

**Литература**

1. Бурьлин Я.В. Идентификация нелинейной модели движения судна и адаптивное управление по траектории [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.19. – Новороссийск, РИО ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2018. – 24 с.
2. Бурьлин Я.В. Выбор структуры математической модели идентификации судна [Текст]// Эксплуатация морского транспорта. - 2019. - №2(91). – С. 64 – 68.
3. Мироненко, А.А. Методология формализации навигационной обстановки, планирования маршрута и программных траекторий движения судна [Текст]: автореф. дис. д-ра. техн. наук: 05.22.19. –Новороссийск, 2016. – 48 с.
4. Кондратьев А.И., Худяков О.А., Попов А.Н. О необходимости внедрения беспилотных судов в торговый флот России [Текст]// Транспортное дело России. - 2016. - №6(127). – С. 138 – 140.
5. URL:<http://ria.ru/20190731/1557043190.html>.
6. Емец К.А. Мореходные таблицы [Текст]/К.А. Емец, Н.М. Груздев, Э.С. Бородин, В.Н. Костин. – СПб.: ГУНИО МО РФ. – 2002. – 623 с.

**Bibliography**

1. Burylin Y.V. Identifikaciya nelinejnoj modeli dvizheniya sudna i adaptivnoe upravlenie po traektorii [Text]/ avtoref. dis. kand. tekhn. nauk: 05.22.19. - Novorossijsk. - 2018. - 24 s.
2. Burylin Y.V. Vybory struktury matematicheskoj modeli identifikacii sudna [Text]// Ekspluatatsiya morskogo transporta. - 2019. - №2(91). – S. 64 – 68.
3. Mironenko, A.A. Metodologiya formalizacii navigacionnoj obstanovki, planirovaniya marshruta i programnyh traektorij dvizheniya sudna [Text]: avtoref. dis. d-ra. tekhn. nauk: 05.22.19. –Novorossijsk, 2016. – 48 s.
4. Kondrat'ev A.I., Hudyakov O.A., Popov A.N. O neobhodimosti vnedreniya bespilotnyh sudov v torgovyy flot Rossii [Text]// Transportnoe delo Rossii. - 2016. - №6(127). – S. 138 – 140.
5. URL:<http://ria.ru/20190731/1557043190.html>.
6. Emec K.A. Morekhodnye tablicy [Text]/ K. A. Emec, N. M. Gruzdev, E. S. Borodin, V. N. Kostin. – SPb.: GUNIO MO RF. – 2002. – 623 s.

УДК: 656.6

DOI: 10.34046/aumsuomt92/8

## КЛЕТОЧНО-АВТОМАТНАЯ МОДЕЛЬ БЕЗОПАСНОГО НЕОРГАНИЗОВАННОГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

*А. В. Фролов, начальник класса кафедры АИС*

*Е. С. Фролова, аспирант*

*В современном водно-транспортном движении, потоках на реках, морях, местах встречи неорганизованных потоков малых судов или местах, где возможны некоторые препятствия, необходимы особые меры безопасности. Для управления такими потоками, актуальны критерии, политика безопасности, моделирование потоков. Причем, моделирование, учитывающее критерии безопасности высокоинтенсивных потоков, моделирование с применением ситуационных сценариев, позволяющих проигрывать различные, особенно, незапланированные ситуации.*

*Рост эффективности судовождения на оживленных, особенно, речных магистралях при интенсивном использовании транспорта, повышение эффективности перевозок требует учета критических факторов: интенсивности грузопотока; климатических (ветер, осадки и др.); взаимодействий с береговыми объектами (портами назначения, лоцманскими службами и др.); адаптации рассчитываемых параметров движения, например, скорости с учетом ветра, волны, видимости и др.*

*В данной работе указанная проблема моделируется, исследуется с использованием аппарата клеточных автоматов. Их использование актуально для «ухода» от нелинейности, алгоритмической сложности процессов. Клеточные автоматы показали в этом свою эффективность в газодинамических и потоковых задачах. Данный метод позволяет снизить сложность за счет линеаризации задач и уменьшения алгоритмической сложности, применения динамических имитационных моделей.*

**Ключевые слова:** клеточный автомат, моделирование, безопасное движение, водный транспорт, судно

In modern water transport, flows on rivers, seas, places of unorganized flows of small ships or places where some obstacles are possible, special security measures are needed. To manage such flows, relevant criteria, security policy, modeling flows. Moreover, modeling, taking into account the safety criteria of high-intensity flows, modeling using situational scenarios, allowing to play various, especially, unplanned situations.

The increase in the efficiency of navigation on busy, especially river highways with intensive use of transport, improving the efficiency of transportation requires consideration of critical factors: the intensity of cargo traffic; climatic (wind, precipitation, etc.); interactions with onshore facilities (ports of destination, pilotage services, etc.); Adaptation of calculated motion parameters, for example, speed with regard to wind, waves, visibility, etc.

In this paper, this problem is modeled and investigated using the cellular automata apparatus. Their use is relevant for the "departure" from nonlinearity, the algorithmic complexity of processes. Cellular automata have shown their efficiency in this in gas-dynamic and flow problems. This method allows to reduce the complexity due to the linearization of tasks and reduction of algorithmic complexity, the use of dynamic simulation models.

**Keywords:** cellular automaton, modeling, safe movement, water transport, vessel.

**Введение**

Чтобы выработать критерии, политику безопасности неорганизованных высокоинтенсивных потоков на водных магистралях необходимо управление, базирующееся на моделировании потоков, позволяющее снизить сложность и перейти к линейным моделям.

Как указано в [1] для моделирования нелинейных задач, являющихся аналогами газодинамических задач, можно привлечь аппарат клеточных автоматов [2], позволяющий «уйти» от нелинейности задач. Это возможно за счет применения динамических линейных имитационных моделей (рис. 1).



Рисунок 1 – Пример системы управления (<http://www.itamain.com/shell.php?id=27>)

Повышение эффективности судовождения – актуальная проблема на оживленных морских, но особенно, речных магистралях. Мера интенсивности использования транспорта, потоков – различна, а эффектность перевозок растет. Требуется надежность перевозок, снижение рисков срыва сроков поставок, аварий, неоптимальных параметров движения и др. Традиционные экономико-математические модели не могут учесть всей динамичности, сложности, системы рисков, неопределенностей. Часто не могут учитываться критические факторы, например, к которым относятся [3, 4]:

- 1) нестационарность окружения (интенсивности грузопотока);
- 2) неоднородность условий (глубина, климат);
- 3) усложнение взаимодействий судов и береговых объектов;
- 4) риски экстремальных, аварийных ситуаций;
- 5) динамическая адаптация характеристик судов, необходимость имитационных расчетов параметров движения с учетом вероятностных данных (ветер, волна, видимость и др.).

**Формализация задачи клеточными автоматами**

Поле, где происходит движение неорганизованных целенаправленно перемещающихся групп – клеточное. На клеточном поле имеются непреодолимые препятствия. Само поле задается ортогональной сеткой. В каждой клетке возможно нахождение судна или препятствия, а также возможно передвижение (если нет препятствия) «влево», «вправо», «вниз», «вверх», строго в одном направлении. При наличии в клетке препятствия выбирается направление, по которому препятствие влияет минимально.

Пусть  $\tau$  – расстояние «просмотра», анализа обстановки в потоке и выбора направления, с минимальным количеством транспортных средств или препятствий. Поле отождествляем с парой матриц  $(F, V)$ , где  $F = \| f_{ij} \|, i, j \in Z, f_{ij} \in \{0,1,2,3,4\}, V = \| V_{ij} \|, V_{ij} \in \{0,1\}$ , а значение «0» - отсутствие транспорта (F) или препятствия (V), а значение «1» - его наличие.

Рассматриваем окрестность типа автоматов фон Неймана: соседними клетке  $(i, j)$  считаются (рис.2) клетки «слева» -  $(i - 1, j)$ , «справа» -  $(i + 1, j)$ , «сверху» -  $(i, j + 1)$  и «снизу» -  $(i, j - 1)$ .

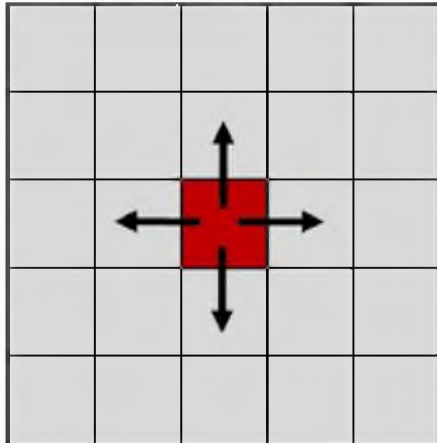


Рисунок 2 – Возможные направления движения из текущей клетки

Точку (ячейку)  $(a, b)$  обозначим  $A$ , тогда  $\bar{A}$  – инверсия этой точки, изменение направления на противоположное:

$$C = (i, j), \bar{C} = (i, j), \\ W = (i - 1, j), \bar{W} = (i + 1, j).$$

Аналогично,

$$E = (i + 1, j), \bar{E} = (i - 1, j), \\ S = (i, j - 1), \bar{S} = (i, j + 1), \\ N = (i, j + 1), \bar{N} = (i, j - 1).$$

При этом, для соседних ячеек верны условия:

$$f_{i-1,j} = f_{ij}(W), \quad f_{i+1,j} = f_{ij}(E), \quad f_{i,j-1} = f_{ij}(S), \\ f_{i,j+1} = f_{ij}(N), \quad f_{ij} = f_{ij}(C).$$

Аналогично для элементов матрицы  $V$ :

$$V_{i-1,j} = V_{ij}(W), \quad V_{i+1,j} = V_{ij}(E), \quad V_{i,j-1} = V_{ij}(S), \\ V_{i,j+1} = V_{ij}(N), \quad V_{ij} = V_{ij}(C).$$

Необходимы следующие правила соседства и передвижения:

1) Запрет на перемещение в занятую клетку.

2) Анализ окружающих клеток судами в группе. Если соседняя клетка занята – запрет на продвижение в эту клетку (п.1). Оставшиеся клетки просматриваются «в глубину» - на расстояние  $\tau$  [5].

3) Движение индивидов группы. Задаем потоки, увеличивая вероятности движения в нужном направлении.

4) Конфигурирование поля. Закон конфигурации клеточно-автоматного поля зададим рекуррентно [6]:

$$F_{n+1} = \varphi(F_n), \quad \varphi = \varphi_2 \circ \varphi_1$$

Отображение  $\varphi_1$  задает перемещение на свободные клетки (на одно свободное место может найтись до 4 «претендентов»).

Отображение  $\varphi_2$  разрешает проблему «перенаселенности» клеток, задается алгоритмически. Используем следующую процедуру (алгоритм) моделирования:

- 1) если  $\varphi_1(f_{ij}) \leq 1$ , то – к п.5;
- 2) если  $V_{ij}^{(\alpha)} \varphi_1(f_{ij}^{(\alpha)}) \neq 0$ , то  $\alpha = RND$  (генератор случайных чисел);
- 3) изменить состояния клеток поля:
  - i.  $\varphi_1(f_{ij}^{(\alpha)}) = 1, \varphi_1(f_{ij}) = \varphi_1(f_{ij}) - 1$ ;
- 4) перейти к п.2;
- 5) положить  $\varphi_2(\varphi_1(f_{ij})) = \varphi_1(f_{ij})$ .

Данная процедура легкорезализуема в любой среде программирования.

### Заключение

При указанном моделировании каждое судно перемещается в выбранном направлении, обходя препятствия в направлении, которые наиболее свободно для передвижения. Например, в качестве преобразования  $\varphi$  можно взять повороты (при заторах), уходы (при опасности столкновения) и др.

### Литература

1. Малинецкий Г.Г., Степанцов М.Е. Применение клеточных автоматов для моделирования группы моделей // Журнал вычисл. мат. и мат. физ. – 2004. – №11. – С. 2094-2098.
2. Тоффоли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов. – М.: Мир, 1991. – 283 с.
3. Бахарев А.А., Косоротов А.В., Крестьянцев А.Б., Торовик О.В., Топаж А.Г. Повышение эффективности работы систем водного транспорта с помощью динамического имитационного моделирования // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – №4(59). – С. 33-36.
4. Топаж А.Г., Торовик О.В., Косоротов А.В., Бахарев А.А. Программный комплекс имитационного моделирования для проектирования и анализа морских транспортных систем // Тр. 3-й международной науч.-практ. конф. «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем (ИКММТМС 2015)». – СПб. – 2015. – С.143–147.
5. Малинецкий Г.Г., Степанцов М.Е. Моделирование динамики движения толпы при помощи клеточных автоматов с окрестностью Марголуса // Изв. вузов. Прикл. нелинейная динамика. – 1997. – т.5, №5. – С.75-79.
6. Степанцов М.Е. Моделирование динамики движения группы людей на основе решеточного газа с нелокальными взаимодействиями // Изв. вузов. Прикл. нелинейная динамика. – 1999. – т.7. – №5. – С.44-46.

### References

1. Malineckij G.G., Stepancov M.E. Primenenie kletochnyh avtomatov dlja modelirovaniya grupy

- modelej // Zhurnal vychisl. mat. i mat. fiz., 2004, №11, s.2094-2098.
- Toffoli T., Margolus N. Mashiny kletochnyh avtomatov. –M.: Mir, 1991. – 283s.
  - Baharev A.A., Kosorotov A.V., Krest'jancev A.B., Torovik O.V., Topazh A.G. Povyshenie jeffektivnosti raboty sistem vodnogo transporta s pomoshh'ju dinamicheskogo imitacionnogo modelirovanija // Transport Rossijskoj Federacii, №4(59), 2015, s.33-36.
  - Topazh A.G., Tarovik O.V., Kosorotov A.V., Baharev A.A. Programmyj kompleks imitacionnogo modelirovanija dlja proektirovanija i analiza morskikh transportnyh sistem // Tr. 3-j mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. «Imitacionnoe i kompleksnoe modelirovanie morskoy tehniky i morskikh transportnyh sistem (IKM MTMTS 2015)». –SPb. 2015. s.143–147.
  - Malineckij G.G., Stepancov M.E. Modelirovanie dinamiki dvizhenija tolpy pri pomoshhi kletochnyh avtomatov s okrestnost'ju Margolusa // Izv. vuzov. Prikl. nelin. dinamika. 1997, t.5, №5, s.75-79.
  - Stepancov M.E. Modelirovanie dinamiki dvizhenija gruppy ljudej na osnove reshetochnogo gaza s nelo-kal'nymi vzaimodejstvijami // Izv. vuzov. Prikl. nelin. dinamika. 1999, t.7, №5, s.44-46.

УДК: 624.02

DOI: 10.34046/aumsuomt92/9

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РЕФРИЖЕРАТОРНЫМИ ТЕРМИНАЛАМИ

*Я.Я. Элит, доктор технических наук, профессор  
А.В. Андорская, старший преподаватель  
О.Ю. Огальцова, инженер  
А.А. Дмитриев, аспирант*

Представлен методический подход к оценке эффективности управления рефрижераторными терминалами. В связи с тем, что проблема управления работой любой транспортно-технологической системы во многом зависит от правильного использования системы показателей в статье установлена определенная система связи между используемыми показателями, которые разделены на предлагаемые уровни.

**Ключевые слова:** эффективность управления, судоходная компания, рефрижераторный груз, показатели, уровни показателей.

A methodical approach to assessing the efficiency of management of refrigerated terminals is presented. Due to the fact that the problem of management of any transport and technological system is largely the envy of the correct use of the system of indicators in the article a certain system of communication between the indicators used, which are divided into the proposed levels.

**Keywords:** management efficiency, shipping company, refrigerated cargo, indicators, levels of indicators.

### 1. Введение

Настоящая работа посвящена вопросу оценки эффективности управления рефрижераторными терминалами. Интерес к данной теме представляется обоснованным так как она тесно связана с важнейшими факторами, на которые обращают внимание участники внешнеторговой деятельности. К ним относятся [1, с. 5]:

- сокращение транспортных издержек;
- скорость оборота капитала, зависящая от транзитного времени доставки грузов;
- надежность транспортной системы.

Повышение качества управления рефрижераторными терминалами позволит компаниям в большей степени соответствовать требованиям вышеприведенных критериев, что положительно скажется на конкурентоспособности.

Эффективность управления рефрижераторными терминалами во многом зависит от адекватности применяемой системы показателей, которые являются индикаторами перспективного и

оперативного состояния судоходной компании [5, с. 59]. Показатели соответствуют определенному уровню целей в едином процессе развития транспортного предприятия [5, с. 59]. Поэтому следует установить иерархию взаимосвязи и взаимозависимости показателей, являющихся характеристиками соответствующих целей и целей-средств по достижению вышестоящих целей [5, с. 59-60]. Для этого основные показатели оценки эффективности управления рефрижераторными перевозками должны быть разделены на несколько групп в соответствии с уровнем поставленных целей [5, с. 60].

Целью работы является вывод о рассмотрении корректной системы распределения показателей оценки эффективности управления рефрижераторными терминалами и комплексности методов их расчета.

К задачам относятся: