

ДЕКОДУВАННЯ КОДІВ З МАЛОЮ ЩІЛЬНІСТЮ ПЕРЕВІРОК НА ПАРНІСТЬ НА ОСНОВІ ПРИРОДНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

*Асауленко І.О., asaulenko-irina@mail.ru;
Штомпель М.А., канд. техн. наук, доцент,
nik-shtompel@yandex.ru*

*Український державний університет залізничного транспорту,
Харків, Україна*

У теперішній час широкого розповсюдження набули лінійні блокові коди, зокрема коди з малою щільністю перевірок на парність, із застосуванням методів ітеративного декодування, які є обов'язковою складовою значного числа сучасних телекомунікаційних технологій і стандартів. Для декодування кодів з малою щільністю перевірок на парність використовуються класичні методи ітеративного декодування, що дозволяють отримати жорстке та м'яке рішення. Однак, класичні методи жорсткого декодування характеризуються відносно низькою здатністю корегування, що обмежує галузь їх застосування додатками, що допускають високу ймовірність помилки декодування, а класичні методи м'якого декодування через значну обчислювальну складність не підходять для використання в додатках, що підтримують високу швидкість передачі інформації [1, 2].

Таким чином актуальною задачею є розробка методу декодування кодів з малою щільністю перевірок на парність, який забезпечить задану достовірність передачі інформації та матиме прийнятну обчислювальну складність.

Відомо, що проблема декодування за максимумом правдоподібності деякого лінійного блокового коду в каналі з двійковим входом та адитивним білим гаусовим шумом, особливості якого докладно розглядалися у [3], при використанні двійкової фазової модуляції еквівалентна проблемі знаходження біполярного кодового слова, що забезпечує найбільшу кореляцію з прийнятою послідовністю.

На підставі правила кореляційного декодування у [4] запропонована цільова функція, у якій перший доданок відповідає кореляції між біполярним кодовим словом і прийнятим словом, який повинен набувати максимального значення, а другий доданок є сумою складових біполярного синдрому прийнятого слова. При цьому другий доданок приймає максимальне значення, тільки якщо прийняте слово є кодовим словом, що дозволяє розглядати дану складову як штраф (штрафну функцію). Отже, проблема декодування лінійних блокових кодів, зокрема кодів з малою щільністю перевірок на парність, зводиться до вирішення задачі глобальної оптимізації, а саме задачі цілочисельного програмування, та полягає у пошуку максимального значення цільової функції, що характеризується нелінійністю, багатоекстремальністю та високою розмірністю простору пошуку.

У [4] запропоновані методи декодування кодів з малою щільністю перевірок на парність на основі інвертування одного біта або групи бітів з використанням ідей теорії оптимізації, а саме застосування методу градієнтного підйому для знаходження локальних максимумів цільової функції. Згідно даного підходу пошук кодового слова є ітеративним процесом, що полягає у дослідженні області пошуку за напрямом, який визначається відповідно до градієнту. Слід зазначити, що наявність локальних максимумів є головним джерелом субоптимальності даного методу декодування та обумовлює доцільність застосування додаткових процедур стохастичного характеру для підвищення ефективності декодування шляхом відбракування векторів, що не являються переданим кодовим словом.

Враховуючи наявні обмеження існуючих методів декодування та виходячи з наведених особливостей цільової функції, для ефективного вирішення задачі декодування кодів з малою щільністю перевірок на парність доцільно застосовувати методи оптимізації, що засновані на процедурах природних обчислень. Клас таких методів називають метабіологічними, натхненими природою, ройовими, багатоагентними, популяційними і т.д. При цьому в якості загальної назви членів популяції в даних методах оптимізації використовується термін «агент». Для оцінки «якості» агентів популяції застосовується фітнес-функція, що в загальному випадку може співпадати з цільовою функцією [5].

Загальна схема методів оптимізації на основі природних обчислень включає в себе такі етапи.

1. Ініціалізація популяції. В області пошуку тим чи іншим чином створюється деяке число початкових наближень до шуканого рішення задачі – ініціалізуємо популяцію агентів.

2. Міграція агентів популяції. За допомогою деякого набору міграційних операторів, специфічних для кожного з методів оптимізації на основі природних обчислень, переміщуємо агентів в області пошуку таким чином, щоб, в кінцевому рахунку, наблизитися до шуканого екстремуму цільової функції.

3. Закінчення пошуку. Перевіряємо виконання умови закінчення ітерацій i , якщо вона виконана, закінчуємо обчислення, приймаючи краще зі знайдених положень агентів популяції в якості наближеного рішення задачі. Якщо вказані умови не виконані, повертаємося до виконання етапу 2.

Наведена вище схема лежить в основі запропонованого методу декодування кодів з малою щільністю перевірок на парність. Згідно даного методу у процесі декодування спочатку виконується жорстке рішення на основі прийнятого вектору, в результаті якого формується відповідний біполярний вектор. Якщо перевірна умова задовольняється для кожного елементу даного вектору, то приймається рішення, що отриманий вектор є кодовим словом та процес декодування завершується. В протилежному випадку здійснюється пошук біполярного вектору з використанням методів оптимі-

зації на основі природних обчислень до досягнення максимального числа ітерацій. Пошук завершується формуванням відповідного вектору, що забезпечує максимальне значення цільової функції та приймається у якості переданого кодового слова.

Література

1. Штомпель Н. А. Методы мягкого декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность / Н. А. Штомпель // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». — 2013. — № 27 (1000). — С. 163–168.
2. Штомпель Н. А. Вычислительная сложность методов декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность / Н. А. Штомпель // Системи обробки інформації. — 2013. — Вип. 6 (113). — С. 177–180.
3. Асауленко І. О. Дослідження характеристик телекомунікаційних систем з використанням програмних реалізацій каналів зв'язку / І. О. Асауленко, М. А. Штомпель // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. — 2015. — № 1. — С. 34–41.
4. Wadayama T. Gradient descent bit flipping algorithms for decoding LDPC codes / T. Wadayama, K. Nakamura, M. Yagita, Y. Funahashi, S. Usami, I. Takumi // IEEE Transactions on Communications. — 2010. — Vol. 58, № 6. — June. — P. 1610–1614.
5. Карпенко А. П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой : учебное пособие / А. П. Карпенко. — М. : издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. — 446 с.

Анотація

Розглянуто класичні методи жорсткого та м'якого декодування кодів з малою щільністю перевірок на парність. Показано, що задача декодування кодів з малою щільністю перевірок на парність може бути сформульована у вигляді задачі цілочисельного програмування. Запропоновано метод декодування кодів з малою щільністю перевірок на парність, який заснований на процедурах природних обчислень.

Ключові слова: декодування, коди з малою щільністю перевірок на парність, цільова функція, природні обчислення.

Аннотация

Рассмотрены классические методы жесткого и мягкого декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность. Показано, что задача декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность может быть сформулирована в виде задачи целочисленного программирования. Предложен метод декодирования кодов с малой плотностью проверок на четность, который основан на процедурах природных вычислений.

Ключевые слова: декодирование, коды с малой плотностью проверок на четность, целевая функция, природные вычисления.

Abstract

The classical hard and soft decoding methods of low density parity check codes are considered. It is shown that the problem of decoding low density parity check codes can be formulated in the form of integer programming problem. The decoding method of low density parity check codes based on procedures of natural computing is proposed.

Keywords: decoding, low density parity checks codes, objective function, natural computing.