

УДК 37 004(07)

Ящик Олександр Богданович

асистент кафедри комп'ютерних технологій

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,

м. Тернопіль, Україна

sanytnpu@gmail.com

МАШИНА ТЮРІНГА ЯК УНІВЕРСАЛЬНИЙ ВИКОНАВЕЦЬ АЛГОРИТМІВ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ В ПРОЦЕСІ ПОГЛИБЛЕНОГО ВИВЧЕННЯ АЛГОРИТМІЗАЦІЇ І ОСНОВ ПРОГРАМУВАННЯ СТАРШОКЛАСНИКАМИ

Анотація. У статті обґрунтовано актуальність вивчення поняття алгоритму та його формального уточнення за допомогою машини Тюрінга; визначено основну гіпотезу теорії алгоритмів за Тюрінгом; розглянуто наукові дослідження сучасних учених, присвячені даній проблемі; з'ясовано головні принципи роботи машини Тюрінга як абстрактної математичної моделі; проаналізовано процес формування компонентів інформатичних компетентностей, інформаційної культури і розвиток системно-логічного мислення старшокласників за допомогою введення в шкільний курс інформатики теми: «Вивчення і застосування машини Тюрінга як універсального виконавця алгоритмів».

Ключові слова: алгоритмізація та основи програмування; поглиблене вивчення; виконавець алгоритму; програмні засоби; машина Тюрінга.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Інформатика наразі є одним із засобів формування не тільки освітнього, а й розвивального й інтелектуального потенціалу особистості учнів, а однією з найперспективніших сфер сучасної діяльності – алгоритмізація та програмування. Застосування знань і вмінь у цій сфері відкривають для учнів широкі можливості в навчанні й майбутній професійній діяльності. Загальноосвітня мета сучасного вивчення шкільного курсу інформатики полягає в освоєнні учнями її фундаментальних понять. Зокрема, у процесі поглибленого вивчення алгоритмізації та основ програмування, значну увагу варто приділяти розвитку системно-логічного мислення учнів і формуванню складових системи інформатичних компетентностей [3, с. 4; 10; 9, с. 16–25].

Тема «Алгоритмізація та програмування» вивчається в школі протягом кількох етапів. У початковій школі відбувається знайомство з поняттям алгоритму. Навчальні задачі розглядають як алгоритми на побутову, ігрову, казкову тематику. У середніх класах школи в рамках даної теми поняття алгоритму розглядається детальніше, елементи логіки вивчаються на більш формальному рівні. У процесі розв'язування навчальних задач учні знайомляться з різними способами запису алгоритмів, вивчають властивості алгоритмів, розглядають деякі алгоритми (алгоритм Евкліда, впорядкування даних і т. д.). У старших класах, й особливо в класах фізико-математичного, інформатично-технологічного профілів, ця тема вивчається значно ширше. Успіхи учнів в освоєнні навчального матеріалу багато в чому залежать від набутих ними загальнонавчальних навичок, що становлять основу системно-логічного мислення і повинні формуватися, починаючи з введення поняття алгоритму в навчальний процес.

Створюючи алгоритм чи програму, учень повинен передбачати їх виконання. Проте часто, через певні помилки, неточності результат не відповідає очікуванням

учня. Протиріччя, яке виникло, змушує його аналізувати свою роботу і знаходити помилки. Для розвитку мислення поява «протиріччя» – це сигнал появи проблеми, нерозв'язної за допомогою вже відомих інтелектуальних дій, сигнал для включення мислення як самостійного осмислення предмета [2, с. 21–30.]. Відповідно, це сприяє стимулюванню мислення учнів і систематизації вже наявних знань з метою досягнення чогось нового. Попри це, різноманітність виконавців алгоритмів і мов програмування спонукає учня чітко формулювати свою думку рідною мовою, а тоді вже записувати її з допомогою мови конкретного виконавця.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню машини Тюрінга і проблемі її використання у вивченні інформатики присвячено праці відомих вітчизняних і зарубіжних учених (М. І. Жалдак, Ю. С. Рамський, М. В. Рафальська [3], В. Н. Пільщиков, В. Г. Абрамов, А. А. Виліток, І. В. Горячая [7], А. В. Сідоров [8], М. А. Умрик [9], Ю. В. Триус, А. Ю. Дяченко [12], М. М. Фаліна [13] та ін.).

Описуючи різноманітні алгоритми для машин Тюрінга і стверджуючи реалізованість усіляких композицій алгоритмів, А. Тюрінг переконливо показав розмаїтість можливостей використання запропонованої ним конструкції, що дало змогу йому виступити з такою тезою: «Всякий алгоритм може бути реалізований відповідною машиною Тюрінга» [13, с. 12–15]. Це основна гіпотеза теорії алгоритмів у формі Тюрінга. Одночасно ця теза є формальним визначенням алгоритму. Завдяки їй можна доводити існування або не існування алгоритмів, створюючи відповідні машини Тюрінга або доводячи неможливість їх побудови. Завдяки цьому з'являється загальний підхід до пошуку алгоритмічних рішень.

Досвід показує, що для формування складових компетентностей з алгоритмізації та програмування за поглибленого вивчення інформатики в старших класах доцільно розглянути на уроках машину Тюрінга. У багатьох підручниках з інформатики під час вивчення поняття і властивостей алгоритму використовують фрази такого змісту: «... існує багато різних способів для запису одного і того ж алгоритму, наприклад, запис у вигляді тексту, запис у вигляді блок-схеми, запис якою-небудь алгоритмічною мовою, подання алгоритму у вигляді машини Тюрінга або машини Поста ...» [4]. На жаль, фрази, де згадується машина Тюрінга, не є поширеними в загальноосвітній школі. Без сумніву, обсяг годин, що відводяться на вивчення алгоритмів, не завжди дає змогу включати в цю тему ще й вивчення способів запису алгоритму у вигляді машини Тюрінга. Однак ця тема вкрай цікава, важлива і корисна для школярів, які особливо захоплюються інформатикою. Тема «Машина Тюрінга» може вивчатися в 10–11-х класах у рамках теми «Алгоритм. Виконавці алгоритму», також на гуртковій роботі з обдарованими дітьми, у профільному навчанні інформатики та бути безпосереднім продовженням вивчення формальних виконавців. Складання програм для машини Тюрінга для розв'язування доцільно дібраних задач сприяє розвитку системно-логічного мислення, дає змогу реалізовувати міжпредметні зв'язки (особливо інформатики і математики), формувати складові алгоритмічної культури учнів.

Мета статті. Виходячи з вищесказаного, метою нашого дослідження є вивчення поняття алгоритму, формування компонентів інформативних компетентностей, інформаційної культури та розвиток логічного мислення старшокласників за допомогою введення в курс інформатики теми вивчення і застосування машини Тюрінга як універсального виконавця алгоритмів.

У процесі навчання учнями набуваються і закріплюються такі знання, вміння і навички:

- знання про склад машини Тюрінга, принципи її роботи;
- реалізація базових алгоритмічних структур на машині Тюрінга;
- навички побудови машин Тюрінга для розв'язування навчальних задач;

- закріплення і вдосконалення знань і вмінь з алгоритмізації;
- ознайомлення з поняттям алгоритмічно нерозв'язної проблеми.

2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розглядаючи поняття алгоритму, потрібно звернути увагу учнів, що ми даємо не строге математичне поняття, а роз'яснення. Проте інколи під час розгляду алгоритму як об'єкта математичної теорії потрібно мати саме точне поняття алгоритму, яке відповідало б фактично змістові суті цього поняття. Одним із таких уточнень є машина Тюрінга, у якій поняття алгоритму ґрунтується на командно-адресному принципі.

З попередніх класів учням уже відомо, що під алгоритмом розуміється точне розпорядження, яке задає обчислювальний процес, що починається з довільних початкових даних і спрямоване на отримання повністю визначеного цими вхідними даними результату. Це так зване інтуїтивне поняття алгоритму. Інтуїтивного поняття алгоритму цілком достатньо, якщо стоїть завдання побудови конкретного алгоритму або доведення алгоритмічної розв'язності конкретної задачі.

Інша справа, якщо треба довести, що алгоритму розв'язування певного класу задач не існує. Саме тут і потрібне строге математичне уточнення поняття алгоритму. Поняття алгоритму в його загальному вигляді належить до числа основних, невизначених понять, тому всілякі уточнення поняття алгоритму призводять, взагалі кажучи, до деякого звуження цього поняття. Отже, на роль уточнення може претендувати таке уточнення, коли у нас буде переконання в тому, що для кожного алгоритму в інтуїтивному сенсі може бути вказаний еквівалентний йому уточнений алгоритм [8, с. 12].

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Усі команди, які може виконувати певний виконавець алгоритму, складають систему команд виконавця (СКВ). Алгоритм будується з команд СКВ. Об'єкти, над якими виконавець може виконувати дії, складають так зване середовище виконавця.

Виконання алгоритму здійснюється цілком формально. Звідси випливає, що виконавцем алгоритмів може бути автоматичний пристрій. Клас задач, на розв'язання яких орієнтований виконавець, визначається його системою команд. У методиці навчання алгоритмізації прийнято виокремлювати дві категорії виконавців: виконавці, що працюють в певній ситуації, і виконавці, що працюють з величинами. Для першої категорії середовищем виконавця може бути лист (екран), на якому виконавець формує зображення (малюнки, креслення та ін.); лабіринт, який виконавець повинен подолати; предмети, які виконавець повинен розставити в певному порядку і т. д. Виконавці роботи з величинами призначені для опрацювання слів, поданих у певному алфавіті, числових або символічних даних. Виконавець, до систем команд якого входять арифметичні і логічні операції, може розв'язувати обчислювальні задачі. Вхідними даними і результатами для нього є числа. Універсальним виконавцем алгоритмів для роботи з величинами є комп'ютер.

Машина Тюрінга – абстрактний виконавець (абстрактна обчислювальна машина), яка була запропонована Аланом Тюрінгом у 1936 р. для формалізації поняття алгоритму. Машина Тюрінга є розширенням скінченого автомата і, згідно з тезою Черча-Тюрінга, здатна імітувати всіх інших виконавців (за допомогою задання правил переходу), що будь-яким чином реалізують процес покрокового обчислення, в якому кожен крок обчислення достатньо елементарний [5].

Доцільно звернути увагу учнів, що метою створення абстрактної, у явної машини було отримання можливості доведення існування або не існування алгоритмів розв'язування різних класів задач. Керуючись цією метою, Тюрінг шукав якомога більш просту, «бідну» алгоритмічну схему, лише б вона була універсальною.

Машина Тюрінга – це строга математична побудова, математичний апарат, створений для розв'язування певних задач. Цей математичний апарат був названий «машиною» з тієї причини, що за описом його складових частин і функціонування він схожий на обчислювальну машину. Принципова відмінність машини Тюрінга від обчислювальних машин полягає в тому, що її блок зовнішньої пам'яті нескінченною стрічкою: у реальних обчислювальних машин запам'ятовуючий пристрій може бути як завгодно великим, але обов'язково скінченим. Машину Тюрінга не можна реалізувати саме через нескінченність її стрічки. У цьому сенсі вона потужніша від будь-якої обчислювальної машини.

До складу машини Тюрінга входить нескінченна в обидві сторони стрічка (можливі машини Тюрінга, які мають кілька нескінчених стрічок), поділена на комірочки, й управляючий пристрій, здатний перебувати в одному з безлічі станів – автомат (читаючий елемент для зчитування / запису, керований програмою). Число можливих станів управляючого пристрою точно задане. Управляючий пристрій може переміщатися вліво і вправо по стрічці, читати і записувати в комірочки стрічки символи деякого скінченного алфавіту. Виокремлюється особливий порожній символ, що заповнює всі комірочки стрічки, крім тих з них (скінченного числа), у яких записані вхідні дані. Управляючий пристрій працює згідно з правилами переходу, які представляють алгоритм, реалізований даною машиною Тюрінга. Кожне правило переходу скеровує машину, залежно від поточного стану і спостережуваного в поточній комірці символу: записати в цю комірочку новий символ, перейти в новий стан та переміститися на одну комірочку вліво або вправо, або залишитися на місці. Деякі стани машини Тюрінга можуть бути помічені як термінальні, і перехід у будь-який з них означає кінець роботи, зупинку алгоритму.

З кожною машиною Тюрінга пов'язані два скінчені алфавіти: алфавіт вхідних сигналів $A = \{a_0, a_1, \dots, a_m\}$ і алфавіт $Q = \{q_0, q_1, \dots, q_p\}$. (З різними машинами Тюрінга можуть бути пов'язані різні алфавіти A і Q). Стан q_0 називається пасивним. Вважається, що якщо машина потрапила в цей стан, то вона закінчила свою роботу. Стан q_1 називається початковим. Перебуваючи в цьому стані, машина починає свою роботу. Вхідне слово розміщується на стрічці по одній букві в розташованих підряд комірках. Ліворуч і праворуч від вхідного слова знаходяться тільки порожні комірочки (в алфавіт A завжди входить «порожня» буква a_0 – ознака того, що комірочка порожня).

Конкретна машина Тюрінга задається перерахуванням елементів множини букв алфавіту A , станів Q і набором правил, за якими працює машина. Вони мають вигляд: $q_i a_j \rightarrow q_{i1} a_{j1} d_k$ (якщо читаючий елемент знаходиться в стані q_i , а в комірці записана буква a_j , то читаючий елемент переходить у стан q_{i1} , у комірочку замість a_j записується a_{j1} , читаючий елемент робить рух d_k , який має три варіанти: на клітинку вліво (L), на клітинку вправо (R), залишитися на місці (N)). Для кожної можливої конфігурації $\langle q_i, a_j \rangle$ є тільки одне правило. Правил немає тільки для заключного стану, потрапивши в який, машина зупиняється. Попри це, необхідно вказати кінцевий і початковий стан, початкову конфігурацію на стрічці і розташування читаючого елемента.

Машина Тюрінга є найпростішою обчислювальною машиною з лінійною пам'яттю, яка згідно формальних правил перетворює вхідні дані за допомогою послідовності елементарних дій. Елементарність дій полягає в тому, що дія змінює лише невеликий шматочок даних у пам'яті (у разі машини Тюрінга – лише одну комірочку). Незважаючи на простоту машини Тюрінга, на ній можна обчислити все, що

можна обчислити на будь-якій іншій машині, яка здійснює обчислення за допомогою послідовності елементарних дій. Ця властивість називається повнотою.

Машина Тюрінга може виконувати всі можливі перетворення слів, реалізуючи тим самим всі можливі алгоритми. На машині Тюрінга можна імітувати машину Поста, алгоритми Маркова і будь-яку програму для звичайних комп'ютерів, перетворюючи вхідні дані у вихідні з якого-небудь алгоритму. У свою чергу, на різних абстрактних виконавцях можна імітувати машину Тюрінга. Виконавці, для яких це можливо, називаються повними за Тюрінгом.

Багатство можливостей машини Тюрінга проявляється в тому, що якщо якісь алгоритми А і В реалізуються машинами Тюрінга, то можна побудувати машини Тюрінга, що реалізують різні композиції алгоритмів А і В. Наприклад, «Виконати А, потім виконати В» або «Виконати А. Якщо в результаті вийшло слово «так», виконати В. В іншому випадку не виконувати В »або« Виконувати по черзі А, В, поки виконується певна умова».

Очевидно, що такі композиції також є алгоритмами, тому їх реалізація за допомогою машини Тюрінга підтверджує, що конструкція Тюрінга є універсальним виконавцем. Всякий алгоритм може бути реалізований відповідною машиною Тюрінга. Варто звернути увагу учнів, що всі алгоритми, придумані людством протягом століть, можуть бути реалізовані машиною Тюрінга. Цей фундаментальний результат був отриманий у той час, коли універсальних обчислювальних машин ще не існувало. Більше того, сам факт побудови уявного універсального виконавця дозволив висловити припущення про доцільність побудови універсальної обчислювальної машини, яка б могла розв'язувати будь-які задачі за умови відповідного кодування вихідних даних і розробки відповідної програми дій виконавця.

Тема «Машина Тюрінга» може вивчатися в 10–11-х класах на уроках інформатики, на факультативних заняттях, гуртках, у системі додаткової освіти, наприклад, у школах юних програмістів. Вивчення цієї теми доцільно супроводжувати комп'ютерною підтримкою, використовуючи, наприклад програмний тренажер-імітатор «Машина Тюрінга». Після закінчення вивчення теми учні повинні знати уточнене поняття алгоритму, поняття і принципи дії машин Тюрінга, операції над ними, а також у процесі навчання учні повинні навчитися будувати машини Тюрінга для розв'язування навчальних задач.

Під керівництвом учителя учні формулюють, як можна реалізувати основні алгоритмічні структури на машині Тюрінга. Зокрема, для реалізації повного розгалуження достатньо ввести два стани q_1 і q_2 , перебуваючи в яких читаючий елемент розглядає комірку з деяким символом S . Команда Sv в стані q_1 повинна забезпечити перехід на виконання <серії 1>, а S в стані q_2 – на виконання <серії 2>. Аналогічно розглядається команда вибору, циклу.

Таблиця 1

Команда розгалуження – оператор вибору

	q_1	q_2
S	<серія 1>	<серія 2>

Таблиця 2

Команда вибору – «case»

	q_1	q_2	...	q_n
S	<серія 1>	<серія 2>	...	<серія n>

Деякі питання щодо алгоритмічно нерозв'язних проблем, універсальної машини Тюрінга доцільно розглянути на засіданні гуртка з інформатики. І хоча побудова універсальної машини є досить нелегкою справою, усе ж доцільно запропонувати учням розробити власні проекти такої машини.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Застосування поняття машини Тюрінга як універсального виконавця алгоритмів на уроках поглибленого вивчення інформатики у старших класах допоможе учням розширити розуміння поняття алгоритму, навчитися описувати принципи роботи цієї машини та будувати машину Тюрінга для розв'язання нескладних задач; формувати ключові інформатичні компетентності, світогляд; сприятиме розвитку системно-логічного мислення й ефективному закріпленню вмінь старшокласників аналізувати, систематизувати та доводити.

Варто зазначити, що вивчення машини Тюрінга як дієвого засобу для формального уточнення інтуїтивного поняття алгоритму набуває все більшого значення в контексті подальших розвідок у напрямі підвищення ефективності сучасного процесу навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Варпаховский Ф. Л. Элементы теории алгоритмов : учебное пособие / Ф. Л. Варпаховский. – М. : Просвещение, 1970. – 25 с.
2. Гетманова А. Д. Логика : для пед. учеб. заведений / А. Д. Гетманова. – М. : Новая школа, 1995. — 415 с.
3. Жалдак М. І. Модель системи соціально-професійних компетентностей вчителя інформатики / М. І. Жалдак, Ю. С. Рамський, М. В. Рафальська // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : Зб.наук. праць / Редрада. – 2009 – № 7(14). – С. 3–18.
4. Как проектировать универсальные учебные действия в начальной школе : от действия к мысли : пособие для учителя / [А. Г. Асмолов [и др.] ; под ред. А. Г. Асмолова. – М. : Просвещение, 2008. – 152 с.
5. Машина Тюрінга [Електронний ресурс] // Навчальні матеріали з інформатики. Основні поняття інформатики. – Режим доступу : <http://www.ua5.org/osnovi/158-mashina-tjuringa.html>.
6. Основи програмування [Електронний ресурс] // Електронна бібліотека Libr.Org.Ua. – Режим доступу : <http://libr.org.ua/books/74.html>.
7. Пильщиков В. Н. Машина Тьюринга и алгоритмы Маркова. Решение задач : учебно-методическое пособие. // В. Н. Пильщиков, В. Г. Абрамов, А. А. Вылиток, И. В. Горячая. – М. : МГУ, 2006. — 47 с.
8. Сидоров А. В. Теория алгоритмов : машины Тьюринга : учеб.-метод. пособие / А. В. Сидоров. – Кострома : КГУ им. Н. А. Некрасова, 2010. – 26 с.
9. Складові інформаційної культури майбутнього вчителя математики / Ю. С. Рамський, М. А. Умрик // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : Зб.наук. праць / Редрада. – 2011. – № 11. – С. 16–25.
10. Спірін О. М. Інформаційно-комунікаційні та інформатичні компетентності як компоненти системи професійно-спеціалізованих компетентностей вчителя інформатики [Електронний ресурс] // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2009. – № 5 (13). – Режим доступу до журн. : <http://www.ime.edu.ua.net/em.html>.
11. Техніка обчислень і алгоритмізація : навчальний посібник / І. Ф. Следзінський, А. М. Ломакович, Ю. С. Рамський, Р. І. Зароський. – К. : Вища школа, 1991 – 199 с.
12. Триус Ю. В. Програма-інтерпретатор алгоритмічних систем Маркова, Тюрінга, Поста / Ю. В. Триус, А. Ю. Дяченко // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : зб. наук. праць / Редкол. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова. – № 4 (11). – 2006. – С. 28–41.
13. Фаліна М. М. Машина Тьюринга / М. М. Фаліна // Інформатика. – № 26. – 2005. – С. 12–15.

14. Ящик О. Б. Компетентнісний підхід у навчанні об'єктно-орієнтованого програмування як основа підготовки учнів старших класів / О. Б. Ящик // Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка – Серія «Педагогіка». – 2011. – № 1. – С. 103–108.

Матеріал надійшов до редакції 18.02.2016 р.

МАШИНА ТЬЮРИНГА КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИСПОЛНИТЕЛЬ АЛГОРИТМОВ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ АЛГОРИТМИЗАЦИИ И ОСНОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ СТАРШЕКЛАСНИКАМИ

Ящик Александр Богданович

ассистент кафедры компьютерных технологий

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка,

г. Тернополь, Украина

sanytnpu@gmail.com

Аннотация. В статье обоснована актуальность изучения понятия алгоритма и его формального уточнения с помощью машины Тьюринга; определена основная гипотеза теории алгоритмов за Тьюрингом; рассмотрены научные исследования современных ученых, посвященные данной проблеме; выяснены главные принципы работы машины Тьюринга как абстрактной математической модели; проанализирован процесс формирования компонентов информатических компетентностей, информационной культуры и развития логического мышления старшеклассников с помощью введения в курс информатики темы «Изучение и применение машины Тьюринга как универсального исполнителя алгоритмов».

Ключевые слова: алгоритмизация и основы программирования; углубленное изучение; исполнитель алгоритма; программные средства; машина Тьюринга.

TURING MACHINE AS UNIVERSAL ALGORITHM EXECUTOR AND ITS APPLICATION IN THE PROCESS OF HIGH-SCHOOL STUDENTS' ADVANCED STUDY OF ALGORITHMIZATION AND PROGRAMMING FUNDAMENTALS

Oleksandr B. Yashchuk

assistant of Computer Engineering and Technology Department

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, Ukraine

sanytnpu@gmail.com

Abstract. The article discusses the importance of studying the notion of algorithm and its formal specification using Turing machines. In the article it was identified the basic hypothesis of the theory of algorithms for Turing as well as reviewed scientific research of modern scientists devoted to this issue and found the main principles of the Turing machine as an abstract mathematical model. The process of forming information competencies components, information culture and students' logical thinking development with the inclusion of the topic "Study and Application of Turing machine as Universal Algorithm Executor" in the course of Informatics was analyzed.

Keywords: algorithmization and programming fundamentals; advanced study; algorithm executor; programming methods; Turing machine.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Varpahovskiy F. L. Elements of the theory of algorithms: manuel / F. L. Varpahovskiy. – М. : Prosveschenie, 1970. – 25 s .(in Russian)

2. Getmanova A. D. Logic :dlya ped. ucheb. zavedeniy / A. D. Getmanova. – М. : Novaya shkola, 1995. – 415 s. (in Russian)
3. Zhaldak M. I. Model of social and professional competence of teachers of informatics / M. I. Zhaldak, Iu. S. Ramskyi, M. V. Rafalska // Naukovyi chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova. Seriiia № 2. op'uterno-oriiientovani systemy navchannia : Zb. nauk. prats / Redrada. – 2009. – № 7(14). – S. 3–18. (in Ukrainian)
4. How to design a universal educational activities in elementary school: from action to thought : posobie dlya uchitelya / [A. G. Asmolov [idr.] ; podred. A. G. Asmolova. – М. :Prosveschenie, 2008. – 152 s. (in Russian)
5. Turing machine [online] // Navchalni materialy z informatyky. Osnovni poniattia informatyky. – Available from: <http://www.ua5.org/osnovi/158-mashina-tjuringa.html>. (in Ukrainian)
6. Basics of programming [online] // Elektronna biblioteka Libr.Org.Ua. – Available from: <http://libr.org.ua/books/74.html>. (in Ukrainian)
7. Pilschikov V. N. Turing machine and Markov algorithms. Solving problems: manual // V. N. Pilschikov, V. G. Abramov, A. A. Vyilitok, I. V. Goryachaya. – М. : MGU, 2006. – 47 s. (in Russian)
8. Sidorov A. V. Theory of algorithms: Turing machine: manual / A. V. Sidorov. – Kostroma : KGU im. N. A. Nekrasova, 2010. – 26 s. (in Russian)
9. The components of the information culture of the future teacher of mathematics / Iu. S. Ramskyi, M. A. Umryk // Naukovyi chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova. Seriiia № 2 : Komp'uterno-oriiientovani systemy navchannia : Zb. nauk. prats / Redrada. – 2011. – № 11. –S. 16–25. (in Ukrainian)
10. Spirin O. M. Information and communication informatychni and competence as components of the professional competence of teachers specialized science [online] // Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia. – 2009. – № 5 (13). – Available from : <http://www.ime.edu.ua.net/em.html>.(inUkrainian)
11. Engineering calculations and algorithmic: manual / I. F. Sledzinskyi, A. M. Lomakovych, Iu. S. Ramskyi, R. I. Zaroskyi. – K. : Vyshchashkola, 1991 – 199 s. (in Ukrainian)
12. Tryuslu V. The program in terpreter algorithmic systems of Markov, Turing, Post/ Iu. V. Tryus, A. Iu. Diachenko // Naukovyi chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova. Seriiia № 2. Komp'uterno-oriiientovani systemy navchannia : Zb. nauk. prats / Redkol. – K. : NPU im. M. P. Drahomanova. – № 4 (11). – 2006. – S. 28–41. (in Ukrainian)
13. Falina M. M. Turing machine / M. M. Falina // Informatyka. – № 26. – 2005. – S. 12–15. (in Ukrainian)
14. Iashchyk O. B. Competence approach in teaching object-oriented programming as a basis for the preparation of high school students / O. B. Yashchyk // Naukovi zapysky TNPU im. V. Hnatiuka – Seriiia «Pedahohika». – 2011. – № 1. – S. 103–108. (in Ukrainian).

Conflict of interest. The author has declared no conflict of interest.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.