

МЕТОД ФОРМАЛИЗОВАННОЙ ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ

METHOD OF FORMALIZED ASSESSMENT OF COMPLEXITY OF NAVIGATIONAL SITUATION

Обоснован метод формализованной количественной оценки сложности навигационной ситуации как совокупности различных компонент. Описана область возможного применения метода.

Method of formalized quantitative assessment of complexity of navigational situation as a combination of different components was justified. The scope of possible application of the method was described.

Ключевые слова: навигационная ситуация, сложность, метод количественной оценки, сфера применения.

Key words: navigational situation, complexity, method of quantitative assessment, scope of application.

ПОНЯТИЕ «навигационная ситуация» часто встречается при расследовании происшествий на море, анализе безопасности плавания судна на определенной акватории, при оценивании работы судоводителя в различных условиях. Именно характер текущей навигационной ситуации во многом определяет навигационную безопасность судна в конкретный момент времени. Вместе с тем ни в практике, ни в теории не существует общепринятых унифицированных методов оценки сложности навигационной ситуации, что делает затруднительным как анализ навигационной безопасности плавания, так и сравнение сложности различных навигационных ситуаций.

В целях разработки такого метода в [1, с. 122–128; 2, с. 17–21] предложено строгое определение навигационной ситуации как совокупности 18 компонент, в числе которых вид акватории, глубина, скорости и направления ветра, течения и др. Идентифицировать каждую из компонент позволяют возможные конечные множества значений, принадлежность к которым можно определить как по качественному, так и по количественному описанию множества (например, к множеству «хорошая видимость» относится видимость от 5 до 10 миль). Каждой компоненте соответствует от двух до пяти множеств, при этом чем больше номер множества, к которому принадлежит текущее значение характеристики компоненты, тем сложнее навигационная ситуация (при прочих равных условиях).

Такая структура понятия позволила положить в основу метода оценки сложности навигационной ситуации следующий количественный критерий:

$$CNS = 1 - (1 - K_2) \cdot (1 - K_3) \cdot \dots \cdot (1 - K_{17}) \cdot (1 - K_{18}), \quad (1)$$

где $K_2, \dots, K_{17}, K_{18}$ — коэффициенты, определяющие состояние соответствующей (за исключением вида акватории) компоненты навигационной ситуации.

Таким образом, основной задачей, которую необходимо было решить при разработке метода, являлось определение трех наборов (для каждого вида акватории) значений коэффициентов $K_{2,1}, K_{2,2}, \dots, K_{17,1}, K_{17,2}, \dots, K_{18,1}, K_{18,2}, K_{18,3}$ (или при иной записи: $K_{i,j}$, где i — номер компоненты; j — номер множества этой компоненты), каждый из которых содержит 54 значения.

На первом этапе решения этой задачи в период с июля по сентябрь 2012 г. автором было проведено экспертное оценивание, описание процедуры и результаты которого представлены в [1]. В итоге были определены ранги $A_{i,j}$ значимости компонент навигационной ситуации для каждого вида акватории и ожидаемые (экспертные) значения CNS для 110 типовых навигационных ситуаций, сгруппированных по видам акватории.

Для определения искомых коэффициентов с использованием результатов экспертного оценивания сделаем допущение, что эти коэффициенты относятся друг к другу так, как представлено в таблице соотношения весов коэффициентов (табл. 1). Для большей наглядности в табл. 2 рассчитаны веса коэффициентов для зоны стесненного плавания.

Таблица 1

Соотношение весов коэффициентов

Номер компоненты	Номер множества			
	1	2	3	4
2	$A_{2,j}$	—	—	—
3	$A_{3,j}/2$	$A_{3,j}$	—	—
4	$A_{4,j}/2$	$A_{4,j}$	—	—
5	$A_{5,j}/4$	$A_{5,j}/2$	$3A_{5,j}/4$	$A_{5,j}$
6	$A_{6,j}/3$	$2A_{6,j}/3$	$A_{6,j}$	—
7	$A_{7,j}/4$	$A_{7,j}/2$	$3A_{7,j}/4$	$A_{7,j}$
8	$A_{8,j}/3$	$2A_{8,j}/3$	$A_{8,j}$	—
9	$A_{9,j}/4$	$A_{9,j}/2$	$3A_{9,j}/4$	$A_{9,j}$
10	$A_{10,j}/3$	$2A_{10,j}/3$	$A_{10,j}$	—
11	$A_{11,j}/4$	$A_{11,j}/2$	$3A_{11,j}/4$	$A_{11,j}$
12	$A_{12,j}/4$	$A_{12,j}/2$	$3A_{12,j}/4$	$A_{12,j}$
13	$A_{13,j}/3$	$2A_{13,j}/3$	$A_{13,j}$	—
14	$A_{14,j}/3$	$2A_{14,j}/3$	$A_{14,j}$	—
15	$A_{15,j}/3$	$2A_{15,j}/3$	$A_{15,j}$	—
16	$A_{16,j}/4$	$A_{16,j}/2$	$3A_{16,j}/4$	$A_{16,j}$
17	$A_{17,j}/4$	$A_{17,j}/2$	$3A_{17,j}/4$	$A_{17,j}$
18	$A_{18,j}/3$	$2A_{18,j}/3$	$A_{18,j}$	—

Таблица 2

Веса коэффициентов для зоны стесненного плавания

Номер компоненты	Номер множества			
	1	2	3	4
2	12,68	—	—	—
3	5,89	11,77	—	—
4	5,89	11,77	—	—
5	2,02	4,03	6,05	8,07
6	1,64	3,29	4,93	—
7	1,22	2,44	3,66	4,89
8	0,98	1,95	2,93	—
9	1,90	3,81	5,71	7,61
10	1,67	3,33	5,00	—
11	4,03	8,07	12,10	16,14
12	1,31	2,63	3,94	5,25
13	2,72	5,44	8,16	—
14	4,86	9,73	14,59	—
15	7,00	14,00	21,00	—
16	2,86	5,72	8,57	11,43
17	2,39	4,78	7,18	9,57
18	1,37	2,74	4,11	—

Окончательно вариацией значений коэффициентов (учитывая, что при изменении одного любого значения изменяются все остальные) были получены такие группы коэффициентов для каждого вида акватории, которые при расчете по выражению (1) сложности включенных в опросные листы навигационных ситуаций давали наименьшую СКП по отношению к ожидаемым (экспертным) значениям CNS, полученным по результатам экспертного оценивания. Все рассчитанные коэффициенты сведены в табл. 3. При этом СКП составили: для коэффициентов, подлежащих к использованию в зоне открытого моря, — 0,108; в зоне прибрежного плавания — 0,103; в зоне стесненного плавания — 0,139.

Таблица 3

Расчетные коэффициенты

Номер компоненты	Вид акватории	Номер множества			
		1	2	3	4
2	$j = 1$	0,019	—	—	—
	$j = 2$	0,156	—	—	—
	$j = 3$	0,231	—	—	—
3	$j = 1$	0,009	0,019	—	—
	$j = 2$	0,114	0,228	—	—
	$j = 3$	0,107	0,214	—	—
4	$j = 1$	0,041	0,082	—	—
	$j = 2$	0,085	0,170	—	—
	$j = 3$	0,107	0,214	—	—
5	$j = 1$	0,040	0,081	0,121	0,161
	$j = 2$	0,044	0,088	0,132	0,176
	$j = 3$	0,037	0,073	0,110	0,147
6	$j = 1$	0,045	0,091	0,136	—
	$j = 2$	0,036	0,073	0,109	—
	$j = 3$	0,030	0,060	0,090	—
7	$j = 1$	0,045	0,091	0,136	0,181
	$j = 2$	0,044	0,088	0,132	0,177
	$j = 3$	0,022	0,044	0,067	0,089
8	$j = 1$	0,050	0,100	0,150	—
	$j = 2$	0,032	0,065	0,097	—
	$j = 3$	0,018	0,036	0,053	—
9	$j = 1$	0,009	0,018	0,027	0,037
	$j = 2$	0,024	0,047	0,071	0,094
	$j = 3$	0,035	0,069	0,104	0,138
10	$j = 1$	0,010	0,020	0,029	—
	$j = 2$	0,035	0,069	0,104	—
	$j = 3$	0,030	0,061	0,091	—
11	$j = 1$	0,039	0,077	0,116	0,155
	$j = 2$	0,067	0,135	0,202	0,269
	$j = 3$	0,073	0,147	0,220	0,293
12	$j = 1$	0,028	0,056	0,084	0,112
	$j = 2$	0,043	0,086	0,128	0,171
	$j = 3$	0,024	0,048	0,072	0,095
13	$j = 1$	0,046	0,091	0,137	—
	$j = 2$	0,065	0,130	0,196	—
	$j = 3$	0,049	0,099	0,148	—
14	$j = 1$	0,030	0,060	0,091	—
	$j = 2$	0,078	0,157	0,235	—
	$j = 3$	0,088	0,177	0,265	—

Таблица 3
(Окончание)

15	$j = 1$	0,023	0,047	0,070	—
	$j = 2$	0,068	0,136	0,204	—
	$j = 3$	0,085	0,170	0,255	—
16	$j = 1$	0,014	0,029	0,043	0,057
	$j = 2$	0,036	0,072	0,108	0,144
	$j = 3$	0,052	0,104	0,156	0,208
17	$j = 1$	0,016	0,032	0,049	0,065
	$j = 2$	0,016	0,032	0,048	0,065
	$j = 3$	0,043	0,087	0,130	0,174
18	$j = 1$	0,002	0,005	0,007	—
	$j = 2$	0,023	0,047	0,070	—
	$j = 3$	0,025	0,050	0,075	—

Рассчитанное по выражению (1) значение CNS позволяет получить еще одну, более удобную для использования в практических целях количественную характеристику навигационной ситуации — ранг ее сложности. В табл. 4 показано, как взаимосвязаны значения CNS, ранг сложности и дано лингвистическое наименование и общее качественное описание навигационных ситуаций рангов.

Покажем на примере использования метода при оценке сложности навигационных ситуаций, имевших место при двух столкновениях судов (табл. 5). Первое из них случилось 7 июня 2006 г. на р. Humber между судами “Samskip Courier” и “Scagern” [4]. Второе — между газовозом “Gas Monarch” и яхтой “Whispa” в Северном море 16 апреля 2007 г. [5, с. 191–208].

Что касается некоторых допущений, сделанных при обосновании метода (например, допущение об отношении весов коэффициентов), то необходимо отметить следующее. Во-первых, допущения в науке применялись неоднократно ранее и их роль известна и велика. Для примера можно привести два допущения, на которых до сих пор строится чуть ли не вся научная парадигма: допущения о трех измерениях и о причинности всех явлений. Многие допущения со временем находят свое обоснование — например гипотеза Пуанкаре. Во-вторых, субъективизм навигационной ситуации позволяет не вычислять некоторые определенные значения и условия (что, впрочем, и не представляется возможным), а задавать их априори, исходя из интуитивного понимания исследуемого феномена, в целях упрощения процедуры разработки метода и для дальнейшей его адекватности и практической применимости. Кроме того, сделанные допущения могут быть опровергнуты только фактами или обоснованными гипотезами, которые в настоящее время отсутствуют.

Таблица 4

Ранги сложности навигационной ситуации и их описание

CNS	Ранг сложности	Лингвистическое наименование рангов и общее описание навигационных ситуаций
от 0,95	10	Критически тяжелые навигационные ситуации. Плавание судна опасно и нежелательно. Велика вероятность гибели судна
от 0,85 до 0,95	9	Тяжелые навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется постоянная предельная концентрация внимания, максимальное проявление знаний, опыта и умения принимать нестандартные решения. Ошибка судоводителя, как правило, приводит к возникновению аварийной ситуации
от 0,75 до 0,85	8	Навигационные ситуации средней тяжести (умеренные). Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется постоянная концентрация внимания, проявление знаний, опыта. Быстрые возвратные действия при совершении ошибки позволяют судоводителю не допустить возникновения аварийной ситуации
от 0,65 до 0,75	7	
от 0,55 до 0,65	6	

Таблица 4
(Окончание)

от 0,45 до 0,55	5	Нормальные навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания судоводителю достаточно действовать в соответствии с общепринятыми алгоритмами, знания о которых получены во время теоретической подготовки. У судоводителя существует достаточно времени для исправления своей ошибки
от 0,35 до 0,45	4	
от 0,25 до 0,35	3	Легкие навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется минимум стандартных действий. Ошибка судоводителя не критична
от 0,15 до 0,25	2	
до 0,15	1	Сверхлегкие навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя, кроме надлежащего наблюдения, каких-либо действий не требуется

Таблица 5

Примеры вычисления ранга сложности навигационной ситуации

i	“Samskip Courier”		“Scagern”		“Gas Monarch”		“Whispa”	
	Состояние компоненты (номер множества)	K_i	Состояние компоненты (номер множества)	K_i	Состояние компоненты (номер множества)	K_i	Состояние компоненты (номер множества)	K_i
1	зона стесненного плавания		зона стесненного плавания		зона прибрежного плавания		зона прибрежного плавания	
2	мелководье (1)	0,231	мелководье (1)	0,231	—	0,000	—	0,000
3	—	0,000	—	0,000	—	0,000	—	0,000
4	—	0,000	—	0,000	—	0,000	—	0,000
5	2 балла (1)	0,037	2 балла (1)	0,037	3 балла (2)	0,088	3 балла (2)	0,088
6	траверзный (3)	0,090	траверзный (3)	0,090	кормовой (2)	0,073	носовой (1)	0,109
7	штиль (0)	0,000	штиль (0)	0,000	2 балла (1)	0,044	2 балла (1)	0,044
8	—	0,000	—	0,000	кормовой (2)	0,065	носовой (1)	0,032
9	3 уз. (2)	0,069	3 уз. (2)	0,069	2 уз. (1)	0,024	2 уз. (1)	0,024
10	встречное (2)	0,069	встречное (2)	0,069	попутное (1)	0,035	встречное (2)	0,069
11	0,2 мили (4)	0,293	0,2 мили (4)	0,293	0,1 мили (4)	0,293	0,1 мили (4)	0,293
12	—	0,000	—	0,000	—	0,000	—	0,000
13	—	0,000	—	0,000	—	0,000	—	0,000
14	(1)	0,088	(1)	0,088	(0)	0,000	(0)	0,000
15	(1)	0,085	(1)	0,085	(1)	0,068	(1)	0,068
16	11,5 уз. (3)	0,156	10 уз. (2)	0,104	14,3 уз. (3)	0,108	4,5 уз. (1)	0,036
17	140,59 м (3)	0,130	106 м (3)	0,130	99 м (2)	0,032	15 м (1)	0,016
18	(2)	0,050	(2)	0,050	—	0,000	—	0,000
CNS		0,757		0,743		0,581		0,523
Ранг		8		7		6		5

Представленный метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации в первую очередь предназначен для оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна посредством матрицы экстремальности, концепция которой предложена в [5, с. 191–208]. Кроме того, метод может быть использован в расчете риска различных операций, связанных с судовождением, при расследовании морских аварий и инцидентов, а в учебных целях — для более глубокого понимания обучающимися сущности понятия «навигационная ситуация». В перспективе возможно включение текущего значения CNS в число данных, необходимых вахтенному помощнику для обеспечения навигационной безопасности плавания судна, с отображением этого значения на специальном индикаторе и с записью динамики изменения CNS в течение рейса в приборе регистрации данных. Реализация подобной перспективы во многом зависит от автоматизации метода, возможность которой очевидна из самой его структуры. При этом автоматизация может быть двух уровней: автоматизация расчета CNS по выражению (1) с ручным вводом всех исходных значений и полная автоматизация, основанная на специальном программном обеспечении, связанном с навигационными, гидрометеорологическими и другими датчиками — источниками необходимой для расчетов информации (лагом, САРП и т. д.).

Список литературы

1. *Ермаков С. В.* Экспертное оценивание как основа построения метода формализованной оценки сложности навигационной ситуации / С. В. Ермаков // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2013. — № 2 (18).
2. *Ермаков С. В.* Формализация и содержание понятия «навигационная ситуация» / С. В. Ермаков // Эксплуатация морского транспорта. — 2012. — № 4 (70).
3. Report on the investigation 6/2007 of the collision between “Skagern” and “Samskip Courier” in the Humber Estuary 7 June 2006. — Southampton: Marine Accident Investigation Branch, 2007. — 65 p.
4. Report on the investigation 25/2007 of the collision between “Gas Monarch” and “Whispa” 6 miles ESE of Lowestoft during the evening of 16 April 2007. — Southampton: Marine Accident Investigation Branch, 2007. — 46 p.
5. *Ермаков С. В.* Концепция матрицы экстремальности / С. В. Ермаков // В мире научных открытий. — 2012. — № 5.2 (29).