

УДК 629.12

DOI: 10.37890/jwt.vi78.455

Разработка математической модели и алгоритма определения последовательности дефектации корпуса судна

Ю.А. Кочнев

ORCID: 0000-0002-6864-4473

И.Б. Кочнева

ORCID: 0000-0002-5612-3742

О.К. Зяблов

ORCID: 0000-0002-2981-779X

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация: Трудоемкость процесса дефектации корпуса, состоящую, в общем случае, из работ, выполняемых непосредственно на судне, и оформления итогового отчёта, можно снизить за счёт применения современных методов компьютерного анализа данных. Последовательность замеров дефектов на судне (остаточных толщин, деформаций, цементных и иных заделок, трещин, пробоин) можно обосновать решением изменённой задачи коммивояжёра, отражающей оптимизацию пути между точками в пространстве, с функцией цели в виде затраченного конечного времени, являющегося суммой времени на выполнение непосредственно замеров, перемещение между точками таких замеров, различные технические работы, например, установка лестницы для доступа в область расположенную выше человеческого роста и её передвижение в нужный сектор работ. В статье разработана математическая модель движения человека в пространстве вокруг судна и алгоритм движения. Приведена адаптация генетического алгоритма для рассматриваемой задачи, включающая особенности кодирования решения, скрещивания и мутации решений, выбора наилучшего варианта. Полученные результаты тестового отладочного моделирования для носовой части корпуса речного толкача, показали работоспособность разработанного алгоритма и возможность его применения для исследовательских и практических задач.

Ключевые слова: оптимизация, дефектация, генетический алгоритм, остаточные толщины.

Development of a mathematical model and algorithm for the sequence of fault detection of the ship's hull

Yuri A. Kochnev

ORCID: 0000-0002-6864-4473

Irina B. Kochneva

ORCID: 0000-0002-5612-3742

Oleg K. Zyablov

ORCID: 0000-0002-2981-779X

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract: The labor intensity of the hull fault detection process, which generally consists of work performed directly on the vessel and the preparation of the final report, can be reduced through the use of modern methods of computer data analysis. The sequence of measurements of defects on the vessel (residual thicknesses, deformations, cement and other sealings, cracks, holes) can be justified by solving a modified travelling salesman problem, reflecting the optimization of the path between points in space, with the goal function in the form of the spent finite time, which is the sum of the time for performing the measurements

themselves, moving between the points of such measurements, various technical works, for example, installing a ladder for access to the area located above human height and its movement to the right sector of work. The article develops a mathematical model of human motion in the space around the vessel, an algorithm of movement. The adaptation of the genetic algorithm for the problem under consideration is given, including the features of solution coding, crossing and mutation of solutions, and choosing the best option. The results of the test debugging simulation for the bow part of the river towboat hull showed the operability of the developed algorithm and the possibility of its application for research and practical tasks.

Keywords: optimization, fault detection, genetic algorithm, residual thicknesses.

Введение

Дефектация корпуса сложный и трудоёмкий процесс, требующий больших затрат времени, одну из основных частей которого занимают замеры остаточных толщин и размеров дефектов. Для судов с большими габаритами, особенно с высоким бортом, чтобы добраться до большинства необходимых точек замера необходимо использовать средства подмачивания, перемещать их вокруг корпуса и учитывать требования техники безопасности при их использовании. Задача может быть осложнена тем, что для единичного замера необходимо перемещение лестницы вдоль всего судна, а при случайной последовательности замеров, таких «пустых» переходов может быть достаточное количество, что, в конечном счете, существенно увеличивает время дефектации.

При отсутствии четкой системы последовательности измерений, а соответственно движения по корпусу судна, высока вероятность пропуска ряда контрольных точек и необходимость возврата к ним после анализа выполненных результатов и обнаружения недостатка данных. Бесспорно, это справедливо в том случае, если дефектация выполняется в соответствии с методиками Классификационного общества.

Снизить наличие ошибок и заявленные затраты времени возможно предварительным построением плана последовательности работ, который может быть обоснован решением комбинаторной задачи коммивояжёра [1, 2] – нахождение траектории движения по корпусу судна для выполнения всего объема замеров, обеспечивающей минимальное время, затрачиваемое на дефектацию.

Для достижения указанной цели необходимо построить математическую модель замеров, структурирующую отдельные составляющие общего технологического процесса, адаптировать один из численных методов решения задачи и разработать алгоритм и программное обеспечение определения последовательности движения специалиста по дефектации.

Решение данной задачи рассмотрено только на замерах остаточных толщин, без оценки других дефектов корпуса, поскольку в большинстве случаев, основываясь на опыте выполнения подобных работ, они выделяются в отдельные однотипные этапы.

Методы

Общее время, затраченное специалистом по дефектации на выполнение всех замеров, может быть записано как совокупность отдельных временных промежутков

$$T = \sum_{i=1}^{n_A} t_i,$$

где n_A – число точек замера;

t_i – время, затрачиваемое на замер одной точки, определяемое как

$$t_i = t_3 + t_{\text{тех}},$$

где t_3 – время на непосредственный замер и фиксацию результатов, с;
 $t_{\text{тех}}$ – техническое время для доступа к точке замера, равно

$$t_{\text{тех}} = t_{\text{мон}} + t_{\text{л}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{под}} + t_{\text{сп}}$$

$t_{\text{мон}}$ – время на монтаж и демонтаж лестницы, с;

$t_{\text{л}}$ – время, затраченное на перемещение лестницы от точки, где она находится до точки замера, с;

$t_{\text{пер}}$ – время перемещения между точками замера, с;

$t_{\text{под}}$ – время подъёма по лестнице на необходимую высоту, с;

$t_{\text{сп}}$ – время спуска по лестнице, с.

Точки, которые должны быть замерены, составляют вектор $A = \{x_i, y_i, z_i\}$, где x, y, z – координаты точек в системе координат, жёстко связанной с судном.

При дефектации судно размещается в доке или на ремонтной площадке и устанавливается на кильблочных тумбах или клетках, высотой $h_{\text{тумб}}$.

Движение человека около судна, за исключением замеров точек днища, возможно по замкнутой, симметричной относительно ДП судна траектории, то есть вне области S , ограниченной уравнением

$$D = \pm y_{\text{дв}}(x).$$

Время подъёма и спуска по лестнице определяется соответственно

$$t_{\text{под}} = \Delta h \times v_{\text{под}},$$

$$t_{\text{сп}} = \Delta h \times v_{\text{сп}},$$

а перемещение самой лестницы и перемещение между точками будет равно

$$t_{\text{л}} = \Delta l_{\text{л}} \times v_{\text{л}},$$

$$t_{\text{пер}} = \Delta l_{\text{пер}} \times v_{\text{пер}} \times k_{\text{пер}},$$

где $v_{\text{под}}, v_{\text{сп}}, v_{\text{л}}, v_{\text{пер}}$ – скорость подъёма и спуска по лестнице, её перемещения и передвижение без лестницы, м/с;

Δh – изменение высоты перемещения по лестнице, м;

$k_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий увеличение времени на перемещение к труднодоступной точке, находящейся под днищем судна;

$\Delta l_{\text{л}}, \Delta l_{\text{пер}}$ – горизонтальное расстояние переноса лестницы и перемещения специалиста по дефектации соответственно, м:

$$\Delta l_i = \begin{cases} \sqrt{(x'_0 - x'_1)^2 + (y'_0 - y'_1)^2} \text{ при } (x'_0, y'_0) \notin S \wedge (x'_1, y'_1) \notin S \\ \Delta l' + \min \left\{ \begin{array}{l} \int_{x'_0}^{x'_1} \sqrt{1 + \left[\frac{d}{dx} y_{\text{дв}}(x) \right]^2} dx \\ \int_{x'_1}^{x'_0} \sqrt{1 + \left[\frac{d}{dx} y_{\text{дв}}(x) \right]^2} dx \end{array} \right\} \text{ при } (x'_0, y'_0) \in S \vee (x'_1, y'_1) \in S \end{cases},$$

x'_0, y'_0 – координаты начальной точки перемещения;

x'_1, y'_1 – координаты конечной точки перемещения;

$\Delta l'$ – расстояние от точек с координатами (x'_0, y'_0) и (x'_1, y'_1) до кривой D .

Положение специалиста по дефектации в пространстве определяется точкой $F = \{x_{\text{д}}, y_{\text{д}}, z_{\text{д}}\}$, а лестницы в области судна точкой $L = \{x_{\text{л}}, y_{\text{л}}\}$.

Замер в точке возможен, если она попадает в область действия специалиста по дефектации S_d , то выполняется условие

$$\begin{cases} (x - x_d)^2 + (y - y_d)^2 = \Delta x_d^2 & \text{при } z_3 \leq h_d \\ (x - x_d)^2 + (y - y_d)^2 + (z - [z_d + h_d])^2 = \Delta x_d^2 & \text{при } z_3 > h_d \end{cases}$$

где z_3 – аппликата точки замера относительно координат специалиста по дефектации

$$z_3 = z_i + h_{\text{тумб}} - z_d$$

Δx_d – максимальное плечо в горизонтальной плоскости, на котором может работать специалист по дефектации, м;

h_d – высота специалиста по дефектации.

Необходимость использования лестниц или перемещения может возникнуть в случае, если точка замера не принадлежит зоне работы специалиста по дефектации $A_i \notin S_d$.

Алгоритм расчёта общего времени дефектации представлен блок-схемой (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема расчёта времени дефектации

Следует отметить особенности блока 5, приведённой блок-схемы, то есть определение точки, в которую должен переместиться специалист. Так как конечной целью является снижение времени, затраченного на дефектацию, очевидно, что необходимо снизить время на перемещения специалиста по дефектации между точками, то есть возможность замера из одного положения нескольких дефектов. Наиболее простым перемещением можно считать переход в точку, являющуюся проекцией на плоскость точки замера $x_{dj} = x_i, y_{dj} = y_i$, однако в большинстве случаев это не обеспечивает попадание точки $i + 1$ область S_d . Поэтому такое решение принимается только в случае, если невозможен замер из среднего положения с координатами

$$x_{dj} = \frac{x_i + x_{i+1}}{2}, y_{dj} = \frac{y_i + y_{i+1}}{2}.$$

Так же считаем, что оператор может визуально, находясь в начальной точке $(x_{д0}, y_{д0}, z_{д0})$, определить необходимость нового положения лестницы, то есть он не делает перемещение и попытку замера, а сразу двигается за лестницей.

При проведении замеров в блоке 4 и расчёте времени, затраченном на это, так же учтено, что точка, находящаяся на значительном расстоянии требует больших затрат

$$t_3 = \begin{cases} t_{30} & \text{при } l_3 \leq 0,5\Delta x_d \\ t_{30} \times \left[1 + dt \left(\frac{\Delta x_d}{l_3} - 0,5 \right) \right] & \text{при } l_3 > 0,5\Delta x_d \end{cases}$$

где l_3 – расстояние между специалистом по дефектации и точкой замера;
 dt – коэффициент, увеличивающий долю времени на дальний замер.

Конечное время будет определять последовательность обхода всех точек, количество вариантов которого составляет $(n_d - 1)!$. Даже для относительно небольшого судна с длиной порядка 30 метров, необходимое число точек замеров составляет более 100. Поиск наилучшего пути относится к классу NP-полных задач и решается одним из эвристических методов [1, 3, 4, 5 и др.]. Для реализации разработанной модели применён генетический алгоритм [6], с блок-схемой, приведённой на рисунке 2.

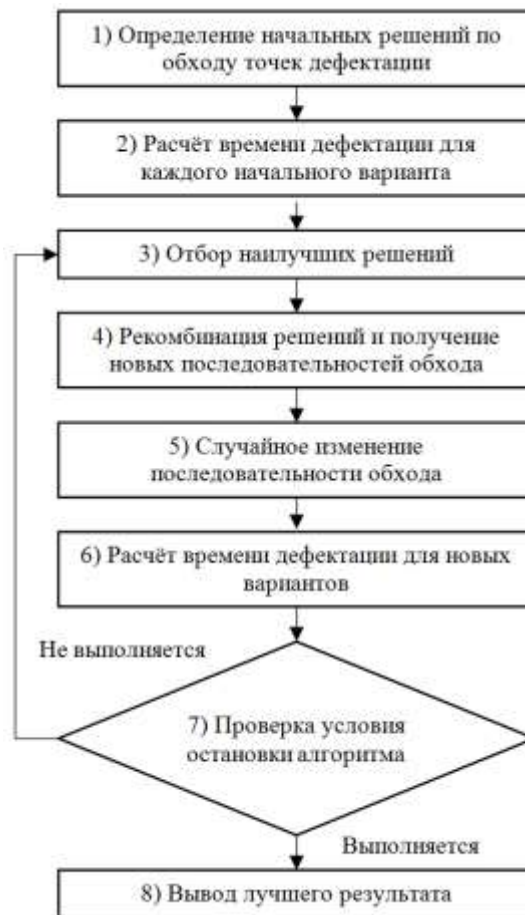


Рис. 2. Блок-схема адаптации генетического алгоритма

Начальные варианты обхода точек замера (блок 1) формируются в вектор P генерацией случайной последовательности неповторяющихся цифр a_i от 1 до n_A . Расчёт времени дефектации в блоках 2 и 6 выполняется по приведённому на рисунке 1 алгоритму. Наилучшие результаты решения, отбираются в массив R по алгоритму «колеса рулетки» [7] с заданной вероятностью r .

Рекомбинация полученных «лучших» решений и получение нового вектора обхода P' выполняется с помощью упорядоченного односточечного кроссовера с позицией обмена, вычисленной с вероятностью p

$$R_1 = \{a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,1} \dots a_{n_{a-2},1}, a_{n_{a-1},1}, a_{n_a,1}\}$$

$$R_2 = \{a_{1,2}, a_{2,2}, a_{3,2} \dots a_{n_{a-2},2}, a_{n_{a-1},2}, a_{n_a,2}\}$$

$$P'_1 = \{a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,1} \dots a_{n_{a-2},2}, a_{n_{a-1},2}, a_{n_a,2}\}$$

$$P'_2 = \{a_{1,2}, a_{2,2}, a_{3,2} \dots a_{n_{a-2},1}, a_{n_{a-1},1}, a_{n_a,1}\},$$

где $a_{i,j}$ – значение i -го гена для j -той хромосомы

Случайное изменение последовательности обхода (блок 6) происходит перестановкой точек с вероятностью α . Критерием остановки алгоритма выбрано вырождение популяции более чем на $\gamma\%$, что при обоснованном выборе величины α , происходит со скоростью, достаточной для отыскания наилучшего решения.

Реализация разработанной модели и алгоритмов в виде программного комплекса приведена на рисунке 3.

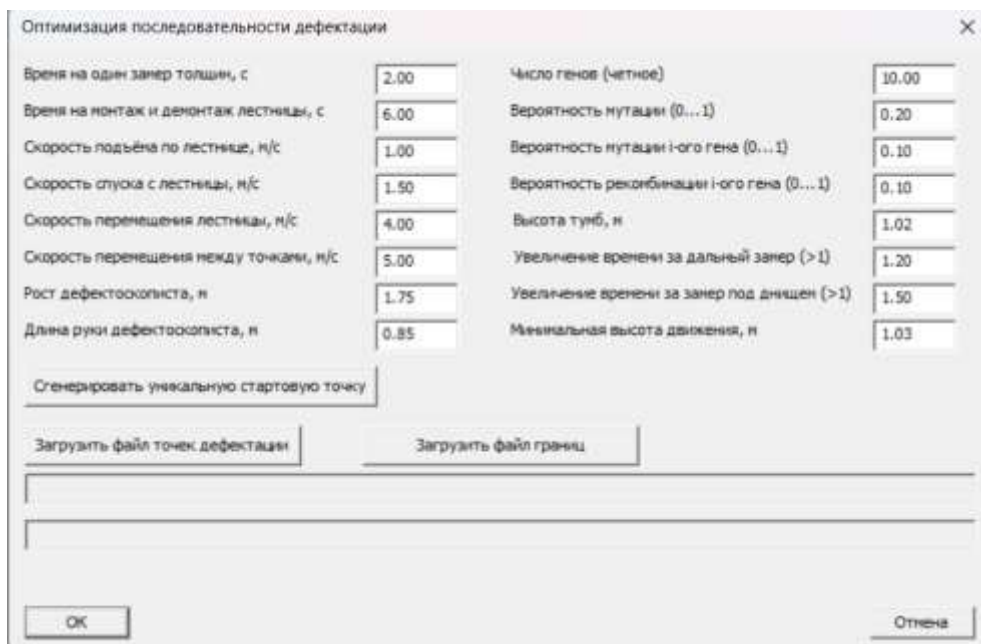


Рис. 3. Окно ввода исходных данных для расчёта последовательности дефектации

Результаты

Отработка алгоритма и программы выполнена для носовой части корпуса толкача проекта Р-45Б, длиной 32м, шириной 7,5 м, высотой борта 2,7 м. Расположение листов наружной обшивки приведено на рисунке 4.

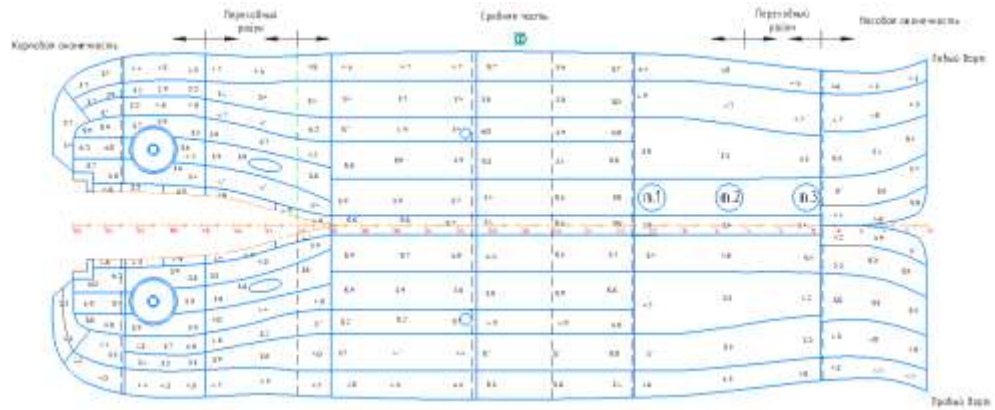


Рис. 4. Растяжка наружной обшивки толкача проекта Р-45Б

Точки обхода в системе координат судна приведены в таблице 1, а результаты оптимизации последовательности обхода данных точек представлены на рисунке 5.

Таблица 1

Координаты точек замеров остаточных толщин

Наименование листа	1 точка			2 точка			3 точка		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1 сечение от миделя в нос, левый борт (ЛБ), 1 лист от главной палубы (ГП)	-2250	-3750	2320	1340	-3750	2320	2160	-3750	2320
2	-2250	-3750	1305	1340	-3750	1305	2160	-3750	1305
3	-2250	-3500	350	1340	-3500	350	2160	-3500	350
4	-2250	-2450	0	1340	-2450	0	2160	-2450	0
5	-2250	-875	0	1340	-875	0	2160	-875	0
киль	-2250	0	0	1340	0	0	2160	0	0
Правый борт (ПрБ) 5	-2250	875	0	1340	875	0	2160	875	0
4	-2250	2450	0	1340	2450	0	2160	2450	0
3	-2250	3500	350	1340	3500	350	2160	3500	350
2	-2250	3750	1305	1340	3750	1305	2160	3750	1305
1	-2250	3750	2320	1340	3750	2320	2160	3750	2320
2 сечение от миделя в нос, ЛБ, 1 лист от ГП	5130	-3750	2600	7760	-3750	2600	10390	-3750	2600
2	5130	-3750	1600	7760	-3500	1600	10390	-3350	2000
3	5130	-3500	550	7760	-3300	1120	10390	-2090	930
4	5130	-2490	210	7760	-2400	730	10390	-2090	930
5	5130	-1160	0	7760	-1160	0	10390	-1160	130
киль	5130	0	0	7760	0	0	10390	0	0
ПрБ 5	5130	1160	0	7760	1160	0	10390	1160	130
4	5130	2490	210	7760	2400	730	10390	2090	930

Наименование листа	1 точка			2 точка			3 точка		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
3	5130	3500	550	7760	3300	1120	10390	2090	930
2	5130	3750	1600	7760	3500	1600	10390	3350	2000
1	5130	3750	2600	7760	3750	2600	10390	3750	2600
3 сечение от миделя в нос, ЛБ, 1 лист от ГП	11750	-3750	2600	13100	-3500	2600	14600	-3200	2600
2	11750	-3300	1820	13100	-3450	2100	14600	-3050	2210
3	11750	-1650	860	13100	-1750	1450	14600	-2150	1630
4	11750	-730	300	13100	-850	800	14600	-600	950
киль	11750	0	0	13100	0	300	14600	0	600
ПрБ 4	11750	730	300	13100	850	800	14600	600	950
3	11750	1650	860	13100	1750	1450	14600	2150	1630
2	11750	3300	1820	13100	3450	2100	14600	3050	2210
1	11750	3750	2600	13100	3500	2600	14600	3200	2600

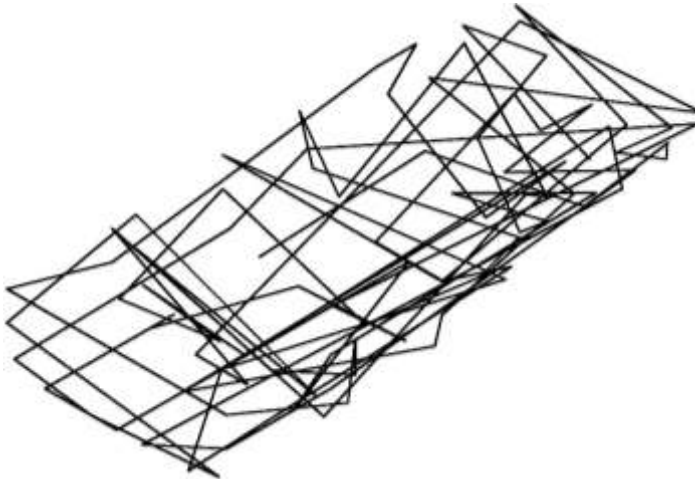


Рис. 5. Визуализация результатов расчёта

Обсуждение

Анализ результатов расчёта показывает, что разработанный алгоритм стремится проводить замеры по отдельным сечениям, а не по одному борту, что на наш взгляд связано с относительно малой шириной судна и не высокой сложностью «переходов» под днищем судна.

Наличие ломаных переходов объясняется чувствительностью принятого генетического алгоритма оптимизации к параметрам оптимизационного алгоритма, таким как, вероятность скрещивания особей (вариантов расположения помещений), вероятности мутации как особи в целом, так и отдельных генов.

Так же следует отметить, что большое количество горизонтальных переходов имеется в области, где абсциссы сечений замера находятся в пределах досягаемости специалиста по дефектации из одного центрального положения.

Повышение точности конечного результата требует дополнительного исследования принятых параметров модели: скорости движения человека с

лестницей, без лестницы, под корпусом, подъема и спуска, времени одного замера, монтажа и демонтажа лестницы.

Заключение

Разработанная математическая модель, алгоритм и программа могут быть использованы для нахождения оптимальной траектории перемещения специалиста и, как следствие, анализа необходимого времени на проведение замеров непосредственно на судне. Это особенно актуально в условиях сжатых сроков судоремонта, например, судов смешанного (река-море) плавания, у которых нет зимнего отстоя, и работа осуществляется круглогодично.

Отдельный интерес представляет исследование влияния применяемых средств технического оснащения (толщиномеры с пьезоэлектрическими преобразователями, электромагнитно-акустические толщиномеры, роботы [8, 9]), результаты которого, в конечном счёте, могут быть применены для нормирования и оценки стоимости работ по дефектации [10].

Список литературы

1. Курейчик, В. М. Решения задачи коммивояжера с применением генетического оператора старения / В. М. Курейчик, Л. Р. Гогохия // Труды Международного научно-технического конгресса "Интеллектуальные системы и информационные технологии - 2020": Научное издание: в 2-х томах, Дивноморское, 02–08 сентября 2020 года. Том 1. – Дивноморское: Издательство Ступина С.А., 2020. – С. 7-17.
2. Куринная, А. А. Практическое применение алгоритма решения задачи коммивояжера / А. А. Куринная, И. В. Федоров // Прикладная математика и фундаментальная информатика. – 2021. – Т. 8, № 2. – С. 12-17. – DOI 10.25206/2311-4908-2021-8-2-12-17.
3. Вершинин, В. Я. Комбинаторный метод решения задачи коммивояжера Задача коммивояжера / В. Я. Вершинин, Т. Ф. Бурухина // Ученые записки Российского государственного социального университета. – 2008. – № 6(62). – С. 135-141.
4. Сервах, В. В. Задача коммивояжера на ленточных графах / В. В. Сервах // Управляемые системы. – 1988. – № 28. – С. 45-55.
5. Шарова, К. Ю. Сравнительный анализ трех алгоритмов роевого интеллекта на примере решения задачи коммивояжера / К. Ю. Шарова, О. В. Авсеева // Информационные технологии моделирования и управления. – 2023. – Т. 132, № 2. – С. 103-109.
6. Зуева, В. Н. Применение генетического алгоритма для решения задачи коммивояжера / В. Н. Зуева, М. В. Пацуков // Передовые технологические разработки: перспективы внедрения в производство и эффективность, Армавир, 21–22 апреля 2023 года. – Армавир: Юконф, 2023. – С. 96-99.
7. Михайлова, А. Н. Использование метода колеса рулетки при решении задачи маршрутизации с помощью генетического алгоритма / А. Н. Михайлова // Вестник науки. – 2020. – Т. 1, № 5(26). – С. 88-91.
8. Зяблов, О. К. Роботизированная дефектация корпусов судов / О. К. Зяблов, Ю. А. Кочнев // Великие реки - 2020: Труды 22-го международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 27–29 мая 2020 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2020. – С. 26.
9. Зяблов, О. К. Автоматизированное формирование отчёта по дефектации судна с использованием графо-математической модели корпуса / О. К. Зяблов, Ю. А. Кочнев, И. Б. Кочнева // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2019. – № 59. – С. 62-69.
10. Михеева Т.А. Влияние качества подготовки производства на судостроительном предприятии на качество выпускаемой продукции /Т.А. Михеев, И.Н. Лучков, Е.Г. Бурмистров // Научные проблемы водного транспорта. - 2018. - №56. - С. 55 - 64.

References

1. Kureichik, V. M. Resheniya zadachi kommivoyazhera s primeneniem geneticheskogo operatora stareniya / V. M. Kureichik, L. R. Gogokhiya // Trudy Mezhdunarodnogo

- nauchno-tehnicheskogo kongressa "Intellektual'nye sistemy i informatsionnye tekhnologii - 2020": Nauchnoe izdanie: v 2-kh tomakh, Divnomorskoe, 02–08 sentyabrya 2020 goda. Tom 1. – Divnomorskoe: Izdatel'stvo Stupina S.A., 2020. – S. 7-17.
2. Kurinnaya, A. A. Prakticheskoe primeneniye algoritma resheniya zadachi kommvoyazhera / A. A. Kurinnaya, I. V. Fedorov // Prikladnaya matematika i fundamental'naya informatika. – 2021. – T. 8, № 2. – S. 12-17. – DOI 10.25206/2311-4908-2021-8-2-12-17.
 3. Vershinin, V. YA. Kombinatornyi metod resheniya zadachi kommvoyazhera Zadacha kommvoyazhera / V. YA. Vershinin, T. F. Burukhina // Uchenye zapiski Rossiiskogo gosudarstvennogo sotsial'nogo universiteta. – 2008. – № 6(62). – S. 135-141.
 4. Servakh, V. V. Zadacha kommvoyazhera na lentochnykh grafakh / V. V. Servakh // Upravlyaemye sistemy. – 1988. – № 28. – S. 45-55.
 5. Sharova, K. YU. Sravnitel'nyi analiz trekh algoritmov roevogo intellekta na primere resheniya zadachi kommvoyazhera / K. YU. Sharova, O. V. Avseeva // Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i upravleniya. – 2023. – T. 132, № 2. – S. 103-109.
 6. Zueva, V. N. Primeneniye geneticheskogo algoritma dlya resheniya zadachi kommvoyazhera / V. N. Zueva, M. V. Patsukov // Peredovye tekhnologicheskie razrabotki: perspektivy vnedreniya v proizvodstvo i ehffektivnost', Armavir, 21–22 aprelya 2023 goda. – Armavir: Yukonf, 2023. – S. 96-99.
 7. Mikhailova, A. N. Ispol'zovanie metoda kola ruletki pri reshenii zadachi marshrutizatsii s pomoshch'yu geneticheskogo algoritma / A. N. Mikhailova // Vestnik nauki. – 2020. – T. 1, № 5(26). – S. 88-91.
 8. Zyablov, O. K. Robotizirovannaya defektatsiya korpusov sudov / O. K. Zyablov, YU. A. Kochnev // Velikie reki - 2020: Trudy 22-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma, Nizhnii Novgorod, 27–29 maya 2020 goda. – Nizhnii Novgorod: Volzhskii gosudarstvennyi universitet vodnogo transporta, 2020. – S. 26.
 9. Zyablov, O. K. Avtomatizirovannoe formirovanie otcheta po defektatsii sudna s ispol'zovaniem grafo-matematicheskoi modeli korpusa / O. K. Zyablov, YU. A. Kochnev, I. B. Kochneva // Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta. – 2019. – № 59. – S. 62-69.
 10. Mikheeva T.A. Vliyanie kachestva podgotovki proizvodstva na sudostroitel'nom predpriyatii na kachestvo vypuskaemoi produktsii / T.A. Mikheev, I.N. Luchkov, E.G. Burmistrov // Nauchnye problemy vodnogo transporta. - 2018. - №56. - S. 55 - 64.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Кочнев Юрий Александрович, к.т.н., доцент, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: tmnnkoch@mail.ru
Кочнева Ирина Борисовна, к.т.н., доцент, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: iringre@mail.ru

Зяблов Олег Константинович, к.т.н., доцент, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: zyablov_ok@mail.ru

Yuri A. Kochnev, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of design and construction of ships, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951
Irina B. Kochneva, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Environmental Protection and Industrial Safety, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951
Oleg K. Zyablov, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of design and construction of ships, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951

Статья поступила в редакцию 12.01.2024; опубликована онлайн 20.03.2024.
Received 12.01.2024; published online 20.03.2024