моделювання за методом "грубої сили" плавання в умовах трьохгодинного шторму на моделювання проходження таких хвиль протягом декількох хвилин реального часу. Хоча це дозволяє суттєво зменшити обсяг обчислень, але потрібні подальші дослідження вірогідності існування таких хвилеутворень і адекватності відтворення ними реальних критичних умов.

## ЛІТЕРАТУРА

[1] Temarel, P.X., Chen, B., Ergin, A., & others. (Eds.). (2009) ISSC Committee I.2: Loads, 17th International Ship and Offshore Structures Congress, ISSC -2009, Seoul: Seoul National University.

[2] Lloyd's Register. (2018). ShipRight SDA Procedure – Global Design Loads of Container Ships and Other Ships Prone to Whipping and Springing. London: Lloyd's Register Group Limited.

[3] Yu, L. (2010). Fatigue reliability of ship structures (Doctoral dissertation, University of Glasgow, 3010) (p.291). Glasgow, Scotland, UK.

[4] Кочанов, Ю.П., Коростильов, Л.І., Суслов, В.П., Суслов, С.В., та інші. (2008). Разработка методов исследований и расчета нелинейных вероятностных квазистатических и динамических нагрузок и деформаций корпусов судов в экстремальных штормовых условиях (Rep. No. 0106U000829). Миколаїв, Україна: Національний університет кораблебудування.

[5] Dietz, J. C. (2004). Application of Conditional Waves as Critical Wave Episodes for Extreme Loads on Marine Structures (Doctoral dissertation, Technical University of Denmark, 2004) (p. 218). Lyngby, Denmark.

[6] Drummen, I., Wu, M. K., & Moan T. (2009). Numerical and experimental investigations into the application of response conditioned waves for long-term nonlinear analyses. Marine Structures. V. 22, 576 - 593.

**Software module for the response conditional waves simulation for calculations of wave loads on ship hulls**

Suslov Sergij Vitalyevich[1]

[1]Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Heroiv Ukrainy avenue, 9, Mykolaiv, 54025, Ukraine

**Abstract.** A software module for the response conditioned waves models characteristics calculation is described. The use of such models significantly reduces the required amount of calculations in stochastic simulation of wave loads on the ship hull to determine the design values. The module functions include the reaction frequency response calculation, the calculation of the response conditioned waves models characteristics, and the implementation of these models.

**Keywords:** nonlinear wave loads; stochastic analysis; software module; wave models; reaction conditional waves.

**УДК 517.8**

## ЕФЕКТИВНИЙ АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ ЛІНІЙНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ В МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЯХ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

**Титов С.Д.[1], Чернова Л.С.[2]**

*[1]доцент кафедри управління проектами, Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

*ss1-ss10@ukr.net*

*[2]доктор технічних наук, доцент кафедри інформаційних управляючих систем та технологій, Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна*

*19chsk56@gmail.com*

**Анотація.** Математичне моделювання сучасних процесів управління може бути зведено до розв'язку задач лінійної оптимізації.

Важливе значення має спрощення підготовленого до початку комп'ютерної реалізації математичної моделі. Така доцільність стимулює розробку ефективних та вдосконалення існуючих алгоритмів підготовки до комп'ютерних розрахунків. Застосування таких алгоритмів дозволить суттєво скоротити комп'ютерний час розрахунків та зменшити апаратні вимоги до комп'ютера.

**Ключові слова:** лінійна оптимізація, поліедр, цільова функція, симплекс-метод.

Лінійна оптимізація, яка вже давно визначилась як окремий розділ теорії оптимізації, у більшості випадків використовує для розв'язку своїх задач алгоритм симплекс-методу [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Типові задачі містять такі кроки класичного алгоритму: отримання початкового опорного плану, побудова ланцюга опорних планів, оцінку їх оптимальності, покращення плану та значення цільової функції [7,8,9,10]. Кожен з опорних планів має набір лінійно незалежних базисних векторів. Перехід до нового базису, який являє собою, ні що інше, як перехід по ребру у сусідню вершину поліедру, здійснюється в межах строгого алгоритму. Як стверджує теорія алгоритму симплекс-методу перехід виконують у напрямку найкращої зміни значень цільової функції.[11,12] Така «жорстка» обчислювальна вимога алгоритму в деяких задачах лінійної оптимізації приводить до появи надмірно великої кількості ітерацій у порівнянні з переходом не у сусідню вершину а іншу, яку можливо визначити за додатковими вимогами.

В багатьох випадках математичні моделі управління активними системами інтерпретуються у вигляді задач лінійної оптимізації [2,8,11,13]. Розв'язок задач лінійної оптимізації ґрунтується на алгоритмі класичного або звичайного симплекс-методу. Сутність його полягає в інтелектуальному переборі вершин поліедру $\Omega_I$ (припустимої області оптимізаційної задачі). План або вершина поліедру $\Omega_I$ задається системою $n$ базисних векторів $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \ldots, \vec{a}_n$. Кількість можливих вершин поліедру дорівнює числу комбінацій $C_n^m$ ($n$ – вимірність задачі, а $m = rang(\Omega_I)$). Реальні задачі лінійної оптимізації, які інтерпретують моделі управління відзначаються великими значення $m$. З огляду на це, необхідно було отримати алгоритм, який забезпечує впорядкований перебір кутових точок поліедру. Такий метод був розроблений [1,2] та називається симплекс-методом. Він дозволяє від відомого первісного опорного плану $X_0$, за скінчену кількість кроків отримати оптимальний розв'язок оптимізаційної задачі. Кожен ітераційний крок симплекс-методу відповідає новому плану, який покращує значення цільової функції. Алгоритмічний процес продовжується до тих пір поки не буде знайдено оптимальне значення цільової функції або відсутність розв'язку оптимізаційної задачі.

Кількість ітерацій симплекс-методу визначається первісним опорним планом $\mathbf{X}_0$ та кількістю кутових точок $\Omega_I$. Оскільки «шляхів» переходу від $\mathbf{X}_0$ до оптимальної $\mathbf{X}_{\text{opt}}$ декілька, то виникає потреба знаходження найкоротшого(з точки зору кількості вершин) ітераційного «шляху». На цей час в літературі відсутні такі оцінки та кореляція їх з класичним алгоритмом симплекс-методу.

Розглянемо загальний підхід до розв'язку лінійної оптимізаційної задачі за класичним алгоритмом симплекс-методу.[3]

Не порушуючи загальності міркувань, нехай маємо, задачу лінійної оптимізації у стандартній формі запису

$$\begin{aligned} &\mathrm{W}_I = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \to \max, \\ &\Omega_I : \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \le b_i, \ i = 1, \ \ldots, \ m, \\ &\qquad x_j \ge 0, \ j = 1, \ \ldots, \ n, \end{aligned} \qquad \text{де } b_i \ge 0, \quad i = 1, 2, \ \ldots \ , m.$$

Додавання до кожної нерівності балансової невід'ємної змінної $x_i \geq 0, \quad i = n+1,\ n+2,\ \ldots,\ n+m$ та запис задачі у векторній формі дозволяють отримати канонічну форму запису оптимізаційної задачі

$$\mathrm{W}_I = (\mathbf{c}, \mathbf{x}) \to \max,$$
$$\Omega_I : (\mathbf{a}_j, \mathbf{x}) = \mathbf{b},$$
$$\mathbf{x} \geq 0,$$

або у розгорнутій формі:

$$x_1\mathbf{a}_1 + x_2\mathbf{a}_2 + \ldots + x_m\mathbf{a}_m + x_{m+1}\mathbf{a}_{m+1} + \ldots + x_n\mathbf{a}_n = \mathbf{b},$$

де

$$\mathbf{x} = \left[\, x_1,\ x_2,\ \ldots,\ x_n \,\right]^T,\ X \in \mathbf{R}^n,\ \mathbf{c} = \left[\, c_1,\ c_2,\ \ldots,\ c_n \,\right],$$
$$\mathbf{a}_1 = \left[\, a_{11}, a_{21}, \ldots, a_{m1} \,\right]^{\mathrm{T}}, \mathbf{a}_2 = \left[\, a_{12}, a_{22}, \ldots, a_{m2} \,\right]^{\mathrm{T}}, \ldots, \mathbf{a}_n = \left[\, a_{1n}, a_{2n}, \ldots, a_{mn} \,\right]^{\mathrm{T}},$$
$$\mathbf{a}_{n+1} = \mathbf{e}_{n+1} = \left[\, 1, 0, \ldots, 0 \,\right]^{\mathrm{T}},\ \mathbf{a}_{n+2} = \mathbf{e}_{n+2} = \left[\, 0, 1, \ldots, 0 \,\right]^{\mathrm{T}},\ \ldots,\ \mathbf{a}_{n+m} = \mathbf{e}_{n+m} = \left[\, 0, 0, \ldots, 1 \,\right]^{\mathrm{T}},$$
$$\mathbf{b} = \left[\, b_1, b_2, \ldots, b_m \,\right]^{\mathrm{T}}.$$

Вектори $\mathbf{a}_{n+1}, \mathbf{a}_{n+2}, \ldots, \mathbf{a}_{n+m}$ є одиничними векторами. Ці вектори є лінійно незалежними і складають базис. Розвинення вектора правих частин системи обмежень оптимізаційної має вигляд:

$$\mathbf{b} = b_1\mathbf{e}_{n+1} + b_2\mathbf{e}_{n+2} + \ldots + b_m\mathbf{e}_{n+m}.$$

Оскільки всі $b_i \geq 0$, то отримаємо припустимий первісний опорний план $\mathbf{X}_0$. Первісному плану відповідає базисне розвинення

$$\mathbf{X}_0 = b_1\mathbf{e}_{n+1} + b_2\mathbf{e}_{n+2} + \ldots + b_m\mathbf{e}_{n+m} = [\underbrace{0, 0, \ldots, 0}_{n}, b_1, b_2, \ldots, b_m].$$

Головною ідеєю алгоритму симплекс-методу є послідовний перебір припустимих опорних планів. Виключення одного вектора з базису і залучення другого виконується методом Жордано-Гаусса.[14] У разі дотримання цих критеріїв складається ланцюг. Початок якого знаходиться в стартовій вершині $\mathbf{X}_0$ поліедру $\Omega_I$ і відповідає першій симплекс-таблиці розрахунків. Перехід до наступного опорного плану $\mathbf{X}_1$ за класичним алгоритмом відповідає переходу до сусідньої вершини. Фактично кожна таблиця є числовим описом вершин $\Omega_I$. Процес продовжують до тих пір поки не буде знайдена оптимальна вершина $\mathbf{X}_{\text{opt}}$ або доведена її відсутність.

На довільному кроці розрахунків за звичайним алгоритмом симплекс-методу існує можливість переходу не в сусідню вершину, а в довільну, яка розташована в околі оптимальної вершини. Вибір такої вершини можливо виконувати на базі багатьох оціночних методів, наприклад, половинного ділення. Для такого обирання альтернативний ланцюг симплексного розрахунку може мати значно меншу кількість ітерацій.

Прикладною цінністю запропонованого підходу є використання отриманого наукового результату для забезпечення можливості вдосконалення канонічних прийомів розв'язку оптимізаційних задач.

## ЛІТЕРАТУРА:

[1] Данциг Дж. Линейное программирование его применение и обобщение – М., 1966 – 600 с.

[2] Канторович Л. В., Горстко А. Б. Оптимальные решения в экономике – М., Наука, 1972. – 227 с.

[3] Unger N., Dempe S. Lineare Optimierung. – Wiesbaden, Springer, 2010. – 142 s.

[4] Гетманцев В. Д. Лінійна алгебра і лінійне програмування. – Київ, Либідь, 2001. - 250 с.

[5] Багаєнко І. М. ,Григорків В.С., Бойчук М. В., Рюмшин М. О. Математичне програмування. - Київ, 1996.- 266 с.

[6] Teschl Gerald, Teschl Susanne. Mathematik für Informatiker. Band 1: Diskrete Mathematik und Lineare Algebra. Berlin, Springer, 2008. – 519 s. DOI: 10.1007/978-3-540-77432-7.

[7] Бугір М.К. Лінійна алгебра, лінійні моделі – К., Академія, 1998. – 237с.

[8] Гавурин М. К., Малоземов В. Н. Экстремальные задачи с линейными ограничениями – Л., 1984, 176 с.

[9] Ашманов С. А. Линейное программирование – М., 1981. – 304 с.

[10] Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы. М., 2003, 240 с.

[11] Романюк Т. П., Терещенко Т. О., Присенко Г. В., Городкова І. М. Математичне програмування. – Київ, 1996. – 312 с.

[12] Степанюк В. В. Методи математичного програмування. – Київ, 1984. – 272 с.

[13] Титов С.Д., Чернова Л.С. Вища та прикладна математика: Навч. посібник: У 2-х ч., Ч. 1., Харків, Факт, 2017. – 336 с.

[14] S. Chernov, S. Titov, Ld. Chernova, V. Gogunskii, Lb. Chernova, K. Kolesnikova Algorithm for the simplification of solution to discrete optimization problems /// Eastern–European Journal of Enterprise Technologies. 2018, № 3/4 (93), pp. 34 – 43. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133405.

**Effective algorithm for solving linear optimization problems in mathematical project management models**

Titov Sergij Dmitrovich[1], Chernova Lydmula Serhiivna[2]

[1-2]Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Heroiv Ukrainy avenue, 9, Mykolaiv, 54025, Ukraine

**Abstract.** The modern control processes of mathematical modeling can be reduced to solve linear optimization problems.

It is important to simplify thepreparation of mathematical model before the beginning of computer implementation. Such expediency stimulates the development of effective existing algorithms preparation to computer calculations and there improvement. The use of such algorithms will significantly reduce computing time and hardware requirements using computer.

**Keywords:** linear optimization, polyhedron, objective function, simplex method.

**УДК 008.5**

## МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ ПРОЕКТУ РОЗВИТКУ СУДНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ

**Чернова Л.С.[1]**

*[1]кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних управляючих систем та технологій Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв, Україна*

*19chls92@gmail.com*

**Анотація:** Розроблено модель траєкторії розвитку проекту суднобудування України у разі високої активності стейкхолдерів. Позитивні зміни в галузі суднобудування в Україні відбудуться в разі покращення партнерства представників приватного сектору економіки і державних установ.

**Ключові слова:** суднобудування, проект, стейкхолдери.