УДК 004.42:001.895:378.14

Горбатюк Роман Михайлович
доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних технологій
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна
ORCID ID 0000-0002-1497-1866
gorbaroman@gmail.com

Кабак Віталій Васильович
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри комп'ютерних технологій
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна
ORCID ID 0000-0001-9823-825X
kabak.volyn@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ALGOSTUDY У ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ АЛГОРИТМІЧНОГО МИСЛЕННЯ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ПЕДАГОГІВ У ГАЛУЗІ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація. У статті обґрунтовуються особливості формування алгоритмічного мислення інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій як важливої інтелектуальної складової професійної діяльності. У середовищі програмування Adobe Flash CS6 створено інформаційну систему AlgoStudy, структурні компоненти якої розроблено із застосуванням Flash-анімації. Педагогічний програмний засіб являє собою Flash-додаток із заданою послідовністю кадрів, перехід між якими реалізовано з допомогою навігації за розділами моделювання, алгоритми, структура слідування, структура розгалуження і структура цикл. Реалізація гіпертекстових посилань між розділами здійснюється за допомогою команд мови програмування ActionScript. Визначено основні етапи (організаційний, практичний, результуючий) формування алгоритмічного мислення та подано їх характеристику. Особливу увагу приділено розробці навчального матеріалу (інтерактивних завдань, задач з моделювання та логічних ігор) в інформаційній системі AlgoStudy для підготовки майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій з основ алгоритмізації та програмування. Здійснено спеціальну організацію освітнього процесу для формування алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів, під час якого в експериментальних групах застосовували педагогічний програмний засіб AlgoStudy, а в контрольних групах навчання здійснювалось за традиційними дидактичними матеріалами. Розрахунки отриманих результатів дослідницької діяльності дають підстави стверджувати, що використання інформаційної системи AlgoStudy сприяло зростанню показників високого і достатнього рівнів сформованості алгоритмічного мислення студентів. Практичне значення проведеного дослідження полягає в застосуванні отриманих результатів для розвитку алгоритмічного мислення майбутніх фахівців комп'ютерних спеціальностей педагогічних і технічних закладів вищої освіти в процесі вивчення професійно-орієнтованих дисциплін комп'ютерного спрямування.

Ключові слова: алгоритм; алгоритмічне мислення; інформаційна система; формування особистості; педагогічний програмний засіб; комп'ютерні технології.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Професійна підготовка майбутніх інженерів-педагогів передбачає розробку нових навчальних програм з дисциплін, що базуються на застосуванні вдосконалених концепцій інтегрованого навчання, максимального використання можливостей комп'ютерних технологій і забезпечують: індивідуалізацію освітнього процесу, швидкий зворотний зв'язок, можливість багаторазового відпрацювання навчальних дій та застосування їх на будь-якому етапі підготовки, дотримання принципів послідовності та наступності, створення однакових умов для всіх студентів тощо [1].

Для того, щоб у майбутнього фахівця в галузі комп'ютерних технологій сформувати самостійність, необхідно чітко визначити та надати ґрунтовну характеристику професійній

© Р. М. Горбатюк, В. В. Кабак, 2019.

компетентності під час дидактичного процесу, а також забезпечити можливість обрати серед декількох ІТ-професій саме ту, яка відповідає його вподобанням.

Важливе місце у підготовці майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій посідає формування інформатичної компетентності, однією з ключових особливостей якої є здатність опрацьовувати значні масиви даних як із використанням комп'ютерних технологій, так і завдяки особистому вмінню аналізувати, класифікувати, синтезувати нові знання. При цьому особливого значення набуває використання інформатичних технологій (мультимедійних логічних ігор, інтерактивних завдань, задач на моделювання тощо), що формують уміння та навички роботи з даними – здійснення приймання, зберігання, опрацювання, подання та передавання інформації. Відображається цей зміст у вигляді алгоритмів, які можуть використовуватися для роботи з контентом під час створення прикладних програм.

Важливим компонентом професійної підготовки майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій є формування алгоритмічного мислення, необхідність якого на даний час загальновизнана, в загальноосвітніх і професійно-технічних навчальних закладах та закладах вищої освіти (ЗВО). Теоретико-практичні особливості формування алгоритмічного мислення є рушійною силою комп'ютерної підготовки майбутніх інженерів-педагогів [1], [2].

Формування алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів у ЗВО передбачає особливу організацію освітнього процесу, ефективне співвідношення теоретичної і практичної складових. Формування алгоритмічного мислення відбуватиметься за наступної послідовності дій: виявлення психолого-педагогічних умов побудови алгоритму; визначення конкретних дій і послідовності їх виконання; визначення взаємозв'язків між об'єктом і суб'єктом діяльності [3].

Розвинуте алгоритмічне мислення майбутніх інженерів-педагогів передбачає наявність відповідних умінь і навичок:

- розуміння сутності формування форми істинного/помилкового умовиводу;
- формування навичок удосконалення розумових дій;
- уміння формулювати чіткі висновки на основі отриманих фактичних даних;
- розвиток здатності раціонально мислити;
- аргументоване доведення правильності отриманих суджень;
- послідовне й обґрунтоване висловлювання власних думок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні тенденції навчання програмуванню диктують нові вимоги до створення освітнього середовища підготовки майбутніх фахівців. Основна вимога ставиться до оптимального поєднання швидкості та якості отримання дидактичного матеріалу. Серед сучасних перспективних технологій щодо вивчення основ алгоритмізації та програмування виділимо мультимедійні технології (мультимедійні презентації, інформаційні навчальні системи, вебінари, електронні посібники та підручники тощо), масові відкриті онлайн-курси (англ. MOOC) (edX, Coursera, Udacity, Inigral, Udemy та ін), хмарні сервіси (наприклад, Microsoft Office 365, Google Apps Education Edition). Використання запропонованих технологій під час організації освітнього процесу забезпечує доступ студентів до світових інформаційних ресурсів і надає можливість здійснення освіти (зокрема і самоосвіти) із застосуванням сучасних методик викладання програмування.

Наукові дослідження впливу алгоритмічної діяльності на формування розумових операцій обґрунтовано в роботах С. Алтухової [3], Т. Барболіної [4], В. Беспалько, В. Бикова, А. Єршова, П. Гальперіна, Т. Губіної, В. Калітиної [5], Н. Морзе, Т. Пушкарьової [6], О. Спіріна [7], П. Шевчука [8] та інших науковців. Аналіз праць зазначених авторів дає підстави стверджувати, що формування алгоритмічного мислення забезпечує способи розумової діяльності студентів ЗВО. Тому методика навчання алгоритмізації та програмування за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій повинна всебічно сприяти розвитку їх когнітивних здібностей під час формування алгоритмічного мислення. Особливу увагу слід приділяти постійному

вдосконаленню розумової діяльності студентів у процесі створення програм різної складності із застосуванням мов програмування високого рівня. Активні дослідження в цій галузі здійснюються іноземними вченими T. Bell, F. Rosamond [9], J. Hromkovič, T. Kohn [10], D. Knuth [11],G. Futschek [12], S. Rixner, A. Wilson [13] та ін.

Технологічні аспекти сучасної концепції комп'ютерної науки T. Bell і F. Rosamond [9] розглядали в контексті викладання математичних дисциплін та використання елементів ситуаційних ігор. Науковцями здійснено дослідження генезису систем MEGA-Math і «Unplugged» в аспекті історичного розвитку інформатики та математики і подано методику їх застосування в контексті комп'ютеризації освітньої діяльності.

У процесі здійснення дослідницької діяльності J. Hromkovič і T. Kohn визначили основні аспекти алгоритмічного мислення як цілі реалізації навчальних програм: поняття формальної мови для вираження алгоритмів, абстракції та автоматизації з метою передачі перевіреної стратегії новим випадкам і межі практичної обчислюваності [10].

Професор Стенфордського університету D. Knuth [11] алгоритмічне мислення студентів розглядає як невід'ємну складову розвитку їх математичного мислення. Науковцем обґрунтовано критерії аналізу алгоритмів в контексті оцінки їх складності (лінійна, логарифмічна, квадратична тощо).

Ключову роль алгоритмічного мислення в галузі інформатики, яка може розвиватися незалежно від навчального програмування, розкриває у своїх дослідженнях G. Futschek [12]. Увага дослідника акцентується на проблемних ситуаціях, які нелегко вирішити, але мають зрозуміле визначення проблеми. На його думку, правильна візуалізація цих проблем може допомогти зрозуміти основні поняття (правильність, закінчення, ефективність, детермінізм, паралельність та ін.), пов'язані з алгоритмами.

Досліджуючи особливості формування алгоритмічного мислення, A. Wilson і S. Golonka [13] розглядають конкретні приклади застосування алгоритмів у житті людини (алгоритми руху, алгоритми вибору дії, гібридні алгоритми та ін.). Вчені зазначають, що в процесі життєдіяльності людини існують так звані «внутрішні алгоритми», які контролюють час і масштаби її поведінки в навколишньому середовищі.

Комплекс формальних методів аналізу і синтезу даних на базі експертних систем для дистанційного моніторингу водних ресурсів запропонував Е. Звенигородський [14]. Програмні комплекси (NYMPHAEA, DCOMPO, MONITO), розроблені науковцем, можуть застосовуватись лише на старших курсах, оскільки вони містять складні за структурою алгоритми. Інформаційна система AlgoStudy спрямована на формування алгоритмічного мислення студентів на початковому рівні вивчення алгоритмізації та програмування. Такий підхід забезпечує поступовий перехід від розуміння студентом суті алгоритму до зміни акценту на те, що будь-яка програма складається із скінченної кількості дій (сукупності алгоритмів). Поряд із цим педагогічний програмний засіб AlgoStudy забезпечує підґрунтя для подальшого опанування існуючих мов програмування студентами інших спеціальностей.

Особливе місце щодо розвитку алгоритмічного мислення учнівської молоді відводиться шкільному курсу «Інформатика». Для цього застосовуються програми, які називаються графічними навчальними виконавцями (ГРНВ) [15]. Існують різні програми, розроблені для занять з інформатики (Черепашка, Робот, Кенгурьонок, Пилососик, Мураха та ін.), які мають подібний принцип дії.

Порівнюючи програму Кенгурьонок з інформаційною системою AlgoStudy відмітимо їх подібні та відмінні риси. Програма Кенгурьонок забезпечує формування алгоритмічного мислення учнів на початковому рівні в межах шкільного курсу «Інформатика», тоді як інформаційна система AlgoStudy орієнтована на заклади середньої та вищої освіти.

У програмі Кенгурьонок, аналогічно як і в інформаційній системі AlgoStudy, є можливість роботи з графічним контентом. Проте в AlgoStudy дана властивість поєднана з елементами мультимедіа, що значно розширює можливості сприйняття інформації користувачем, оскільки практичну реалізацію окремих завдань подано в ігровій формі. Крім того, в інформаційній системі AlgoStudy наявні теоретичний і практичний блоки, а також

блок тестового контролю знань, тоді як у програмі Кенгурьонок наявна лише практична складова – побудова графічних об'єктів за заданим алгоритмом. Недоліком програми Кенгурьонок є несумісність із сучасними операційними системами. Для її запуску потрібна програма-емулятор операційної системи DOS [15]. Аналогічним чином працює програма Пилососик, яку можна запустити, скориставшись файлом ROB.exe. Вагомою перевагою інформаційної системи AlgoStudy є можливість її використання на будь-якій із платформ і також запуску програмного продукту на мобільних пристроях.

Водночас потрібно зазначити недостатність розроблення й апробації педагогічних програмних засобів, які використовуються в процесі формування алгоритмічного мислення майбутніх фахівців у галузі комп'ютерних технологій.

Зважаючи на зазначене вище, **метою статті** є обґрунтування дієвості інформаційної системи AlgoStudy в процесі формування алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Алгоритмічне мислення є важливою інтелектуальною складовою професійної діяльності інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій. У педагогічній практиці під час навчання алгоритмізації та програмуванню активно використовуються мультимедійні презентації, навчальні відеоролики, які ілюструють виконання різних алгоритмів. Досить часто в дидактичному процесі майбутніх інженерів-педагогів застосовуються ментальні карти і схеми. Всі ці засоби стимулюють розвиток алгоритмічного мислення студентів, підвищують рівень засвоєння навчального матеріалу завдяки тому, що задіюються як візуальний, так і аудіальний канали сприйняття інформації [1].

Однак кінестетичні способи обробки інформації (моторико-рухові, тактильні) залишаються майже незатребуваними, хоча, згідно з наявною статистикою, саме вони є провідними приблизно у 40 % людей. Отож, існує протиріччя між необхідністю розвивати когнітивні здібності майбутніх інженерів-педагогів під час навчання алгоритмізації та програмуванню і недостатньою розробленістю засобів та інструментарію для досягнення цієї мети.

Формування алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій реалізовано у вигляді взаємопов'язаних етапів:

1. Організаційний – формування адаптивності студентів; умінь і навичок працювати з інформацією в рамках суб'єкт-суб'єктної взаємодії в освітньому процесі; внутрішньої установки на перетворення дійсності та позитивної мотивації.

2. Практичний – усвідомлення проблемної ситуації, яка є підставою для перетворення навчальної діяльності, спрямованої на підвищення результативності навчання; діагностика проблемної ситуації: формулювання актуальних, сутнісних завдань, контроль фактичних знань, умінь і навичок студентів.

3. Результативний – перехід до самостійної професійно-педагогічної діяльності [3].

Послідовний перехід від одного етапу до іншого неможливий без урахування мотиваційної, змістової та орієнтаційної складових, які спрямовані на виявлення домінуючих мотивів навчальної діяльності студентів, первинних навчальних умінь і навичок, та їх готовності до самостійної професійно-орієнтованої діяльності.

Мотиваційна складова формування алгоритмічного мислення з використанням інформаційної системи AlgoStudy забезпечується шляхом активізації пізнавальної діяльності студентів через використання сучасних форм подання навчальної інформації (аудіо-візуальних, моторико-рухових, тактильних), завдяки яким засвоєння дидактичного матеріалу відбувається у більш цікавій, лаконічній та доступній для сприйняття формі. Дана складова уособлює організаційний етап формування алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій.

Змістова складова педагогічного програмного засобу відображена оптимізованою трирівневою системою блоків подання навчальної інформації (теоретичний, практичний та блок перевірки знань), між якими є чітко налагоджена система навігації. Завдяки такій структурі забезпечується взаємодія між практичним і результативним етапами під час формування алгоритмічного мислення студентів, оскільки процес ознайомлення з теоретико-практичними складовими інформаційної системи послідовно трансформується в самостійну професійно-педагогічну діяльність майбутніх інженерів-педагогів. Спрямування інформаційної системи AlgoStudy на підготовку майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій та безпосереднє формування в них алгоритмічного мислення у процесі пізнавальної діяльності акумулює в собі орієнтаційна складова педагогічного програмного засобу.

Формування алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій визначається якісними та кількісними характеристиками знань, умінь і навичок. Оскільки цей процес відбувається постійно, то ми вважали за потрібне визначити дієвість педагогічного програмного засобу AlgoStudy у підготовці таких фахівців.

Завдання експериментального дослідження передбачали:

- перевірити інформаційну систему AlgoStudy щодо її дієвості на предмет формування алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів;
- опрацювати, інтерпретувати та проаналізувати отримані результати.

3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для реалізації поставленої мети використано комплекс методів: аналіз, систематизація, узагальнення інженерно-педагогічної та методичної літератури з проблем створення інформаційних систем та їх застосування у процесі формування алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій; аналіз навчальних планів і робочих програм підготовки інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій з метою виявлення ступеня застосування педагогічних програмних засобів під час підготовки майбутніх фахівців; аналіз передового педагогічного досвіду щодо впровадження інформаційних систем формування алгоритмічного мислення – для простеження розвитку педагогічної думки з досліджуваної проблеми; синтез та абстрагування – для обґрунтування можливостей використання інформаційної системи AlgoStudy під час практичної підготовки майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій до формування алгоритмічного мислення та визначення шляхів подальших досліджень проблеми; на основі аналізу результатів дослідження визначено рівень сформованості алгоритмічного мислення студентів та доведено ефективність впровадження педагогічного програмного засобу AlgoStudy в процес підготовки майбутніх фахівців; проведено статистичний аналіз на однорідність даних експерименту.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

AlgoStudy – інформаційна система формування алгоритмічного мислення, розроблена в Луцькому національному технічному університеті з метою здійснення мультимедійного супроводу освітнього процесу студентів комп'ютерних спеціальностей. Педагогічний програмний засіб (рис. 1) є Flash-додатком із заданою послідовністю кадрів, перехід між якими реалізовано за допомогою навігації за такими розділами: «Моделювання», «Алгоритми», «Структура "Слідування"», «Структура "Розгалуження"», «Структура "Цикл"». Кожний розділ містить підпункти «Підручник», «Практика», «Тестування». Перехід у «Меню розділів» і «Головне меню» виконується за допомогою системи гіперпосилань. Усі компоненти інформаційної системи AlgoStudy реалізовані в середовищі програмування Adobe Flash CS6 із застосуванням Flash-анімації.

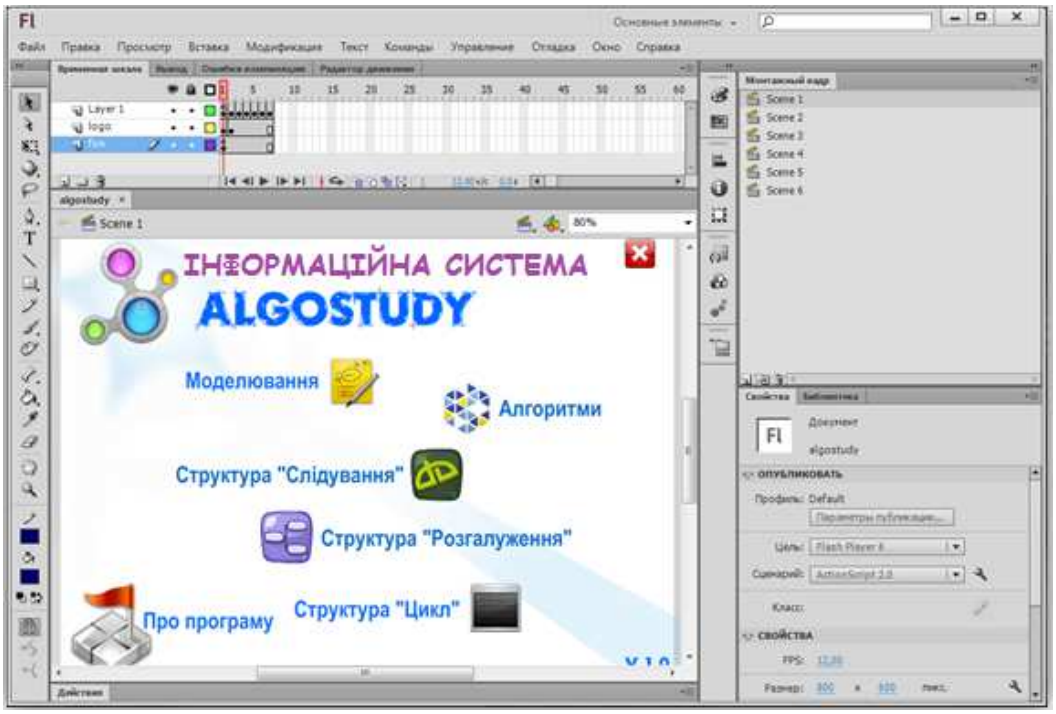

Рис. 1. Інтерфейс інформаційної системи AlgoStudy в середовищі Adobe Flash CS6

Під час створення педагогічного програмного засобу використано покадрову анімацію. Основні зміни об'єктів (розділів програми) здебільшого відбуваються у ключових кадрах (рис. 2).

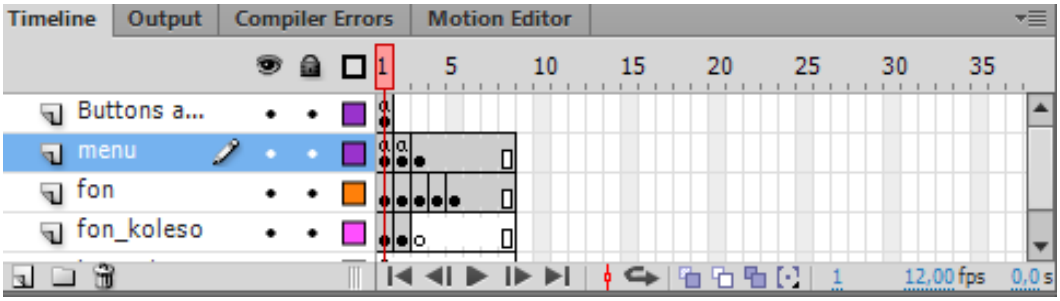

Рис. 2. Інструмент «Монтажна лінійка» з покадровою анімацією головного меню

Реалізація гіпертекстових посилань між розділами здійснюється за допомогою команд вбудованої мови програмування Action Script. Наприклад, для завантаження першого розділу підручника використовується команда:

```
on(release){
gotoAndStop("Scene 2",1);
}
```

Електронний підручник інформаційної системи AlgoStudy створено як сукупність веб-документів, текст і зображення яких сформовано за допомогою мови HTML. Веб-документи об'єднано за допомогою вбудованих команд мови програмування Action Script 2.0.

Для виконання практичних завдань використовували різні методи роботи з об'єктами анімації Button, Movie Clip, Graphic. Наприклад, під час програмування переміщення графічних елементів логічної гри було використано стандартні команди press і release. Перевірку правильності виконання завдань здійснювали командою розгалуження. Прикладом такої реалізації є логічна гра, в якій відображено структуру «Слідування» (рис. 3).

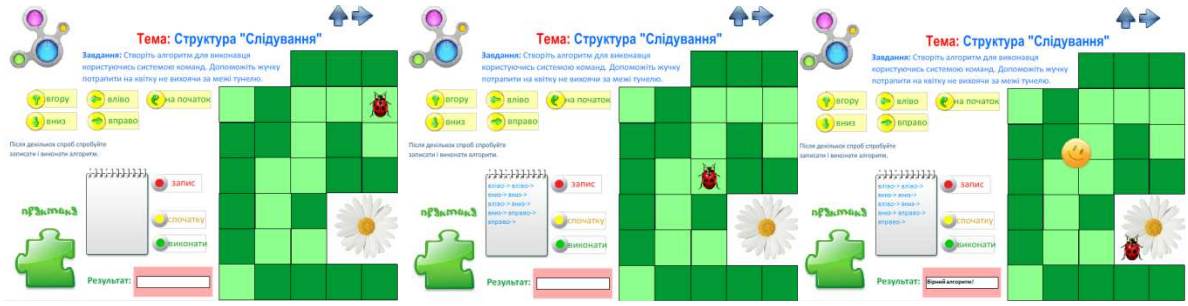

Рис. 3. Логічна гра з відображенням структури «Слідування»

Реалізацію основних режимів функціонування інформаційної системи AlgoStudy подано у вигляді інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу та детально продуманої навігаційної структури. Для прикладу розглянемо розділ «Алгоритми» авторської інформаційної системи AlgoStudy і структуру теми «Алгоритми та їх властивості», яка передбачає:

- модуль для ознайомлення з теоретичними матеріалами у вигляді окремого розділу електронного посібника;
- практичний блок інформаційної системи, реалізований у вигляді окремих інтерактивних завдань і задач моделювання;
- систему тестових завдань з теми «Алгоритми та їх властивості» (рис. 4).

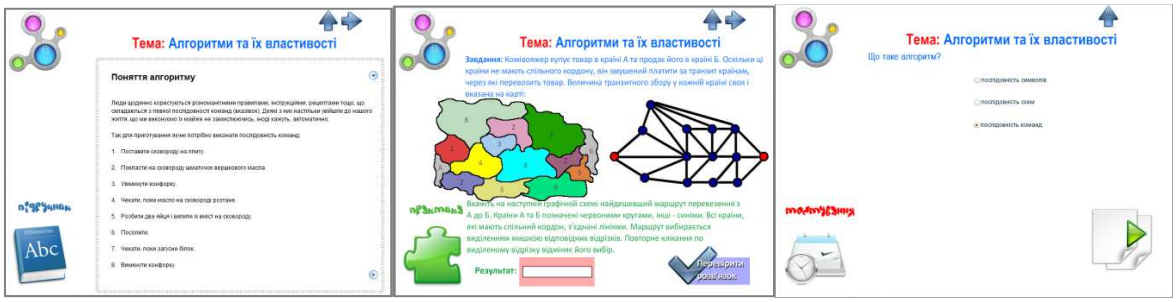

Рис. 4. Структурні компоненти теми «Алгоритми та їх властивості»

Майбутні інженери-педагоги під керівництвом викладача спочатку ознайомлюються з теоретичним матеріалом теми, а після його засвоєння студенти переходять до виконання інтерактивного практичного завдання, наприклад, виконання логістичної задачі на знаходження найдешевшого маршруту перевезення комівояжером товару з точки А в точку Б. Маршрут прокладається способом виділення «ліній-кордонів» між країнами. Подібні завдання реалізовано в практичних блоках інформаційної системи AlgoStudy, зокрема в наведених нижче структурах «Розгалуження» і «Моделювання» (рис. 5).

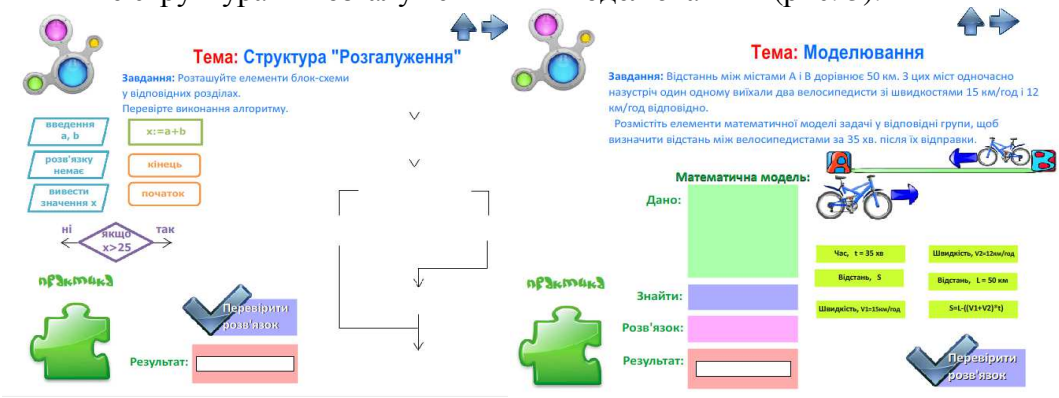

Рис. 5. Інтерактивне завдання та задача на моделювання практичного блоку тем «Розгалуження» та «Моделювання»

З метою перевірки набутих майбутніми інженерами-педагогами знань проводили тестування. Для створення тестових завдань використовували стандартні компоненти бібліотеки – Radio Button. Завантаження завдань виконували шляхом створення в кадрі масиву, що містив питання та варіанти відповідей. Обробку результатів тестування виконували за допомогою команд сумування правильних відповідей, які містяться у додатковому масиві *answer*:

```
varanswer:Array = [2, 3, 2, 2, 1, 3, 3, 1, 2, 1];
```

Ефективність інформаційної системи AlgoStudy перевіряли на базі кафедри комп'ютерних технологій Луцького національного технічного університету та кафедри комп'ютерних технологій Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Експериментом було охоплено 118 студентів першого курсу спеціальності 015.10 «Професійна освіта (Комп'ютерні технології)». Дослідження проводилося впродовж двох навчальних років (2016–2018 рр.).

У ході експериментального дослідження було здійснено спеціальну організацію освітнього процесу, під час якої в експериментальних групах у процесі вивчення основ алгоритмізації та програмування застосовували інформаційну систему формування алгоритмічного мислення AlgoStudy, а в контрольних групах навчання здійснювалось за традиційними дидактичними матеріалами (теоретичний і практичний матеріал, методичні розробки, програмне забезпечення передбачене навчальною програмою дисципліни «Алгоритмізація та програмування»).

Під час констатувального етапу експерименту на основі проведеного тестового контролю знань студентів (тестові завдання включали в себе питання розділу «Основи алгоритмізації та програмування» шкільного предмету «Інформатика» (10 кл., авторська програма профільного вивчення інформатики Т. Караванової та В. Костюкова) встановлено, що більшість студентів мають середній і низький рівні знань з основ алгоритмізації та програмування (табл. 1), що, відповідно, вказує на недостатній рівень сформованості їх алгоритмічного мислення під час вивчення шкільного курсу «Інформатика». Результати проведеного тестування оцінено величинами оцінок «5» за ECTS – відмінно (90–100 балів), «4» – добре (74–89 балів), «3» – задовільно (60–73 балів) і «2» – незадовільно (35–59 балів), що відповідало високому, достатньому, середньому та низькому рівням сформованості алгоритмічного мислення студентів.

Таблиця 1

Рівні навчальних досягнень майбутніх інженерів-педагогів на констатувальному етапі експерименту

Навчальний курс, 2016/2017н.р.	Рівень знань, %	Навчальний курс, 2017/2018н.р.	Рівень знань, %
І курс (56 студентів)	високий,10,71	І курс (62 студенти)	високий,11,29
	достатній,19,64		достатній,20,97
	середній,37,51		середній,38,72
	низький,32,14		низький,29,02

На формувальному етапі експерименту, який відбувався протягом 2016–2018 навчальних років, брали участь 118 студентів вказаних вище ЗВО: 61 з експериментальної групи (ЕГ) і 57 з контрольної групи (КГ) денної форми навчання. Метою формувального етапу експерименту була перевірка дієвості інформаційної системи AlgoStudy в процесі формування алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій.

Наявний стан сформованості алгоритмічного мислення в майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій було визначено в результаті проведеного вхідного

контролю рівня сформованості алгоритмічного мислення студентів. Оцінювання здійснювалось за запропонованою нами чотирирівневою системою (високий, достатній, середній та низький), описаною вище.

За результатами вхідного контролю рівня сформованості алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів у КГ та ЕГ встановлено, що за якісними показниками (високий і достатній рівні знань) КГ у 2016-2017 н. р. мають на 5,75 % вищі значення порівняно з ЕГ (в КГ – 33,33 %, а в ЕГ – 27,56 %), в 2017–2018 н. р. – на 8,53 % вищі значення порівняно з ЕГ (в КГ – 36,66 %, а в ЕГ – 28,13 %) (табл. 2).

За показниками середнього балу ситуація аналогічна: у 2016–2017 н. р. в КГ – 3,19 бали, а в ЕГ – 3,0 бали; у 2017–2018 н. р. в КГ – 3,27 бали, а в ЕГ – 3,06 бали. Це забезпечує чистоту й об'єктивність вихідних даних для проведення дослідно-експериментальної роботи і дає підстави констатувати, що сформованість алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів у процесі проведення експериментальної роботи буде залежати від ефективності впровадження інформаційної системи AlgoStudy, а не від кращих початкових показників знань студентів ЕГ.

Під час впровадження інформаційної системи AlgoStudy одержувались результати дослідницької діяльності (на початку і в кінці І-го змістового модуля за результатами підсумкового тестового контролю знань) і порівнювалась динаміка успішності студентів ЕГ і КГ з навчальної дисципліни «Алгоритмізація та програмування», у процесі вивчення якої здійснюється формування алгоритмічного мислення студентів. Інформаційна система AlgoStudy застосовувалась для практичної підготовки студентів на лабораторних заняттях.

Таблиця 2

Показники рівнів сформованості алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів засобами інформаційної системи AlgoStudy

Групи	Етапи контро-лю	Сер. бал	Рівень сформованості алгоритмічного мислення студентів							
			Високий (оцінка «5» – відмінно)		Достатній (оцінка «4» – добре)		Середній (оцінка «3» – задовільно)		Низький (оцінка «2» – незадовільно)	
			К-сть студ.	%	К-сть студ.	%	К-сть студ.	%	К-сть студ.	%
2016–2017 н. р.										
КГ 27 студ.	ВК	3,19	3	11,11	6	22,22	11	40,74	7	25,93
	ПК	3,48	4	14,81	8	29,63	12	44,44	3	11,12
ЕГ 29 студ.	ВК	3,0	3	10,34	5	17,24	10	34,48	11	37,93
	ПК	3,79	7	24,14	11	37,93	9	31,13	2	6,80
2017–2018 н. р.										
КГ 30 студ.	ВК	3,27	4	13,33	7	23,33	12	40,0	7	23,34
	ПК	3,30	3	10,00	6	20,0	18	60,00	3	10,00
ЕГ 32 студ.	ВК	3,06	3	9,38	6	18,75	13	40,63	10	31,24
	ПК	3,88	8	25,0	13	40,63	10	31,25	1	3,12

Примітка:ВК – вхідний контроль; ПК–підсумковий контроль.

У результаті впровадження інформаційної системи AlgoStudy у студентів ЕГ відбулися більш вагомі позитивні зміни у показниках рівнів сформованості алгоритмічного мислення, ніж у студентів КГ, а саме:

– за показниками високого і достатнього рівнів сформованості алгоритмічного мислення після проведення експерименту:

у 2016–2017 н. р. в ЕГ стало на 34,48 % (10 студентів) більше початкових даних, а в КГ – 11,11 % (3 студенти);

у 2017–2018 н. р. в ЕГ стало на 37,5 % (12 студентів) більше початкових даних, а в КГ – показник зменшився на 6,67 % (2 студента);

– в ЕГ кількість майбутніх інженерів-педагогів з низьким рівнем сформованості алгоритмічного мислення у 2016–2017 н. р. зменшилася на 9 студентів, що становить 31,03 %, а в КГ – на 4 студенти (14,81 %); у 2017–2018 н. р. відбулися аналогічні зміни – кількість таких студентів в ЕГ зменшилась на 9 студентів, у КГ – на 4 студенти.

Підтвердженням того, що експериментальні і контрольні групи під час підсумкового контролю знань мали різну специфіку підготовки, зумовлену для експериментальних груп впливом упровадженої інформаційної системи AlgoStudy як засобу формування алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій, було проведення статистичного аналізу на однорідність даних експерименту. У ході статистичного аналізу отриманих даних експерименту перевірено статистичну незалежність отриманих у результаті експерименту вибірок із застосуванням критерію Пірсона (χ^2), обробка зібраного статистичного матеріалу здійснювалася за методикою порівняння ознак [16, с. 96–106].

Підґрунтям для застосування даного методу є виконання таких двох умов:

– вибірки експериментальних і контрольних груп є випадковими і незалежними;

– вимірювана якість має безперервне розподілення і вимірюється за шкалою порядку C=4 (i=1, 2, 3, 4).

Для доведення того, що отримані дані (табл. 3) в контрольних та експериментальних групах кінцевого і початкового контролю знань істотно відрізняються і належать до різних генеральних сукупностей, було сформульовано дві гіпотези H_0 і H_1.

У гіпотезі H_0 йдеться про відсутність відмінностей, кореляцій або впливів між експериментальною ($n_1 = 61$) та контрольною групами ($n_2 = 57$). Протилежне твердження становить альтернативна гіпотеза H_1. Перевіряючи гіпотези, визначили, яке твердження є правильним.

Значення χ^2 обчислюється за формулою:

$$T = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \sum_{i=1}^{C} \frac{(n_2 \cdot Q_{1i} - n_1 \cdot Q_{2i})^2}{Q_{2i} + Q_{1i}}, \quad (1)$$

де Q_{1i} – кількість учасників експериментальної групи, які належать до i рівня;

Q_{2i} – кількість учасників контрольної групи, які належать до i рівня;

C – кількість рівнів.

Нехай α – заданий рівень значущості. У цьому випадку T, отримане внаслідок експерименту ($T_{експ}$), порівнюють з критичним значенням, яке знаходять за таблицею [14, с. 130], врахувавши число ступенів вільності (у нашому випадку $v=C-1=3$) і рівень значущості ν=95% (α=0,05). Отож, критичне значення величини $T_{кр}$=7,815.

При $T_{експ}<T_{кр}$ приймається гіпотеза H_0 (про відсутність відмінностей в експериментальних і контрольних групах), а при $T_{експ}>T_{кр}$ – альтернативна гіпотеза H_1.

Таблиця 3

Дані вибірки щодо загального рівня сформованості алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів засобами інформаційної системи AlgoStudy

Рівні сформованості алгоритмічного мислення	Вибірки			
	Експериментальна група (61 студент)		Контрольна група (57 студентів)	
	Констатувальний етап	Формувальний етап	Констатувальний етап	Формувальний етап
Високий (оцінка «5» – відмінно)	6	15	7	7
Достатній (оцінка «4» – добре)	11	24	13	14
Середній (оцінка «3» –задовільно)	23	19	23	30
Низький (оцінка «2» – незадовільно)	21	3	14	6

Підставивши у формулу 1 відповідні значення таблиці 3 для експериментальної і контрольної груп на констатувальному етапі педагогічного експерименту отримуємо значення $T_{експ}$:

$$T_{\text{експ}} = \frac{1}{61 \cdot 57}\left[\frac{(57 \cdot 6 - 61 \cdot 7)^2}{6+7} + \frac{(57 \cdot 11 - 61 \cdot 13)^2}{11+13} + \frac{(57 \cdot 23 - 61 \cdot 23)^2}{23+23} + \frac{(57 \cdot 21 - 61 \cdot 14)^2}{21+14}\right] = 1{,}512.$$

$T_{експ}<T_{кр}$ (1,512<7,815), тобто немає підстав для відхилення нульової гіпотези. Отже, на констатувальному етапі вибірки не мають статистично значущих відмінностей на рівні 95 %. Тому, можна стверджувати про рівні умови в ЕГ і КГ, а також протприблизно однаковий якісний склад їх учасників.

Обчислення значення $T_{експ}$ для експериментальної та контрольної вибірки після проведення формувального етапу експерименту показало:

$$T_{\text{експ}} = \frac{1}{61 \cdot 57}\left[\frac{(57 \cdot 15 - 61 \cdot 7)^2}{15+7} + \frac{(57 \cdot 24 - 61 \cdot 14)^2}{24+14} + \frac{(57 \cdot 19 - 61 \cdot 30)^2}{19+30} + \frac{(57 \cdot 3 - 61 \cdot 6)^2}{3+6}\right] = 8{,}897.$$

$T_{експ}>T_{кр}$ (8,897>7,815), що є підставою для відхилення нульової гіпотези та прийняття альтернативної гіпотези, яка дозволяє стверджувати, що ці вибірки мають статистично значущі відмінності.

Таким чином, робимо висновок, що нульова гіпотеза відхилена та є всі підстави для прийняття альтернативної гіпотези. Це є підставою стверджувати, що отримані результати щодо підвищення рівня сформованості алгоритмічного мислення в експериментальних групах є наслідком упровадження розробленої інформаційної системи AlgoStudy, покладеної в основу експериментального навчання майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій.

Динаміка зміни показників рівня сформованості алгоритмічного мислення у майбутніх інженерів-педагогів демонструє в ЕГ зростання показників високого та достатнього рівнів і відповідно зменшення середнього та низького рівнів. У КГ спостерігаються порівняно з ЕГ

незначні зміни показників рівнів сформованості алгоритмічного мислення, що, на нашу думку, відбувається внаслідок використання традиційних технологій навчання.

5. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Використання інформаційної системи AlgoStudy в процесі формування алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів дало підстави стверджувати, що представлений педагогічний програмний засіб сприяє інтенсифікації освітнього процесу та активізації пізнавальної діяльності студентів завдяки застосуванню сучасних засобів комп'ютерних технологій. Ключовими чинниками для формування алгоритмічного мислення майбутніх інженерів-педагогів є поєднання мультимедійних властивостей інформаційної системи AlgoStudy (інтерактивних завдань, задач на моделювання та логічних ігор) з навчальною інформацією. Водночас відбувається симбіоз подання навчальної інформації з послідовним виконанням переліку інтерактивних завдань практичного характеру відповідно до конкретно виникаючої ситуації формування складових компонентів алгоритмічного мислення студентів. Популяризація інформаційної системи AlgoStudy майбутніми інженерами-педагогами веде до трансформації інформаційного освітнього простору, змінює підходи до практичної підготовки студентів, самоосвіти та освітнього процесу загалом.

2. Інформаційна система AlgoStudy є Flash-додатком із заданою послідовністю кадрів, перехід між якими реалізовано з допомогою навігації за розділами: «Моделювання», «Алгоритми», «Структура «Слідування»», «Структура «Розгалуження»», «Структура «Цикл»». Реалізацію гіпертекстових посилань між розділами здійснювали командами мови програмування Action Script.

Розрахунки отриманих результатів дослідницької діяльності дають підстави стверджувати, що використання інформаційної системи AlgoStudy сприяло зростанню показників високого й достатнього рівнів сформованості алгоритмічного мислення студентів на 14,71 і 21,29 % відповідно. Це свідчить про дієвість розробленого педагогічного програмного засобу і доцільність його використання в освітньому процесі підготовки майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій.

До основних недоліків інформаційної системи AlgoStudy відносимо часткову застарілість технології її реалізації, а також відсутність розділу, який би включав зміст тем з об'єктно-орієнтованого програмування.

3. Проведене дослідження не охоплює всіх аспектів підготовки майбутніх інженерів-педагогів з використанням інформаційної системи AlgoStudy формування алгоритмічного мислення та стимулює до необхідності подальших розвідок за такими напрямами: здійснення ґрунтовного аналізу закордонного досвіду формування алгоритмічного мислення із застосування технологій нейролінгвістичного програмування; дослідження методичних засад удосконалення професійної підготовки майбутніх інженерів-педагогів у галузі комп'ютерних технологій на етапі вивчення мов програмування високого рівня; розробка електронного навчально-методичного забезпечення для самостійної підготовки майбутніх інженерів-педагогів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Р. М. Горбатюк, та В. В. Кабак, *Підготовка майбутніх інженерів-педагогів до професійної діяльності засобами комп'ютерних технологій*: монографія, Луцьк : ВМА «Терен», 264, с. 2015.

[2] Р. М. Горбатюк, *Система професійної підготовки майбутніх фахівців інженерно-педагогічного профілю:* монографія, Тернопіль : Посібники і підручники, 400, с. 2009.

[3] С. О. Алтухова, и И. Н. Смирнова, «Формирование алгоритмического мышления студентов ВУЗа в процессе профессионально педагогической подготовки» [Електронний ресурс]. Доступно: https://cyberleninka.ru/article/v/formirovanie-algoritmicheskogo-myshleniya-studentov-vuza-v-protsesse-professionalnopedagogicheskoy-podgotovki. Дата звернення: Травень 17, 2018.

[4] Т. М. Барболіна, «Розвиток алгоритмічного й операційного мислення у процесів вичення прикладного програмного забезпечення», *Комп'ютер у школі та сім'ї,* № 1, с. 19–22, 2010.
[5] В. В. Калитина, Т. П. Пушкарева, та Т. А. Степанова, «Развитие алгоритмического стиля мышления при обучении программированию в вузе», *Теоретические и практические аспекты психологии и педагогики*. Уфа, Россия: Аэтерна, 2015, с. 101–118.
[6] Т. П. Пушкарева, Т. А. Степанова, и В. В. Калитина, «Дидактические средства развития алгоритмического стиля мышления студентов», *Образование и наука*, т. 19, № 9, с. 126–143, 2017.
[7] О. М. Спірін, та Т. А. Вакалюк, «Критерії добору відкритих web-орієнтованих технологій навчання основ програмування майбутніх учителів інформатики», *Інформаційні технології і засоби навчання*, Том 60, № 4, с. 275–287, 2017.
[8] П. Г. Шевчук, «Основні підходи добору мови та середовища програмування як засобів навчання», *Інформаційні технології і засоби навчання*, № 3 (17), 2010 [Електронний ресурс]. Доступно : https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/251/237. Дата звернення: Травень 21, 2018.
[9] T. Bell, F. Rosamond, and N. Casey, «Computer science un plugged and related projects in math and computer science popularization», *The Multivariate Algorithmic Revolution and Beyond*, Springer-Verlag, LNCS 7370, pp. 398–456, 2012.
[10] J. Hromkovič, T. Kohn, D. Komm, and G. Serafni, «Xamples of Algorithmic Thinking in Programming Education», *Olympiads in Informatics*, vol. 10, pp. 111–124, 2016.
[11] Д. Э. Кнут, «Алгоритмическое мышление и математическое мышление» [Электронный ресурс]. Доступно: http://ai.obrazec.ru/ai_sense.htm. Дата звернення: Травень 16, 2018.
[12] G. Futschek, «Algorithmic Thinking: The Key for Understanding Computer Science», *Informatics Education – The Bridge between Using and Understanding Computers*. Vol. 4226, 2006, [Електронний ресурс]. Доступно: https://link.springer.com/chapter/10.1007/11915355_15. Дата звернення: Травень 22, 2018.
[13] A. Wilson, and S. Golonka, «Embodied Cognition is Not What you Thinkitis», *Journal of Front Psychol*, vol. 4, 2013, [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3569617. Дата звернення: Травень 18, 2018.
[14] Е. Л. Звенигородський, «Аналіз структури та екологічного стану угрупувань водяних рослин із застосуванням дистанційного моніторингу та системних методів», автореф. дис... канд. біол. наук., НАН України. Ін-т гідробіології, К., 2000.
[15] Графический учебный исполнитель. [Електронний ресурс]. Доступно: https://ru.wikiversity.org/wiki/Графический_учебный_исполнитель. Дата звернення: Травень 22, 2018.
[16] М. И. Грабарь, и К. А. Краснянская, Применение математической статистики в педагогических исследованиях: Непараметрические методы. М. Просвещение, 1977.

Матеріал надійшов до редакції 04.06.2018 р.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ALGOSTUDY В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ-ПЕДАГОГОВ В ОБЛАСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Горбатюк Роман Михайлович
доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры компьютерных технологий
Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка, г. Тернополь, Украина
ORCID ID 0000-0002-1497-1866
gorbaroman@gmail.com

Кабак Виталий Васильевич
кандидат педагогических наук, доцент кафедры компьютерных технологий
Луцкий национальный технический университет, г. Луцк, Украина
ORCID ID 0000-0001-9823-825X
kabak.volyn@gmail.com

Аннотация. В статье обосновываются особенности формирования алгоритмического мышления инженеров-педагогов в области компьютерных технологий как важной интеллектуальной составляющей профессиональной деятельности. В среде программирования Adobe Flash CS6 создана информационная система AlgoStudy, структурные компоненты которой разработаны с применением Flash-анимации. Педагогическое программное средство представляет собой Flash-приложение с заданной последовательностью кадров, переход между которыми реализован с помощью навигации по разделам моделирование, алгоритмы, структура следование, структура ветвления и структура цикл. Реализация гипертекстовых ссылок между разделами осуществляется с помощью команд языка программирования Action Script. Определены основные этапы

(организационный, практический, результирующий) формирования алгоритмического мышления и дано их характеристику. Особое внимание уделено разработке учебного материала (интерактивных задач, задач моделирования и логических игр) в информационной системе AlgoStudy для подготовки будущих инженеров-педагогов в области компьютерных технологий с основами алгоритмизации и программирования. Осуществлена специальная организация образовательного процесса для формирования алгоритмического мышления будущих инженеров-педагогов, во время которой в экспериментальных группах применяли педагогическое программное средство AlgoStudy, а в контрольных группах обучение осуществлялось традиционными дидактическими материалами. Расчеты полученных результатов исследовательской деятельности дают основания утверждать, что использование информационной системы AlgoStudy способствовало росту показателей высокого и достаточного уровня формирования алгоритмического мышления студентов. Практическое значение проведенного исследования заключается в применении полученных результатов для развития алгоритмического мышления будущих специалистов компьютерных специальностей педагогических и технических высших учебных заведений в процессе изучения профессионально-ориентированных дисциплин компьютерного направления.

Ключевые слова: алгоритм; алгоритмическое мышление; информационная система; формирование личности; педагогическое программное средство; компьютерные технологии.

THE USE OF AN INFORMATION SYSTEM ALGOSTUDY FOR ALGORITHMIC THINKING FORMATION OF FUTURE ENGINEER-TEACHERS IN THE FIELD OF COMPUTER TECHNOLOGIES

Roman M. Horbatiuk
Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor at the Department of Computer Technologies
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-1497-1866
gorbaroman@gmail.com

Vitalii V. Kabak
PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor at the Department of Computer Technologies
Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-9823-825X
kabak.volyn@gmail.com

Abstract. The specificities of algorithmic thinking formation for engineer-teachers in the field of computer technologies, that is an important intellectual part of their professional activities, have been determined in the article. The information system AlgoStudy has been created in the programming environment Adobe Flash CS6. Its structural components have been built with the use of Flash animation. The pedagogical software product is some Flash App with the given consistency of footages. The transition between these footages is realized with the help of the navigation in such sections: modeling, algorithms, structure of compliance, structure of branching, and structure of cycle. Hypertext links among parts is realized with the help of programming language commands Action Script. Main stages (organizational, practical, and efficient) of the algorithmic thinking formation have been determined, as well as their characteristics have been showed in the article too. The attention has paid to the creation of teaching material (interactive tasks, modeling tasks and logic games) in the information system AlgoStudy for the preparing of future engineer-teachers in the field of computer technologies on the basics of algorithmization and programming. The special organization of educational process for future engineer-teachers algorithmic thinking formation has been realized. The pedagogical software tool AlgoStudy has been used in experimental groups, and traditional didactical materials have been used in control groups during this process. The calculation of results in these research activities is clear enough to allow to conclusion that the use of the information system AlgoStudy contributes the growth performance of high and sufficient levels for students' algorithmic thinking formation. The practical value of the study could be useful for algorithmic thinking formation of future professionals on computer specializations in pedagogical and technical institutions of higher education.

Keywords: algorithm; algorithmic thinking; information system; self-formation; pedagogical software product; computer technologies.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] R. M. Horbatiuk, and V. V. Kabak, *The preparing of future engineer-teachers to their profession activities with the help of computer technology devices*: monography, Lutsk : VMA «Teren», 264 p., 2015 (in Ukrainian).

[2] R. M. Horbatiuk, *The profession preparing system off eature specialists in the engineering and pedagogical sphere:* monography, Ternopil : Hand books and Tutorials, 400 p., 2009 (in Ukrainian).

[3] S. O. Altuhova, and I. N. Smirnova, «The forming of algorithmic thinking for students at the university in the process of professional and pedagogical preparation» [online]. Available : https://cyberleninka.ru/article/v/formirovanie-algoritmicheskogo-myshleniya-studentov-vuza-v-protsesse-professionalnopedagogicheskoy-podgotovki. Accessed on: May 17, 2018 (in Russian).

[4] T. M. Barbolina, «The development of algorithmic and operational thinking in the studding process of applied programme software», *The computer at home and in the family*, No 1, pp. 19–22, 2010 (in Ukrainian).

[5] V. V. Kalitina, T. P. Pushkareva, and T. A. Stepanova, «The development of algorithmic thinking style during the programming studding at the university», *Theoretical and practical aspects of psychology and pedagogy*. Ufa, Russia: Aethera, 2015, pp. 101–118 (in Russian).

[6] T. P. Pushkareva, T. A. Stepanova, and V. V. Kalitina, «Didactic means of the development of algorithmic thinking style in students», *Education and Science*, Vol. 19, No 9, pp. 126–143, 2017 (in Russian).

[7] O. M. Spirin, and T. A. Vakaliuk, «Criteria of open web-operated technologies of teaching the fundamentals of programs of future teachers of informatics», *Information Technologies and Learning Tools*, Vol. 60, No. 4., pp. 275–287, 2017 (in Ukrainian).

[8] P. G. Shevchuk, «Criteria of language and programming environment selection for use in the capacity of educational aids», *Information Technologies and LearningTools*, No. 3 (17), 2010 [online]. Available: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/251/237. Accessed on: May 21, 2018 (in Ukrainian).

[9] T. Bell, F. Rosamond, and N. Casey, «Computer science un plugged and related projectsin math and computer science popularization», *The Multivariate Algorithmic Revolution and Beyond*, Springer-Verlag, LNCS7370, pp. 398–456, 2012 (in English).

[10] J. Hromkovič, T. Kohn, D. Komm, and G. Serafni, «Xamples of Algorithmic Thinking in Programming Education», *Olympiads in Informatics*, vol. 10, pp. 111–124, 2016 (in English).

[11] D. Knuth, «Algorithmic thinking and mathematical thinking» [online]. Available :http://ai.obrazec.ru/ai_sense.htm. Accessed on: May16, 2018 (in Russian).

[12] G. Futschek, «Algorithmic Thinking: The Key for Understanding Computer Science», *Informatics Education – The Bridge between Using and Understanding Computers*. Vol. 4226, 2006, [online]. Available : https://link.springer.com/chapter/10.1007/11915355_15. Accessed on: May 22, 2018 (in English).

[13] A. Wilson, and S. Golonka, «Embodied Cognitionis Not What you Thinkitis», *Journal of Front Psychol*, vol. 4, 2013, [online]. Available : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3569617. Accessed on: May18, 2018 (in English).

[14] E. L. Zvenyhorodskyi, «The analysis of the aquatic plants units structure and ecological state using the remote monitoring and the system methods», dissertation aut hor's abstract, candidate of biological sciences. Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2000 (in Ukrainian).

[15] Graphictutor. [online]. Available: https://ru.wikiversity.org/wiki/Графический_учебный_исполнитель. Accessed on: May22, 2018 (in Russian).

[16] M. I. Grabar, and K. A. Krasnyanskaya, Application of mathematical statistics in pedagogical research: Nonparametric method. M. : Prosveschenie, 1977 (in Russian).

(cc) BY-NC-SA

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