

## Развитие на алгоритмично мислене при изучаване на кодовете за корекция на грешки на Рийд-Соломон

Димитър Стоянов, Адриана Бороджиева

### Development of Algorithmic Thinking when Studying Reed-Solomon Error-Correcting Codes

Dimitar Stoyanov, Adriana Borodzhieva

#### Abstract:

This paper explores the possibilities for developing algorithmic thinking in students in vocational education by introducing concepts from the theory of error correction codes.

The paper examines the main difficulties of students in mastering abstract algorithmic concepts, including the lack of connection between theory and practice, and difficulties in applying knowledge. A comparative analysis of four methodological approaches is presented – traditional, visual, project-based, and combined – each applied within one academic year.

In conclusion, it is emphasized that the use of Reed-Solomon codes in education supports the development of algorithmic thinking, increases student motivation, and creates a sustainable connection between theory and practice.

**Keywords:** algorithmic thinking, Reed-Solomon codes, error correction codes, vocational education, high school, STEM education, pedagogical approaches, project-based learning, visual learning, algorithms and data structures, computer networks, cybersecurity, programming.

**For contacts:** Dimitar Stoyanov, University of Ruse, 7673@email.com.

#### ВЪВЕДЕНИЕ

В процеса на преподаване на предметите „Основи на кодирането“ и „Алгоритми и структури от данни“ в 12<sup>ТИ</sup> клас се наблюдават устойчиви затруднения при учениците, особено при работа с абстрактни алгоритмични концепции. Алгоритмичното мислене се разглежда като ключова компетентност в съвременното образование и включва умения за декомпозиция, абстракция и създаване на алгоритми [1]. Учениците често изпитват трудности при:

- Разбирането на идеята за абстракция („Защо работим с полиноми, а не с реални данни?“);
- Проследяването на алгоритми („Как точно тази стъпка води до резултат?“);
- Свързването на теорията с практика („Къде се използва това реално?“)

Често учениците задават логични за тях въпроси като „Как компютърът разбира къде е грешката?“, „Как се възстановяват данните?“ или „Това не е ли прекалено сложно за учене?“. Подобни въпроси са индикатор за липса на концептуално разбиране и показват необходимост от използване на по-интерактивни и визуални методи на преподаване [4]. Това доведе до извода, че традиционният подход не е достатъчно ефективен и не създава уменията, които учениците трябва да са придобили в края на изучаване на учебния предмет [2].

Кодовете на Рийд-Соломон са подходящи за различни перспективни направления като:

- диагностика и поддръжка на компютърни и телекомуникационни мрежи, където се демонстрира реален проблем, свързан със загубата на пакети

в мрежата, а учениците виждат как данните могат да бъдат възстановени;

→ киберсигурност, където кодовете показват как се защитава информация, демонстрира се устойчивост при грешки и атаки и се свързват с концепцията за целостта на данните;

→ програмирането, където изискват изграждане на алгоритми, използват структури от данни и развиват логическо мислене [3].

Кодовете на Рийд-Соломон са широко използвани в цифровите комуникации и съхранението на данни (например, в CD, QR кодове), което ги прави подходящ пример за реално приложение в обучението [5].

## ИЗЛОЖЕНИЕ

В рамките на 4 учебни години бяха използвани различни подходи при преподаването на темата за кодовете на Рийд-Соломон по предметите „Основи на кодирането“, „Защита на информацията“ и „Алгоритми и структури от данни“ на учениците от различни специалности в Софийската професионална гимназия по електроника „Джон Атанасов“.

През първата година беше използван класически лекционен подход [2], при който основният акцент беше върху дефиниции, формули и теоретично обяснение. Например:

- „Кодът на Рийд-Соломон е блоков код [3], базиран на полиноми над крайни полета.“
- „Кодирането може да се представи като полином  $P(x)$ , който се оценява в различни точки.“

Учениците записваха формули, определения, примерни изчисления. Подходът беше насочен към запаметяване и възпроизвеждане, а не към разбиране. Резултатите от проведеното изпитване по темата показаха ниска успеваемост и незадоволителни резултати – учениците възпроизвеждаха информацията, която бяха записали, но голямата част от тях не разбираха смисъла на наученото.

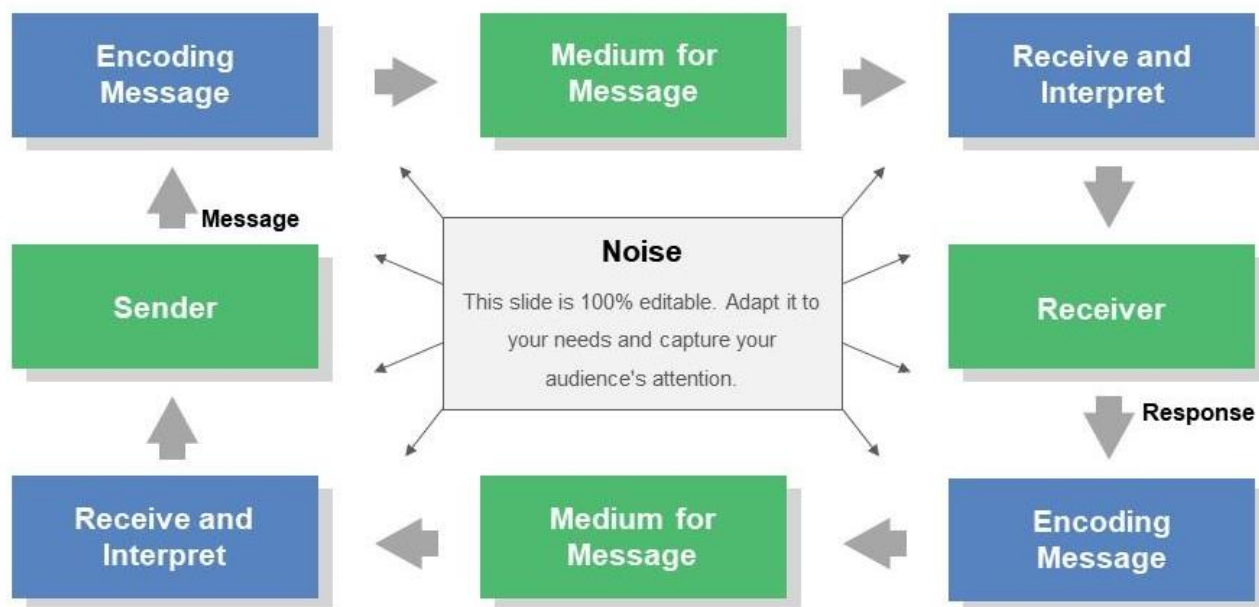
Във втората година беше въведена визуализация чрез таблици (Таблица 1), схеми и демонстрации [4] към стандартния план-урок. Използването на визуални средства подпомогна когнитивната обработка на информацията и подобри разбирането на абстрактни концепции [4].

Учениците започнаха да разпознават модели, да обясняват процесите с думи и виждаха логическата връзка между отделните стъпки при кодирането. Резултатите от проведеното изпитване по темата показаха бързо ориентиране при задаване на теоретични въпроси по темата, но слабо алгоритмично мислене при по-практически въпроси (например „Освен по метода за четност и нечетност, какъв друг по-опростен начин за откриване на грешки може да се предложи?“).

Таблица 1. Примерна визуализация на контрол по четност и нечетност за трибитово съобщение

3-битово съобщение			Съобщение с добавен бит за контрол по четност		Съобщение с добавен бит за контрол по нечетност	
A	B	C	Съобщение	Контролен бит	Съобщение	Контролен бит
0	0	0	0 0 0	0	0 0 0	1
0	0	1	0 0 1	1	0 0 1	0
0	1	0	0 1 0	1	0 1 0	0
0	1	1	0 1 1	0	0 1 1	1
1	0	0	1 0 0	1	1 0 0	0
1	0	1	1 0 1	0	1 0 1	1
1	1	0	1 1 0	0	1 1 0	1
1	1	1	1 1 1	1	1 1 1	0

По време на третата година учениците трябваше да отделят време за да работят по конкретни задачи (например, създаване на система за предаване на данни и тестване на работата ѝ като въвеждат грешка в изпратеното съобщение и илюстриране на получаването и коригирането на грешката в приемника, Фиг. 1) чрез т. нар. проектно-базирано обучение, което насърчава активното участие и самостоятелното изграждане на знания у учениците [2].



Фиг. 1. Комуникационен модел на изпращане на съобщение от изпращача до получателя и внасянето на шум в канала

Учениците работеха в екипи и симулираха комуникация между две устройства, като едновременно с това анализираха грешки. Така избраният подход насърчи експериментирането, добавянето на елементи в системата чрез различни иновативни идеи и критично мислене. Резултатите от този тип обучение

показаха осезаемо по-висока активност, по-голяма увереност, по-добро разбиране на изучавания материал и частични пропуски, с което успеваемостта може да се обобщи като „много добра“.

Надграждане на модела от третата учебна година беше приложено в четвъртата. При него беше използван игрови подход, тъй като игровите методи в образованието доказано повишават мотивацията и ангажираността на учениците [2]. Учениците имаха различна роля в комуникационния процес (предавател, комуникационен канал, шум, приемник и други), а останалите ученици, които наблюдаваха играта, имаха поставена задача да предложат методи за подобряване и оптимизиране на работата на алгоритъма. Това доведе до по-задълбочено разбиране, по-голяма активност от тяхна страна и силна аргументация в направените от тях предложения. В часовете по практика учениците имаха за задача да създадат опростен модел на кодовете на Рийд-Соломон чрез програмиране на езика C++. Практическата реализация на алгоритмите подпомогна прехвърлянето на знания от теоретично към приложно ниво [1]. Така учениците можеха да направят тестове с различни входни данни и да анализират резултатите, като едновременно с това им беше поставена задача и да търсят слабостите на своя алгоритъм и идеи за решаването им. Окончателните резултати показаха отличен баланс теория-практика, където учениците свързваха теоретичните знания по темата с практическата задача, която реализираха.

## **ОБОБЩЕН АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ**

**Година 1** при използван традиционен подход:

- Ниска ангажираност – учениците предимно слушат и записват. Рядко задават въпроси, а когато го правят, въпросите са повърхностни („Това ще го има ли на теста?“). Пасивното обучение често води до повърхностно усвояване на знанията [2] и показва липса на дълбочина в разбирането.
- Базово разбиране – могат да възпроизведат дефиниции, но не могат да обяснят процеса със собствени думи или да решат нова задача.

**Година 2** с използване на визуални средства:

- По-добро разбиране на концепции – учениците започват да обясняват процеса чрез примери („Тук добавяме допълнителни данни, за да поправим грешка.“). Визуализацията подпомага изграждането на ментални модели [4], като на контролните работи показват по-добри резултати при обяснителни въпроси.
- Липса на практическо приложение – при задачи от типа „измисли алгоритъм“ учениците се затрудняват. Те разбират идеята, но не могат да я реализират.

**Година 3** с възлагане на индивидуални проекти:

- Висока активност – учениците работят в екипи, обсъждат решения, предлагат идеи. Често се появяват въпроси от типа „А дали ако направим така, няма да е по-добре?“. Активното участие е ключов фактор за задълбочено учене [2].

→ Пропуски в теорията – има ученици, които решават задачите на принципа „проба-грешка“, без да могат да обяснят защо решението им е проработило.

**Година 4** с комбиниран подход. Комбинираните педагогически стратегии водят до най-висока ефективност при усвояване на знания [1]:

→ Учениците могат да обяснят, приложат, а по-голямата част от тях и да модифицират алгоритъм.

→ Задават въпроси от по-високо ниво, сред които „Може ли да се оптимизира кодът, така че за по-кратко време да се възстанови информацията?“, с което демонстрират алгоритмично мислене и разбиране на материала.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Преподаването на една и съща тема по няколко различни метода в рамките на четири последователни учебни години и анализирането на резултатите при изпитване на учениците от различни специалности в Софийската професионална гимназия по електроника „Джон Атанасов“ ясно показва, че именно методът на преподаване има ключово значение за усвояването на сложни алгоритмични концепции. Най-важният извод е, че учениците не се затрудняват от сложността на материала, а от начина, по който той се представя. Кодовете на Рийд-Соломон се доказват като универсален инструмент, мост между теорията и практиката, и средство за развитие на мислене.

Резултатите съответстват на съвременните педагогически теории, които подчертават необходимостта от активни, интердисциплинарни и практически ориентирани методи на обучение [1, 2].

Използването на комбиниран подход поражда интерес в учениците, изгражда разбиране към преподавания материал и развива умения. Този модел би могъл да се приложи успешно и към други области (например, криптографията) за по-добро усвояване на материала.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Wing, J. (2006). Computational Thinking. Communications of the ACM.
2. Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas.
3. Reed, I. S., Solomon, G. (1960). Polynomial Codes Over Certain Finite Fields.
4. Mayer, R. (2009). Multimedia Learning. Cambridge University Press.
5. Wicker, S. (1995). Error Control Systems for Digital Communication and Storage.