

2. Верете А.Г., Дельвинг А.К. Судовые парознергические установки и газовые турбины.// Учебник. –М.:Транспорт, 1982. – 358 с.
3. Магнитная обработка водных систем. //Библиографический указатель отечественной и иностранной литературы. –М.: изд.Министерства угольной промышленности СССР, 1971. – 63 с.
4. Бондаренко Н.Ф., Гак Е.З. Электромагнитные явления в природных водах.-Л.: Гидрометеоздат, 1981. –152 с.
5. Стоянов Н.М., Хапаев В.М., Баравинок Д.В., Карнаущенко Н.С. О неправомерности использования рН-метрии, как метода индикации намагничивания воды. //Промышленная энергетика, 1975. – №2. –68 с.

Стоянов М.М., Чубун О.М.

На основі успішних експериментів з омагніченою прісною водою, одержаною за допомогою «китайських магнітних куль». Ставиться питання про відродження системних досліджень по магнітній обробці води та її використанні в судновому тепловому обладнанні.

Ключові слова: Хімічна водопідготовка, магнітна водопідготовка, «китайські магнітні кулі», відновлення досліджень.

Stoyanov N.M. Chubun A.N.

There are on the base of successful experiments with magnetite fresh water obtain with the aid «Chinese magnate balls», propose problem about regenerate systematic observations on magnate processes the boiler water and her employ in ships heat equipment.

Keywords: Chemical water preparation magnetic water preparation, «Chinese magnetic balls», proceeding in researches.

УДК 681.513

Баранов Г.Л., Міронова В.Л., Тарасюк В.І.

ТЕХНОЛОГІЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ В ЗОНІ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ РУХОМ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Розроблена технологія визначення маршруту транспортних засобів з урахуванням комплексного оцінювання оперативних локальних станів ділянок акваторій внутрішнього водного шляху в межах зони відповідальності наявних систем навігації і управління рухом. Надана характеристика алгоритмічного забезпечення та бази даних стосовно станів оточуючого середовища. Фазовий простір зони розв'язку задач відображає дискретизована граф-решітка.

Ключові слова: технологія, навігація, управління, судноплавство, траєкторія, багатофакторність впливів, обмеження на рух, маршрут.

Вступ. Навігаційне обслуговування й управління рухом різноманітними високошвидкісними транспортними засобами (ВТЗ) в умовах неперервної зміни прояву факторів впливу природного та соціального середовища пов'язане з оперативними задачами визначення результатуючих безпечно-раціональних маршрутів (БРМ) [1,2]. Складна динамічна система (СДС), до якої належать системи навігації і управління рухом (СНУР) ВТЗ на ділянках та маршрутах судноплавства, змінюється за просторово-часовою параметризацією оточуючого

середовища та відповідних контактних зон впливу на якість та ефективність транспортної роботи [3]. Безпека руху та ефективність використання простору СДС залежить від знання закономірностей між фізичними (природними) та інформаційними (соціотехнічними) полями. Вони взаємодіють та обумовлюють локально-ситуативні явища, які впливають на показники ефективності судноплавства унаслідок суттєвих витрат ресурсів: речовини (палива, мастил, витратних матеріалів); енергії енергоносіїв; потенціалів (часу, міцності, надійності, безпеки та ін.). Розв'язання конкретних задач практики з урахуванням наявних обмежень та конфліктних критеріїв суттєво ускладнює пошук БРМ з заданими термінальними умовами [1-4] початку та кінця руху по всім ділянкам у просторі СДС.

Сучасний стан досліджень. Проблеми безпеки життя та руху ВТЗ у складних умовах функціонування СДС активно досліджують багато закордонних та вітчизняних вчених відповідно різним сферам застосування транспорту. Цільові задачі СНУР ВТЗ у просторі судноплавства конкретизуються відповідно вимогам на транспортну роботу та параметри руху по кожній ділянці визначаємого БРМ, що пов'язує термінальні точки початку та кінця програмного завдання, що шукаємо. Збільшення відстані між термінальними точками у просторі зони розв'язання задачі (ЗРЗ) значно ускладнює практичну інформаційно-обчислювальну задачу. Пошук БРМ як сукупності програмних шляхів при наявних обчислювальних можливостях комп'ютерів залежить від алгоритмів маршрутизації ВТЗ у ЗРЗ, яка відображається відповідною кількістю В-вузлів простору, що пов'язані Q-гілками – ділянками.

Алгоритми послідовного перебору всіх вузлів простору не задовольняють критеріям ефективності унаслідок функціональної залежності від повної кількості вузлів. Задачі заданого класу актуальні. Їх часто розв'язують шляхом застосування різноманітних алгоритмів обробки даних на $G(V, Q)$ графах [2,4-10].

Відображення цільових властивостей СДС у вигляді графа $G(V, Q)$, який покриває простір ЗРЗ, обумовлює вибір відповідних відомих методів та алгоритмів пошуку найкращого шляху у вигляді БРМ. Але реальний вплив різноманітних природних та соціотехнічних факторів оточуючого середовища потребує подальшого розвитку методів структурного моделювання руху ВТЗ у складних ситуативних умовах, що апріорно неоднорідні та різноманітні [1,3], але притаманні для всіх видів транспорту [2-8].

Мета роботи. Розробити технологію маршрутизації ВТЗ та обґрунтування найкращого БРМ у межах СДС, яка на базі кількісних оцінок багатьох суттєвих критеріїв по кожній ділянці гарантує розв'язок задачі навігації і управління рухом у поточних ситуативних умовах, що змінюються але адекватні процесам та явищам у зонах відповідальності СНУР.

Постановка задачі. Технологія передбачає адаптацію ряду відомих методів [7-10] та зведення початкової багатоцільової задачі з багатьма критеріями вибору [11,12] до типової задачі про найкоротший шлях (shortest-path problem) на графі-решітці $G(V, Q)$, для якого наперед визначена функція ваги $\omega: Q \rightarrow R$. Вага (weight) шляху $p = (b_0, b_1, \dots, b_k)$ побудована як сума ваг гілок, що належать конкретному маршруту (route)

$$\omega(p) = \sum_{s=1}^k (b_{s-1}, b_s). \quad (1)$$

Вага найкоротшого шляху (shortest path weight) з початкового вузла S у цільовий термінальний кінцевий вузол f визначається [7] таким чином

$$\delta(s, f) = \begin{cases} \min\{\omega(p) : S \xrightarrow{p} f\}, & \text{якщо існує необхідний маршрут,} \\ \infty \{\text{символ заборони}\}, & \text{коли не можлив рух} \end{cases} \quad (2)$$

(move change position).

Таким чином найкращий БРМ у межах СДС та поточних ситуаційних умовах на ділянках ТДК буде кількісно визначений, якщо існує найкращий шлях $\omega(p) = \delta(s, f)$ з урахуванням особливостей визначення (1) та (2). Акт маршрутизації (march) можливо реалізувати з відповідною швидкістю руху ВТЗ згідно визначеного $p = (b_s, \dots, b_f)$ списка-переліку вузлів $G(V, Q)$ гра-

фа-решітки, що задовольняють обмеженням та критеріям. Упорядкований перелік з попереднього та наступного вузлів конкретизує регулярну процедуру переключення орієнтації ВТЗ у поточному вузлі для наступного здійснення кроку з досягнення віддаленого наступного вузла. Вага кожного конкретного шляху між парою сусідніх, але топологічно віддалених, вузлів практично визначається за багатьма різними критеріями: відстані у просторі СДС; інтервалу часу на зміну позиції; вартості витрат на рух; розмірів штрафу; значеннями втрат ресурсу та іншими показниками, що впливають на прийняття узагальненого (згорнутого) рішення [11,12]. Згідно (1) головна вимога до вагової функції – це забезпечення властивості адаптивності під час згортки вищезначених різних критеріїв локального та глобального вмісту [11,12].

Основний матеріал. Визначення на фазовій площині зони розв'язку заданої задачі.

Нехай на площині ХОУ задані вісі координат ОХ – абсциса та ОУ – ордината. Центр їх перетину О точка геодезично прив'язана до локальної зони розв'язку практичних задач транспортної галузі. Якщо обрати масштаб та одиницю виміру на місцевості, тоді таку мінімальну кластерну або локальну зону обслуговування можливо пронормувати на інтервали Чебишева [0,1]. Покриття окіл точки О у вигляді обраного найменшого квадрата 2x2, вершини якого А,В,С,D, сформовано з чотирьох одиничних квадратів у межах кожного квадранта площини ХОУ: (+,+); (+,-); (-,-); (-,+), де знак характеризує вектор напрямку абсциси та відповідно ординати в заданій системі координат (Рис. 1). Продовження покриття ЗРЗ до повного вичерпання заданій площини формує упорядковану цілочисельну множину $N=(1,2,3,\dots,n)$ у межах кожного квадранта.. При фіксуванні симетричних квадратів $2k \times 2k$ відносно точки О центру та осей, що проходять через неї, маємо розміщення шуканих одиничних квадратів та їх послідовне упорядкування за проєкціями на вісі абсцис та ординат. З іншого боку ЗРЗ можливо складати з базових модулів 2×2 , які мають 4 одиничних квадратів (локальних кластерів даного рівня декомпозиції) з рівними базовими відстанями по горизонталі, вертикалі та діагоналі (Рис. 1).

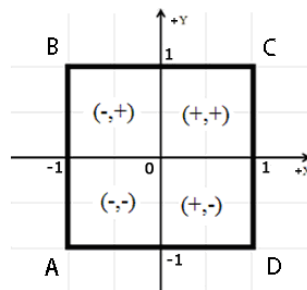


Рис.1. Окіл точки О – зони розв'язку задачі (ЗРЗ)

Вибір системи координат та одиниць виміру.

Для задач з геодезичними геоцентричними координатами зміни вздовж горизонталі означають рух зі змінами по довготі. Навпаки зміни вздовж вертикалі характеризують рух зі змінами по широті. Можливі інші інтерпретації координат площини ХОУ для обраної ЗРЗ.

Векторне цілочисельне кодування точки $(\pm x_i, \pm y_i)$, що знаходиться у одиничному квадраті та віддалена від еталонної точки 0 визначено наступними рівняннями

$$0 \leq |x_i| \leq 2k = n, \forall 0 \leftrightarrow \left(\frac{\tilde{x}_{\max} - \tilde{x}_{\min}}{2} \right); \tilde{x}_{\min} \leftrightarrow (-1n); \tilde{x}_{\max} \leftrightarrow (+1n), \quad (3)$$

де \leftrightarrow знак відповідності між оригіналом нульового значення та точками розташування відносно центра відрізка двох реальних значень $[\tilde{x}_{\max}, \tilde{x}_{\min}]$, які відображені на кінцях цілочисельного інтервалу $[-1n, +1n]$. Для можливості використання методу дихотомії обрана умова $n = 2k, k \in N$ між цілочисельними значеннями, які кодують кроком $h = \frac{(\tilde{x}_{\max} - \tilde{x}_{\min})}{n}$ в цілому ЗРЗ

у вигляді графа-решітки з базовим інтервалом $[0,1]$, який відображає у визначеному масштабі довжину сторони одиничного квадрата на місцевості.

Всі проекції сторін квадратів на вісь ординат відображаємо по аналогії

$$\begin{aligned} 0 \leq |y_i| \leq 2k = n, \forall 0 &\leftrightarrow \left(\frac{\tilde{y}_{\max} - \tilde{y}_{\min}}{2}\right); \\ \tilde{y}_{\min f} &\leftrightarrow (-1n); \tilde{y}_{\max \text{sup}} \leftrightarrow (+1n) \\ h_y &= \left(\frac{\tilde{y}_{\max} - \tilde{y}_{\min}}{2}\right) \leftrightarrow 1. \end{aligned} \quad (4)$$

Задача маршрутизації руху ВТЗ у дискретному просторі.

Пошук шляху між двома віддаленими точками початку $S(x_s, y_s)$ та кінця $f(x_f, y_f)$ руху ВТЗ в ЗРЗ можливо реалізовувати шляхом застосування різних алгоритмів [7-10].

В реальних умовах життєдіяльності транспортної системи швидкість отримання найкращого шляху (згідно визначених критеріїв включення кожної конкретної ділянки у загальний маршрут) для практики також грає значну роль. Тому визначимо методологію розв'язку задачі знаходження найкращого шляху між заданими координатами двох віддалених точок $S(x_s, y_s)$ та $f(x_f, y_f)$, які належать заданій ЗРЗ. Вона дискретизована та пронормована у вигляді графа-решітки $G(B, Q)$ з ортогональними вісями просторової орієнтації та центральною точкою O , через яку проходять будь-які вісі симетрії.

Технологія цільової маршрутизації.

Запропоновану методику, доцільно надати у вигляді послідовності кроків-етапів інформаційної технології для отримання цільового результату.

Крок 1. Збір та введення всіх необхідних даних для систематичного опису ЗРЗ з визначеними значеннями точності відображення.

Крок 2. Настроювання графа-решітки $G(B, Q)$ ЗРЗ з визначенням одиниць виміру по вісі абсцис OX та по вісі ординат OY , положень точки O центру їх перетину та розмірності $4x$ квадрантої множини $(\pm N_x \times \pm N_y)$, що побудована з нормованих одиничних квадратів, сторони яких мають однакові $[0,1]$ інтервальні відстані між вершинами у кутах кожного уніфікованого квадрата.

Крок 3. Відображення реальних координат точок простору $S(x_s, y_s)$ та $f(x_f, y_f)$ у цілочисельні значення $S(i_s, j_s)$ та $F(i_f, j_f)$ з позначенням entire символами $[x]$ або $[y]$, які задовольняють подвійні нерівності

$$\begin{aligned} [x] \leq x < [x]+1, \quad \forall x = [x] + \{x\} \\ y \leq y < [y]+1, \quad \forall y = [y] + \{y\} \end{aligned} \quad (5)$$

де $\{x\}$, $\{y\}$ – позначають дробові частини значень відповідних нормованих координат.

Множина паралельних відрізків та вісі абсцис OX одиничної довжини, в яких вилучені праві кінці, формує всі цілі частини. Множина рівних відрізків паралельних прямих $y=x$, в яких вилучені верхні праві кінці діагоналі одиничного квадрата, формує всі дробові частини. Тому будь-яке конкретне значення знаходиться в інтервалі $0 < \{x\} < 1$ та належить площині одиничного квадрата. Таким чином кожний квадрат одиничної довжини бічних сторін, наприклад, $ABCD$; $AB \parallel CD \parallel OY$; та $BC \parallel DA \parallel OX$, кодуємо такою підстановкою, для якої правий верхній кут – вершина $C(i, j)$ має координати з цілочисельними значеннями згідно результату обчислень

$$\begin{aligned} (i-1) \equiv [x] < x = \tilde{x}/h_x < [x]+1 \equiv i & ; \forall i, j \in N = 1, 2, 3, \dots, n. \\ (j-1) \equiv [y] < y = \tilde{y}/h_y < [y]+1 \equiv j. \end{aligned} \quad (6)$$

Крок 4. Вищезначена цільова задача перетворена на задачу пошуку найкоротшого маршруту між двома точками $C_s(i_s, j_s)$ та $C_f(i_f, j_f)$ з різними координатами на дискретній цілочисельній граф-решітці. Точки цілей C_s та C_f належать різним одиничним квадратам. Якщо за

умовами знаходження цих точок у ЗРЗ вони належать сусіднім квадратам, для яких виконуються прості для рішення вирази

$$0 \leq |i_s - i_f| \leq 1 \text{ та } 0 \leq |j_s - j_f| \leq 1, \forall i, j \in N, \quad (7)$$

тоді задача тривіальна. Бо ці квадрати мають спільні дві вершини – вузли решітки, через які або шляхом можливого перетину їх спільної бічної сторони – гілки решітки реалізується цільовий перехід з точки start у точку finish з наперед заданою точністю h_x та h_y у оригінальній шкалі виміру відстані на площині XOY.

Крок 5. Перетворення заданої задачі у тривіальну базову, коли це необхідно. Надамо визначення цього тривіального варіанту.

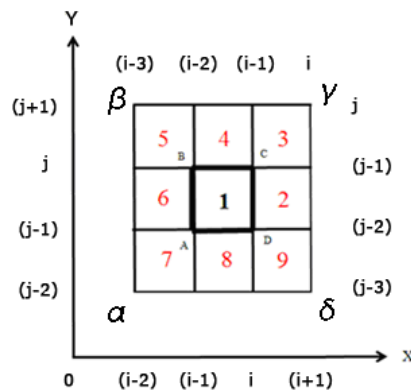


Рис.2. Окіл $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ одиничного квадрата ABCD на граф-решітці

Який обумовлений наявністю симетричних властивостей обраної граф-решітки. Навколо одиничного квадрата існує окіл з множини однакових йому квадратів (відносно критерію побудови одиничних відстаней з ортогональними проекціями на вісі OX та OY згідно заданих масштабів точності h_x та h_y нормування реальних відстаней). На графі-решітці окіл одиничного квадрата 1 складається з $3 \times 3 - 1 = 8$ подібних йому квадратів (Рис. 2 та табл. 1), які зсунуто на один крок відносно нього вздовж однієї з осей симетрії: горизонталі, вертикалі, діагоналі. За аналогією вищезначеного відносно обох точок C_s та C_f можливо будувати окіл з різними розмірами упорядкованих шарів. Де $k=1,2,\dots,n$ цілі числа.

Таблиця 1

Кодування вершин одиничних квадратів,
які належать околу центрального одиничного квадрата

Код квадрата околу	Координати вершин відносно ABCD квадратів околу			
	A (α)	B (β)	C (γ)	D (δ)
1	$i-1, j-1$	$i-1, j$	i, j	$i, j-1$
2	$i, j-1$	i, j	$i+1, j$	$i+1, j-1$
3	i, j	$i, j+1$	$i+1, j+1$	$i+1, j$
4	$i-1, j$	$i-1, j+1$	$i, j+1$	i, j
5	$i-2, j$	$i-2, j+1$	$i-1, j+1$	$i-1, j$
6	$i-2, j-1$	$i-2, j$	$i-1, j$	$i-1, j-1$
7	$i-2, j-2$	$i-2, j-1$	$i-1, j-1$	$i-1, j-2$
8	$i-1, j-2$	$i-1, j-1$	$i, j-1$	$i, j-2$
9	$i, j-2$	$i, j-1$	$i+1, j-1$	$i+1, j-2$

Випадок коли $k=1$ наведено на рис. 4 та у табл. 1 відносно одиничного квадрата ABCD. Узагальнене співвідношення між двома термінальними точками C_s та C_f , між якими існує значна відстань, визначають k – кількість етапів перетворення початкових умов у стандартну типову задачу

$$0 \leq \left\lfloor \frac{\text{sign}i_s - \text{sign}i_f}{2} \right\rfloor \leq (k+1) \text{ та } 0 \leq \left\lfloor \frac{\text{sign}j_s - \text{sign}j_f}{2} \right\rfloor \leq (k+1). \quad (8)$$

Таким чином розміщений окіл одиничних квадратів навколо точки C_s дотикається або перетинає відповідний окіл навколо точки цільового стану C_f у ЗРЗ.

Дискретні властивості цілочисельного графа-решітки.

Таким чином на площині $ХОУ$ з континуальними відстанями між різними точками задана ЗРЗ дискретизована у граф-решітку. Між вершинами кожного одиничного квадрата маємо однакові одиничні відстані, які упорядковані та цілочисельно закодовані значенням верхньої правої C вершини. Наприклад, $\{x_i, y_i\}$ (Рис.1 та Рис.2) однозначно дозволяє фіксувати перелік інших вершин визначеного квадрата $ABCD$ у вигляді базової підстановки

$$\left| \begin{array}{cccc} A & B & C & D \\ x_{i-1}, y_{j-1} & x_{i-1}, y_j & x_i, y_j & x_i, y_{j-1} \end{array} \right|, \forall i, j \in \text{sign}N. \quad (9)$$

Квадрат околу з вершинами $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ (Рис.4) можливо кодувати аналогічно (9) та ($A \rightarrow \alpha, B \rightarrow \beta, C \rightarrow \gamma, D \rightarrow \delta$) для підстановки у вигляді

$$\left| \begin{array}{cccc} \alpha & \beta & \gamma & \delta \\ x_{i-3}, y_{j-3} & x_{i-3}, y_j & x_i, y_j & x_i, y_{j-3} \end{array} \right|, \forall i, j \in \text{sign}N. \quad (10)$$

За потребою досить знання координати вершини $\gamma\{x_i, y_i\}$, щоб однозначно зафіксувати інші 4 координати всіх 9 одиничних квадратів, які складають даний квадрат $\alpha, \beta, \gamma, \delta$.

Зберігаючи орієнтацію вершини γ необхідні підстановки для квадратів 3,9,7,5 отримуємо

$$\text{для } 3 \left| \begin{array}{cccc} \alpha & \beta & \lambda & \delta \\ x_{i-1}, y_{j-1} & x_{i-1}, y_j & x_i, y_j & x_i, y_{j-1} \end{array} \right| \text{ код } (++) \quad (11)$$

$$\text{для } 9 \left| \begin{array}{cccc} \alpha & \beta & \lambda & \delta \\ x_{i-1}, y_{j-3} & x_{i-1}, y_{j-2} & x_i, y_{j-2} & x_i, y_{j-1} \end{array} \right| \text{ код } (+-) \quad (12)$$

$$\text{для } 7 \left| \begin{array}{cccc} \alpha & \beta & \lambda & \delta \\ x_{i-3}, y_{j-3} & x_{i-3}, y_{j-2} & x_{i-2}, y_{j-2} & x_{i-2}, y_{j-1} \end{array} \right| \text{ код } (--) \quad (13)$$

$$\text{для } 5 \left| \begin{array}{cccc} \alpha & \beta & \lambda & \delta \\ x_{i-3}, y_{j-1} & x_{i-3}, y_j & x_{i-2}, y_j & x_{i-2}, y_{j-1} \end{array} \right| \text{ код } (-+) \quad (14)$$

Формальні підстановки 9 – 12 одночасно характеризують вершини означених 3, 9, 7, 5 квадратів $\alpha', \beta', \gamma', \delta'$, що належать колу, яке вписано в квадрат $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ з центром O його симетрії. Розширений квадрат має вершини $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, які визначає підстановка (8) згідно принципу однозначного кодування верхньої правої γ вершини у вигляді $\gamma(i, j)$, який однозначно фіксує (i, j) координати у відповідному квадранті ЗРЗ.

Крок 6. Визначення узагальненого напрямку руху між точками C_s та C_f на графі-решітці заданої ЗРЗ, яка згідно запропонованому принципу кодування має центральну нерухому точку O та відповідно неї чотири квадранта з однаковою кількістю одиничних квадратів. Враховуючи топологічну симетрію на Рис.3 наведені можливі варіанти напрямків руху між термінальними точками початку та закінчення маршруту.

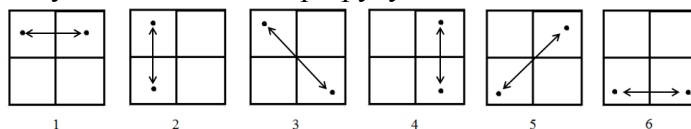


Рис.3. Варіанти цільових напрямків руху між термінальними точками ЗРЗ

У кожному варіанті відповідно обраній шкалі виміру найкоротша лінія, яка з'єднає ці дві не співпадаючі у просторі точки, завжди пряма, що належить площин ЗРЗ. Пряма, яка проходить через дві задані точки $C(i_s, j_s)$ та $C(i_f, j_f)$ має параметризований вигляд

$$\frac{y - y_s}{y_f - y_s} = \frac{x - x_s}{x_f - x_s} \text{ або } y = \frac{(y_f - y_s)}{(x_f - x_s)} X + Y_s - \frac{(y_f - y_s)}{(x_f - x_s)} X_s \text{ або } \frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1, \quad (15)$$

де $a = -b(x_f - x_s)$ – координата в точці (а, 0) на осі ОХ, яку перетинає дана пряма;

$b = \frac{1}{a - \beta}$ – координата в точці (b, 0) на осі ОУ, яку перетинає дана пряма;

$\alpha = \frac{y_s}{y_f - y_s}, \beta = \frac{x_s}{x_f - x_s}$ – чисельні значення коефіцієнтів згідно первинних координат терміна-

льних точок, що задані у ЗРЗ.

Рух вздовж вектора узагальненого напрямку в реальних умовах відрізняється від прямої завдяки локальним особливостям ділянок судноплавства. Кожна фактична особливість конкретної ділянки за обраними масштабами h_x та h_y відображена у вигляді одиничних відстаней між сусідніми вузлами-вершинами графа-решітки. Суттєве значення для прийняття рішення чи їхати цією ділянкою, чи їхати іншою з потенційно можливих грає знання підстановок у околі вузла.

Крок 7. Вибір кращої локальної ділянки (горизонталі-ліворуч-праворуч; вертикалі-вниз-вгору; діагоналі в кожному з 4-х відповідних сусідніх квадратів) залежить від різних критеріїв її ефективності та загальної оптимальної оцінки усього цілісного шляху між цільовими термінальними точками. Особливу роль у прийнятті рішення грає стан заборони проїзду вздовж конкретної локальної ділянки судноплавства.

Мітка (∞) заборони реально діє у реальному часі та визначає різні обставини стосовно регулювання руху. Наприклад: тимчасовий ремонт дороги; тимчасова зміна напрямку руху; заборона за санітарним, біохімічним та радіоактивним станом; соціальні події, що унеможливили на певний час рух на даній ділянці; природні події різноманітних форс-мажорних обставин тощо.

Відповідно дії заборони обумовлюють об'їзди, що на графі-решітці відображуються стандартним чином та зумовлюють реальні локальні відхилення від прямої у топологічному сенсі ЗРЗ.

Крок 8. Врахування якості дорожнього стану на ділянці можливе завдяки параметричному визначенні прямої у вигляді:

$$x = a_x t + x_0, y = a_y t + y_0 \quad (16)$$

де t – часовий параметр тривалості руху від початкової точки з параметрами (x_0, y_0) та за умов сталої (середньої) швидкості.

Згідно заданих параметрів початкової вершини-вузла (x_0, y_0) та коефіцієнтів середньої швидкості руху на заданій ділянці a_x та a_y можливо розрахувати інші критеріальні показники.

Вищеозначена параметризація ділянок ТДК між вузлами графа-решітки дозволяє оцінювати критерій тривалості інтервалу часу $\Delta\tau$ для здійснення перевезень

Розв'язок транспортних задач практики потребує одночасного врахування інших невід'ємних властивостей, які характеризують сутність та якісні умови перевезень. Повний спектр різноманітних властивостей необхідно враховувати не ізольовано, як незалежні, а навпаки одночасно у кожній конкретній ситуації та у системному взаємозв'язку всіх ключових факторів. Лише повна сукупність часткових критеріїв (за суттю векторний критерій) [11] забезпечує адекватність явища у СДС.

Крок 9. Формування узагальненого критерію багатокритеріальної транспортної задачі. Даний процес реалізується поетапно. Спочатку фіксують вузли та гілки-ділянки між обраними вузлами ЗРЗ. Далі фіксують перелік часткових критеріїв, що впливають на рішення вибору кожного шляху перевезення на потенціальній схемі графа-решітки [2-4].

Таким чином запропонована методика складається з підготовчих та виконавчих етапів. Підготовчі кроки реалізуються на принципах самонавчання та адаптації до змінних умов СДС. Штучний інтелект при розв'язках практичних задач транспортної галузі у межах відпо-

відальності СНУР ВТЗ здійснює символічні перетворення континуального простору оригінала ЗРЗ у дискретний простір цілочисельного графа-решітки на базі обраних одиничних квадратів. Декомпозиція глобального простору на уніфіковану граф-решітку забезпечує високу швидкість пошуку цілісного маршруту з урахуванням множини всіх суттєвих критеріїв та обмежень [11,12]. Дооптимізація реалізується на етапах локального урахування особливостей конкретного кластера, яким є одиничний нормалізований квадрат.

Висновки:

1. Розроблена комплексна методика цільової орієнтації та визначення безпечно-раціонального маршруту руху транспортних засобів забезпечує швидке урахування ситуативних змін локальних оцінок ваги різних критеріїв ефективності відповідно до природних та соціотехнічних факторів впливу у межах СДС зони відповідальності СНУР.
2. Унімодальне відображення у вигляді стандартних квадратів, сторони яких однорідні за одиничним інтервалом зв'язків між вершинами, забезпечує формування дискретної граф-решітки, яка покриває повний простір зони розв'язку глобальної задачі стосовно різноманітних особливостей руху ВТЗ.
3. Локальні кластерні особливості більш детальної декомпозиції у межах стандартного одиничного квадрату, або його околу, дозволяють проводити дооптимізацію з урахуванням дрібних часткових ділянок маршрутів всередині конкретного стандартного квадрату або кластеру.
4. Явне врахування всіх зональних обмежень та локальних факторів впливу забезпечує розв'язок у вигляді послідовного переліка-списку між двома цільовими вузлами, які поєднані безпечно-раціональним маршрутом, що в цілому задовольняє глобальним критеріям та локальним умовам й обмеженням поточного часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баранов Г.Л. Геометричне моделювання в системах навігації і управління об'єктами у складних обставинах руху / Г.Л. Баранов, А.М. Носовський, С.М. Васько // Системи управління, навігації та зв'язку: наукове періодичне видання. – К.: ЦНДІНУ, 2010. – Вип.4(16). – С.2-6.
2. Баранов Г.Л. Активне визначення безпечно-гарантованої траєкторії шляхом структурного моделювання диференціально-ігрових задач в системах навігації і управління рухом об'єктів водного транспорту / Г.Л. Баранов, В.І. Тарасюк, С.М. Васько // Системи управління, навігації і зв'язку. – К.: ЦНДІНУ. 2011. – Вип.2(18) С. 14-18.
3. Баранов Г.Л. Телекомунікаційні технології на транспорті / Г.Л. Баранов, П.Р. Левковець. – К.: НТУ, 2007. – 448с.
4. Ряполов П.Н. Алгоритм поиска пути мобильным объектом в условиях полной неопределенности / П.Н. Ряполов, Н.П. Хавина // Системи управління, навігації і зв'язку. – К.: ЦНДІНУ. 2011. – Вип.4(20) С. 106-109.
5. Николенко С.И. Самообучающиеся системы / С.И. Николенко, А.Л. Тулупьев. – М.: изд-во МЦНМО, 2009. – 288с.
6. Люгер Д.Ф. Искусственный интеллект стратегии и методы решения сложных проблем. пер. с англ / Д.Ф. Люгер. – М.: изд-во дом «Вильямс», 2003. – 864с.
7. Кормен Т. Алгоритмы: построение и анализ. пер. с англ под ред. А. Шеня / Т. Кормен, И. Лейзерсон, Р. Ривест. – М.: МЦНМО: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 2-е изд. – 960с.
8. Fredman M.L. Data Structures for Traveling Salesman / M.L. Fredman, D.S. Johnson, L.A. McGeoch // *J. ALGORITHMS* 18 – 1995. – P.432-479.
9. Базилевич Р. Використання алгоритмів локальної оптимізації для розв'язання задачі комівояжера з кластерним розподілом точок / Р. Базилевич, Р. Дюпа, Р. Кутельних // Вісник НУ «Львівська політехніка», Комп'ютерні науки та інформаційні технології, №565, - Львів, 2006, с.207-212.
10. Contour Tracing Algorithms. <http://www.cs.mcgill.ca/~ughnei/alg.html>.

11. Воронин А.М. Многокритериальный синтез динамических систем / А.Н. Воронин отв ред. Павлов В.В.: АН України, Ін-т кібернетики ім.В.М. Глушкова. – Киев: Наук.думка,1992. – 160с.
12. Мушик Э. Методы принятия технических решений /Э.Мушик, П.Мюллер: пер с нем. – М.:Мир. 1990 – 208с.

G.L. Baranov, V.L. Mironova, V.I. Tarasyk.

THE ROUTING TECHNOLOGY IN THE LIABILITY OF NAVIGATION AND TRAFFIC OF THE HIGH SPEED VEHICLE

A method of target orientation and determination of the vehicles route with the comprehensive evaluation of the operational local states areas of the transport complex is developed. The characteristics of algorithmic software that uses the database are updated to the environment and land transport network is given. The phase space area solving transport problems reflects the sampled graph-lattice.

Keywords: *technology, navigation, control, shipping, path, multi-factor influences, the restrictions on movement, route.*

Г.Л. Баранов, В.Л. Миронова, В.И. Тарасюк

ТЕХНОЛОГИЯ МАРШРУТИЗАЦИИ В ЗОНЕ ОТВЕТСТВЕННОСТИ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Разработана технология определения маршрута транспортных средств с учетом комплексной оценки оперативных локальных состояний участков акваторий внутреннего водного пути в пределах зоны ответственности существующих систем навигации и управления движением. Дана характеристика алгоритмического обеспечения и базы данных по состояниям окружающей среды. Фазовое пространство зоны решения задач отражают квадраты дискретизованной граф-решетки.

Ключевые слова: *технология, навигация, управление, судоходство, траектория, многофакторность влияний, ограничения на движение, маршрут.*

УДК 656.61.052.1

Тихонов И.В.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ НАВИГАЦИИ “E-NAVIGATION” НА МИРОВОМ ФЛОТЕ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА

В статье рассматриваются предпосылки и этапы создания системы комплексной электронной навигации e-Navigation в современном морском судоходстве, направленной на повышение безопасности мореплавания и предотвращения загрязнения окружающей среды, составные части этой системы и основные преимущества для мирового судоходства при ее внедрении.

Ключевые слова: *безопасность, системы управления, навигация, электронная картография, радиосвязь, навигационный комплекс, подготовка персонала.*