. Тому знакову форму алгоритму можна назвати *моделлю алгоритмічного процесу*. Зауважимо, що якщо прийняти таку точку зору, то по відношенню до опису інформаційної моделі алгоритм виступає в якості *метамоделі* (як знакова модель, що використовується для опису іншої моделі – інформаційної). Визнання знакової форми алгоритму як певної моделі дозволяє розповсюдити на неї загальні методи роботи із моделями, тобто *алгоритмізація є моделюванням алгоритмічних процесів*. Під моделюванням будемо розуміти «метод опосередкованого практичного та теоретичного оперування об'єктом, при якому досліджується безпосередньо не сам об'єкт, а використовується допоміжна штучна чи природна система, котра знаходиться у визначеній об'єктивній відповідності із об'єктом, що пізнається, здатна заміщати його на визначених етапах пізнання і що дає при його дослідженні в кінцевому рахунку інформацію про сам об'єкт, що моделюється» [7, с. 42].

Алгоритм, як вже наголошувалось, розглядається як певна сутність, що може набувати ідеальної та матеріальної форми. Ми вважаємо, що ідеальна форма є носієм семантичного значення алгоритму (тобто, відображенням його ментального образу в структурі ментального досвіду людини або структурі пам'яті виконавця). Тому такого роду ідеальне, семантичне подання алгоритму єдине (адже його зміна призводить до створення вже іншого алгоритму). Знакова ж форма опосередковується певними знаковими поданнями, що визначаються особливостями синтаксичних правил у відповідних їм знакових системах. І це пояснює наявність багатьох видів знакового подання алгоритму. Кожен такий вид має певну своєрідність, висвітлює алгоритм з тієї чи іншої сторони. Отже, матеріальна форма певними засобами (знаковими або символічними системами) відображає ідеальну форму. Але й ідеальна форма теж повинна певним чином відображувати форму знакову. Знакова форма після сприйняття людиною трансформується у відповідний ментальний образ алгоритму, тобто під час дослідження або розробки алгоритму учень завжди будує певний ментальний образ алгоритму як об'єкта, на який спрямована його діяльність. При цьому процес сприйняття супроводжується розумінням (або нерозумінням) і може залежати від зрозумілості чи незрозумілості того об'єкта, що сприймається. У зовнішньому плані алгоритм, поданий за допомогою певної знакової системи, сприймається та фіксується як системно організоване зображення (схема, план). Ми вважаємо, що чим більше це зображення наближається за своєю структурою до ментального образу алгоритму, який створює мислено учень, тим більше воно буде сприяти зрозумілості власне алгоритму. У більшості випадків у практиці навчання алгоритміки використовуються текстові подання алгоритмів. Це пояснюється з психологічної точки зору тим, що знакові моделі є моделями вербальними, теоретичними і вже це саме по собі сприятиме формуванню теоретичного мислення. Але самі по собі ментальні моделі, що формуються в учня, навіть якщо вони і відбивають теоретичні поняття, не можуть бути відірвані від чуттєвого. Сучасна педагогічна психологія показує, що успішність навчання значно залежить не лише від використання самих моделей, а ще й від характеру цього використання при розв'язуванні учбових задач. Тому ми вважаємо одне із основних значень знакової форми алгоритму із пізнавальної точки зору саме в тому, що вона є своєрідною наочністю. Вона пов'язує теоретичні абстракції, втіленням яких є алгоритм в ідеальній формі, та їх наочні еквіваленти. Такого роду зв'язок завжди існує. Це пов'язано із тим, що понятійне мислення неможливе без наочного. Цей зв'язок так чи інакше давно використовується в дидактиці, де він знайшов втілення у формі *принципу наочності навчання*. У відповідності із ним навчання повинно ґрунтуватися на застосуванні конкретних образів, що використовуються учнями. Звичайно, під конкретністю розуміється не одиначне, а конкретна форма подання алгоритму як всезагального. При такому підході призначення знакової форми алгоритму вбачається нами не в збагаченні чуттєвого досвіду дитини, а як чуттєва опора для формування теоретичних понять у зв'язку із спеціальною дидактичною задачею – формуванням алгоритмічного стилю мислення. Знакова форма алгоритму в якості моделі виступає як продукт і як засіб здійснення теоретичної діяльності через наочно-образні форми. Це дозволяє стверджувати, що алгоритми-моделі є своєрідним поєднанням чуттєвого та раціонального у пізнанні. Цей висновок важливий, тому що відкриває новий погляд на дидактичне значення та застосування подань алгоритмів. При правильному виборі алгоритмічного подання можна розвивати не лише теоретичне мислення (яке властиве алгоритмічному стилю), а й наочно-образне. Наприклад, можна із достатньою вірогідністю прогнозувати, що застосування графічно-символьних подань алгоритмів буде сприяти навчанню алгоритміки дітей, у яких переважає наочно-образний компонент над аналітичним. Також особливо потрібно наголосити, що алгоритми, як своєрідна форма унаочнення процесів, використовуються не просто як ілюстрація певного положення, а як відображення активних моделей. Алгоритми є не просто ілюстративними моделями, що односторонньо відтворюють алгоритмічні процеси. Вони є також моделями *проектуючими*, тобто такими, що породжують ці процеси, дозволяють їх організувати і реорганізувати, повністю

передбачати їх поведінку. Таким чином, *алгоритмізація розглядається нами як специфічна пізнавально-проектувальна діяльність*. Алгоритмізація – це не просто знання алгоритмів та їх відтворення. Це перш за все володіння загальними способами дій, прийомами, засобами створення і застосування алгоритмів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Анисимов А. В. Информатика. Творчество. Рекурсия. – К.: Наукова думка, 1988. – 224 с.
2. Белошапка В. О языках, моделях и информатике // Информатика и образование. – 1987. – №6. – С. 12-16.
3. Бирюков Б. В. Жар холодных чисел и пафос бесстрастной логики. Формализация мышления от античных времен до эпохи кибернетики. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Знание, 1985. – 192 с.
4. Великий тлумачний словник сучасної української мови / Уклад. і голов. ред. В. Т. Бусел. – К.: Ірпінь: ВТФ "Перун", 2001. – 1440 с.
5. Жалдак М. І., Рамський Ю. С. Информатика: Навч. посібник. – К.: Вища школа, 1991. – 319 с.
6. Марков А. А. Теория алгорифмов. Труды математического института им. В. А. Стеклова.– М. – Л.: Издательство Академии наук СССР, 1954. – Т.42. – 375 с.
7. Новик И. Б. О моделировании сложных систем (философский очерк). – М.: Мысль, 1965. – 335 с.
8. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. – М.: Наука, 1975. – 463 с.
9. Советский энциклопедический словарь / Гл. ред. А. М. Прохоров.– 4-е издание. – М.: Сов. энциклопедия, 1989.– 1632 с.
10. Современный словарь иностранных слов: Ок. 20000 слов. – 3-е изд., стер. – М.: Рус. яз., 2000. – 742 с.