

- displays / P. Milgram, F. Kishino // IEICE Trans. Information systems, vol. E77-D, No. 12, 1994. – P. 1321-1329.
9. Петросьян А.В., Хекерт Е.В. Улучшение безопасности мореплавания в районах действия систем управления движением судов // Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. – 2016. – № 2 (15). – С. 22-24.
 10. Кондратьев С.И., Карапузов А.И., Миронов А.В. Маневрирование крупнотоннажных судов и моделирование их движения учебное пособие. – Новороссийск: «Морская гос. акад. им. адм. Ф.Ф. Ушакова», 2007.
 11. preduprezhdeniya stolknoveniy sudov. – М.: Кибнетика и вычислительная техника, 1981. – №3. – С. 73-76.
 12. Shannon K. Raboty po kibernetike. – М.: IL, 1963. – 829 s
 13. Loginovskiy V.A. Primeneniye preobrazovaniy dlya analiza i obrabotki navigatsionnoy informatsii. Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni d.t.n., L.: 1991.
 14. Hagen J.E. Implementing e-Navigation, 2017. – 203 p.
 15. Kondrat'ev A.I., Hudyakov O.A., Popov A.N. O neobходимosti vnedreniya bespilotnykh sudov v togovyj flot Rossii [Text] // Transportnoye delo Rossii. – 2016. – №6(127). – С. 138-140.
 16. Milgram, P. A taxonomy of mixed reality visual displays / P. Milgram, F. Kishino // IEICE Trans. Information systems, vol. E77-D, No. 12, 1994. – P. 1321-1329.
 17. Kondrat'ev S.I., Karapuzov A.I., Mironov A.V. Маневрирование крупнотоннажных судов и моделирование их движения. учебное пособие / Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Морская гос. акад. им. адм. Ф.Ф. Ушакова». Новороссийск, 2007.

References

1. Aleksandrovskiy I.I. O vozmozhnosti i tselesoobraznosti ispol'zovaniya algoritma nelineynoy fil'tratsii dlya resheniya zadach preduprezhdeniya stolknoveniya sudov. – М.: Materialy KhV VNTK. Sektsiya radiosvyazi i radionavigatsii, 1990. – S. 47-54.
2. Ukaz Prezidenta RF ot 10.10.2019 g. «O razvitii iskusstvennogo intellekta v Rossiskoi Federatsii (vmese s natsionalnoi strategiei razvinia iskusstvennogo intellekta na period do 2030 goda).
3. Polozhentsev I.A. Dvukhstupenchataya sistema

УДК 656.073

DOI: 10.34046/aumsuomt93/6

МОДЕЛИРУЮЩИЙ АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАМПОВОЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

*Я.Я. Эглит, доктор технических наук, профессор,
К.Я. Эглите, доктор экономических наук, профессор
М.А. Шаповалова, доцент кафедры УТС
Д.А. Глушко, лаборант кафедры УТС*

В статье представлен моделирующий алгоритм функционирования трамповой транспортно-технологической системы. Математическая модель предполагает выполнение параметрического описания всех видов обслуживания и работы трампового флота, включая формирование входящего потока заявок ожидание свободного места у причала, ожидание лоцманского обслуживания, перешвартовку, бункеровку, профилактический ремонт, материально-техническое обслуживание, оформление всех видов документации, выбор маршрута движения, переход от причала до приемного буя, формирование каравана при ледовой проводке, укрытие от шторма, фрахтовые операции, агентирование, экспедирование груза. Основными величинами, характеризующие состояние системы в рассматриваемый промежуток времени, являются время прибытия заявки на данный вид обслуживания, ее тип и возможный вариант обслуживания.

Ключевые слова: трамповые суда, транспортно-технологическая система, математическая модель, случайные величины, параметры системы.

The article presents a modeling algorithm for the operation of the Trump transport and technological system. The mathematical model involves the execution of a parametric description of all types of services and the operation of the Trump fleet, including the formation of an incoming stream of applications waiting for free space at the berth, waiting for the pilot's service, redrawing, bunkering, preventive repair, logistics maintenance, registration of all types of documentation, selection of the route of traffic, transition from the berth to the reception buoy, formation of a caravan during ice wiring, shelter from the storm, freight operations, and expedition. The main values characterizing the system state during the considered period of time are the time of arrival of the application for this type of service, its type and possible service option.

Key words: trump vessels, transport and technological system, mathematical model, random values, system parameters.

Введение

Многообразие экономических связей России с зарубежными странами определяет схема транспортирования грузов по различным направлениям. Особое значение за последние годы стали иметь трамповые перевозки грузов, что послужило причиной более детального изучения данной проблемы, так как управление работой трампового флота, как известно, имеет ряд особенностей и требует создания специального аппарата. Кроме того, морской транспорт необходимо рассматривать комплексно, так как провозная способность флота влияет на пропускную способность порта и наоборот. Влияние на управление флотом различных факторов повлияет на выбор методики, которая бы наилучшим образом решала эту проблему. Стремление судоходных компаний достигнуть сокращения расходов, связанных с перевозками, является одним из важных факторов, влияющих на работу трампового флота [1].

Изучение и анализ используемых на практике и освещенных в литературе исследований в области управления флотом позволяют сделать вывод о том, что вопрос представляет собой сложную и важную проблему, решение которой требует применения имитационного моделирования и современных компьютерных технологий. Существующие теория и практика управления работой решает задачу приближенно, не учитывая влияния многих основных факторов. Таким образом, главной предпосылкой данной работы явилась реальная необходимость дальнейшего совершенствования управления работой трампового флота в судоходных компаниях.

Анализ современных методов исследования динамики сложных систем позволил сделать вывод, что метод статистического моделирования является достаточно мощным аппаратом для исследования сложных систем, к которым можно отнести работу трампового флота.

Ниже на основании разработанного содержательного описания и формализованной схемы представлена Экономико-математическая модель, позволяющая исследовать различные режимы работы трампового флота с целью выбора оптимального варианта.

1. Экономико-математическая модель работы трамповой системы

Математическая модель представлена в виде совокупности соотношений, которые связывают переменные состояния и параметры системы [2, 3, 4].

Для описания этих состояний используются следующие обозначения:

- \wedge - логическая конъюнкция;
- \vee - логическая дизъюнкция;
- \in - принадлежность множеству;
- \forall - квантор общности;
- \rightarrow - импликация;
- \leftrightarrow - двойная импликация;
- \neg - отрицание.

Функционирование трамповых судов при грузовом обслуживании на терминале представлено ниже. Вначале моделируется процесс ожидания грузового обслуживания, переход судна к причалу, стивидорные работы[5].

Элемент подмножества $Y^1_p(t)$ обозначается $y^{ip}_1(t)$ Условные обозначения, принятые в подсистеме:

- p - номер порта, $\overline{1, P}$;
- i - номер заявки, $i \in \overline{1, J}$;
- t^{ip}_1 - время поступления I-ой заявки в подмножество $Y^1_p(t)$ в p -ом структурном элементе;
- $\overline{l_j}$ - средняя длина судна j -го типа;
- $l_{пр}(t)$ - свободная длина p -го причала в p -ом порту в момент времени t ;
- B_i - приоритетный номер I-го судна;
- d_i - признак равный 1, если согласно q -ому маршруту движения ожидается погрузка и 0, если выгрузка;
- $M^p_q(t)$ - количество q -ого рода груза, находящегося в p -ом порту в момент времени t ;
- $\overline{G_{qj}}$ - среднее количество q -ого рода груза, перевозимого в j -ом типе судна;
- \overline{t}^{jp}_q - среднее время погрузки q -ого рода груза в p -ом порту на j -ый тип судна;
- $\gamma_T(t)$ - случайная величина, характеризующая отклонение от среднего времени погрузки;
- \overline{t}^{jp}_q - среднее время выгрузки q -ого рода груза из j -ого типа судна в p -ом порту;
- $\gamma_V(t)$ - случайная величина, характеризующая отклонение от среднего значения выгрузки;
- $t^{ip}_{кпогр}$ - время окончания погрузки i -ого судна в p -ом порту;
- $t^{ip}_{квыгр}$ - время окончания выгрузки в i -ом порту;
- Z - признак, равный 1, если судно с грузом, и 0 в противном случае.

В подсистеме грузового обслуживания трампового флота производятся операции:

- выбор места у причала;
- определение вида грузовых работ;
- грузовые операции;
- перераспределение элементов по множествам;
- присвоение элементам новых параметров [6].

$$(y^{ip}_1(t); y^{ip}_1(t) \in Y^1_p(t)) \wedge \{[(t \geq t^{ip}) \wedge (\bar{l}_j \leq l_{np}(t)) \wedge (B_j > \min) \wedge (\sigma_1 = 1) \wedge (M^p_q(t) \geq \bar{G}_{qj})] \rightarrow [(Y^1_r(t) \setminus y^{ip}_1(t) \rightarrow l_{np}(t) := l_{np}(t) + \bar{l}_j) \rightarrow (t^{ip}_{погр} := t + \bar{t}^{jp}_q * \gamma'(t)) \rightarrow (i_1 := i_1 + 1) \rightarrow (Y^2_p(t) \cup Y^1_{ip}(t)) - 7 (i_1 > J_1) \rightarrow (p := p + 1) \rightarrow (p > P)]\}$$

Из приведенного соотношения следует, что если в подмножестве $Y^1_p(t)$, что $t \geq t^{ip}_1$, т.е. заявка находится в момент времени t в подмножестве $Y^1_p(t)$ и для нее выполняется соотношение $\bar{l}_j \leq l_{np}$, то в первую очередь обслуживается заявка с минимальным приоритетным номером ($B_i \rightarrow \min$). Если выбранный случайным образом маршрут движения предполагает погрузку i -ой заявки ($\sigma_1 = 1$), то выявляется наличие груза ($M^p_q(t) \geq \bar{G}_{qj}$) для i -ой заявки j -ого типа. Если все условия выполняются, то элемент $y^{ip}_1(t)$ исключается из подмножества $O^1_r(t)$. Далее формируется новое значение $l_{np}(t) := l_{np}(t) + \bar{l}_j$, а элемент $y^{ip}_1(t)$ заносится в подмножество $Y^2_p(t)$.

Если $t < t^{ip}$, $\bar{l}_j \leq l_{np}$ и B_i не имеет наименьшее значение, то цикл повторяется до тех пор, пока $i_1 \leq J_1$. Если же $i_1 > J_1$, то управление передается следующему структурному элементу. Функционирование данной части подсистемы записывается при $p > P$.

$$(y^2_p(t); y^2_{ip}(t) \in Y^2_p(t)) \wedge [(t \geq t^{ip}_2) \wedge (\bar{l}_j \leq l_{np}(t)) \wedge (\bar{l} \leq l_{np}(t)) \wedge (B_0 \rightarrow \min) \rightarrow [(Y^2_r(t) \setminus y^{ip}_2(t) \rightarrow (Y^3_p(t) \cup y^{ip}_2(t))] \rightarrow [l_{np}(t) := l_{np}(t) + \bar{l}_j) \rightarrow (t^{ip}_{выгр} := t + t^{jp}_q * \gamma'(t)) \rightarrow (Y^3_p(t) \cup y^2_{ip}(t)) \rightarrow (Z=1) \rightarrow [(i_2 := i_2 + 1) \rightarrow (i_2 > J_2)] \rightarrow [(p := p + 1) \rightarrow (p > P)].$$

Из приведенного соотношения следует, что если в подмножестве $Y^2_{ip}(t)$ существует элемент $y^2_{ip}(t)$ такой, что $t \geq t^{ip}_2$, т.е. заявка прибыла в подмножество. Кроме того, выполняется соотношение $\bar{l}_j \leq l_{np}$ и B_i имеет минимальное значение, то элемент $y^2_{ip}(t)$ исключается из подмножества $Y^2_{ip}(t)$ и включается в подмножество $Y^3_{ip}(t)$. Далее формируется новое значение $l_{np}(t) := l_{np}(t) + \bar{l}_j$, а также рассчитывается $t^{ip}_{выгр} := t + t^{jp}_q * \gamma'(t)$. Если $Z=1$, то формируется новое значение $i_2 := i_2 + 1$. Цикл повторяется до $i_2 > J_2$ после чего управление передается новому структурному элементу. Функционирование данной части подмножества заканчивается при $p > P$. Затем производится формирование накопительной информации по данной части подсистемы.

Ниже помещено математическое описание процесса формирования номера маршрута движения.

Условные обозначения:

t^{ip}_4 - время прибытия g -ой заявки в подмножество УР / t);

α_q - вероятность q -ого маршрута движения;

- q - номер маршрута движения $q = 1, Q$;
- $\bar{Z}q$ - признак соответствия q -ОМУ маршруту движения;
- $\bar{Z}iq$ - признаки соответствия i -ой заявки q -ОМУ маршруту движения;
- m_p - количество судов, при бывающих в порт за период T ;
- m_{pq} - количество судов, прибывающих в r -ый порт с q -ым маршрутом движения за период T ;
- τ -случайная величина, равномерно распределенная на промежутке $[0, 1]$;
- q_i - номер маршрута движения g -ой заявки;
- q_{T-q} - номер маршрута движения заявки, следующей в тайм-чартере.

Из приведенного выше соотношения следует, что если существует в подсистеме $Y^p_4(t)$ элемент $y^{ip}_4(t)$ такой, что $t \geq t^{ip}_4$, то для такой заявки выбирается номер маршрута движения, в соответствии с которым заявка будет обслуживаться в системе.

На первом шаге производится операция присвоения ($\alpha_{qi} := 0$). Затем производится операция присвоения ($q_i = 1$), Т.е. начинается выбор с

первого маршрута движения. Если выполняется соотношение $\tilde{Z}iq = \tilde{Z}q$, то рассчитывается вероятность q-ого маршрута движения $\alpha_{qi} := \alpha_q + m_{pq}/m_p$.

После этого формируется значение случайной величины τ_t равномерно распределенной на промежутке [0,1]. Если условие $\alpha_q \geq \tau_t$ выполняется, то производится операция присвоения новых значений $m_{pq} := m_{pq} - 1$ и $m_p := m_p - 1$. Таким образом номер маршрута для I-ого судна выбран ($q_i = q$).

Если же $\tilde{Z}iq \neq \tilde{Z}q$, то производится операция присвоения нового $q := q + 1$. Если условие $q > Q$ выполняется, то управление передается 45-ому оператору ($i_4 := i_4 + 1$), а противном случае заново рассматривается вероятность (q+1)-ого маршрута движения

(40-ой оператор).

После того, как номер маршрута движения для i-ой заявки определен, производится проверка $q_i = q_{T-q}$. Если данное условие выполняется, то согласно данному номеру маршрута движения судно отфрахтовывается под грузы иностранных фрахтователей. Далее производится исключение элемента $Y^{ip}_4(t)$ из подмножества $Y^p_4(t)$ и включение в $Y^p_5(t)$.

Формирование номера маршрута движения производится по всем заявкам, находящимся в подмножестве $Y^p_4(t)$.

Работа трампового флота в тайм-чартере описывается соотношениями:

$$\begin{aligned} &(Y^{ip}_5(t); Y^{ip}_5(t) \in Y^p_5(t) \wedge \{(t \geq t^{ip}_5) \wedge (a_\phi := 0)\} \rightarrow \{(Y_{i\phi} = Y_\phi)\} \\ &(a_{\phi+1} := a_\phi + \text{Ш}_{p\phi} / \text{Ш}_\phi) \rightarrow (a_\phi \geq z_t) \rightarrow \{(\text{Ш}_{p\phi} := \text{Ш}_{p\phi} - 1) \wedge (\text{Ш}_\phi := \text{Ш}_\phi - 1)\} \rightarrow \\ &\{(i_5 := i_5 + 1) \wedge (i_5 > J_5)\} \rightarrow \{(p := p + 1) \wedge (p > P)\} \rightarrow \{(\Phi := \Phi + 1) \wedge (\Phi > \Phi)\} \rightarrow \\ &(\Phi_j = \Phi_{T-q}) \rightarrow \{(t^{np}_{i\phi} := t + \overline{t^{np}_{i\phi}} * \beta'(t)) \rightarrow (t^{T-q}_{i\phi} := t + \overline{t^{T-q}_{i\phi}} * \beta''(t)) \rightarrow \\ &\{(Y^p_5(t) \setminus Y^{ip}_5(t) \wedge (Y^p_6(t) \setminus UY^{ip}_6(t))\}. \end{aligned}$$

Из приведенного соотношения следует, что если в подмножестве $Y^{ip}_5(t)$ существует элемент $y^p_5(t)$, такой, что $t_i \geq t^{ip}_5$, т.е. элемент прибыл в подмножество, то присваивается значение $a_\phi := 0$. Если $Y_{i\phi} = Y_\phi$, то $a_{\phi+1} := a_\phi + \text{Ш}_{p\phi} / \text{Ш}_\phi$. Далее формируется значение случайной величины z_t равномерно распределенной на промежутке [0,1]. Если $a_\phi \geq z_t$, то формируется новое значение

$$\text{Ш}_{p\phi} := \text{Ш}_{p\phi} - 1 \text{ и } \text{Ш}_\phi := \text{Ш}_\phi - 1. \text{ Номер маршрута движения выбран, если } \Phi_j = \Phi_{T-q}.$$

Если же $Y_{i\phi} \neq Y_\phi$, то производится операция $\Phi := \Phi + 1$. Если условие $\Phi > \Phi$ выполняется, то управление передается оператору, в противном случае заново рассчитывается вероятность (Ф+1)-го маршрута движения.

После того, как номер маршрута для i-ой заявки определен, производится проверка $\Phi_j = \Phi_{T-q}$. Если данное условие выполняется, то судно отфрахтовывается для перевозки грузов иностранных фрахтователей.

Далее рассчитывается $t^{np}_{i\phi} := t + \overline{t^{np}_{i\phi}} * \beta\Gamma(t)$ и $t^{T-q}_{i\phi} := t + \overline{t^{T-q}_{i\phi}} * \beta\Gamma(t)$ и $Y^p_5(t)/y^{ip}_5(t)$ включается в подмножество $Y^p_6(t)$.

Работа трамповых судов в тайм-чартере представлена следующим соотношением, условные обозначения к которому приведены ниже:

t^{ip}_5 - время поступления i-ой заявки в подмножество $Y^p_5(t)$;

a_ϕ - вероятность ф-ого маршрута движения;

Φ_j - номер маршрута движения, $\phi = 1, \Phi$;

$Y_{i\phi}$ - признак соответствия ф-ому номеру маршрута движения;

$Y_{i\phi}$ - признак соответствия i-ой заявки ф-ому маршруту движения;

Ш_p - количество судов, прибывающих в r-ый порт за период времени T;

$\text{Ш}_{p\phi}$ - количество судов, прибывающих в r-ый порт с ф-ым маршрутом за период времени T;

z_t - случайная величина, равномерно распределенная на промежутке [0,1];

Φ_i - номер маршрута движения i-ой заявки;

Φ_{T-q} - номер маршрута заявки, следующей в тайм-чартере;

$\overline{t^{np}_{i\phi}}$ - среднее время перехода в порта начала;

$t^{np}_{i\phi}$ - время прибытия в тайм-чартере;

$\beta'(t)$ - случайная величина, характеризующая отклонение от среднего времени перехода;

$\overline{t^{np}_{i\phi}}$ - среднее время нахождения в тайм-чартере;

$\beta\Gamma(t)$ - случайная величина, характеризующая отклонение от $\overline{t^{np}_{i\phi}}$

Перечисленные операции выполняются до тех пор, пока $p \leq P$. В противном случае управление передается оператору.

Техническое обслуживание и снабжение трампового флота представлено соотношениями, условные обозначения к которым приведены ниже:

P - номер порта, $p \in \overline{1, P}$;

i_6 - номер заявки, $i_6 \in \overline{1, J_6}$;

j - тип судна, $j \in \overline{1, J}$;

t^{ip}_6 - время прибытия i_6 -ой заявки в подмножество $Y^p_6(t)$;

L_j - длина j -ого судна;

$L_{np}(t)$ - свободная длина n -ого причала в p -ом порту в момент времени t ;

v_i - приоритетный номер i -го судна;

γ_{ij} - признак равен 1, если i -ое судно j -го типа нуждается в техническом обслуживании, и 0 в противном случае;

λ_{ij} - признак равен 1, если i -ое судно j -го типа нуждается в бункере и продовольствии;

σ'_{ij} - признак равен 1, если i -ое судно j -го типа выводится из эксплуатации для ремонта, и 0 в противном случае;

$\overline{t^{p}_{ij}}$ - среднее время ремонта i -ого судна j -го типа с выводом из эксплуатации;

$\sigma''(t)$ - случайная величина, характеризующая отклонение от $\overline{t^{p}_{ij}}$.

t^{op}_{ij} - время окончания ремонта, ввод в эксплуатацию;

$\lambda_{ij} r$ - признак равен 1, если i -ое судно j -го типа ремонт и снабжение выполняет во время грузового обслуживания, и 0 в противном случае;

$\overline{t^{x}_{ijp}}$ - среднее время хода i -ого судна j -го типа;

t^{op}_{ijn} - время прибытия i -ого судна j -го типа;

$\lambda''_{ij}(t)$ - случайная величина, характеризующая отклонение от $\overline{t^{x}_{ijp}}$.

t^{ro}_{ij} - время грузового обслуживания i -ого судна j -го типа;

$\overline{t^6_{ij}}$ - среднее время бункеровки i -ого судна j -го типа;

$\lambda_{ij} r r(t)$ - случайная величина при отклонении от $\overline{t^6_{ij}}$.

Соотношениями данный алгоритм описывается следующим образом:

$$(y^{ip}_6(t); y^{ip}_6(t) \in Y^p_6(t)) \wedge \{[(t \geq t^{ip}_6) \wedge (L_j \leq L_{np}(t))] \wedge (v_i \rightarrow \min) \wedge (\gamma_{ij}=1) \wedge (\lambda_{ij}=1) \wedge (\sigma'_{ij}=1) \wedge (\lambda_{ij} r=1)\} \rightarrow [(t^{np}_{ijn} := t + \overline{t^{x}_{ijp}} * \lambda_{ij} r(t)) \wedge (Y^p_6(t)/Y^{ip}_6(t)) (Y^p_1(t)/UY^{ip}_6(t))] \rightarrow [(t^{ob}_{ij} := t + \overline{t^6_{ij}} * \lambda_{ij} r r(t)) \rightarrow (t^{op}_{ijn} := t + \overline{t^p_{ij}} * \sigma''(t))] \rightarrow [(i_6 := i_6 + 1) \wedge$$

Из приведенного соотношения следует, что если в подмножестве $Y^p_6(t)$ существует элемент $y^{ip}_6(t)$ такой, что $t \geq t^{ip}_6$, т.е. прибыл в систему и есть свободное место у причала ($L_j \leq L_{np}(t)$), то на обслуживание выбирается заявка с минимальным приоритетным номером v_i .

Если $(\lambda_{ij}=1)$, $(\sigma'_{ij}=1)$, $(\lambda_{ij} r=1)$ и $(\gamma_{ij}=1)$, то формируется новое значение: $t^{np}_{ijn} := t + \overline{t^{x}_{ijp}} * \lambda_{ij} r(t)$ и элемент $y^{ip}_6(t)$ удаляется из подмножества $Y^p_6(t)$ и вводится в подмножество $Y^p_1(t)$.

Затем формируется $\overline{t^{ob}_{ij}} := t + \overline{t^6_{ij}} * \lambda_{ij} r r(t)$ и $t^{op}_{ijn} := t + \overline{t^p_{ij}} * \sigma''(t)$.

Перечисленные алгоритмы выполняются до тех пор, пока $p \leq P$. В противном случае формируются выходные данные.

Заключение

Разработанная модель служит для проведения следующих работ:

- оптимизация управления работой трампового флота в судоходных компаниях;
- прогнозирование работы флота на заданный период;

- перспективное планирование;
- оперативное планирование (регулирование);
- обоснования программы пополнения флота;
- контроль, учет, анализ.

Использование современных компьютерных технологий значительно увеличивает возможности имитационного моделирования, так как для его использования требуется подключение к автоматизированной информационной системе [3].

Литература

1. Бондаренко В.С. Системы управления морским транспортном. – М.: Транспорт, 2009.- 278с.
2. Цивилёва М.А. Организация перевозок сборных грузов. //Эксплуатация морского транспорта.- 2017.– № 2.– 103-110 с.
3. Дмитриев А.А. Использование линейного программирования к оптимизации экономических объектов // Транспортное дело России.– 2017.– № 3.
4. Эглит Я.Я. Оптимизация доставки генеральных грузов. – СПб., Международная конференция СПб форум, 2018, 0,3 л.
5. Шаповалова М.А. Актуальные вопросы предварительного формирования на морском транспорте. – СПб “Евразийский журнал” № 5(120), 2018, 2л.
6. Эглит Я.Я. Модели совершенствования работы морских портов. – СПб.: РПК “Скиф”, 2019.– 219 с.
7. Боран-Кешишьян А.Л., Хекерт Е.В. Положения теории интервальных средних, применительно к анализу надежности технических средств сложных систем при независимых по надежности элементах // Эксплуатация морского транспорта.– 2014.– № 1 (73).– С. 38-42.
8. Деружинский В.Е., Хекерт Е.В. Системно-факторный анализ ключевых транспортных проблем и пути их решения //Эксплуатация морского транспорта.– 2015.– № 4 (77).– С. 3-15.
9. Кондратьев С.И. Синтез программных траекторий методом динамического программирования //Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки.– 2003.– № S6.– С. 41-43.
10. Бабурина О.Н., Кондратьев С.И. Морские перевозки: тенденции развития в мировой и российской экономике //Транспортное дело России.– 2016.– № 5.– С. 112-116.
11. Бабурина О.Н., Кондратьев С.И. Морские порты мира и России: динамика грузооборота и перспективы развития //Транспортное дело России.– 2016.– № 6.– С. 141-144.

References

1. Bondarenko V.S. Sistemy upravleniya morskim transportnom. – M.: Transport, 2009.- 278s.
2. Civilyova M.A. Organizaciya perevozok sbornyh грузов. //Ekspluaciya morskogo transporta.- 2017.– № 2.– 103-110 s.
3. Dmitriev A.A. Ispol'zovanie linejnogo programirovaniya k optimizacii ekonomicheskikh ob"ektov // Transportnoe delo Rossii.– 2017.– № 3.
4. Eglit YA.YA. Optimizaciya dostavki general'nyh грузов. – SPb., Mezhdunarodnaya konferenciya SPb forum, 2018, 0,3 l.
5. SHapovalova M.A. Aktual'nye voprosy predvaritel'nogo formirovaniya na morskome transporte. – SPB “Evrazijskij zhurnal” № 5(120), 2018, 2l.
6. Eglit YA.YA. Modeli sovershenstvovaniya raboty morskikh portov. – SPb.: RPK “Skif”, 2019.– 219 s.
7. Boran-Keshish'yan A.L., Hekert E.V. Polozheniya teorii interval'nyh srednih, primenitel'no k analizu nadezhnosti tekhnicheskikh sredstv slozhnyh sistem pri nezavisimyh po nadezhnosti elementah // Ekspluaciya morskogo transporta.– 2014.– № 1 (73).– S. 38-42.
8. Deruzhinskij V.E., Hekert E.V. Sistemno-faktornyj analiz klyuchevyh transportnyh problem i puti ih resheniya //Ekspluaciya morskogo transporta.– 2015.– № 4 (77).– S. 3-15.
9. Kondrat'ev S.I. Sintez programnyh traekto-rij metodom dinamicheskogo programmirovaniya //Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Tekhnicheskie nauki.– 2003.– № S6.– S. 41-43.
10. Baburina O.N., Kondrat'ev S.I. Morskie perevozki: tendencii razvitiya v mirovoj i rossijskoj ekonomike //Transportnoe delo Rossii.– 2016.– № 5.– S. 112-116.
11. Baburina O.N., Kondrat'ev S.I. Morskie porty mira i rossii: dinamika gruzooborota i perspektivy razvitiya //Transportnoe delo Ros-sii.– 2016.– № 6.– S. 141-144.

УДК 627.21

DOI: 10.34046/aumsuomt93/7

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ СПОСОБОВ
ДЛЯ АНАЛИЗА НЕПОЛНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Е.Р. Коцюрuba

В статье проведён математический анализ данных о движении судов в загруженном трафике для оптимального прогнозирования маршрута перехода.

Ключевые слова: кластеризация; математический анализ; оптимальное прогнозирование маршрута перехода; анализ навигационной информации.

The article defined has conducted mathematic analysis of data regarding movement of the vessels in dense traffic for deliberately prediction of the route.

Keywords: Clustering; mathematic analysis; algorithm for selection the optimal rout; analysis navigation information.