

УДК 656.61.052

COMPARISON OF MODELS OF ESTIMATION OF PROBABILITY OF WIRING OF SHIP BY THE STRAITENED ROUTE

СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ПРОВОДКИ СУДНА СТЕСНЕННЫМ МАРШРУТОМ

V.V. Severin, *PhD student*

В. В. Северин, *аспирант*

National University «Odessa Maritime Academy», Ukraine

Национальный университет «Одесская морская академия», Украина

ABSTRACT

Showed results of imitation design of estimation of authenticity of wiring of ship by the compressed route with the help of two different models, thus one of them uses the closeness of distributing of vector's error of ship, and other is based on the closeness of error of her lateral declination. It is carried out comparison of the got values of probabilities and confirmed legitimacy of the use of estimation of authenticity of wiring of ship on the compressed route by simpler model with the use of closeness of error of she lateral declination.

For the first method of estimation of authenticity of the accident-free sailing of ship on the chosen route the mathematical model of closeness of distributing of vector's error of ship and description of region of the safe sailing is used, wiring of ship is formalized thus, as stochastic process of Markov. Second method of estimation of authenticity of the accident-free sailing of ship by the compressed route it is formalized with the help of model to the closeness of error of his lateral deviation from the programmatic trajectory of motion and with the use of description of region of the safe sailing and programmatic trajectory of motion of ship, which is characterized by the conciseness of region and change of trajectory.

For each of models the imitation program was developed, with the help of which for the same compressed route of sailing, which includes the scopes of region of the safe sailing and programmatic trajectory of motion of ship, the calculation of authenticity of the safe wiring of ship was conducted by the compressed route with the help of both models, and the got results were compared. In work estimation of authenticity of the safe wiring of ship was conducted by the compressed route for five routes with different descriptions of conciseness of safe region and change of programmatic trajectory, and also exactness of wiring of ship. In quality an example in work resulted the detailed analysis of two routes.

As a result of comparison of the probabilities safe wiring of ship by the compressed route for five routes, got on both models appear that a middle relative difference between estimations of the probabilities safe wiring of ship on both models makes 0,3 %, that confirms legitimacy of estimation of authenticity of the safe wiring

of ship by the compressed route by a model with the use to the closeness of error of she lateral declination.

Keywords: navigation accident rate, closeness of distributing, estimation of probability of the safe wiring, imitation design.

РЕФЕРАТ

Приведені результати імітаційного моделювання оцінки вірогідності проводки судна стислим маршрутом з допомогою двох різних моделей, причому одна із них використовує двомірну щільність розподілу векторіальної похибки судна, а інша базується на одномірній щільності похибки його бокового відхилення. Здійснено порівняння одержаних значень вірогідностей і підтверджена правомірність використання оцінки вірогідності проводки судна по стислому маршруту більш простою моделлю з використанням одномірної щільності похибки його бокового відхилення.

Для першого способу оцінки вірогідності безаварійного плавання судна по вибраному маршруту використовується математична модель двомірної щільності розподілу векторіальної похибки судна та двомірний опис області безпечного плавання, причому проводку судна формалізовано, як марківський стохастичний процес. Другий спосіб оцінки вірогідності безаварійного плавання судна стислим маршрутом формалізовано з допомогою моделі одномірній щільності похибки його бокового відхилення від програмної траєкторії руху та з використанням одномірного опису області безпечного плавання і програмної траєкторії руху судна, який характеризується стислістю області та зсувом траєкторії.

Для кожної із моделей була розроблена імітаційна програма, з допомогою яких для одного и того ж стислого маршруту плавання, який включає межі області безпечного плавання та програмну траєкторію руху судна, проводився розрахунок вірогідності безпечної проводки судна стислим маршрутом з допомогою обох моделей, а одержані результати порівнювались. В роботі проводилась оцінка вірогідності безпечної проводки судна стислим маршрутом для п'яти маршрутів з різними характеристиками стислості безпечної області та зсуву програмної траєкторії, а також точністю проводки судна. В якості прикладу в роботі приведені детальний аналіз двох маршрутів.

В результаті порівняння вірогідностей безпечної проводки судна стислим маршрутом для п'яти маршрутів, одержаних по обом моделям виявилось, що середня відносна різниця між оцінками вірогідностей безпечної проводки судна по обох моделях становить 0,3 %, що підтверджує правомірність оцінки вірогідності безпечної проводки судна стислим маршрутом за допомогою моделі з використанням одномірній щільності похибки його бокового відхилення.

Ключові слова: навігаційна аварійність, одномірна та двомірна щільності похибки, вірогідності безпечної проводки, імітаційне моделювання.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами

Обеспечение безопасности судовождения в стесненных районах плавания является одной из наиболее актуальных проблем. Решение этой проблемы способствует снижению числа аварий, возникающих по причине посадок судов на мель и навалов на причал, чего возможно достичь анализом математической модели формирования вероятности безаварийного плавания судна по выбранному маршруту, который позволяет выявить существенные факторы и предупредить их отрицательное влияние на безопасность процесса судовождения.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

В работах [1] и [2] впервые рассматривались вопросы по оценке надежности судовождения в узкости, когда судно следовало мимо точечных навигационных опасностей, а обоснованию критерия навигационной безопасности посвящена работа [3].

Два подхода к оценке вероятности безаварийного плавания судна в стесненном районе рассмотрены в работе [4] и показана их эквивалентность, а в работе [5] предложена количественная оценка навигационной безопасности поворота судна в стесненных условиях плавания, выраженная в вероятностной мере. Разработка процедуры оценки вероятности безаварийного плавания судна в стесненных водах рассмотрена в работах [6, 7].

Формулировка целей статьи (постановка задачи)

Целью статьи является сравнение с помощью имитационного моделирования различных моделей оценки вероятности поводки судна стесненным маршрутом и доказательство их эквивалентности.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов

В работе [4] получены два способа оценки вероятности безаварийного плавания судна по выбранному маршруту: применением математической модели двумерной плотностью распределения векториальной позиционной погрешности и с помощью модели с одномерной плотностью распределения бокового отклонения судна от программной траектории движения. Для каждой из моделей была разработана имитационная программа, с помощью которой для одного и того же маршрута плавания, включающего границы безопасной области плавания и программную траекторию движения судна, производился расчет вероятности безопасной поводки судна заданным маршрутом по обеим моделям и полученные результаты сравнивались. Обозначим вероятность, полученную по модели одномерной плотности, через P_1 , а по модели двумерной плотности – через P_2 . С помощью имитационной компьютерной программы вначале формировался стесненный маршрут плавания судна, для чего вводились массивы границ области безопасного плавания и программная

траектория плавания судна. Для выбранного маршрута выбиралось значение с.к.о. и принималось, что погрешности подчиняются нормальному закону распределения. Затем производился расчет оценки вероятности P_2 безопасной проводки судна.

С помощью разработанной компьютерной программы были определены одномерные характеристики выбранного стесненного маршрута, к которым относятся его стесненность и смещенность программной траектории, позволяющие произвести оценку вероятности безопасного плавания P_1 по одномерной модели.

Оценка вероятности безопасной проводки судна производилась по пяти маршрутам. В качестве примера приведем подробный анализ двух маршрутов. Вначале формировался маршрут 1, для которого выбиралось значение с.к.о. равное 5. Затем производился расчет оценки вероятности P_2 безопасной проводки судна стесненным маршрутом 1, что показано на рис. 1, при этом получено значение вероятности $P_2 = 0,484$.

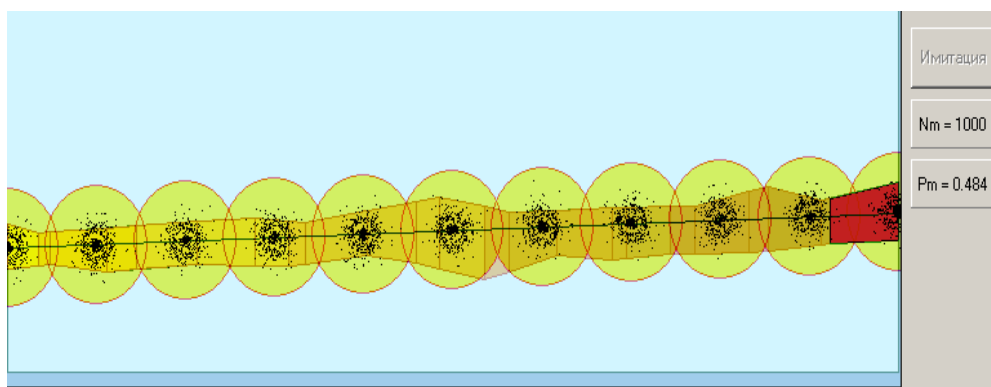


Рис. 1. Оценка вероятности P_2 проводки маршрутом 1

С помощью разработанной компьютерной программы были определены одномерные характеристики маршрута 1, которые позволили произвести точную оценку вероятности безопасного плавания P_1 по одномерной модели, причем, как следует из рис. 2, $P_1 = 0,487$. Значения вероятностей P_1 и P_2 проводки судна маршрутом 1 очень близки, - они практически равны.

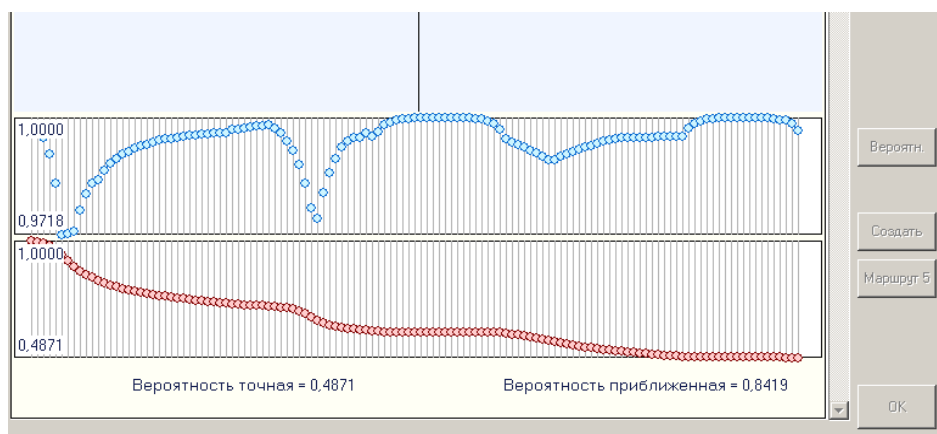


Рис. 2. Оценка вероятности P_1 проводки судна маршрутом 1

Также приведем подробную информацию по безопасности проводки судна маршрутом 3, особенностью которого является меньшая степень стесненности относительно прежних маршрутов. Для расчета вероятностей безопасной проводки судна по данному маршруту принималась точность $\sigma=4,3$. Вероятность P_2 , оценивалась моделью с двумерной плотностью векториальной погрешности и составила 0,982 (рис. 3). Альтернативная оценка безопасности плавания маршрутом 3 с помощью вероятности P_1 моделью одномерной плотности распределения погрешности бокового

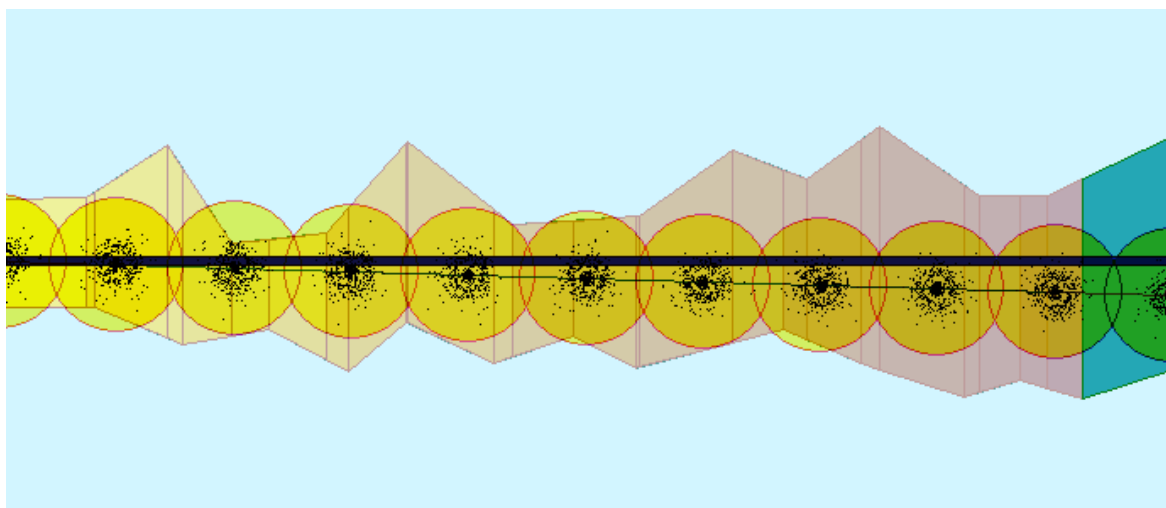


Рис. 3. Оценка вероятности P_2 при плавании судна маршрутом 3

отклонения, как показано на рис. 4, составила $P_1 = 0,9818$, которая практически совпадает с вероятностью P_2 для этого случая.

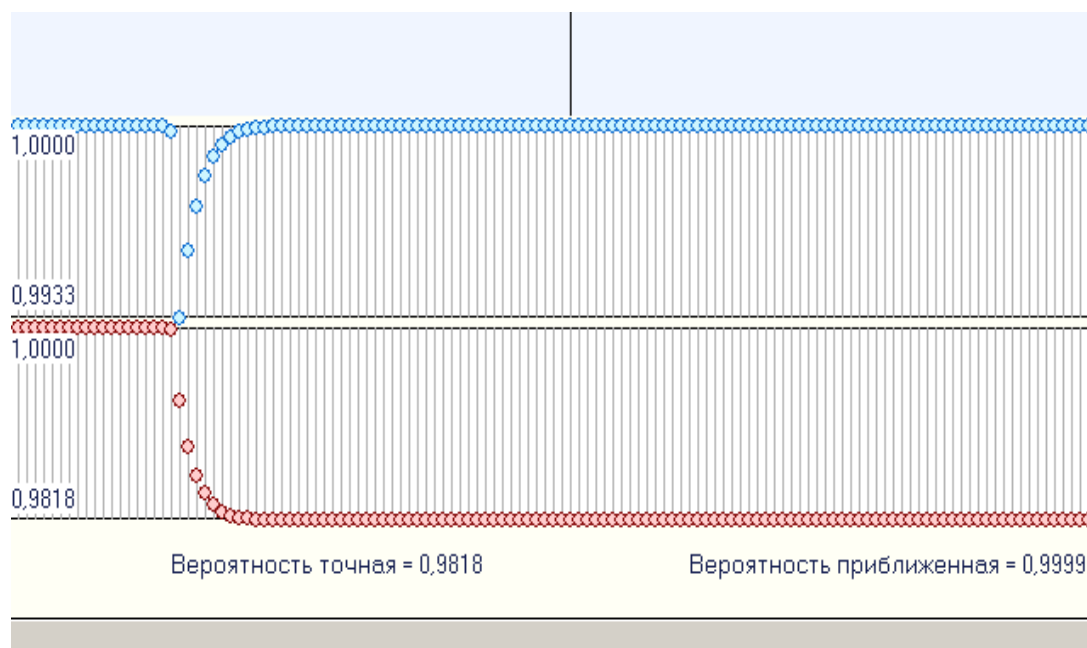


Рис. 4. Оценка вероятности P_1 безопасной проводки судна маршрутом 3

Обобщим полученные результаты оценки вероятности безопасной проводки судна по всем пяти маршрутам с помощью обеих моделей и представим их в табл. 1.

Таблица 1. Результаты оценки вероятности безопасной проводки судна

Маршрут	1	2	3	4	5
P_1	0,487	0,543	0,9818	0,9179	0,8149
P_2	0,484	0,546	0,982	0,916	0,817
δP (%)	0,6	0,5	0,02	0,2	0,3

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению

Таким образом, как следует из табл. 1, средняя относительная разница δP между оценками вероятности проводки судна по обоим моделям составляет 0,3 %, что подтверждает правомерность оценки вероятности проводки судна по стесненному маршруту моделью с применением одномерной плотности распределения погрешности бокового отклонения. В дальнейшем целесообразно рассмотреть погрешности, возникающие от влияния других факторов и влияющие на безопасность судовождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашихин В.Т. Определение места судна / В.Т. Кондрашихин - М.: Транспорт, 1989. - 230с.
2. Груздев Н.М. Оценка точности морского судовождения / Н.М. Груздев - М.: Транспорт, 1989. - 192 с.
3. Мельник Е.Ф. Обоснование выбора критерия навигационной безопасности судовождения/ Е.Ф. Мельник // Судовождение. - 2002. - № 5. - С. 65-73.
4. Ворохобин И.И. Эквивалентность оценки вероятности безаварийного плавания судна в стесненном районе / И.И. Ворохобин., В.В. Северин, Ю.В. Казак // Судовождение: Сб. научн. трудов. / ОНМА, Вып. 25. - Одесса: «ИздатИнформ», 2015 - С. 47-55.
5. Чапчай Е.П. Количественная оценка навигационной безопасности поворота судна в стесненных условиях плавания/ Е.П. Чапчай // Судовождение. - 2005. - № 10. - С. 148 - 152.
6. Ворохобин И.И. Процедура оценки вероятности безаварийного плавания судна в стесненных водах/ И.И. Ворохобин., В.В. Северин. // Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. - 2014. - № 4. - С. 119 - 126.
7. Ворохобин И.И. Количественная оценка безопасности судовождения / И.И. Ворохобин, В.В. Северин, Ю.В. Казак // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. - 2015. - Вып. 21. Одесса: ОНМА. - С. 34-39.