

Важкорозв'язувані задачі комбінаторної оптимізації та теорія ПДС-алгоритмів

Труднорешаемые задачи комбинаторной оптимизации и теория ПДС-алгоритмов

Intractable problems of combinatorial optimization and the theory of PSC-algorithms

- 1. Номер державної реєстрації, номер реєстрації в університеті:** 0117U000460,
- 2. Науковий керівник:** д.т.н., проф. Павлов О.А., Павлов А.А., Pavlov Alexander A.

3. Суть розробки, основні результати: (укр.)

Робота є продовженням циклу робіт з розвитку теорії ПДС-алгоритмів і створення на її основі моделей і методів календарного та оперативного планування та прийняття рішень в складних соціально-економічних системах з мережевим представленням технологічних процесів та обмеженими ресурсами. Мета роботи – розвиток авторської теорії та методології побудови ПДС-алгоритмів для важкорозв'язуваних задач комбінаторної оптимізації (ВЗКО – задачі, для яких не існує поліноміальних алгоритмів розв'язання) та створення на їх основі високоефективних методів розв'язання досліджуваних задач календарного та оперативного планування. ПДС-алгоритми включають поліноміальну складову, яка строго реалізує оптимальний розв'язок, і точний експоненціальний підалгоритм або поліноміальну апроксимацію точного алгоритму (наближений або евристичний алгоритм). Перевагою ПДС-алгоритмів перед існуючими методами є те, що на їх основі можна побудувати для задач великої розмірності як точні, так і наближені алгоритми з оцінками якості отриманих розв'язків або евристичні алгоритми.

На основі теорії ПДС-алгоритмів у роботі створено нові методи та ефективні ПДС-алгоритми для п'яти ВЗКО, зокрема, для двох з шості найбільш складних та відомих в світі класичних ВЗКО – NP-трудних в сильному розумінні задач мінімізації сумарного зваженого моменту закінчення завдань на одному приладі з відношенням передування та мінімізації сумарного зваженого запізнення завдань на одному приладі. Також досліджено ефективність чотирьох інших ПДС-алгоритмів. Створені ПДС-алгоритми включено до математичного та програмного забезпечення розробленої у попередніх роботах чотирьохрівневої моделі календарного та оперативного планування в системах з мережним представленням технологічних процесів та обмеженими ресурсами. У результаті створено інформаційну технологію та новий інтегрований пакет програм календарного та оперативного планування в соціально-економічних системах у різних прикладних областях.

(рос.)

Работа является продолжением цикла работ по развитию теории ПДС-алгоритмов и созданию на ее основе моделей и методов календарного и оперативного планирования и принятия решений в сложных социально-экономических системах с сетевым представлением технологических процессов и ограниченными ресурсами. Цель работы – развитие авторской теории и методологии построения ПДС-алгоритмов для труднорешаемых задач комбинаторной оптимизации (ТЗКО – задачи, для которых не существует полиномиальных алгоритмов решения) и создание на их основе высокоэффективных методов решения исследуемых задач календарного и оперативного планирования. ПДС-алгоритмы включают полиномиальную составляющую, строго реализующую оптимальное решение, и точный экспоненциальный подалгоритм или полиномиальную аппроксимацию точного алгоритма (приближенный или эвристический алгоритм). Преимуществом ПДС-алгоритмов перед существующими методами является то, что на их основе можно построить для задач большой размерности как точные, так и приближенные алгоритмы с оценками качества полученных решений или эвристические алгоритмы.

На основе теории ПДС-алгоритмов в работе созданы новые методы и эффективные ПДС-алгоритмы для пяти ТЗКО, в частности, для двух из шести наиболее сложных и известных в мире классических ТЗКО – NP-трудных в сильном смысле задач минимизации суммарного взвешенного момента окончания выполнения заданий на одном приборе с отношениями предшествования и минимизации суммарного взвешенного запаздывания задач на одном приборе. Также исследована эффективность четырех других ПДС-алгоритмов. Созданные ПДС-алгоритмы включены в математическое и программное обеспечение разработанной в предыдущих работах четырехуровневой модели календарного и оперативного планирования в системах с сетевым представлением технологических процессов и ограниченными ресурсами. В результате создана информационная технология и новый интегрированный пакет программ календарного и оперативного планирования в социально-экономических системах в различных прикладных областях.

(англ.)

The work continues a series of works devoted to the development of the theory of PSC-algorithms and to the creation on its basis of models and methods of scheduling, operational planning, and decision-making in complex socio-economic systems with a network representation of technological processes and limited resources. The purpose of the work is to develop the authors' theory and methodology for PSC-algorithms constructing for intractable problems of combinatorial optimization (IPCO – problems for which there are no polynomial time solving algorithms) and to create on their basis highly efficient methods to solve the studied scheduling and operational planning problems. PSC-algorithms include the polynomial component that builds a strictly optimal solution and the exact exponential subalgorithm or the polynomial approximation of the exact algorithm (approximation or heuristic algorithm). The advantage of PSC-algorithms over existing methods is that they can be used to construct, for large-scale problems, both exact and approximation algorithms with estimates of the deviation of obtained solutions from the optimum, or heuristic algorithms.

In this work, based on the theory of PSC-algorithms, we have created new methods and efficient PSC-algorithms for five IPCO, in particular, for two of the six most complex and world-wide-known classical IPCO: NP-hard in the strong sense problems of the total weighted completion time of jobs minimization on one machine with a precedence relations and the total weighted tardiness of jobs minimization on one machine. We also investigated the efficiency of four other PSC-algorithms. Then we included the created PSC-algorithms into the mathematics and software of the four-level model of scheduling and operational planning in systems with network representation of technological processes and limited resources which we developed in the previous works. As a result, we have created an information technology and a new integrated software package for scheduling and operational planning in socio-economic systems in various fields of application.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності: немає

5. Порівняння зі світовими аналогами:

Отримані результати є новими і перевищують світовий науковий рівень. Розробка не має аналогів в Україні. Досягнення світового рівня: розробка та обґрунтування ефективних та швидких ПДС-алгоритмів для ВЗКО. На відміну від існуючих підходів, ПДС-алгоритми дозволяють отримувати точні розв'язки задач реальної практичної розмірності (до десятків тисяч завдань). Нові ПДС-алгоритми та нова концепція планування дозволять суттєво підвищити ефективність процесів планування (включаючи оперативне) та прийняття рішень в складних соціально-економічних системах з обмеженими ресурсами в сучасних умовах на основі нової концепції планування, підвищити конкурентоспроможність України як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

6. Економічна привабливість для просування на ринок:

Розроблено інтегрований пакет програм календарного та оперативного планування в складних соціально-економічних системах у різних прикладних областях, особливо для виробництв дискретного типу. Модульна структура алгоритмічного забезпечення дозволяє легко включати додаткові критерії оптимальності. Це суттєво підвищить ефективність створюваних систем календарного та оперативного планування та інвестиційну привабливість соціально-економічних систем. Очікуваний економічний ефект у разі впровадження створених методів та технологій складає 10–15 % вартості готових виробів або наданих послуг завдяки оптимізації планів виробництва з урахуванням критеріїв максимізації прибутку підприємства та мінімізації штрафів за затримку поставок готових виробів. Значимість роботи полягає в вирішенні актуальних проблем планування в складних соціально-економічних системах з мережним представленням технологічних процесів та обмеженими ресурсами у різних прикладних областях. Отримані результати будуть ефективним вкладом в розвиток теорії розв'язання комбінаторних задач, багатетапних задач календарного планування, що є основою створення систем календарного та оперативного планування в сучасних ринкових умовах.

7. Потенційні користувачі:

Запропоновані моделі та методи носять універсальний характер та знайдуть впровадження при розробці систем виробничого планування та управління, систем управління проектами, при плануванні будівництва різних об'єктів, в системах автоматизованого проектування, інформаційних управляючих системах, системах автоматизації наукових досліджень, системах штучного інтелекту, в розробках інтегрованих АСУ виробництв дискретного типу.

Досліджувані в роботі задачі є класичними комбінаторними задачами, які знаходять широке застосування в організації виробництва, в бізнесі, в оптимізації комп'ютерних обчислень, в індустрії сервісу та інших областях, є основою календарного та оперативного планування в мережних системах з обмеженими ресурсами (80 % від всіх виробничих систем), до яких відносяться, зокрема, дискретні виробництва (у т. ч. літакобудування та суднобудування) та, що найважливіше в сучасних умовах, виробничі та конструкторські підприємства військово-промислового комплексу України. Тому створення ефективних ПДС-алгоритмів розв'язання ВЗКО сприятиме підвищенню конкурентоспроможності України як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках та її обороноздатності.

8. Стан готовності розробки:

Розроблено нову інформаційну технологію та новий інтегрований пакет програм календарного та оперативного планування в складних соціально-економічних системах у різних прикладних областях. Є в наявності промисловий зразок. Система може працювати з даними реальних виробничих розмірів – сотні тисяч робіт та тисячі пристроїв, що їх виконують.

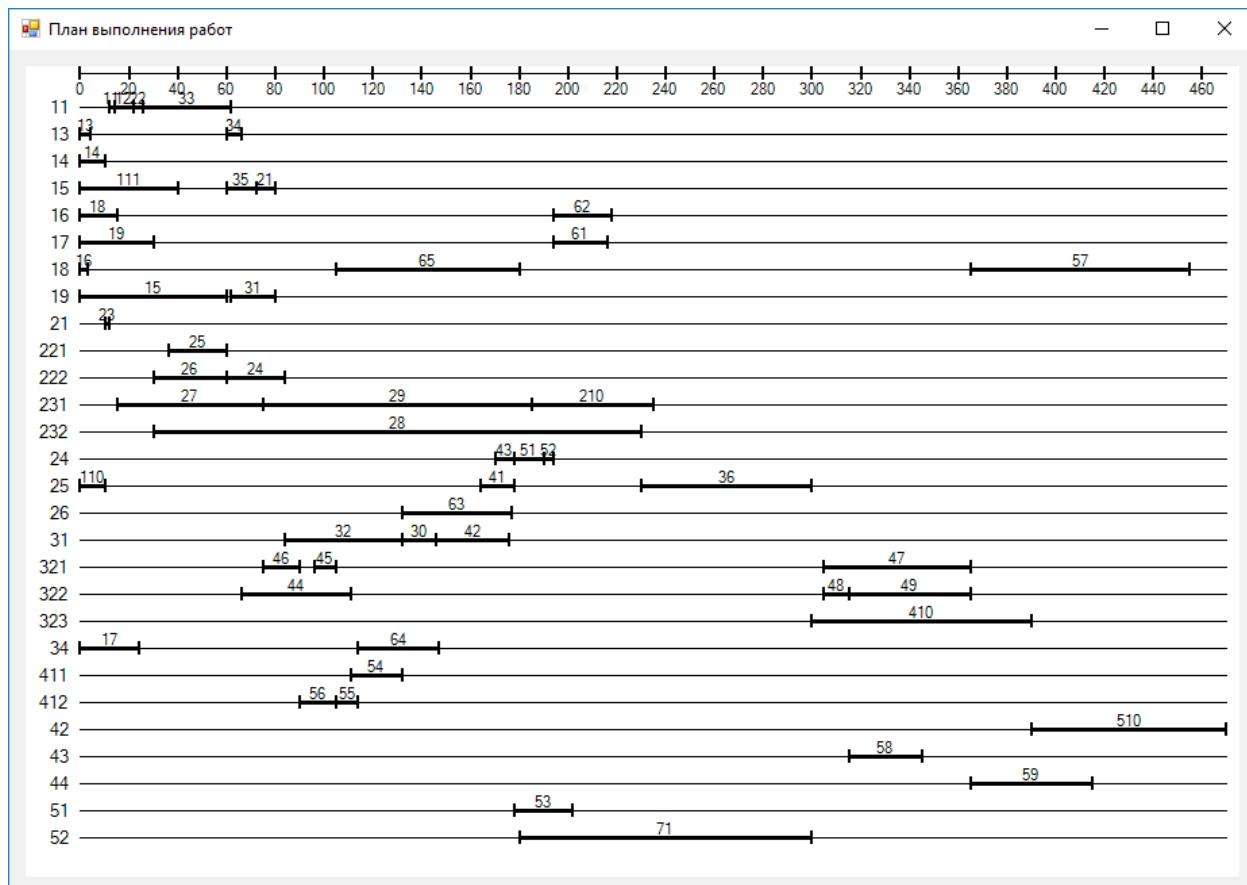
9. Існуючі результати впровадження:

Створений інтегрований пакет програм використовується для автоматизації процесу планування виробництва на фермерському господарстві «ЛІЕТА» (м. Мукачево).

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail:

КПІ ім. Ігоря Сікорського, НДІ інформаційних процесів, (044) 236-96-51,
pavlov.fiot@gmail.com

11. Фото або кілька слайдів презентації з фото розробки в електронному вигляді (рекламного характеру):



Діаграма Гантта поопераційного плану для групи виробів.

12. Перелік основних публікацій за матеріалами досліджень за період виконання:

1. Zgurovsky M.Z., Pavlov A.A.: Combinatorial Optimization Problems in Planning and Decision Making: Theory and Applications, 1st edn. Studies in Systems, Decision and Control, vol. 173, 526 pp. Springer, Cham. Hard cover ISBN: 978-3-319-98976-1, e-Book ISBN: 978-3-319-98977-8; doi: 10.1007/978-3-319-98977-8. Ухвалено Вченою радою №11 від 12.06.2018
2. Pavlov A.A., Misura E.B., Melnikov O.V., Mukha I.P.: NP-Hard Scheduling Problems in Planning Process Automation in Discrete Systems of Certain Classes. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education. ICCSEE 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 754, pp. 429–436. Springer, Cham (2019) // The First International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications ICCSEE 2018, 18–20 January 2018, Kiev, Ukraine. – 2019, pp. 429–436. doi: 10.1007/978-3-319-91008-6_43
3. Pavlov A.A., Khalus E.A., Borysenko I.V.: Planning Automation in Discrete Systems with a Given Structure of Technological Processes. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education. ICCSEE 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 754, pp. 177–185. Springer, Cham (2019) / The First International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications ICCSEE 2018, 18–20 January 2018, Kiev, Ukraine. – 2019, pp. 177–185. doi: 10.1007/978-3-319-91008-6_18
4. Pavlov A.A., Misura E.B., Melnikov O.V., Mukha I.P., Lishchuk K.I.: Study of theoretical properties of PSC-algorithm for the total weighted tardiness minimization for planning processes automation. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education II. ICCSEE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 938, pp. 152-161. Springer, Cham (2020) // The Second International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications ICCSEE 2019, 26–27 January 2019, Kiev, Ukraine. – 2019, pp. 152-161. doi: 10.1007/978-3-030-16621-2_14

5. Pavlov A.A., Misura E.B., Melnikov O.V., Mukha I.P., Lishchuk K.I.: Statistical research of efficiency of approximation algorithms for planning processes automation problems. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) *Advances in Computer Science for Engineering and Education II. ICCSEEA 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 938, pp. 398-408. Springer, Cham (2020) // *The Second International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications ICCSEEA 2019, 26–27 January 2019, Kiev, Ukraine.* – 2019, pp. 398-408. doi: 10.1007/978-3-030-16621-2_37
6. Pavlov A.A., Misura E.B., Melnikov O.V., Mukha I.P., Lishchuk K.I.: Approximation algorithm for parallel machines total tardiness minimization problem for planning processes automation. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) *Advances in Computer Science for Engineering and Education II. ICCSEEA 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 938, pp. 459-467. Springer, Cham (2020) // *The Second International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications ICCSEEA 2019, 26–27 January 2019, Kiev, Ukraine.* – 2019, pp. 459-467. doi: 10.1007/978-3-030-16621-2_43
7. Popenko V., Sperkach M., Zhdanova O., Kokosinski Z.: On Optimality Conditions for Job Scheduling on Uniform Parallel Machines. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) *Advances in Computer Science for Engineering and Education II. ICCSEEA 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 938, pp. 103-112. Springer, Cham (2020) // *The Second International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications ICCSEEA 2019, 26–27 January 2019, Kiev, Ukraine.* – 2019, pp. 103-112. doi: 10.1007/978-3-030-16621-2_10
8. Kovaliuk Tetiana, Kobets Nataliya. Semantic Analysis and Natural Language Text Search for Internet Portal // *Proceedings of the 3rd International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS-2019)*, Kharkiv, Ukraine, April 18-19, 2019. Volume I: Main Conference. CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2362, pp. 277-287. <http://ceur-ws.org/Vol-2362/paper25.pdf>
9. Kovaliuk T., Tielysheva T., Kobets N. Method of Cross-Language Aspect-Oriented Analysis of Statements Using Categorization Model of Machine Learning // *Proceedings of the 3rd International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS-2019)*, Kharkiv, Ukraine, April 18-19, 2019. Volume I: Main Conference. CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2362, pp. 32-42. <http://ceur-ws.org/Vol-2362/paper4.pdf>
10. Kovaliuk Tetiana, Kobets Nataliya. The Object Model of the Subject Domain with the Use of Semantic Networks // *Proceedings of the 3rd International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS-2019)*, Kharkiv, Ukraine, April 18-19, 2019. Volume I: Main Conference. CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2362, pp. 228-242. <http://ceur-ws.org/Vol-2362/paper21.pdf>
11. Kovaliuk Tetiana, Kobets Nataliya. Integration of IT Education in Ukraine into the European Educational Space // *Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer ICTERI 2019*, Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. Volume I: Main Conference. CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2387, pp. 385-397. <http://ceur-ws.org/Vol-2387/20190385.pdf>
12. Kobets Nataliya, Kovaliuk Tetiana, Mozoliova Daryna (2020) Cognitive Modeling and Cognitive Map Applying to the Knowledge Management in the Higher Education System. In: Wilimowska Z., Borzemski L., Świątek J. (eds) *Information Systems Architecture and Technology: Proceedings of 40th Anniversary International Conference on Information Systems Architecture and Technology – ISAT 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1052, pp 63-73. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-30443-0_6
13. Ковалюк Т.В., Пасічник В.В., Кунанець Н.Е. Моделювання розвитку вищої освіти на базі компетентнісного підходу та особистісно орієнтованих освітніх траєкторій // *Інформаційні технології і засоби навчання.* – 2017. – Том 61.– №5. – С. 245-260.
14. Kovaliuk T.V., Pasichnyk V.V., Kunanets N.E., Veretennik N.V. Professional competency management of IT professionals to industry requirements based on cognitive cards //

Information Technologies and Learning Tools. – 2018. – Vol. 64. – №2. P. 253–264. doi: 10.33407/itlt.v64i2.2002

15. Pavlov A.A., Misura E.B., Melnikov O.V. Total weighted tardiness minimization for tasks with a common due date on parallel machines in case of agreeable weights and processing times // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології, №1, 2019, С. 20-24. doi: 10.20998/2079-0023.2019.01.01
16. Задача мінімізації сумарного відхилення від спільного директивного строку при виконанні завдань паралельними пристроями [Електронний ресурс] / Годна А.В., Жданова О.Г., Маленко А.О., Сперкач М.О. // Науковий огляд. – Том 9, № 41. – 2017. – С. 14–32. <http://www.naukajournal.org/index.php/naukajournal/article/view/1324>
17. Згуровский М.З., Павлов А.А. Теоретические свойства ПДС-алгоритма для задачи минимизации суммарного взвешенного запаздывания на одном приборе // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія «Інформатика, управління та обчислювальна техніка». – К.: “ВЕК+”, 2017. – №65 – С. 4–14. http://it-visnyk.kpi.ua/?page_id=3503&lang=ru
18. Згуровский М.З., Павлов А.А., Мисюра Е.Б., Мельников О.В., Муха И.П., Лищук Е.И. Эвристический алгоритм решения задачи суммарного взвешенного запаздывания на одном приборе // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія «Інформатика, управління та обчислювальна техніка». – К.: “ВЕК+”, 2017. – №65 – С. 15–18. http://it-visnyk.kpi.ua/?page_id=3506&lang=ru

13. Надати ключові слова до розробки: важкорозв’язувані задачі комбінаторної оптимізації, ПДС-алгоритми, соціально-економічні системи, теорія розкладів