

## Раздел 2 СУДОВОЖДЕНИЕ, ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

УДК 656.61

DOI: 10.34046/aumsuomt94/8

### ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО СТАНДАРТА НА ПРИМЕРЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

*А.Н. Попов, кандидат технических наук, доцент*

В статье рассматривается возможность участия в разработке нового информационного стандарта в направлении технологии дополненной реальности. Данное направление интенсивно развивается, но по-прежнему отсутствуют стандарты, которые необходимы для внедрения информационных технологий в практику судовождения. Субъективная оценка пользователя выходит на первое место, в связи с тем, что ее назначением является создание ощущения реального мира информация которого становится более значимой. В этой связи можно предположить, что данная технология будет востребована как в процессе трудовой деятельности судоводителя, так и в процессе его подготовки. Согласно прогнозов, в ближайшее время появятся новые специалисты (оператор автономных морских судов, проектировщик нейроинтерфейсов, автор образовательных курсов на базе искусственного интеллекта и др.), которые должны обладать соответствующими компетентностями. В работе представлены результаты экспериментальных исследований с мобильным устройством дополненной реальности.

**Ключевые слова:** дополненная реальность, стандарт, информация, E-Навигация интерфейс, эксперимент.

The development of the new information standard in the augmented reality technology major is considered in the article. This trend is being developed very intensively, however there is an absence of standards required for the implementation of information technologies. Nowadays the individual user evaluation has the top priority as its aim is the creation of the real environment believability, so the information of it becomes more important. Considering the above mentioned it is supposed that this technology would be in demand both for training and work of navigators. According to scientific forecasts there will be new specialists in the nearest future (MAAS operators, neuro interface designer, artificial intelligence trainer and etc.) who should have the corresponding competences. The article represents the results of the experimental research with AR glasses.

**Key words:** augmented reality, standard, information, e-Navigation, interface, experiment.

Стремительное развитие инфокоммуникационных технологий и их проникновение на флот и в портовую инфраструктуру отразилось в концепции ИМО E-Навигация. E-Навигация – это гармонизированные сбор, интеграция, обмен, представление человеку-оператору и анализ морской информации на борту судна и в береговых службах с помощью электронных средств для совершенствования процесса перехода судна от причала до причала и соответствующих сервисов, обеспечивающих безопасность, охрану судов, береговой инфраструктуры и защиту окружающей среды. Концепция E-Навигация предполагает использование информационных технологий. В статье рассмотрены «сквозные» цифровые технологии искусственного интеллекта (ИИ) и дополненной реальности (ДР).

Искусственный интеллект – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении кон-

кретных задач результаты сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека [1, 2].

Технология дополненной реальности - технология, позволяющая интегрировать информацию с объектами реального мира в форме текста, компьютерной графики, аудио и иных представлений в режиме реального времени [3].

Дополненная реальность открывает новые возможности для улучшения интерфейса пользователя E-Навигации в связи с тем, что судоводитель сможет получать доступ к навигационным данным за меньшее время и с минимальной когнитивной нагрузкой [4]. Для этого необходимо оперативно обрабатывать данные, вовремя отображать объекты, поступающие сигналы от датчиков передавать без ошибок, движения объектов должны быть привычны человеческому глазу. Прототип интерфейса морской навигационной системы дополненной реальности (МНСДР) представлен на рисунке 1. [5].

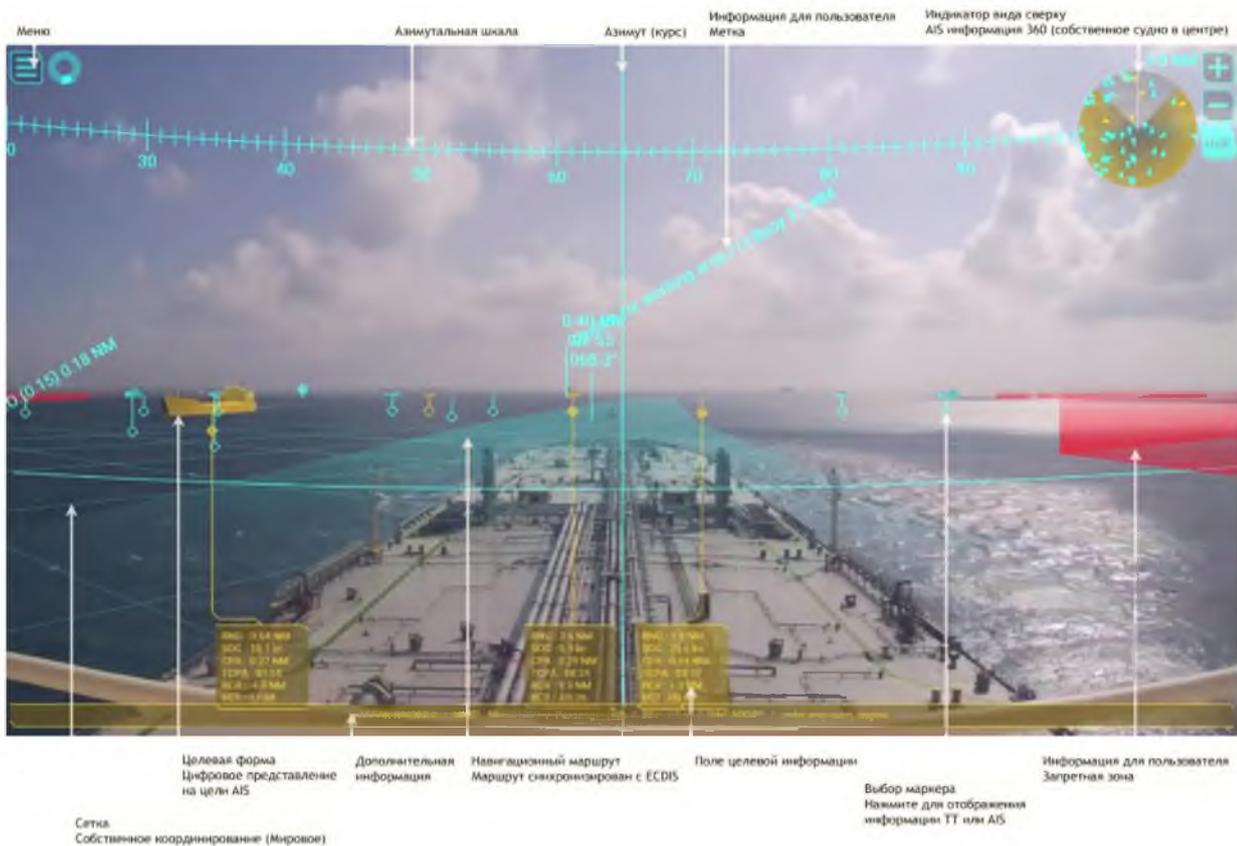


Рисунок 1 – Интерфейс пользователя МНСДР

В свою очередь, для сетевых приложений, работающих в режиме реального времени, необходимо обеспечивать определенное качество обслуживания. Качество обслуживания определяется такими параметрами как: пропускная способность, задержка при передаче пакета, джиттер и потеря пакетов. Однако пользователь услуги оценивает качество предоставления услуги субъективно. Понятие качества является предметом стандартизации. Существуют стандарты и методы оценки качества передачи речи, видео, но для дополненной реальности пока не разработано таких стандартов, тем более их адаптации к сфере морской транспортной индустрии, что в период цифровизации морской транспортной отрасли является весьма актуальным [6].

В настоящей работе предпринята попытка сформировать предпосылки для формирования нового информационного стандарта, на примере ДР применительно к морским навигационным системам. Для оценки качества восприятия информации судоводителем в среде ДР выбран коэффициент Херста. Коэффициент Херста – это мера, используемая в анализе временных рядов. Коэффициент будет уменьшаться в случае, если задержка между парой одинаковых значений временного ряда увеличивается. В данном случае коэффициент отражает степень самоподобия трафика [7].

Экспериментальные исследования в среде дополненной реальности. Чтобы измерить коэффициент Херста для услуг ДР, необходимо перехватить и проанализировать трафик, генерируемый приложением ДР. Для этого на базе лаборатории VR/AR ГМУ имени адмирала Ф.Ф. Ушакова было организовано соединение между сервером и устройством ДР (голографический компьютер). Для создания условий, максимально приближенных к реальному взаимодействию судоводителя и сервера в сети связи общего пользования, в сеть был добавлен компьютер для создания искусственных помех с помощью специализированного программного обеспечения (ПО).

Для перехвата трафика, характерного для услуг ДР, было разработано клиент-серверное приложение, которое позволило пользователю морской системы дополненной реальности наблюдать за перемещением виртуального объекта в режиме реального времени (рисунок 2) [8].

Любой эксперимент направлен на получение информации относительно того или иного явления, параметра. В ходе его выполнения на сам процесс, на средства измерения, на условия выполнения воздействует совокупность объективных и субъективных факторов, искажающих истинный результат, который необходимо получить. От некоторых факторов можно избавиться, грамотно проводя эксперимент, но большинство

проявляются случайным образом, часто воздействуя на эксперимент непредвиденно [9, 10]. В этих условиях необходимо так спланировать эксперимент, так обработать полученные данные,

чтобы результат эксперимента был объективным и не зависел от факторов, воздействующих на процесс получения информации.



Рисунок 2 – Специализированное ПО для визуализации данных в среде ДР

В условиях воздействия на измеряемый параметр многих факторов, результат измерения от эксперимента к эксперименту будет изменяться. Поэтому в теории измерений получают множество значений одного и того же параметра и затем проводится его усреднение по ансамблю полученных данных. Чем больше проведено измерений одного и того же параметра, тем более точен будет результат усреднения. Поскольку данные по своей сути являются случайными, а итоговый результат получают путём математических действий, базирующихся на теории вероятностей, то оперируют понятиями математической статистики и термин «усреднение» заменяют на «математическое ожидание», разброс, рассеяние данных относительно среднего значения – дисперсией или средним квадратическим отклонением.

В качестве экспертов были выбраны судоводители с опытом работы в море более 10 лет. За эталон был принят эксперимент без введения помех. Соответственно в варианте эталон все параметры близки к оценке 5 баллов. Необходимо было получить их индивидуальные оценки о плавности, скорости движения и частоты обновления кадра в новой среде взаимодействия пользователя морской системы дополненной реальности.

Как отмечалось выше, в ходе экспериментов необходимо по 5-балльной оценке при различной задержке сигнала (50, 25, 15, 10 и 5 мс) получить следующие результаты в среде с дополненной реальностью:

- значения частоты обновления кадра;
- скорость движения объекта;
- плавность движения объекта

Кроме того, при тех же величинах задержки сделать оценку полосы пропускания системы в следующих границах:

- 6...8 кбит/с;
- 11 ...13 кбит/с;
- 15 ... 17 кбит/с;
- 18 ... 22 кбит/с;
- 23 ...26 кбит/с.

В ходе выполнения эксперимента в проводимой работе решалась следующая задача: определение количества измерений одного и того же параметра, чтобы математическое ожидание ансамбля экспериментальных данных отличалось от истинного значения не более, чем на заданную величину. С этой целью на первом этапе проведено вероятнее всего заведомо большее число экспериментов (170) с каждым из пятнадцати экспертов, участвующих в эксперименте. При этом были приняты все возможные меры, исключающие их взаимодействие между собой. Первым параметром были значения частоты обновления кадра при временной задержке в 50 мс.

В результате экспериментов было получено 2550 значений частоты обновления кадра. Все расчёты проведены с применением приложения EXCEL. Фрагмент количественных оценок нескольких экспертов показан в таблице 1.

Таблица 1 – Экспертные оценки (баллы) частоты обновления кадра (временная задержка 50 мс)

Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6	Эксперт 7	Эксперт 8
3	2	3	4	4	5	1	3
1	2	3	3	3	3	3	4
5	1	4	4	5	3	2	4
3	3	5	1	2	0	4	2
4	3	2	3	3	4	3	2
4	2	1	4	4	5	4	4
3	4	3	2	4	3	2	2
1	4	3	3	2	2	4	4
4	3	4	3	2	4	2	4
3	6	4	4	4	3	4	3
3	2	4	4	4	0	3	4
3	2	4	3	4	3	4	3
3	4	3	2	2	3	4	1
4	3	4	3	3	3	3	3
3	4	5	2	2	4	4	2
3	2	3	2	2	4	5	2
2	2	4	4	1	4	3	2
3	4	3	5	4	4	2	4

Видно, что результаты оценок имеют некоторый разброс значений. Для более полной картины на рисунке 3 показаны результаты всех оценок двух экспертов.

Разброс вариант эксперимента

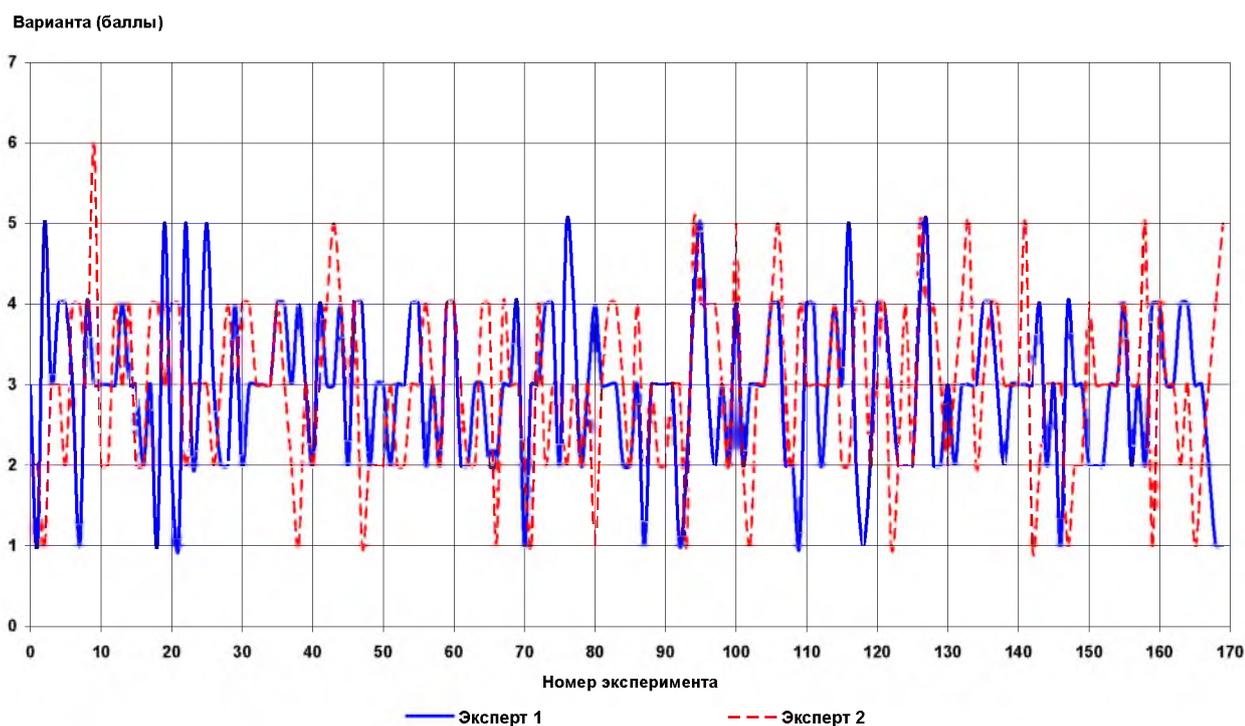


Рисунок 3 – Оценки частоты обновления кадра

Из анализа подобных графиков для всех 15 экспертов можно сделать экспресс-оценку: в среднем, частота обновления кадра оценивается тремя баллами. Однако для достоверной оценки следует убедиться, что каждый эксперт проводил измерения независимо от других, т.е. между их оценками отсутствует корреляция. Степень связи данных оценивается коэффициентом корреляции  $r_{x,y}$ :

$$r_{x,y} = \frac{\mu_{x,y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (1)$$

где  $\mu_{x,y}$  – корреляционный момент системы совокупности измеренных значений  $X(x_1, x_2, x_3 \dots x_{170})$  экспертом №1 и совокупности значений  $Y(y_1, y_2, y_3 \dots y_{170})$  – экспертом №2;

$\sigma_x$  и  $\sigma_y$  – средние квадратические отклонения набора данных  $X$  и  $Y$ .

В свою очередь, корреляционный момент совокупности случайных данных  $X$  и  $Y$  представляет собой математическое ожидание произведения отклонений этих данных:

$$\mu_{x,y} = M\{[X - M(X)] \cdot [Y - M(Y)]\}. \quad (2)$$

В пакете EXCEL имеется математический аппарат для статистических расчётов. С его применением проведён корреляционный анализ столбцов данных (см. таблица 1) всех экспертов как между смежными, так и через 2, 3, и т.д. столбца.

Абсолютные значения коэффициентов корреляции для сравниваемых данных приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции экспертных оценок

-0,035947874
0,024496044
0,002098035
-0,055028527
0,027230918
-0,025942201
0,054192947
-0,076339155
-0,057116841
0,074580483
0,111178956
-0,000945764
-0,070506978
0,019256266

Как видно из этой таблицы:

– во-первых, величины коэффициента корреляции достаточно малы, что свидетельствует об отсутствии связи между экспертными оценками разных людей и повышает независимость измерений;

– во-вторых, данные носят случайный характер и требуют вероятностных методов их обработки.

Уместно напомнить, что при полной связи данных коэффициент корреляции равен единице. Среднее же значение коэффициента корреляции в проводимых экспериментах

$$\mu_{cp} \approx 0,0006281.$$

Такая малая величина позволяет сделать вывод о независимости измерений, т.е. об их объективном характере.

**Расчет объема выборки.** В теории эксперимента показано, что разброс измеренных значений по мере увеличения количества измерений (выборка) всё меньше и меньше сказывается на результате усреднения данных, стремящихся в пределе к математическому ожиданию случайных измерений. Целесообразно определить требуемое количество измерений, обеспечивающих сходимость усреднённого значения измеряемого параметра к математическому ожиданию с требуемой

точностью. Так, в пакете EXCEL проведены расчёты среднего значения параметра (оценки частоты обновления кадра по 5-бальной системе) по мере увеличения объёма выборки от 1 до 170, т.е. полного количества экспериментов одного эксперта:

$$X_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}, \quad N = 1 \dots 170. \quad (3)$$

Результаты расчёта показаны в виде таблицы данных (таблица 3) и в виде графической зависимости (рисунок 5).

Таблица 3 – Сходимость среднего значения

Выборка	4	Среднее	3,528012	№№	0
	4		3,676449		1
	4		3,882045		2
	2		3,512895		3
	5		3,865373		4
	2		3,502538		5
	2		3,356657		6
	4		3,431532		7
	2		3,248248		8
	2		3,146638		9
	4		3,237991		10
	5		3,344211		11
	2		3,2732		12
	3		3,235207		13
	4		3,299145		14
	3		3,281455		15
	2		3,200182		16
	1		3,093882		17

Расчёт проводился с применением разработанной программы макроса в приложении EXCEL (рисунок 4).

Sub Сходимость мат.ожидания()

```
For i = 1 To 170
Cells(i, 9) = 0
Next i
```

```
For i = 1 To 170
If i > 1 Then GoTo 10
Cells(i, 9) = Cells(i, 2)
GoTo 20
```

```
10 Cells(i, 9) = Cells(i - 1, 9) + Cells(i, 2)
20 Next i
```

```
For i = 1 To 170
Cells(i, 9) = Cells(i, 9) / i
Next i
```

End Sub

Рисунок 4 – Программа расчёта сходимости среднего значения

Графическая зависимость сходимости среднего приведена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Сходимость среднего значения

Для количественной оценки графической зависимости можно применить границы возможных изменений параметров, принятые в теории измерений. Так, можно установить границы возможного изменения среднего значения – не более 10% от абсолютного значения. Судя по графику на рисунке 5, результат измерения сходится по мере увеличений выборки к значению в 3 балла. Следовательно, границы допустимого изменения этой оценки составят 0,3 балла. Такому условию удовлетворяет объём выборки не менее 15...20 экспериментов.

Сходимость среднего важна. Но важна ещё одна оценка: среднее квадратическое отклонение (СКО) измеренного параметра от его среднего значения, обусловленное многим факторами, воздействующими на эксперимент. Так же, как и среднее значение, среднее квадратическое отклонение по мере увеличения объёма выборки  $N$  стремится к некоторой константе, т.е. наблюдается схождение СКО. Расчётная формула имеет следующий вид:

$$СКО = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x_{cp})^2}{N-1}} \quad (4)$$

где  $x_i$  – текущее значение измеренного параметра;  
 $x_{cp}$  – среднее значение измеряемых параметров в объёме выборки.

На рисунке 6 представлен график сходимости среднего квадратического отклонения по мере

увеличения объёма выборки.

Так же, как и в оценке сходимости среднего значения, будем использовать те же границы изменения СКО, т.е. 0,3 балла. Для большей наглядности изменим масштаб предыдущего графика (рисунок 7).

Из анализа этого графика видно, что разброс данных не более, чем на 0,3 балла обеспечивается при количестве экспериментов не менее 30 штук.

Таким образом, с учётом сходимости среднего и среднего квадратического отклонения для дальнейших исследований установлена выборка в 30 измерений для каждого эксперта.

Показателем объективности является не только сходимости среднего и СКО, но и характер распределения полученных оценок. Как следует из центральной предельной теоремы, достаточно большое количество *слабо зависимых случайных величин*, имеющих примерно одинаковые масштабы, т.е. когда ни одно из слагаемых не доминирует, не вносит в сумму определяющего вклада, имеет *распределение*, близкое к *нормальному*. Поэтому важно проверить, близко ли распределение полученных данных к нормальному закону. Если распределение окажется близким к нормальному закону, то это будет подтверждать репрезентативность результатов эксперимента.

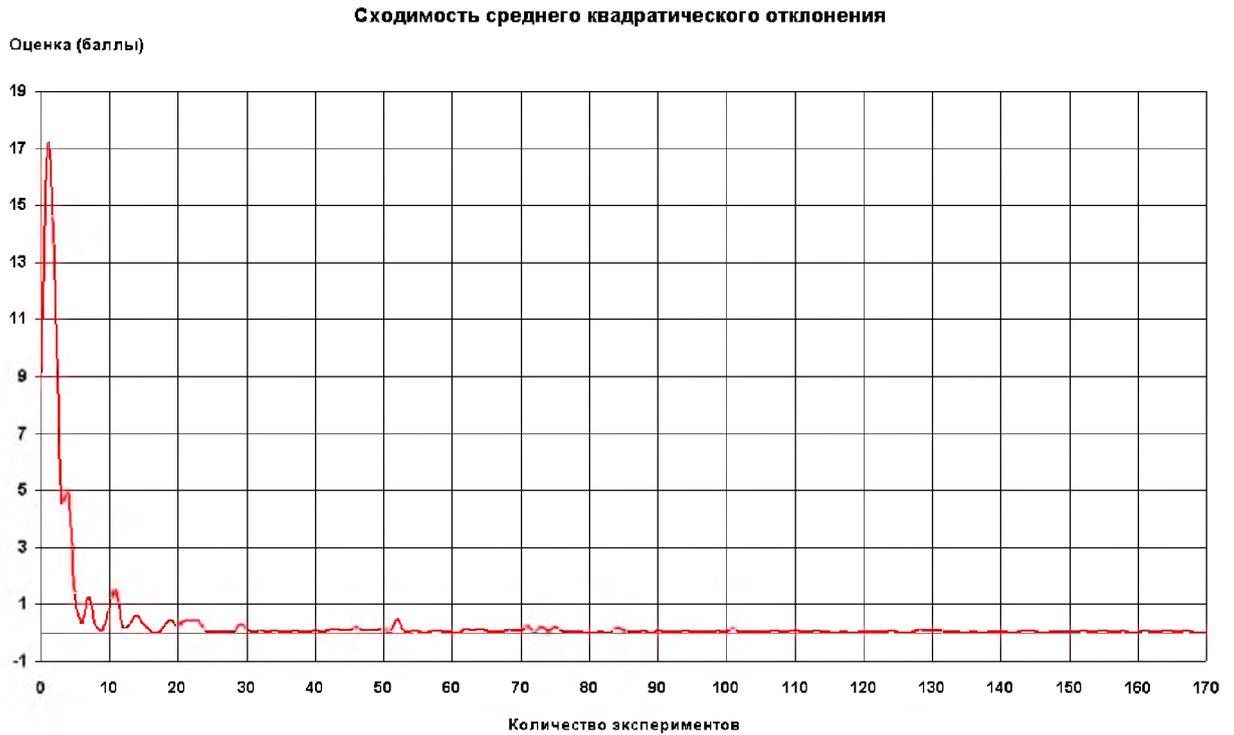


Рисунок 6 – Сходимость среднего квадратического отклонения



Рисунок 7 – Сходимость СКО (укрупнённый масштаб)

**Проверка гипотезы о нормальном распределении экспертных оценок.** Существуют несколько методик проверки гипотез относительно закона распределения случайных величин. Наиболее часто используется критерий Пирсона *хи-квадрат*. Особенностью большинства из них является требование наличия достаточно большого числа данных, в идеале – стремящегося к бесконечности. В реальных ситуациях, в том

числе и в проводимом эксперименте, имеется сравнительно небольшой объём измерений. Как исследовано выше – это по 30 измерений каждым экспертом. Для подобных ситуаций рекомендуется применять упрощённые оценки.

Первая проверка гипотезы о нормальном распределении базируется на графическом анализе. Суть её в том, что результаты эксперимента  $X(x_1, x_2, x_3 \dots x_{170})$  располагают в вариационном

ряду и для каждого результата  $x_i$  рассчитывается, так называемая, накопленная частота:

$$F(i) = \frac{i}{n+1}, \quad (5)$$

где  $i$  – номер результата в вариационном ряду;  
 $n$  – объём данных.

Используя накопленные частоты как значения функции распределения, для каждого  $F(i)$  определяются соответствующие значения *квантиля* предполагаемого распределения, т.е. такого значения, которое текущая случайная величина не превышает с фиксированной вероятностью. Для гипотезы о нормальном распределении рассчитываются квантили стандартного нормального распределения  $z_i$ . Результатом расчёта является график  $z(x)$ .

Поскольку изначально предполагается, что значения  $x_i$  являются квантилями того же вида распределения, что и  $z_i$ , то между значениями  $x$  и  $z$  должна быть линейная зависимость. Если нанесенные на график точки укладываются вдоль прямой линии пусть с небольшими отклонениями, то считается, что результаты удовлетворительно описываются выбранным теоретическим распределением. При больших отклонениях от прямой экспериментальное распределение не соответствует выбранному теоретическому.

Все расчёты и график зависимости  $z(x)$  проведены в приложении EXCEL. Фрагмент расчётных операций показан в таблице 4.

Таблица 4 – Проверка гипотезы о нормальном распределении экспериментальной выборки

Вариационный ряд	Квантиль (эксперимент)	Квантиль (нормальное)
1	0,016	-2,144410621
2	0,05	-1,644853627
2	0,08	-1,40507156
2	0,12	-1,174986792
2	0,15	-1,036433389
2	0,18	-0,915365088
2	0,22	-0,772193214
2	0,25	-0,67448975
2	0,28	-0,582841507
2	0,32	-0,467698799
2	0,35	-0,385320466
2	0,38	-0,305480788
2	0,42	-0,201893479
3	0,45	-0,125661347
3	0,48	-0,050153583
3	0,52	0,050153583
3	0,55	0,125661347
4	0,58	0,201893479
4	0,62	0,305480788
4	0,65	0,385320466
4	0,68	0,467698799
4	0,72	0,582841507
4	0,75	0,67448975
4	0,78	0,772193214
4	0,82	0,915365088
4	0,85	1,036433389
4	0,88	1,174986792
4	0,91	1,340755034
5	0,95	1,644853627
5	0,98	2,053748911

По результатам расчёта построен график упомянутой выше зависимости значений квантиля стандартного нормального распределения  $z_i$  от значений квантиля предполагаемого распределения  $x_i$  (рисунок 8).

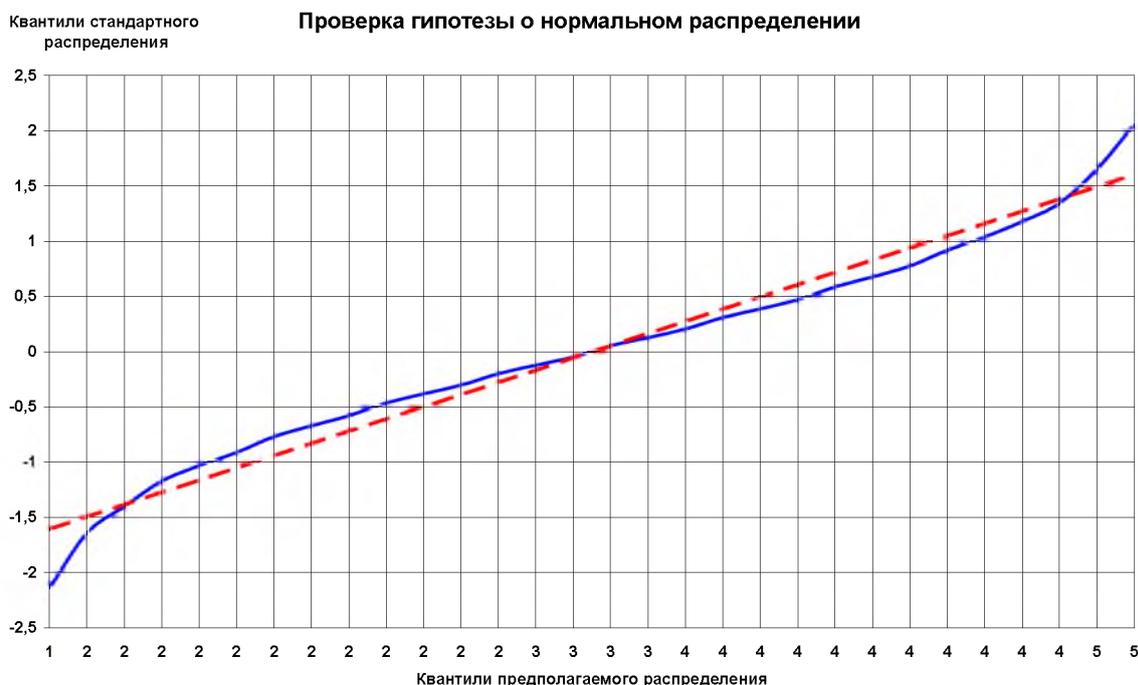


Рисунок 8 – Графический метод проверки гипотезы о нормальном распределении данных эксперимента (сплошная линия – функция  $z(x)$ ; пунктирная линия – линейный тренд)

Анализ зависимостей, приведённых на рис. 6, позволяет сказать, что анализируемое распределение близко к нормальному и его с большой долей вероятности при дальнейшем использовании можно считаться именно таким.

Понятно, что анализ на линейность приведённого выше графика является субъективным. Поэтому в качестве дополнительного средства проверки гипотезы о нормальном распределении небольшой выборки случайных величин исполь-

зованы количественные оценки сравнения асимметрии  $A$  и эксцесса  $E$  закона распределения экспериментальных данных с их дисперсиями  $D(A)$  и  $D(E)$ , соответственно. В качестве критерия возможности считать распределение нормальным используются следующие неравенства:

$$|A| < 3 \cdot \sqrt{D(A)} \text{ и } |E| < 5 \cdot \sqrt{D(E)}. \quad (6)$$

Фрагмент соответствующего расчёта приведён в таблице 5.

Таблица 5 – Асимметрия, эксцесс и их дисперсии

Асимметрия $A$	Эксцесс $E$
0,097729251	-1,28611427
Дисперсия асимметрии $D(A)$	Дисперсия эксцесса $D(E)$
0,291666667	0,795918367
Корень из $D(A)$	Корень из $D(E)$
0,540061725	0,892142571
3*корень $D(A)$	5*корень $D(E)$
1,620185175	4,460712856

**Заключение.** Как видно, из этой таблицы  $|A| = 0,097729251 < 3 \cdot \sqrt{D(A)} = 1,620185175$  и  $|E| = 1,28611427 < 5 \cdot \sqrt{D(E)} = 4,460712856$ .

Эти результаты позволяют считать, что измеряемые данные распределены по нормальному закону.

Проведенный эксперимент по трем сценариям позволил считать, что данный метод оценки успешно адаптируется для оценки качества восприятия информации (данных) в морской системе дополненной реальности. Коэффициент Херста, рассчитанный по трафику, который отражает фактические недостатки сети, может быть использован для оценки качества восприятия в среде ДР. Следует отметить, что коэффициент Херста может быть использован для прогнозирования качества восприятия при создании новых сетей и нового информационного стандарта, на примере ДР [11, 12, 13].

#### Литература

1. Марр Д. Зрение. Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов. – М.: Радио и связь, 1987. – 400 с.
2. Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 230 года).
3. Иващенко А.В., Катиркин Г.В., Ситников П.В., Сурнин О.В. Акцентная визуализация в интерфейсах дополненной реальности // Программные продукты и системы. – 2018.– Т. 31.– №4, – С. 740-744.

4. Губинский А.И., Евграфов В.Г. Эргономическое проектирование судовых систем управления.– Л., «Судостроение», 1977. – 224 с.
5. Попов А.Н. Анализ аварийности на морском транспорте в процессе принятия решений судоводителями, находящимися в различной информационной среде // Морские интеллектуальные технологии. – 2019. – № 4 (46). – С. 83-90.
6. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6654/> (дата обращения 26.02.2020).
7. Тельтевская В.А., Маколкина М.А. Метод оценки качества восприятия в системах дополненной реальности, 2016. – С. 419-426.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019666911 Программный комплекс для визуализации навигационных данных в среде смешанной реальности (ПК ВНДССР-1) / А.Н. Попов – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности, 2019.
9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. 4-е изд., стереотип. – М.: Наука, Физматгиз, 1969. – 576 с.
10. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. 9-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2003. – 480 с.
11. Milgram P. A taxonomy of mixed reality visual display // IEICE Trans. Information systems, vol. E77-D, No. 12, 1994. – P. 1321-1329.
12. Popov A.N. E-Navigation mixed reality interface / E.V. Khekert, A.I. Kondratiev, D.E. Studenikin // 20th Annual General Assembly (AGA) of the International Association of Maritime Universities (IAMU), 1-2 November, Tokyo, Japan, 2019. – P. 40-41.
13. Popov A.N. Creating a crewless ship in the framework of the technological paradigm of the Russian

Federation / V.V. Zaslouov, A.A. Golovina // ISCI 2019 Conference proceedings, Industry competitiveness digitalization, management and integration, Volume 1, 2020. – P. 468-474.

14. Студеникин Д.Е., Бован С.Д., Хекерт Е.В., Модина М.А. *Использование нейронных сетей для организации визуального наблюдения// Морские интеллектуальные технологии.* – 2019.– Т. 3. – № 4 (46).– С. 91-95.
15. Клоев В.В., Кондратьев С.И., Тульчинский В.И. *Оценка рисков и управление рисками в практике судовождения // Эксплуатация морского транспорта.* – 2016. – № 3 (80).– С. 18-25.
16. Кондратьев С.И., Печников А.Н., Хекерт Е.В. *Эргономический подход к оцениванию деятельности судовых специалистов: суть проблемы и подход к ее решению//Морские интеллектуальные технологии.* – 2018.– № 4-4 (42).– С. 166-174.
17. Бабурина О.Н., Ботнарюк М.В., Кондратьев С.И. *Интеллектуальные проблемы реализации дорожной карты развития морской отрасли России ("marinet") в рамках национальной технологической инициативы// Морские интеллектуальные технологии.* – 2018.– № 1-3 (41).– С. 190-198. –
18. Астреин В.В., Кондратьев С.И. *Структура системы безопасности судовождения //Эксплуатация морского транспорта.* – 2015.– № 3 (76). – С. 38-47.
19. Жученко В.А., Лутков С.А., Демьянов В.В., Кондратьев С.И. *Способ зрительной навигационной ориентации при движении судов по морским каналам и речным фарватерам и устройство для осуществления способа.* Патент на изобретение RU 2305646 C2, 10.09.2007. Заявка № 2005124318/11 от 01.08.2005.

## REFERENCES

1. Venttsel' E.S. *Teoriya veroyatnostey.* 4-e izd., stereotip. - M.: Nauka, Fizmatgiz, 1969. – 576 s.
2. Gmurman V.E. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika.* 9-e izd., stereotip. – M.: Vysshaya shkola, 2003. – 480 s.
3. Gubinskiy A.I., Evgrafov V.G. *Ergonomicheskoe proektirovanie sudovykh sistem upravleniya.* L., «Sudostroenie», 1977. – 224 s.
4. Ivashchenko A.V., Katirkin G.V., Sitnikov P.V., Sumin O.V. *Aktsentnaya vizualizatsiya v interfeysakh dopolnennoy real'nosti. Programmnye produkty i sistemy.* Т. 31. №4, 2018. – S. 740-744.
5. Marr D. *Zrenie. Informatsionny podkhod k izucheniyu predstavleniya i obrabotki zritel'nykh obrazov.* – M.: Radio i svyaz', 1987. – 400 s.
6. *Ministerstvo tsifrovogo razvitiya, svyazi i massovykh kommunikatsiy Rossiyskoy Federatsii.* [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6654/> (data obrashcheniya 26.02.2020).
7. Popov A.N. *Analiz avariynosti na morskome transporte v protsesse prinyatiya resheniy*

*sudovoditelyami, nakhodyashchimisya v razlichnoy informatsionnoy srede // Morskie intellektual'nye tekhnologii.* – 2019. – № 4 (46). – S. 83-90.

8. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2019666911 Programmnyy kompleks dlya vizualizatsii navigatsionnykh dannykh v srede smeshannoy real'nosti (PK VNDSSR-1) / A.N. Popov – Zaregistrirvano v Reestre programm dlya EVM Federal'noy sluzhby po intellektual'noy sobstvennosti, 2019.*
9. Tel'tevskaya V.A., Makolkina M.A. *Metod otsenki kachestva vospriyatiya v sistemakh dopolnennoy eal'nosti, 2016.* – S. 419-426.
10. *Ukaz Prezidenta RF ot 10.10.2019 № 490 «O razvitii iskusstvennogo intellekta v Rossiyskoy Federatsii» (vmeste s natsional'noy strategiyey razvitiya iskusstvennogo intellekta na period do 230 goda).*
11. Milgram P. *A taxonomy of mixed reality visual display // IEICE Trans. Information systems, vol. E77-D, No. 12, 1994.* – P. 1321-1329.
12. Popov A.N. *E-Navigation mixed reality interface / E.V. Khekert, A.I. Kondratiev, D.E. Studenikin // 20 th Annual General Assembly (AGA) of the International Association of Maritime Universities (IAMU), 1-2 November, Tokyo, Japan, 2019.* – P. 40-41.
13. Popov A.N. *Creating a crewless ship in the framework of the technological paradigm of the Russian Federation / V.V. Zaslouov, A.A. Golovina // ISCI 2019 Conference proceedings, Industry competitiveness digitalization, management and integration, Volume 1, 2020.* – P. 468-474.
14. Studenikin D.E., Bovan S.D., Hekert E.V., Modina M.A. *Ispol'zovanie nejronnykh setey dlya organizatsii vizual'nogo nablyudeniya//Morskie intellektual'nye tekhnologii.* 2019. Т. 3. № 4 (46). S. 91-95.
15. Klyuev V.V., Kondrat'ev S.I., Tul'chinskij V.I. *Ocenka riskov i upravlenie riskami v praktike sudovozhdeniya/Ekspluatatsiya morskogo transporta.* 2016. № 3 (80). S. 18-25.
16. Kondrat'ev S.I., Pechnikov A.N., Hekert E.V. *Ergonomicheskij podhod k ocenivaniyu deyatel'nosti sudovykh specialistov: sut' problemy i podhod k ee resheniyu//Morskie intellektual'nye tekhnologii.* 2018. № 4-4 (42). S. 166-174.
17. Baburina O.N., Botnaryuk M.V., Kondrat'ev S.I. *Intellektual'nye problemy realizatsii dorozhnoy karty razvitiya morskoy otrasli Rossii ("marinet") v ramkah natsional'noj tekhnologicheskoy iniciativy// Morskie intellektual'nye tekhnologii.* 2018. № 1-3 (41). S. 190-198.
18. Astrein V.V., Kondrat'ev S.I. *Struktura sistemy bezopasnosti sudovozhdeniya //Ekspluatatsiya morskogo transporta.* 2015. № 3 (76). S. 38-47.
19. Zhuchenko V.A., Lutkov S.A., Dem'yanov V.V., Kondrat'ev S.I. *Sposob zritel'noj navigacionnoy orientatsii pri dvizhenii sudov po morskim kanalams i rechnym farvateram i ustrojstvo dlya osushchestvleniya sposoba.* Patent na izobretenie RU 2305646 C2, 10.09.2007. Zayavka № 2005124318/11 ot 01.08.2005.