

ЩЕРБАНЬ В. Ю.Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0002-4274-4425>
e-mail: scherbanvu@ukr.net**ЩЕНКО В. Д.**Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0003-2180-5257>
e-mail: kipt@i.com.ua**КОЛИСКО О. З.**Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0003-4043-1238>
e-mail: kipt@i.com.ua**КОЛИСКО М. І.**Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0002-9982-7264>
e-mail: kipt@i.com.ua**ЩЕРБАНЬ Ю.Ю.**Київський фаховий коледж прикладних наук
<https://orcid.org/0000-0001-5024-8387>
e-mail: scherban@i.ua

ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОВИХ ФУНКЦІЙ РЕБЕР НЕОРІЄНТОВАНОГО ГРАФА ПРИ КОМП'ЮТЕРНОМУ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО ШЛЯХУ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ ДЕЙКСТРИ

Визначені вагові функції ребер неорієнтованого графа при комп'ютерному пошуку оптимального шляху. Використані алгоритми та комп'ютерні програми для пошуку оптимального шляху графа з використанням алгоритму Дейкстри, що дозволило визначити напруженість та зміни відносного натягу по зонам заправки трикотажних та текстильних машин, з урахуванням специфіки конструкції системи подачі нитки. Це призводить до зменшення обривності ниток.

Ключові слова: вагові функції ребер, алгоритм Дейкстри, неорієнтований граф, оптимальний шлях, комп'ютерна програма.

Volodymyr SHCHERBAN, Valentin ISHCENKO, Oksana KOLISKO, Marjana GOLDBERG
Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine
Yuryj SHCHERBAN
Kyiv Professional College of Applied Sciences

DETERMINATION OF THE WEIGHT FUNCTIONS OF THE EDGES OF AN UNDIRECTED GRAPH IN THE COMPUTER SEARCH OF THE OPTIMAL PATH USING DAKYSTRE'S ALGORITHM

The use of algorithms and computer programs to find the optimal path of the graph using the Dijkstra algorithm allows determining the tension and changes in the relative tension in the filling zones of knitted and textile machines, taking into account the specifics of the design of the thread feeding system. This makes it possible to reduce the breakage of threads, to optimize thread tension in the working zone of the formation of the original product. Determining the weight functions of the edges of an undirected graph during the computer search for the optimal path is an important component of the optimization of thread tension in the working zone of the formation of the output product. Tension optimization is carried out on the basis of its minimization, which allows to reduce the probability of a break in the working area. Optimization of the geometric parameters of the thread feeding system on the technological equipment, namely the construction of such a broken form of the thread, in which the total angle of coverage of the constructive structural elements of the technological equipment in the form of cylindrical and torus-shaped guides, elements of tensioning devices, devices for monitoring breakage will have a minimum value. This will reduce the amount of friction force between the thread and the guide surfaces and obtain minimum tension in the working area. Taking into account the large number of structural elements of the thread feeding system on technological machines, their location in the plane and space, there is a need to use modern information technologies.

The imperfect shape of the thread filling line on technological machines of light industry, the low quality of complex threads and yarns when the tension increases along the filling depth leads to their breaks. The use of algorithms and computer programs for finding the optimal path of the graph using Dijkstra's algorithm allows determining tension and changes in relative tension in the filling zones of knitted and textile machines. The improvement of the process of thread processing on technological machines of light industry consists in minimizing tension and should be based on theoretical and experimental studies of the process of interaction of threads with structural elements of the feeding system, in particular, tensioning devices to control breakage and guides of large and small curvature.

Determination of the weight functions of the edges of the unoriented graph of the broken form of the thread allows us to obtain the total, minimum angle of coverage of the constructive structural elements of technological machines. The structural elements of the technological equipment represent the basis of cylindrical and torus-shaped guides, elements of tensioning devices, devices for monitoring breakage. This makes it possible to reduce tension and relative tension in the refueling zones of technological equipment.

Keywords: edge weight functions, Dijkstra's algorithm, undirected graph, optimal path, computer program.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Використання алгоритмів та комп'ютерних програм для пошуку оптимального шляху графа з використанням алгоритму Дейкстри дозволяє визначити напруженість та зміни відносного натягу по зонам

заправки трикотажних та текстильних машин, з урахуванням специфіки конструкції системи подачі нитки. Це дозволяє зменшити обривність ниток, оптимізувати натяг ниток в робочій зоні формування вихідного продукту. Визначення вагових функцій ребер неорієнтованого графа при комп'ютерному пошуку оптимального шляху є важливою складовою задачею оптимізації натягу ниток в робочій зоні формування вихідного продукту. Оптимізація натягу здійснюється на основі його мінімізації, що дозволяє зменшити ймовірність обриву в робочій зоні.

Оптимізація геометричних параметрів системи подачі нитки на технологічному обладнанні, а саме побудова такої ламаної форми нитки, при якій сумарний кут охоплення конструктивних структурних елементів технологічного обладнання у вигляді направляючих циліндричної форми та у формі тора, елементів пристроїв для натягу, пристроїв для контролю обриву буде мати мінімальне значення. Це дозволить зменшити величину сили тертя між ниткою та напрямними поверхнями і отримати в робочій зоні мінімальний натяг. Враховуючи велику кількість структурних елементів системи подачі нитки на технологічних машинах, їх розташування у площині та просторі виникає необхідність використання сучасних інформаційних технологій.

Аналіз досліджень та публікацій

Недосконала форма лінії заправки нитки на технологічних машинах легкої промисловості, низька якість комплексних ниток та пряжі при зростанні натягу по глибині заправки призводить до їх обривів [1, 2]. Використання алгоритмів та комп'ютерних програм для пошуку оптимального шляху графа з використанням алгоритму Дейкстри дозволяє визначити напруженість та зміни відносного натягу по зонам заправки трикотажних та текстильних машин [2]. Удосконалення процесу переробки ниток на технологічних машинах легкої промисловості полягає в мінімізації натягу [3, 5-9] і повинно базуватися на теоретичних та експериментальних дослідженнях процесу взаємодії ниток з структурними елементами системи подачі [1, 4], зокрема пристроями для натягу, для контролю обриву та спрямовувачами великої та малої кривизни [1, 2].

Визначення вагових функцій ребер неорієнтованого графа ламаної форми нитки дозволяє отримати сумарний, мінімальний кут охоплення конструктивних структурних елементів технологічних машин [1-3]. Структурні елементи технологічного устаткування представляють базу направляючих циліндричної форми та у формі тора, елементів пристроїв для натягу, пристроїв для контролю обриву [2, 7]. Це дозволяє зменшити напруженість та відносний натяг по зонам заправки технологічного устаткування [1, 2].

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: визначення вагових функцій ребер неорієнтованого графа при комп'ютерному пошуку оптимального шляху з використанням алгоритму Дейкстри.

Виклад основного матеріалу

Розв'язок задачі пошуку оптимальної траєкторії можна отримати, скориставшись моделлю у вигляді неорієнтованого графа $G_{tfs}(V_{tfs}, E_{tfs})$, який представляє собою сукупність двох множин

$$G_{tfs}(V_{tfs}, E_{tfs}) = \langle V_{tfs}, E_{tfs} \rangle, \quad (1)$$

де V_{tfs} - непуста множина вершин контакту; E_{tfs} - множина ребер, яка складається з неупорядкованих пар вершин контакту множини V_{tfs} .

На рис.1 представлена загальна розрахункова схема заправки нитки.

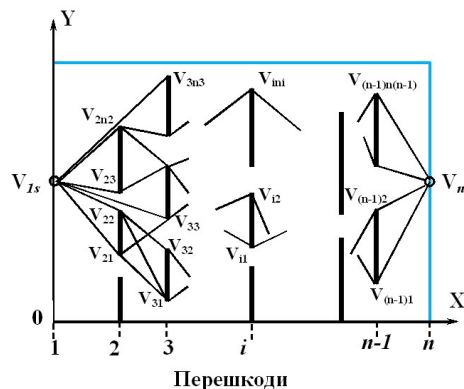


Рис.1. Розрахункова схема системи подачі нитки

Перейдемо до визначення вагових функцій ребер $e_{(1)}^{(1-2)}, \dots, e_{(n-1)}^{[(n-1)-n]}$ неорієнтованого графа $G_{tfs}(V_{tfs}, E_{tfs})$. Вагові функції визначаються дійсними числами \square . Множина вагових функцій A_{tfs} , які відображають ребра на їх вагу визначається з наступної системи

$$A_{tfs} = \bigcup_{k2=1}^{n-1} A^{[(k2)-(k2+1)]}, \left\{ \alpha_{(1s-21)}^{[(1)-(2)]}, \alpha_{(1s-22)}^{[(1)-(2)]}, \dots, \alpha_{(1s-2n_2)}^{[(1)-(2)]} \right\} \in A^{[(1)-(2)]},$$

$$\left\{ \alpha_{(21-31)}^{[(2)-(3)]}, \alpha_{(22-32)}^{[(2)-(3)]}, \dots, \alpha_{(2n_2-3n_3)}^{[(2)-(3)]} \right\} \in A^{[(2)-(3)]},$$

$$\dots \left\{ \alpha_{[(n-1)1-nt]}^{[(n-1)-(n)]}, \alpha_{[(n-1)2-nt]}^{[(n-1)-(n)]}, \dots, \alpha_{[(n-1)n_{n-1}-nt]}^{[(n-1)-(n)]} \right\} \in A^{[(n-1)-(n)]},$$

де $k2$ - кількість зон розташування ребер неорієнтованого графа; $\alpha_{(1s-21)}^{[(1)-(2)]}, \dots, \alpha_{[(n-1)n_{n-1}-nt]}^{[(n-1)-(n)]}$ - відповідні вагові функції неорієнтованого графа $G_{tfs}(V_{tfs}, E_{tfs})$.

Для окремої вагової функції виконується співвідношення

$$\alpha_{(j)}^{[(i-1)-(i)]} : A_{tfs} \rightarrow \square, \tag{3}$$

де $\alpha_{(j)}^{[(i-1)-(i)]}$ - вагова функція j ребра неорієнтованого графа на ділянці між $i-1$ та i перешкодами.

Для задачі пошуку оптимальної траєкторії вагова функція для j ребра неорієнтованого графа визначається кутом нахилу цього ребра до горизонтальної осі

$$\alpha_k^{[(i)-(i+1)]} = \arctg \left[\frac{|Y_{i+1,j+1} - Y_{i,j}|}{|X_{i+1,j+1} - X_{i,j}|} \right]$$

де k - номер ребра між перешкодами i та $i+1$; $X_{i,j}, Y_{i,j}$ - координати вершини графа, яка розташована на початку ребра k ; $X_{i+1,j+1}, Y_{i+1,j+1}$ - координати вершини графа, яка розташована на кінці ребра k .

Значення вагових функцій ребер для зони між першою та другою перешкодами представлено наступною системою (верхній індекс вказує між якими перешкодами розташовані ребра, нижній індекс вказує для якої вершини на поточній перешкоді відноситься ребро)

$$\alpha_{(1s-21)}^{[(1)-(2)]} = \arctg \left[\frac{|Y_{21} - Y_{1s}|}{|X_{21} - X_{1s}|} \right], \alpha_{(1s-22)}^{[(1)-(2)]} = \arctg \left[\frac{|Y_{22} - Y_{1s}|}{|X_{22} - X_{1s}|} \right],$$

...

$$\alpha_{(1s-2n_2)}^{[(1)-(2)]} = \arctg \left[\frac{|Y_{2n_2} - Y_{1s}|}{|X_{2n_2} - X_{1s}|} \right]$$

Значення вагових функцій ребер між другою та третьою перешкодами визначається аналогічно.

Значення вагових функцій ребер між передостанньою та останньою перешкодами відображається наступною системою

$$\alpha_{[(n-1)1-nt]}^{[(n-1)-(n)]} = \arctg \left[\frac{|Y_{nt} - Y_{(n-1)1}|}{|X_{nt} - X_{(n-1)1}|} \right],$$

$$\alpha_{[(n-1)2-nt]}^{[(n-1)-(n)]} = \arctg \left[\frac{|Y_{nt} - Y_{(n-1)2}|}{|X_{nt} - X_{(n-1)2}|} \right],$$

...

$$\alpha_{[(n-1)n_{n-1}-nt]}^{[(n-1)-(n)]} = \arctg \left[\frac{|Y_{nt} - Y_{(n-1)n_{n-1}}|}{|X_{nt} - X_{(n-1)n_{n-1}}|} \right]$$

З урахуванням систем рівнянь (2) - (5) множина вагових функцій, які відображають ребра на їх вагу визначається з наступної системи

$$\begin{aligned}
A_{jfs} = \bigcup_{k=2}^{n-1} A^{[(k^2)-(k+1)]}, & \left\{ \arctg\left[\frac{|Y_{21} - Y_{1s}|}{|X_{21} - X_{1s}|}\right], \arctg\left[\frac{|Y_{22} - Y_{1s}|}{|X_{22} - X_{1s}|}\right], \dots \right. \\
& \left. \dots \arctg\left[\frac{|Y_{2n_2} - Y_{1s}|}{|X_{2n_2} - X_{1s}|}\right] \right\} \in A^{[(1)-(2)],} \\
& \left\{ \arctg\left[\frac{|Y_{31} - Y_{21}|}{|X_{31} - X_{21}|}\right], \arctg\left[\frac{|Y_{31} - Y_{22}|}{|X_{31} - X_{22}|}\right], \dots \right. \\
& \left. \dots \arctg\left[\frac{|Y_{3n_3} - Y_{2n_2}|}{|X_{3n_3} - X_{2n_2}|}\right] \right\} \in A^{[(2)-(3)],} \\
& \dots \\
& \left\{ \arctg\left[\frac{|Y_{nt} - Y_{(n-1)1}|}{|X_{nt} - X_{(n-1)1}|}\right], \arctg\left[\frac{|Y_{nt} - Y_{(n-1)2}|}{|X_{nt} - X_{(n-1)2}|}\right], \dots \right. \\
& \left. \dots \arctg\left[\frac{|Y_{nt} - Y_{(n-1)2}|}{|X_{nt} - X_{(n-1)2}|}\right] \right\} \in A^{[(n-1)-(n)],}
\end{aligned}$$

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Визначені вагові функції ребер неорієнтованого графа при комп'ютерному пошуку оптимального шляху з використанням алгоритму Дейкстри.

Література

1. Щербань В.Ю. Механіка нитки / В.Ю.Щербань. -К.:Освіта України, 2018.- 533 с.
2. Щербань В.Ю. Базове проектуєчне забезпечення САПР в індустрії моди / В.Ю. Щербань, Ю.Ю. Щербань, О.З. Колиско, Г.В. Мельник, М.І. Шолудько, В.Ю. Калашник. – К.:Освіта України, 2018. – 902 с.
3. Mathematical Models in CAD. Selected sections and examples of application / V. Yu. Scherban, S.M. Krasnitsky, V.G. Rezanov.-К.:KNUTD, 2011. -220p.
4. Щербань В.Ю. САПР оборудования и технологических процессов легкой и текстильной промышленности / В.Ю. Щербань, О.И. Волков, Ю.Ю. Щербань. - К.:Бумсервис, 2004. - 519 с.
5. Щербань В.Ю. Дослідження впливу матеріалу нитки і анізотропії тертя на її натяг і форму осі/ В.Ю.Щербань, В.Ю.Калашник, О.З.Колиско, М.І.Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – 223(2). - С.25-29.
6. Computer systems design: software and algorithmic components / V.Y. Shcherban, O.Z. Kolisko, G.V. Melnyk, M.I. Sholudko, V.Y. Kalashnik. – К.: Education of Ukraine, 2019. – 902 p.
7. Algorithmic, software and mathematical components of CAD in the fashion industry / V. Yu. Scherban, O.Z. Kolisko, M.I. Sholudko, V. Yu. Kalashnik. – К.: Education of Ukraine, 2017. – 745 p.
8. Shcherban V. Warp yarn tension during fabric formation / V. Shcherban, G. Melnyk, M. Sholudko, V. Kalashnyk // Fibres and Textiles. – 2018. – volume 25. - №2. – PP.97-104.
9. Differential equations of the relative motion of the filament element on the end sections of the coil of the winding drum / I.A. Yakubitskaya, V.V. Chugin, V.Yu. Shcherban // Technology of the textile industry. - 1997. - №6. - P.50-54.

References

1. Scherban V.Yu. Mechanics of Threads / V.Yu.Scherban. -K.: Formation of Ukraine, 2018.- 533 p.
2. Shcherban V.Yu. Basic design support of CAD in the fashion industry / V.Y. Shcherban, Y.Y. Shcherban, O.Z. Kolisko, G.V. Melnik, M.I. Sholudko, V.Y. Kalashnik. - Kyiv: Education of Ukraine, 2018. - 902 p.
3. Mathematical Models in CAD. Selected sections and examples of application / V. Yu. Scherban, S.M. Krasnitsky, V.G. Rezanov.-К.:KNUTD, 2011. -220p.
4. Scherban V.Yu. CAD equipment and technological processes for light and textile industries / V.Yu. Shcherban, O.I. Volkov, Yu.Yu. Shcherban. - К.: Boomservice, 2004. - 519 p.
5. Scherban V.Yu., Kalashnik V.Yu., Kolisko O.Z., Sholudko M.I.. Investigation of the influence of the thread material and the anisotropy of friction on its tension and the shape of the axisio // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. - 2015. Volume 223. Issue 2. pp.25-29.
6. Computer systems design: software and algorithmic components / V.Y. Shcherban, O.Z. Kolisko, G.V. Melnyk, M.I. Sholudko, V.Y. Kalashnik. – К.: Education of Ukraine, 2019. – 902 p.
7. Algorithmic, software and mathematical components of CAD in the fashion industry / V. Yu. Scherban, O.Z. Kolisko, M.I. Sholudko, V. Yu. Kalashnik. – К.: Education of Ukraine, 2017. – 745 p.
8. Shcherban V. Warp yarn tension during fabric formation / V. Shcherban, G. Melnyk, M. Sholudko, V. Kalashnyk // Fibres and Textiles. – 2018. – volume 25. - №2. – PP.97-104.
9. Differential equations of the relative motion of the filament element on the end sections of the coil of the winding drum / I.A. Yakubitskaya, V.V. Chugin, V.Yu. Shcherban // Technology of the textile industry. - 1997. - №6. - P.50-54.