

**Міністерство освіти і науки України**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет прикладної математики та інформатики**

Кафедра програмування

Лабораторна робота №8  
**АЛГОРИТМ МАРКОВА**  
з курсу “Алгоритми та структури даних”

Виконав:  
Студент групи ПМІ-12  
Бенько Володимир Сергійович

Львів – 2023

## Алгоритм Маркова

Нормальні алгоритми Маркова — формалізація поняття алгоритму, що є системою послідовних застосувань підстановок до слів певного алфавіту, введена математиком А. А. Марковим у 1956-му році. Доведено, що нормальні алгоритми повні за Тюрінгом, тобто можуть описувати всі алгоритми, що можуть виконуватись будь-яким комп'ютером.

Будь-який нормальний алгоритм визначається вказанням алфавіту, в якому він діє, та схеми нормального алгоритму:

- Алфавітом нормального алгоритму може бути довільний скінченний алфавіт  $A$ .
- Схемою нормального алгоритму називають список формул підстановок цього алгоритму. Формулами підстановок в алфавіті  $A$  називаються вирази подібні  $p \rightarrow q$  (проста підстановка) або  $p \rightarrow \bullet q$  (заклучна підстановка), де  $p$  та  $q$  — деякі слова в алфавіті  $A$ , які називаються лівою та правою частинами формули відповідно.

### Принцип дії

Застосування нормального алгоритму до слова  $s$  полягає в цьому:

- В заданому списку формул підстановок знаходять першу формулу, ліва частина якої входить до слова  $s$  та замість цього входження підставляють праву частину формули. Це дасть нове слово  $s_1$ .
- З отриманим словом  $s_1$  повторюють попередній крок.

Цей процес зупиниться сам собою на деякому слові, в яке не входить ліва частина жодної з формул алгоритму, або коли застосується одна з заключних підстановок. Коли процес закінчується, то отримане останнє слово є результатом застосування алгоритму до слова  $s$ .

В моїй реалізації алгоритму Маркова структура `Markov` містить масиви стрічок `rules_in` для зберігання лівих частин формул та `rules_out` для правих відповідно. Заклучні підстановки позначаються символом `'.'` на початку правої частини відповідної підстановки. Також структура містить змінну цілочисельного типу для зберігання кількості правил підстановки та метод `Process` яка приймає рядок та виконує його опрацювання.

### Приклад:

Щоб переконатись, що всі функції працюють правильно, в програмі написані юніт-тести.

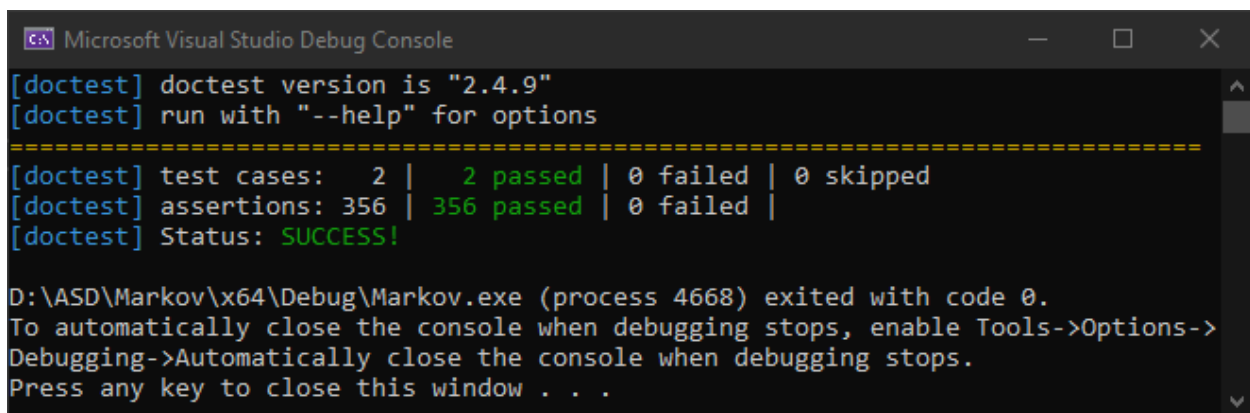
В першому наборі тестів алгоритм Маркова використовується для перетворення чисел з бінарної системи числення в унарну. Для цього використовується такий набір правил:

- $1 \rightarrow 0|$
- $|0 \rightarrow 0||$
- $0 \rightarrow$  (порожній рядок)

В другому наборі тестів алгоритм Маркова використовується для множення чисел в унарній системі числення. Для цього використовується такий набір правил:

- $|b \rightarrow ba|$
- $ab \rightarrow ba$
- $b \rightarrow$  (порожній рядок)
- $*| \rightarrow b^*$
- $* \rightarrow c$
- $|c \rightarrow c$
- $ac \rightarrow c|$
- $c \rightarrow \bullet$  (порожній рядок)

Усі тести проходять успішно:



```
Microsoft Visual Studio Debug Console

[doctest] doctest version is "2.4.9"
[doctest] run with "--help" for options
=====
[doctest] test cases: 2 | 2 passed | 0 failed | 0 skipped
[doctest] assertions: 356 | 356 passed | 0 failed |
[doctest] Status: SUCCESS!

D:\ASD\Markov\x64\Debug\Markov.exe (process 4668) exited with code 0.
To automatically close the console when debugging stops, enable Tools->Options->
Debugging->Automatically close the console when debugging stops.
Press any key to close this window . . .
```

### Висновок:

Алгоритм Маркова є формалізацією поняття алгоритму, що застосовується для побудови систем послідовних підстановок до слів з певного алфавіту. В дослідженні було встановлено, що нормальні алгоритми Маркова є повними за Тюрінгом, що означає їхню здатність описувати будь-який алгоритм, що може бути виконаний комп'ютером. Застосування Алгоритму Маркова може бути корисним в різних областях, таких як обробка природної мови, комп'ютерна графіка та комп'ютерна безпека.