

# Информационные системы и технологии

УДК 004.021

**О.О. Абакумова, А.В.Моргун**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,  
вул. Політехнічна, 16, корпус 12, м. Київ, 03056, Україна.

## Алгоритм генерації завдань для адаптивного тестування на основі структурних чисел

*Запропоновано алгоритм генерації тестових завдань на основі структурних чисел, введено опис структурних чисел, виконання операції над ними. Розглянуто формування бази завдань за допомогою структурних чисел на прикладі курсу "Додаткові розділи мікропроцесорної техніки", розглянуто адаптивність тестування. Бібл. 3, рис. 2.*

**Ключові слова:** *тестування; алгоритм; структурні числа; адаптивність; шлях тестування.*

### Вступ

Однією з сучасних тенденцій розвитку освіти є інформатизація. Широке впровадження новітніх технологій володіє величезним потенціалом з точки зору модернізації системи освіти і реалізації нових педагогічних підходів, тому не дивно, що форми навчання, засновані на їх застосуванні, зокрема дистанційна освіта, стають сьогодні домінуючим напрямом, забезпечуючи принципово нові можливості доступу до знань, організації та управління процесом навчання.

Проте, дистанційний навчальний процес має свої особливості та потребує відповідного інформаційного забезпечення, оскільки здійснюється у специфічному освітньому середовищі, в якому суб'єкти освітньої діяльності розділені у просторі та/чи часі. Особливого значення це питання набуває на етапі контролю та оцінювання навчальних досягнень студентів, оскільки за умов дистанційного навчання не всі традиційні форми контролю можуть бути реалізовані (наприклад, усне опитування чи спостереження [1]).

Контроль знань студентів з певної дисципліни при дистанційній формі навчання здійснюється за допомогою тестування. У даній статті запропоновано алгоритм генерації тестових завдань на основі структурних чисел, що дає можливість адаптувати тест за допомогою додаткових тестових завдань. Генерація додат-

кових тестових завдань залежить від результату виконання основного завдання.

### Поняття про структурні числа

Структурним числом  $A$  називають систему чисел  $a_{mn}$  натурального ряду [2]:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

За зовнішнім виглядом структурне число має форму представлення у вигляді матриці, проте правила виконання операцій над структурними числами відмінні від правил виконання операцій над матрицями.

Структурне число  $A$  розглядають як множину стовпчиків:

$$a_k = \begin{bmatrix} a_{1k} \\ a_{2k} \\ \dots \\ a_{mk} \end{bmatrix}, a_{ik} \neq a_{jk}, i \neq j, i = 1 \dots m; j = 1 \dots n.$$

Стовпчики  $a_k$  – це неупорядковані множини чисел натурального ряду. Стовпчики структурного числа вважають однаковими, якщо вони містять однакові елементи. Наприклад:

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 6 \\ 1 & 3 & 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 & 2 & 4 \\ 6 & 1 & 3 \end{bmatrix},$$

Над структурними числами визначено наступні основні операції: додавання та множення.

Сумою двох структурних чисел  $A$  і  $B$  називають структурне число  $C$  що містить усі стовпчики чисел  $A$  і  $B$  окрім стовпчиків з однаковими елементами. Наприклад:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 5 & 1 \end{bmatrix};$$

$$C = A + B = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 & 2 \\ 2 & 4 & 5 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 4 \\ 4 & 5 \end{bmatrix}.$$

Добутком структурних чисел  $A$  і  $B$  називають структурне число  $C$  стовпчики якого є сумою всіх можливих комбінацій стовпчиків  $A$  і  $B$  окрім стовпчиків з однаковими елементами та стовпчиків, у яких є елементи, що повторюються. Наприклад:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 5 & 1 \end{bmatrix};$$

$$C = A \times B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 3 \\ 2 & 2 & 4 & 4 \\ 4 & 2 & 4 & 2 \\ 5 & 1 & 5 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \\ 4 & 2 \\ 5 & 1 \end{bmatrix}.$$

За допомогою операції множення структурних чисел формують таке структурне число, стовпчики якого є переліком номерів тестових завдань. Кожен стовпчик такого структурного числа називають «шляхом» тестування.

Складність тестових завдань визначають категорією складності. Для кожної навчальної дисципліни кількість категорій задає викладач. Так, наприклад, кількість категорій складності для генерації тестових завдань з дисципліни «Додаткові розділи мікропроцесорної техніки» обрана рівною чотирьом (надалі всі приклади, що будуть наведені у статті, стосуються вказаного курсу). Ці категорії складності розрізняються наступним чином:

- завдання категорії «А». Ця категорія завдань має виявити ознайомленість студента з навчальним матеріалом, зокрема термінами, поняттями, характеристиками об'єкта вивчення. Завдання подаються у формі закритих тестів з однією правильною відповіддю. Формат тестового завдання категорії «А» має наступний вигляд:

«текст завдання; варіанти відповідей через кому; правильна відповідь»

Наприклад:

«Якої розрядності мікроконтролери сімейства STM32F4; 8 біт, 16 біт, 32 біт, 64 біт; 32 біт»;

- завдання категорії «В». Ця категорія завдань має виявити здатність студента відтворювати засвоєну навчальну інформацію. Завдання подаються у формі відкритих тестів, відповідь на які студент повинен сформулювати самостійно. Завдання для категорії «В» створюються аналогічним чином, як і завдання категорії «А», тільки без зазначення варіантів відповідей.

Наприклад:

«Вкажіть регістр таймеру загального призначення 4, що встановлює дільник тактової частоти; TIM4\_PSC»;

- завдання категорії «С». Ця категорія завдань має виявити здатність студента проводити аналіз процесів і систем. У завданнях задано мету, але не вказано шлях її досягнення. Студенту необхідно використати раніше вивчені алгоритми розв'язування. Завдання подаються у формі відкритих тестів, відповідь на які студент повинен сформулювати самостійно [3]. Формат завдання для категорії «С» має наступний вигляд: «текст завдання; використана периферія через кому; лістинг програми» Наприклад:

«Налаштуйте вивід №4 порту G введення-виведення для прийому аналогових сигналів, вивід №5 для прийому цифрових сигналів, вивід № 6 як вихід із рівнем логічної одиниці. При надходженні на вивід №5 логічної одиниці ввімкнути таймер-лічильник 2 на лічбу вгору до 500. Частотою лічби знехтувати; периферія введення-виведення, периферія таймера лічильника; лістинг програми»;

- завдання категорії «D». Завдання даної категорії вимагають від студента нестереотипної, творчої діяльності. Завдання ускладнені нечіткими умовами. Мета завдання відома в загальній формі, пошук розв'язання має бути спрямований на знаходження подібної ситуації, що приведе до розв'язання. Завдання подаються у формі відкритих тестів, відповідь на які студент повинен сформулювати самостійно. Завдання категорії «D» створюються аналогічним чином, що й завдання категорії «С» з тією відмінністю, що не вказується периферія, яка необхідна для розв'язання. Наприклад:

«На першому регулярному каналі першого АЦП здійснювати вимірювання напруги. При значенні виміряної напруги більшої за один вольт здійснити передачу символу «V» іншому пристрою за допомогою універсального синхронно-асинхронного передавача-приймача; правильний код програми.

Відповідно до вказаних категорій завдань створюються структурні числа. Структурне число для категорії складності тестових завдань, назва якого, наприклад, «Cat» записують у наступному загальному вигляді:

$$Cat = [kx_1, kx_2, \dots, kx_{n_k}]; k = 1, 2 \dots m,$$

де  $k$  - порядковий номер категорії,  $m$  - кількість категорій,  $x_1$  - номер завдання,  $n_k$  - кількість завдань  $k$ -ої категорії. Для даного прикладу, порядковий номер категорії «А» це одиниця, категорії «В» - двійка, категорії «С» - трійка і категорії «D» - четвірка. Отже, структурні числа для кожної категорії матимуть вигляд:

$$Cat = [kx_1, kx_2, \dots, kx_{n_k}]; k = 1, 2, \dots, m,$$

для категорії «А»:  $A = [11, 12, 13, \dots, 1n_1]$ ;

для категорії «В»:  $B = [21, 22, 23, \dots, 2n_2]$ ;

для категорії «С»:  $C = [31, 32, 33, \dots, 3n_3]$ ;

для категорії «D»:  $D = [41, 42, 43, \dots, 4n_4]$ ;

де  $n_1, n_2, n_3, n_4$  - кількість завдань у категорії «А», «В», «С» та «D» відповідно.

У залежності від кількості тестових завдань створюють структурне число із заданою кількістю стовпчиків. Оскільки стовпчики структурного числа являють собою послідовність проходження завдань, то кількість цих завдань визначається кількістю елементів у стовпчику структурного числа. Наприклад, структурне число  $S_1$  відображає послідовність з трьох завдань, а число  $S_2$  з чотирьох:

$$S_1 = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 & 10 \\ 2 & 5 & 8 & 11 \\ 3 & 6 & 9 & 12 \end{bmatrix}; S_2 = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 9 & 13 \\ 2 & 6 & 10 & 14 \\ 3 & 7 & 11 & 15 \\ 4 & 8 & 12 & 16 \end{bmatrix}.$$

Для прикладу розглянемо тест, який складається з п'яти завдань категорії «А», трьох завдань категорії «В» та з одного завдання «С» і «D» відповідно. Структурні числа для вказаної кількості тестових завдань кожної зазначеної категорії мають наступний вигляд:

$$A_5 = \begin{bmatrix} 11 & 16 & \dots & 1(n_1 - 4) \\ 12 & 17 & \dots & 1(n_1 - 3) \\ 13 & 18 & \dots & 1(n_1 - 2) \\ 14 & 19 & \dots & 1(n_1 - 1) \\ 15 & 110 & \dots & 1n_1 \end{bmatrix},$$

$$B_3 = \begin{bmatrix} 21 & 24 & \dots & 2(n_2 - 2) \\ 22 & 25 & \dots & 2(n_2 - 1) \\ 23 & 26 & \dots & 2n_2 \end{bmatrix},$$

$$C_1 = [31, 32, \dots, 3n_3],$$

$$D_1 = [41, 42, \dots, 4n_4],$$

де  $A_5$  - структурне число категорії «А» із п'ятьма завданнями у стовпчику;  $B_3$  - структурне число категорії «В» із трьома завданнями в стовпчику;  $C_1, D_1$  - структурне число категорії «С» і «D» відповідно з одним завданням у стовпчику.

Для створення всіх можливих шляхів проходження тесту необхідно сформувати загальне

структурне число  $Test$ , яке міститиме завдання з усіх категорій:

$$Test = \begin{bmatrix} A_5 \\ B_3 \\ C_1 \\ D_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11 & 16 & \dots & 1(n_1 - 4) \\ 12 & 17 & \dots & 1(n_1 - 3) \\ 13 & 18 & \dots & 1(n_1 - 2) \\ 14 & 19 & \dots & 1(n_1 - 1) \\ 15 & 110 & \dots & 1n_1 \\ 21 & 24 & \dots & 2(n_2 - 2) \\ 22 & 25 & \dots & 2(n_2 - 1) \\ 23 & 26 & \dots & 2n_2 \\ 31 & 32 & \dots & 3n_3 \\ 41 & 42 & \dots & 4n_4 \end{bmatrix}.$$

Відповідно до отриманого структурного числа, студенту будуть запропоновані завдання, номери яких вказані у стовпчиках. Проходження тесту за першим стовпчиком є структурне число  $Test_1$ :

$$Test_1 = \begin{bmatrix} 11 \\ 12 \\ 13 \\ 14 \\ 15 \\ 21 \\ 22 \\ 23 \\ 31 \\ 41 \end{bmatrix}.$$

Проходження зазначеного тесту графічно зображено на рис. 1.

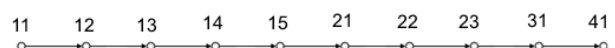


Рис. 1. Графічне зображення проходження тесту  $Test_1$

### Адаптація тестових завдань на основі сформованої бази завдань

Тестування складається з різної кількості запитань із кожної категорії складності. Для прикладу, як зазначено вище, було взято п'ять завдань із першої категорії, три з другої, по одному з третьої й четвертої відповідно.

Якщо студент не виконує одне завдання категорії «А» чи «В», то йому буде запропоновано додаткове аналогічне завдання із тієї ж категорії складності. Кількість додаткових завдань встановлюється викладачем. Розв'язання завдань категорії «С» та «D» здійснюється у декілька

кроків. Адаптивність полягає в тому, щоб запропонувати студенту інший, аналогічний крок розв'язку завдання, на якому він здійснив помилку, із зазначенням помилки. Кількість додаткових кроків встановлюється викладачем. Кількість кроків, у яких можна допустити помилку, також визначається викладачем. «Шлях» адаптивного тестування графічно представлений на рис. 2. Якщо студент не виконує завдання 13 (категорії «А»), то йому буде запропоноване перше додаткове завдання 134 цієї ж категорії. Якщо студент і його не виконує, то буде запропоноване наступне додаткове завдання 135 (Для даного «шляху» тестування це додаткове завдання є й останнім). Якщо студент і його не виконує, то здійснюється перехід до основного завдання (14). Прямокутники, що представлені на рис.2, є аналогією до зображеної схеми видачі додаткових завдань для завдання 13.

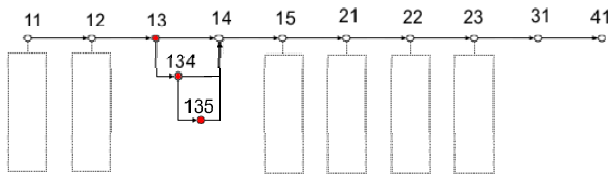


Рис. 2. Графічне зображення «шляху» адаптивного тестування

Таким чином, запропонований алгоритм забезпечує складання унікального шляху проходження тесту для кожного студента, здійснюючи

тим самим адаптацію під рівень його навчальних досягнень.

## Висновки

Розглянутий алгоритм дозволяє реалізувати персоналізований підхід до студентів з різним рівнем готовності до навчання, врахувати індивідуальні особливості сприйняття та засвоєння нової навчальної інформації, що допомагає вибудувати оптимальну стратегію навчання для кожного конкретного студента, тим самим підвищуючи ефективність процесу дистанційного навчання.

## Список використаних джерел

1. Абакумова О.О, Білецький В.О. Система адаптивного тестування Student's Adapt. //Електроніка і зв'язок.-2011.-Вип. 4. - С. 196-202.
2. Беллерт С., Возняккі Г. Анализ и синтез электрических цепей методом структурных чисел. – М., Издательство «МИР», 1972 - 334 с.
3. Головенкін В.П. Педагогіка вищої школи. - К., НТУУ «КПІ», 2009 - 406 с.

Поступила в редакцію 15 декабря 2014 г.

УДК 004.021

О.О. Абакумова, А.В.Моргун

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,  
ул. Политехническая, 16, корпус 12, г. Киев, 03056, Украина.

## Алгоритм генерации заданий для адаптивного тестирования на основе структурных чисел

Предложено алгоритм генерации тестовых заданий на основе структурных чисел, приведено описание структурных чисел, выполнение операций над ними. Рассмотрено формирование базы тестовых заданий с помощью структурных чисел на примере курса «Дополнительные разделы микропроцессорной техники», рассмотрено адаптивность тестирования. Библи. 3, рис.2.

**Ключевые слова:** тестирование; структурные числа; адаптивность; путь тестирования.

---

UDC 004.021

**O.O. Abakumova, A.V.Morhun**

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",  
st. Polytechnique, 16, Kiev, 03056, Ukraine.

## **Algorithm of generation test for adaptable test based on structural numbers**

*The algorithm of generation tests based on structural numbers was proposed, was given a description of structural numbers and providing operations with them. Forming base of tasks with structural numbers was considered with examples from subject "Additional chapters of microprocessor technique", was considered tests adaptability. Reference 3, figures 1.*

**Keywords:** test; algorithm; structural numbers; adaptability; way of test.

### **References**

1. *Abakumova O.O, Biletskyi V.O. (2011), "System of adaptable testing Student's Adapt". Elektronika i zviazok. Vol.19, no 4. pp.196-202. (Ukr)*
2. *Bellert S., Vozniatski H. (1972), "Analysis and synthesis of electric chains with structural numbers." – Moskva, Izdatelstvo "MIR". P. 334.(Rus)*
3. *Holovenkin V.P. (2009), "Pedagogy of high school." Kyiv, NTUU "KPI". P. 406. (Ukr)*