

## Програмне забезпечення для розкроювання матеріалу в меблевій промисловості

Лілія Олександрівна Фадєєва

Кафедра інформатики та прикладної математики, Криворізький  
державний педагогічний університет, пр. Гагаріна, 54, м. Кривий Ріг,  
50086, Україна  
fadeyevaliliya@gmail.com

**Анотація.** Задача розкрою – це оптимізаційна задача, що виникає в багатьох сферах промисловості. Різні предметні області можуть накладати певні обмеження чи уточнювати постановку задачі, що пов'язано з особливостями технологічних процесів. Таким чином, під задачею розкрою розуміють широке коло задач цілочисельного лінійного програмування. В цій роботі розглядається двовимірна задача розкрою, що виникає при виробництві корпусних меблів. *Актуальність* цієї роботи полягає у тому, що створене в її рамках програмне забезпечення дозволяє мінімізувати відходи виробництва, що призводить до збільшення прибутків підприємства.

*Об'єкт дослідження:* двовимірна задача розкрою матеріалу.

*Предмет дослідження:* розв'язання двовимірної задачі розкрою матеріалу для потреб меблевої промисловості.

*Мета роботи:* створити програмне забезпечення для оптимізації розкрою матеріалу при виробництві корпусних меблів.

Для досягнення мети слід розв'язати такі *задачі*:

- проаналізувати актуальні підходи до розв'язання задачі розкрою;
- порівняти наявне на ринку програмне забезпечення, що оптимізує розкроювання матеріалу для потреб меблевої промисловості;
- висунути функціональні вимоги до майбутнього програмного забезпечення;
- спроектувати алгоритми та структури даних;
- обрати інструменти розробки;
- створити програмну реалізацію та здійснити її тестування й, за необхідності, вдосконалення.

*Новизна* роботи полягає в тому, що в її рамках створено перше безкоштовне програмне забезпечення для оптимізації розкрою матеріалу в меблевій промисловості.

*Практичне значення* роботи полягає в тому, що її результатом є завершений програмний продукт, спрямований на користувачів, що пов'язані з виробництвом корпусних меблів.

Програмний продукт пройшов *апробацію* на підприємстві ТОВ НВФ

«Ліга» (м. Кривий Ріг).

**Ключові слова:** двовимірна задача розкрою; меблева промисловість; оптимізація.

### **L. O. Fadieieva. Software for material cutting in furniture industry**

**Abstract.** The cutting problem is an optimization problem that arises in many scopes of industry. Different applications can impose limitations or clarify formulation of the problem, due to the peculiarities of the processes. Thus, under cutting problem we understand a wide range of problems of integer linear programming. In this paper the two-dimensional cutting problem, that arises in the production of furniture, is examined. *The relevance* of this work lies in the fact that created within its framework software minimizes waste production, leading to profits increase.

*The object of the research:* a two-dimensional cutting problem.

*The subject of the study:* solving two-dimensional cutting problem for the furniture industry purpose.

*Purpose:* to create software for material cutting optimization in the manufacture of furniture.

To achieve the goal the following *problems* should be solved:

- analyze current approaches to solving the cutting problem;
- compare commercially available software that optimizes cutting supplies for the furniture industry;
- propose functional requirements for future software;
- design algorithms and data structures;
- choose development tools;
- create software and test it, and, if necessary, improve.

*The novelty* of the work lies in the fact that within its framework the first free software for material cutting optimization in the furniture industry has been established.

*The practical significance* of the work lies in the fact that its result is a complete software product aimed at users who are related to the production of furniture.

The software has been *tested* on SPC Ltd. “The League” (Kryvyi Rih).

**Keywords:** a two-dimensional cutting problem; furniture industry; optimization.

**Affiliation:** Department of Computer Science and Applied Mathematics, Kryvyi Rih State Pedagogical University, 54, Gagarin avenue, Kryvyi Rih, 50086, Ukraine.

E-mail: fadeyevaliliya@gmail.com.

Розглянемо наступну задачу. Дано набір прямокутних деталей.

Кожна деталь має свою довжину та ширину, також деякі деталі заборонено обертати. Маємо заданий розмір листа матеріалу та необмежену кількість листів. Необхідно розмістити деталі на листах таким чином, щоб мінімізувати витрати матеріалу. При однакових витратах матеріалу кращим вважається таке рішення, де потрібно зробити меншу кількість розпилів. Причому товщина розпилу ненульова.

Нами не виявлено готових розв'язків задачі в такому формулюванні за виключенням пропріетарних програмних пакетів. Через закритість їх програмного коду неможливо здійснити аналіз алгоритмів, що там використовуються.

Нині найбільш дослідженими є одновимірні задачі розкрою, тоді як двовимірні задачі розкрою досі активно вивчаються [1-4]. В загальному вигляді двовимірні задачі розкрою є NP-складними. Точні методи застосовуються лише для розв'язання більш вузьких і спрощених задач [1], тоді як задачі, що виникають у різних сферах промисловості, розв'язуються напівемпіричними алгоритмами [2-4], що ґрунтуються на тих чи інших припущеннях і дають не оптимальний, але прийнятний для цілей виробництва розв'язок.

Для розв'язання нашої задачі використано алгоритм в основі, якого лежать алгоритм локального спуску й алгоритм імітації відпалу.

#### 1) Алгоритм локального спуску

Даний алгоритм дозволяє знаходити локально-оптимальні розв'язки, які мають найкраще значення цільової функції у заданій області. Стандартний алгоритм локального спуску починає свою роботу з деякого початкового розв'язку, обраного випадковим чином, або за допомогою допоміжної процедури. На кожному кроці алгоритму будується область поточного розв'язку, в якій перебором здійснюється пошук розв'язку кращого, ніж поточний. Якщо такий розв'язок знайдено, то алгоритм переходить у нього та продовжує пошук, інакше робота алгоритму завершується. Область рішень будується за допомогою заданих операцій.

Очевидно, що не кожен локально-оптимальний розв'язок є глобально-оптимальним. Крім того, не кожний локальний оптимум має прийнятну відносну похибку. Це є основним недоліком алгоритму локального спуску.

#### 2) Алгоритм імітації відпалу

На відміну від локального спуску алгоритм імітації відпалу здійснює кроки, які можуть покращувати, а можуть погіршувати цільову функцію, що дозволяє переходити від локальних оптимумів до інших розв'язків. В результаті пошуку поведінка цільової функції стає немонотонною (рис. 1).

Процес пошуку контролюється параметром  $T > 0$ , який називається

температурою. Від даного параметра залежить ймовірність, з якою алгоритм переходить у стан з гіршим розв'язком. При фіксованій температурі ймовірність зробити крок, який значно погіршує поточне положення, менше, ніж крок з невеликим погіршенням. При кожному значенні температури алгоритм виконує завчасно задану кількість кроків  $L$  (так звана довжина температурного рівня). Зі зростанням числа ітерацій значення температури зменшується за законом геометричної прогресії  $T = rT$ . Зі зменшенням температури ймовірність здійснення кроку, що погіршить значення, стає менше (рис. 2).



Рис. 1. Поведінка цільової функції алгоритму імітації відпалювання [4]



Рис. 2. Ймовірність переходу у гірше рішення [4]

Початкове значення температури, коефіцієнт охолодження  $r$  та довжина температурного рівня  $L$  підбираються експериментально. Як правило, початковій температурі надається таке значення, щоб на перших кроках алгоритм міг перейти до більшості рішень. Коефіцієнт охолодження обирається достатньо близьким до 1, зазвичай із діапазону  $[0,88; 0,99]$ . Кількості кроків, що здійснюються при фіксованому значенні температури, повинно вистачити для перегляду всієї області.

Обидва алгоритми мають як переваги, так і недоліки. У роботі [4] показано використання заснованого на них гібридного алгоритму для розв'язання задачі розкрою для одного листа матеріалу, що є частинним випадком нашої задачі.

Цей підхід було адаптовано для нашого формулювання задачі й реалізовано в програмному забезпеченні, що становить основний

результат роботи, і яке пройшло апробацію на підприємстві.

У даній роботі для початкової розстановки використовується жадібний алгоритм. Далі використовується алгоритм імітації відпалювання, в якому параметр  $T$  залежить від площі, що використовується. На кожному кроці ця площа буде порівнюватись з попередньою, а відсоток переходу у гірший стан зменшуватись. Таким чином, розв'язок, з якого неможливо буде перейти у наступний гірший або кращий за даний, буде вважатися найбільш оптимальним.

### Список використаних джерел

1. Картак В. М. Задача упаковки прямоугольников: точный алгоритм на базе матричного представления / Картак Вадим Михайлович // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2007. – Том 9, № 4. – С. 104-110.

2. Решение задачи ортогональной упаковки листовых материалов методами линейного раскроя / Р. А. Файзрахманов, Р. Т. Мурзакаев, В. С. Шилов, А. С. Мезенцев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2014. – № 10. – С. 29-41.

3. Кутянська В. І. Розв'язання однієї задачі розкрою алгоритмом оптимізації бджолоиною колонією / В. І. Кутянська, Б. Г. Шаров // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : збірник науково-технічних праць. – 2010. – Вип. 20.8. – С. 290-294.

4. Руднев А. С. Алгоритмы локального поиска для задач двумерной упаковки : дисс. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ / Руднев Антон Сергеевич ; Новосибирский государственный университет. – Новосибирск, 2010. – 104 с.

### References (translated and transliterated)

1. Kartak V. M. Zadacha upakovki priamougolnikov: tochnyi algoritm na baze matrichnogo predstavleniia [Two-dimensional strip packing problem: exact algorithm based on matrix model] / Kartak Vadim Mikhailovich // Vestnik Ufinskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta. – 2007. – Tom 9, № 4. – S. 104-110. (In Russian)

2. Reshenie zadachi ortogonalnoi upakovki listovykh materialov metodami lineinogo raskroia [Solution of the orthogonal packing of sheet materials by linear cutting] / R. A. Faizrahmanov, R. T. Murzakaev, V. S. Shilov, A. S. Mezentsev // Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatelskogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotekhnika,

informatcionnye tekhnologii, sistemy upravleniia. – 2014. – № 10. – S. 29-41. (In Russian)

3. Kutianska V. I. Rozviazannia odniiei zadachi rozkroiu alhorytmom optymizatsii bdzholynoiu koloniiieu [Solving of a cutting problem with bee colony optimization algorithm] / V. I. Kutianska, B. H. Sharov // Naukovyi visnyk Natsionalnoho lisotekhnichnoho universytetu Ukrainy : zbirnyk naukovo-tekhnichnykh prats. – 2010. – Vyp. 20.8. – S. 290-294. (In Ukrainian)

4. Rudnev A. S. Algoritmy lokalnogo poiska dlia zadach dvumernoi upakovki [Algorithms of local search for two-dimensional packing] : diss. ... kand. fiz.-mat. nauk : 05.13.18 – matematicheskoe modelirovanie, chislennye metody i komplekсы programm / Rudnev Anton Sergeevich ; Novosibirskii gosudarstvennyi universitet. – Novosibirsk, 2010. – 104 s. (In Russian)