сортованої частини масиву. Алгоритм підходить для невеликих масивів через свою простоту, але для великих масивів він може працювати повільно через високу кількість операцій у випадку невпорядкованих даних. Сортування методом вставки відіграє фундаментальну роль у багатьох сферах програмування та інформаційних технологій. Це базовий, надійний і простий у реалізації алгоритм, який знаходить застосування в широкому спектрі задач – від навчальних прикладів до складних систем обробки даних.

Список використаних джерел

1. Програмна реалізація та дослідження алгоритмів паралельного швидкого сортування / В. О. Денисюк , Н. А. Потапова, О. В. Зелінська, М. Б. Тарасюк. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки.* 2023. № 4. С. 95–105. URL: http://journals.khnu.km.ua/vestnik/?page_id=41 (дата звернення: 05.12.2024).

2. Ковалюк Т. В. Основи програмування: підручник. Київ: Вид-во BHV, 2005. 384 с.

3. GURU99. URL: https://www.guru99.com/uk/insertion-sort-algorithm.html (дата звернення 05.12.2024).

УДК 004.42

Щербина Д. С., здобувач вищої освіти,
Потапова Н. А., канд. екон. наук., доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ АЛЬФА-БЕТА ВІДСІКАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ШАХОВИХ РІШЕНЬ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

З кожним роком шахи стають більш популярними. Вони виросли з простої гри у великий спорт, і сприяють розвитку мислення, оскільки поєднують стратегічне і тактичне планування з логічним аналізом. Хоча успіх у спорті прийшов не відразу, проте за шахами вже багато років слідкують галузі алгоритмічного програмування та штучного інтелекту. Цей інтерес сприяє розвитку шахових програм, які постійно вдосконалюються для того, щоб вказувати як на помилки досвідчених шахістів, так і для навчання новачків.

Однією з ключових задач, які насамперед мають виконувати різні шахові програми, є забезпечення швидкої і точної оцінки позиції, щоб обрати оптимальний хід або варіант. Одним з перших алгоритмів, який застосовувався для знаходження оптимального рішення, був мінімакс. Але він не є ефективним, оскільки потрібно перевірити всі варіанти ходів, що, особливо в шахах, є дуже ресурсомістким процесом. Тому щоб оптимізувати цей алгоритм, було розроблено алгоритм альфа-бета відсікання. Цей метод, обрізаючи непотрібні гілки дерева рішень, дає змогу скоротити час та ресурси на пошук оптимального рішення [1].

Алгоритм альфа-бета відсікання відрізняється від мінімаксу тим, що він використовує не повний перебір усіх варіантів, а додає обмеження, які нази-

ваються відповідно до самого алгоритму – альфа та бета. У цьому алгоритмі альфа – це мінімальне або максимальне значення, яке буде задовольняти поставлену задачу, а бета – це ті значення, які ми отримаємо під час перегляду того чи іншого рішення [2]. Звідси випливає те, що поки значення бета перевершує альфа, то гілка рішень розглядається, а коли бета вже ніяк не зможе бути кращим за альфа, то гілка рішень відсікається. Наприклад, коли під час шахової партії гравцю загрожують взяттям ферзя (королеви), то немає сенсу обирати варіанти наступних ходів методом повного перебору, оскільки гравець втратить ферзя після першого ж. Тому в цій ситуації на допомогу приходить альфа-бета відсікання, де альфа – оцінка позиції, а бета – оцінка після пари ходів (білі-чорні), і оскільки не всі ходи рятують ферзя, що значно погіршить оцінку позиції – бета, тому такі варіанти відсікаються і далі їх обрахунок не ведеться.

Використовуючи алгоритм альфа-бета відсікання, можна отримати низку переваг, що робить його одним з основних методів, які використовуються під час створення шахових програм. Це такі переваги:

- зменшення можливих варіантів шляхом відсікання завідомо гірших, дає змогу пришвидшити аналіз позицій, що допоможе зберегти ресурси та час, який потрібно витратити на знаходження оптимального ходу;
- оскільки не потрібно витрачати ресурси на обрахунок непотрібних варіантів, то за допомогою цього можна підвищити глибину розрахунків, що збільшить точність рішення;
- можна реалізовувати шахові програми на мобільних пристроях. Оскільки знижуються вимоги до ресурсів, які потрібно витрачати на аналіз позицій, то більш слабкі пристрої можуть самостійно виконувати такі операції.

Хоча алгоритм альфа-бета відсікання має плюси щодо швидкості та економії ресурсів, але бувають випадки, коли відбувається «позиційна» жертва. Тобто ми можемо віддати матеріал заради отримання ініціативи для того, щоб у подальшому конвертувати цю ініціативу в матеріальну перевагу. Такі речі важко розпізнати тільки розрахунками, тому під час створення шахових програм із цим алгоритмом потрібно враховувати різні особливості, які притаманні шахам. Такими особливостями можуть бути шахова геометрія (зв’язки, подвійні удари, рентгени тощо) або розташування інших фігур на дошці, які можуть непрямо впливати на прийняття того чи іншого рішення. Врахування всіх додаткових факторів дасть змогу максимально чітко робити аналіз позицій [3].

Застосування алгоритму альфа-бета відсікання в шахах може бути дуже різноманітним. Окрім використання для стандартного аналізу позиції, його можна використовувати для гри проти людини або для вирішення різних задач. Цей алгоритм можна налаштувати так, щоб він підлаштовувався під відповідний рівень гравця, наприклад, для гри з початківцем аналізувати позицію на 1 або 2 ходи вперед, а зі зростанням рівня гравця – збільшувати глибину розрахунків. Схожий напрям можна використати для розв’язання задач, коли для різного рівня гравців будуть створюватися задачі різної складності, проте з однаковими умовами їх виконання.

Підсумовуючи можна сказати, що альфа-бета відсікання є ключовим алгоритмом під час створення шахових програм. Він зможе забезпечити швидке

знаходження оптимального варіанта, адаптивний підхід до користувачів залежно від їх рівня, а у разі його розширення чи комбінації з іншими методами можна створити повноцінний шаховий двигун, який зможе давати точну оцінку навіть на достатній глибині розрахунків.

Список використаних джерел

1. Fuller S. H., Gaschnig J. G., Gillogly J. J. An analysis of the alpha–beta pruning algorithm. Department of Computer Science Report, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania, 1973, 51 p.

2. Felstiner C. Alpha-Beta Pruning, Whitman College, 2019.

3. Wang J. J., Liu M. S., Zhao G. D. Design of Military Chess System Based on Alpha-Beta Pruning Algorithm. *36th Chinese Control and Decision Conference (CCDC).* IEEE, 2024. P. 3092–3097.

УДК 004.08

Рудь О. С., здобувачка вищої освіти,
Юстименко Є. А., здобувач вищої освіти,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор
кафедри інформаційних технологій

АЛГОРИТМИ ШИФРУВАННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ РАДІОЗВ'ЯЗКУ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Сучасні воєнні операції все більше залежать від швидкої та безпечної передачі інформації. Радіозв'язок є надважливим засобом комунікації на полі бою, проте він залишається вразливим до перехоплення та глушіння з боку супротивника. Розробка ефективних алгоритмів шифрування має велике значення для забезпечення конфіденційності та достовірності переданих даних.

Ця тема є надзвичайно актуальною в умовах воєнного стану і в час, коли технологічні засоби ведення бойових дій постійно вдосконалюються. Під час бойових дій інформаційна безпека особливо важлива та безпосередньо впливає на успішне виконання військових завдань. Забезпечення захищеної передачі даних допомагає запобігти перехопленню ворогом стратегічно важливої інформації та зберегти життя військовослужбовців.

Радіозв'язок є одним із ключових елементів забезпечення військових операцій, адже через нього передаються накази, координати, розвідувальні дані та інша критично важлива інформація. Одним із найпоширеніших методів захисту даних є шифрування. Проте розробка алгоритмів шифрування для військових потреб має враховувати специфічні вимоги до швидкості, безпеки та енергоефективності [1].

Процес безпечної передачі даних включає кілька етапів: шифрування даних на стороні передавача, передача зашифрованих даних через радіоканал і розшифрування даних на стороні приймача. На рисунку 1 зображено етапи безпечної передачі даних між передавачем і приймачем у радіозв'язку.