

2. A ship loses containers in North Sea storm. <https://maritime-intelligence.groupcls.com/project/a-ship-loses-containers-in-north-sea-storm/> Дата обращения 30.01.2020 г.
3. Animatie: Zo ging het mis op de vaarroute van de MSC Zoe. <https://www.dvhn.nl/groningen/Zo-ging-het-mis-op-de-vaarroute-van-de-MSC-Zoe-24040713.html/> Дата обращения 31.01.2020 г.
4. Loss of containers on MSC ZOE in the Traffic Separation Scheme Terschelling – German Bight on 1 and 2 January 2019. Interim Investigation Report 3/19. [https://www.bsu-bund.de/SharedDocs/pdf/EN/Investigation\\_Report/2019/Interim\\_Investigation\\_Report\\_3\\_19.pdf;jsessionid=E1672AF\\_F251FB36F69E7950E71C92242.live!1292?\\_blob=publication-File&v=2./](https://www.bsu-bund.de/SharedDocs/pdf/EN/Investigation_Report/2019/Interim_Investigation_Report_3_19.pdf;jsessionid=E1672AF_F251FB36F69E7950E71C92242.live!1292?_blob=publication-File&v=2./) Дата обращения 01.02.2020 г.
5. Metoffice.gov.uk <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2018&maand=12&dag=31&uur=000&var=45&map=1&model=bra/> Дата обращения 01.02.2020 г.
6. RESOLUTION MEPC.101 (48) Adopted on 11 October 2002 IDENTIFICATION OF THE WADDEN SEA AS A PARTICULARLY SENSITIVE SEA AREA. [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.101\(48\).pdf/](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.101(48).pdf/) Дата обращения 01.02.2020 г.
7. MARINE ACCIDENT REPORT September 2014. <https://maritimecyprus.files.wordpress.com/2018/04/gard-svendborg-maersk-marine-accident-report1.pdf/> Дата обращения 01.02.2020 г.
8. Астреин В.В., Кондратьев С.И. Структура системы безопасности судовождения /Эксплуатация морского транспорта.– 2015.– № 3 (76).– С. 38-47.
9. Астерин В.В., Хекерт Е.В. Принципы координации подсистем судна для предупреждения столкновений // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. –2013.– № 2 (21).– С. 13-22.
2. A ship loses containers in North Sea storm. <https://maritime-intelligence.groupcls.com/project/a-ship-loses-containers-in-north-sea-storm/> Data obrashcheniya 30.01.2020 g.
3. Animatie: Zoging het mis op de vaarroute van de MSC Zoe. <https://www.dvhn.nl/groningen/Zoging-het-mis-op-de-vaarroute-van-de-MSC-Zoe-24040713.html/> Data obrashcheniya 31.01.2020 g.
4. Loss of containers on MSC ZOE in the Traffic Separation Scheme Terschelling – German Bight on 1 and 2 January 2019. Interim Investigation Report 3/19. [https://www.bsu-bund.de/SharedDocs/pdf/EN/Investigation\\_Report/2019/Interim\\_Investigation\\_Report\\_3\\_19.pdf;jsessionid=E1672AFF251FB36F69E7950E71C92242.live!1292?\\_blob=publication-File&v=2./](https://www.bsu-bund.de/SharedDocs/pdf/EN/Investigation_Report/2019/Interim_Investigation_Report_3_19.pdf;jsessionid=E1672AFF251FB36F69E7950E71C92242.live!1292?_blob=publication-File&v=2./) Data obrashcheniya 01.02.2020 g.
5. Metoffice.gov.uk <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2018&maand=12&dag=31&uur=000&var=45&map=1&model=bra/> Data obrashcheniya 01.02.2020 g.
6. RESOLUTION MEPC.101 (48) Adopted on 11 October 2002 IDENTIFICATION OF THE WADDEN SEA AS A PARTICULARLY SENSITIVE SEA AREA. [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.101\(48\).pdf/](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.101(48).pdf/) Data obrashcheniya 01.02.2020 g.
7. MARINE ACCIDENT REPORT September 2014. <https://maritimecyprus.files.wordpress.com/2018/04/gard-svendborg-maersk-marine-accident-report1.pdf/> Data obrashcheniya 01.02.2020 g.
8. Astrein V.V., Kondrat'ev S.I. Struktura sistemy bezopasnosti sudovozhdeniya /Ekspluatatsiya morskogo transporta. 2015. № 3 (76). S. 38-47.
9. Asterin V.V., Hekert E.V. Principy koordinatsii podsystem sudna dlya preduprezhdeniya stolknovenij / Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova. –2013.– № 2 (21).– С. 13-22.

#### REFERENCES

1. MSC Zoe Incident: Lost Container Count Jumps to 345. <https://maritime-intelligence.groupcls.com/project/a-ship-loses-containers-in-north-sea-storm/Data obrashcheniya 31.01.2020 g.>

УДК 621.396/629.123

DOI: 10.34046/aumsuomt94/12

## АНАЛИЗ ПОЗИЦИОННОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ФАКТОРА В СОВМЕСТНОЙ СРНС

*Д.О. Бирменко, аспирант*

Данная статья посвящена изучению геометрического фактора, состоящего из изучения значений вертикальной и горизонтальной плоскости. В качестве примера был выбран маршрут северного морского пути с разработанной методикой расчета и планирования выбора оптимальной глобальной спутниковой радионавигационной системы. Результатом работы построена и приведена наглядная карта точности заданной зоны исследования.

**Ключевые слова:** ГНСС, геометрический фактор, ошибки измерений, ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BDS

This article is devoted to the study of the geometric factor, which consists of studying the values of the vertical and horizontal plane. As an example, the route of the Northern sea route was chosen with the developed methodology for calculating and planning the selection of the optimal global satellite radio navigation system. The result of the work is a visual map of the accuracy of the specified research area.

**Keywords:** GNSS, Geometric factor, measurement errors, GLONASS, GPS, Galileo, BDS.

Любая глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) предназначена для определения местоположения судна. К таким системам можно отнести уже имеющиеся две глобальные системы GPS и ГЛОНАСС, а также GALILEO и BEIDOU, ожидающих своего запуска на полную мощность в 2020 году.

Определение места судна производится в навигационной аппаратуре в автоматическом режиме выбора спутников с максимальным сигналом и последующей обработки информации с вычислением необходимых неизвестных. Процесс такого вычисления состоит из нескольких этапов по определению погрешностей разных типов, таких как псевдодальности и псевдоскорости.

В данной статье рассматривается планирование и определение погрешности геометрического фактора в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Такое прогнозирование поможет в районах, где точность одной системы недостаточна и необходимо прибегать к совмещённой из двух и более навигационных систем. Другими словами, судовладельцам станет необходимо более тщательно подходить к выбору приемника ГНСС, для того чтобы обеспечивать прием одним устройством сразу нескольких систем. [5]

В качестве примера исследования был выбран северный морской путь от Кольского полуострова до Берингова пролива, в некоторых точках которого до сих пор значения точности местоположения значительно отличаются от счисляемого места.

Одним из главных факторов, определяющих точность в системах позиционирования является величина DOP (Dilution of Precision) в большей степени зависящая от расположения количества спутников в предполагаемом определяемом месте, а также от внешнего воздействия, таких как влияние атмосферы Земли и всевозможного отражения радиоволн. [2]

В качестве принципа определения местоположения судна воспользуемся системными характеристиками системы НАВСТАР [1], на основании которой будут произведены расчеты:

$$R_u = R_i - D_i \cdot 1 \quad (1)$$

$R_U$  – положение вектора пользователя в оси центр Земли-пользователь

$R_i$  – вектор направленности с центра Земли до пользователя

$D_i$  - вектор направленности от пользователя до центра Земли

Уравнение (1) умножается на вектор  $e_i$ , с учетом того что он является абсолютным единичным вектором

$$e_i R_u = e_i R_i - |D_i| \quad (2)$$

Для более точного определения местоположения спутников, необходимо расшифровать уравнение (2), и указав коэффициент псевдодальности  $\rho_i$  для учета свойств атмосферы и среды принятия сигнала пользователя, что для точного определения места необходимо иметь минимум три спутника

$$e_{11}R_{U1} + e_{12}R_{U2} + e_{13}R_{U3} = e_{11}R_{11} + e_{12}R_{12} + e_{13}R_{13} - \rho_1$$

$$e_{21}R_{U1} + e_{22}R_{U2} + e_{23}R_{U3} = e_{11}R_{11} + e_{12}R_{12} + e_{13}R_{13} - \rho_2$$

$$e_{31}R_{U1} + e_{32}R_{U2} + e_{33}R_{U3} = e_{11}R_{11} + e_{12}R_{12} + e_{13}R_{13} - \rho_3$$

$$e_{41}R_{U1} + e_{42}R_{U2} + e_{43}R_{U3} = e_{11}R_{11} + e_{12}R_{12} + e_{13}R_{13} - \rho_4$$

Полученные выше выражения можно переписать и решить в виде матрицы поменяв их на переменные. А также учесть неизвестную ошибку  $e$  от получения сигналов более чем от четырех спутников:

$$G_U X_U + e = A_u S - \rho \quad (3)$$

Учитывая вероятностные квадратические ошибки, которые образуются за счет скалярных измерений, получим:

$$\Delta X_U = (G_U^T G_U)^{-1} G_U^T (A_u S - \rho) \quad (4)$$

Данные параметры образуют ковариационные матрицы, на основании которых можно получить значения элементов глобальной системы координат:

$$(G_U^T G_U)^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma_E^2 & \sigma_{NE}^2 & \sigma_{UE}^2 & \sigma_{TE}^2 \\ \sigma_{EN}^2 & \sigma_N^2 & \sigma_{UN}^2 & \sigma_{TN}^2 \\ \sigma_{EU}^2 & \sigma_{NU}^2 & \sigma_U^2 & \sigma_{TU}^2 \\ \sigma_{ET}^2 & \sigma_{NT}^2 & \sigma_{UT}^2 & \sigma_T^2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Исходя из, значений матрицы можно определить следующие выводы:

$$\sigma_G = \sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_N^2 + \sigma_U^2 + \sigma_T^2};$$

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_N^2 + \sigma_U^2};$$

$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_N^2};$$

$$\sigma_U = \sqrt{\sigma_U^2};$$

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_T^2}.$$

Для расчета и планирования значений геометрического фактора для систем ГНСС были использованы данные альманаха для ГЛОНАСС, GPS, GALILEO и BEIDOU. [3] Исследование значений точности проводилось в северных широтах в диапазоне от 70° до 80° северной широты с промежуточным шагом в 5°, Перемещение также проводилось по всей широте с дискретностью 10°.

В каждой точке пересечения координат производился расчет и анализ таких значений геометрического фактора как HDOP (HorizontalDilutionofPrecision) — снижение точности в горизонтальной плоскости и VDOP (VerticalDilutionofPrecision) — снижение точности в вертикальной плоскости, для дальнейшего определения точности по местоположению PDOP (PositionDilutionofPrecision).

Момент наблюдения был выбран с днем проведения исследования 00:00 (UTC+03:00) 17 февраля 2020 года. Количество используемых космических аппаратов на тот момент составляло: ГНСС ГЛОНАСС – 23 спутника; ГНСС GPS – 31 спутник; ГНСС BEIDOU – 48 спутников; ГНСС GALILEO – 22 спутника.

Таблица 1 –Значение рассчитанных значений по точности в горизонтальной плоскости (HDOP)

	GPS			GLONASS			GALILEO			BEIDOU		
	70°N	75°N	80°N	70°N	75°N	80°N	70°N	75°N	80°N	70°N	75°N	80°N
30°E	0.66	0.66	0.69	0.79	0.76	0.84	0.76	0.78	0.93	0.54	0.58	0.59
40°E	0.65	0.65	0.69	0.75	0.75	0.84	0.74	0.73	0.80	0.57	0.58	0.58
50°E	0.64	0.64	0.70	0.75	0.75	0.84	0.73	0.72	0.80	0.56	0.61	0.58
60°E	0.65	0.64	0.66	0.75	0.75	0.84	0.72	0.72	0.80	0.60	0.60	0.61
70°E	0.66	0.65	0.67	0.76	0.76	0.80	0.72	0.72	0.79	0.59	0.60	0.61
80°E	0.68	0.67	0.68	0.71	0.71	0.80	0.73	0.73	0.80	0.58	0.59	0.61
90°E	0.70	0.69	0.70	0.76	0.71	0.79	0.74	0.74	0.80	0.56	0.58	0.61
100°E	0.75	0.72	0.71	0.76	0.89	0.79	0.79	0.75	0.75	0.59	0.55	0.61
110°E	0.79	0.75	0.73	0.89	0.87	0.79	0.81	0.76	0.74	0.58	0.53	0.63
120°E	0.82	0.78	0.85	0.87	0.85	0.85	0.80	0.76	0.74	0.57	0.53	0.58
130°E	0.85	0.80	0.87	0.86	0.84	0.84	0.89	0.90	0.74	0.59	0.55	0.58
140°E	0.89	1.01	0.88	0.85	0.83	0.84	0.86	0.88	0.74	0.59	0.55	0.57
150°E	0.82	0.77	0.90	0.84	0.83	0.83	0.86	0.88	0.79	0.56	0.56	0.57
160°E	0.81	0.76	0.92	0.85	0.83	0.83	0.86	0.79	0.75	0.57	0.53	0.58
170°E	0.80	0.75	0.72	0.86	0.84	0.84	0.88	0.80	0.76	0.58	0.53	0.55

Таблица 2–Значение рассчитанных значений по точности в вертикальной плоскости (VDOP)

	GPS			GLONASS			GALILEO			BEIDOU		
	70°N	75°N	80°N	70°N	75°N	80°N	70°N	75°N	80°N	70°N	75°N	80°N
30°E	1.25	1.26	1.47	0.79	1.11	1.25	1.11	1.34	1.88	0.83	0.89	0.95
40°E	1.25	1.27	1.47	1.12	1.11	1.25	1.24	1.24	1.39	0.88	0.89	0.89
50°E	1.26	1.27	1.47	1.12	1.11	1.25	1.24	1.25	1.39	0.83	0.98	0.89
60°E	1.26	1.27	1.27	1.11	1.11	1.25	1.25	1.25	1.39	0.90	0.91	0.98
70°E	1.25	1.27	1.27	1.11	1.11	1.11	1.25	1.25	1.39	0.90	0.91	0.98
80°E	1.25	1.26	1.27	0.98	0.98	1.11	1.24	1.25	1.39	0.82	0.91	0.91
90°E	1.24	1.26	1.37	1.05	0.98	1.11	1.24	1.24	1.39	0.77	0.83	0.91
100°E	1.33	1.35	1.37	1.05	1.31	1.11	1.30	1.24	1.21	0.79	0.74	0.91
110°E	1.46	1.49	1.37	1.30	1.31	1.11	1.27	1.20	1.21	0.79	0.72	0.96
120°E	1.45	1.48	2.33	1.31	1.32	1.32	1.27	1.20	1.20	0.80	0.72	0.82
130°E	1.45	1.48	2.33	1.31	1.32	1.33	1.71	1.72	1.20	0.87	0.76	0.83
140°E	1.44	2.29	2.33	1.32	1.33	1.33	1.72	1.72	1.20	0.87	0.76	0.80
150°E	1.28	1.31	2.33	1.32	1.33	1.33	1.72	1.72	1.20	0.79	0.80	0.83
160°E	1.27	1.30	2.32	1.32	1.33	1.33	1.71	1.32	1.20	0.84	0.76	0.87
170°E	1.27	1.30	1.33	1.32	1.33	1.33	1.71	1.31	1.19	0.83	0.79	0.84

Исходя из выведенной формулы (5) можно сделать следующий вывод, что:

$$PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2;$$

$$GDOP^2 = PDOP^2 + TDOP^2;$$

Необходимо упомянуть, что данный математический вывод лежит в основе принципа работы системы глобального позиционирования, при этом, чем меньше значение DOP, тем точность в выбранном нами месте является наилучшей.

Районом для проводимого исследования были выбраны одни из труднодоступных мест для определения позиции судна. К таковым можно отнести северные широты, а точнее маршрут северного морского пути. Выбранный маршрут был поделен на три участка с характерными географическими точками Кольский полуостров - устье реки Енисей – устье реки Лена – Берингов пролив.

Таблица 3–Значение геометрического фактора (DOP)

DOP	Точность	Описание
≤1	Идеальная	Рекомендуется к использованию в системах, требующих максимально возможную точность во всё время их работы
2-3	Отличная	Достаточная точность для использования результатов измерений в достаточно чувствительной аппаратуре и программах
4-6	Хорошая	Рекомендуемый минимум для принятия решений по полученным результатам. Результаты могут быть использованы для достаточно точных навигационных указаний.
7-8	Средняя	Результаты можно использовать в вычислениях, однако рекомендуется озаботиться повышением точности, например, выйти на более открытое место.
9-20	Ниже среднего	Результаты могут использоваться только для грубого приближения местоположения
21-50	Плохая	Выходная точность ниже половины футбольного поля. Обычно такие результаты должны быть отброшены.

По результатам расчетов значений точности по местоположению можно увидеть, что показания являются оптимальными и максимально приближенными к идеальным. Тем не менее, необходимо учесть, что в районе северных широт возможны сбои в системе позиционирования, поэтому мною предлагается концепция совместного использования сразу нескольких приёмников ГНСС в одном дающих более точную оценку местоположения. Из действующих глобальных навигационных систем были созданы сразу 4 объединенные сети это:

- 1) GPS-GLONASS-GALILEO
- 2) GPS-GALILEO-BEIDOU
- 3) GLONASS-GALILEO-BEIDOU
- 4) GPS-GLONASS-BEIDOU

Для выведения значений местоположения точности была применена регрессионная модель

зависимости одной переменной с линейно функцией. А также учтены свойства параметров, получаемых различными методами со случайными ошибками. [4]

Регрессионная модель в первую очередь состоит из уравнения регрессии:

$$\hat{y} = ax + b \quad (6)$$

Для определения коэффициента линейной парной корреляции (9), необходимо знать коэффициент а и b, которые также вычисляются по формуле (7) и (8) .

$$a = \frac{\sum x_i \sum y_i - n \sum x_i \sum y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2} \quad (7)$$

$$a = \frac{\sum x_i \sum x_i y_i - n \sum x_i^2 \sum y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2} \quad (8)$$

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (9)$$

Таблица 4–Значение геометрического фактора совместной СРНС

	GPS/GLO/GAL	GPS/GAL/BEI	GLO/GAL/BEI	GPS/GLO/BEI
70°N				
30°E -80°E	1,3136	1,2512	1,1693	1,1847
80°E -130°E	1,2796	1,2452	1,1670	1,1327
130°E -170°E	1,7454	1,5751	1,5152	1,4540
75°N				
30°E -80°E	1,4306	1,3389	1,3119	1,2772
80°E -130°E	1,2981	1,3003	1,2252	1,1820
130°E -170°E	1,9503	1,7432	1,5475	1,5517
80°N				
30°E -80°E	1,7603	1,5937	1,5410	1,4471
80°E -130°E	1,3436	1,2912	1,3582	1,1646
130°E -170°E	1,9555	1,7634	1,3276	1,8163

В таблице 4 отображаются значение геометрического фактора СРНС, по соответствующим долготам и широтам со всеми возможными способами комбинаций четырёх представленных систем ГНСС. По результатам исследования видно, что в большой степени преобладают значения двух систем поочередно. При этом заметна особенность граничащих районов и их приближенные значения друг к другу. Чтобы убедиться

в точности полученных значений, то каждому необходимо учесть значения средней ошибки аппроксимации по ниже представленной формуле (10).

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \cdot 100\% \quad (10)$$

В ходе рассмотрения результатов исследования только одно из них вызывает спорный вопрос, чтобы утверждать о точности определенной

системы, это восточный район с 130°E по 170°E северной широты в диапазоне с 70°N - 75°N. По результатам расчетов средней ошибки система GLONASS/GALILEO/BEIDOU показала довольно высокую ошибку в расчётах 24,48%, тогда как система GLONASS/GPS/BEIDOU имеет меньший показатель ошибки, но столь же высокий для принятия 19,88%. Исходя из полученных результатов, невозможно выделить одну из двух систем. Поэтому было принято решение учесть их обе в том рассматриваемом районе.

Представленный рисунок 1 наглядно отображает результат проделанной работы с указанием района и места в географической сетке координат. Видна закономерность использования и применения так, в нижних северных широтах в большей степени необходимо полагаться на совместную систему GLONASS/GALILEO/BEIDOU, а в высоких северных широтах ближе к полярному кругу принимать во внимание совместную CPHC GLONASS/GPS/BEIDOU.

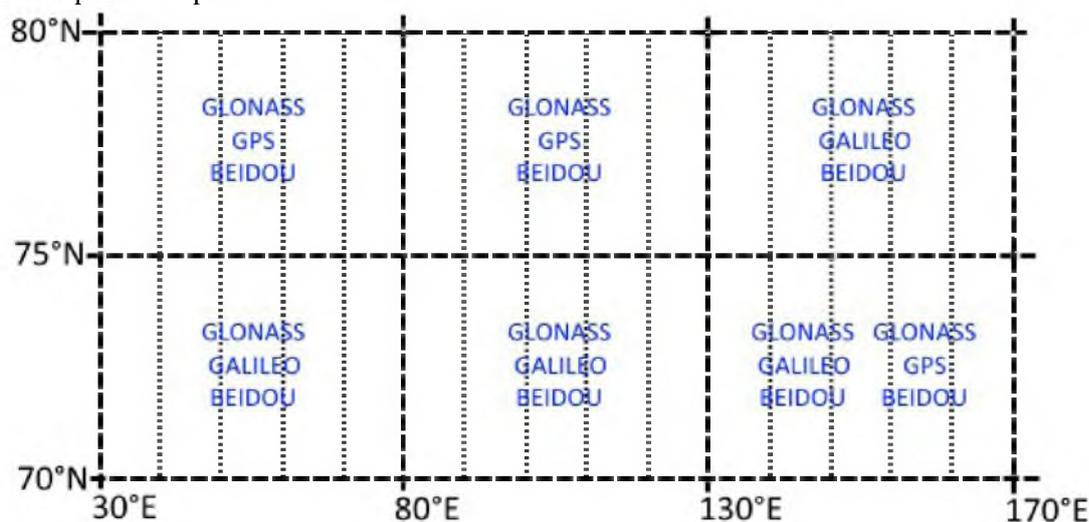


Рисунок 1 – Карта точности ГНСС на Северном морском пути

Можно смело утверждать, что полученные результаты исследования геометрического фактора имеют достаточный потенциал для дальнейшего использования в практическом применении. Спрогнозированные значения помогут оценить ошибки при планировании и дальнейшем использовании. Зная сведения районов по точности, появится возможность оперативно переключать приёмник ГНСС под необходимые спутники, что позволит судоводителю иметь более точное местоположение в одном из труднодоступных районов Земли.

#### Литература

1. Milliken, R.J., Zoller, C.J.: Principle of Operation of NAVSTAR and System Characteristics. ION Volume I, 1980
2. Richard B. Langley. 1999. Dilution of Precision. GPS World, 10(5), 52-59.
3. Альманах Information and Analysis Center for Positioning, Navigation and Timing [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.glonass-iac.ru/en/>, свободный
4. Дж. Себер. Линейный регрессионный анализ. — М.: Мир, 1980. — 456 с.
5. Бирменко Д.О. Среда применения приемников ГНСС // Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. — 2018. — № 4 (25). — С. 27-30.

6. Астапов А.Н., Боран-Кешипян А.Л., Кондратьев С.И. Применение алгоритмов контроля целостности ГНСС для решения задач морской навигации // Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. — 2015. — № 3 (12). — С. 9-12.
7. Астреин В.В., Кондратьев С.И., Боран-Кешипян А.Л. Задача самоорганизации групп судов для предупреждения столкновений // Эксплуатация морского транспорта. — 2016. — № 1 (78). — С. 32-38.
8. Кондратьев С.И. Синтез программных траекторий методом динамического программирования // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. — 2003. — № S6. — С. 41-4.

#### REFERENCES

1. Milliken, R. J., Zoller, C. J.: Principle of Operation of NAVSTAR and System Characteristics. ION Volume I, 1980
2. Richard B. Langley. 1999. Dilution of Precision. GPS World, 10(5), 52-59.
3. Almanac Information and Analysis Center for Positioning, Navigation and Timing [Electronic resource] // access Mode: <https://www.glonass-iac.ru/en/>, free
4. J. Seber. Linear regression analysis. - Moscow: Mir, 1980. - 456 p.
5. Burmenko D. O. Environment for using GNSS receivers-Bulletin of the state Maritime University. Admiral F. F. Ushakov. 2018. No. 4 (25). Pp. 27-30.

6. Astapov A. N., Boran-Keshishyan A. L., Kondrat'ev S. I. application of GNSS integrity control algorithms for solving marine navigation problems-Bulletin of the state Maritime University. Admiral F. F. Ushakov. 2015. No. 3 (12). Pp. 9-12.
7. Astrein V.V., Kondrat'ev S.I., Boran-Keshish'yan A.L. adacha samoorganizacii grupp sudov dlya

- preduprezhdeniya stolknovenij / Ekspluatatsiya morskogo transporta. 2016. № 1 (78). S. 32-38.
8. Kondrat'ev S.I. Sintez programmyh traektorij metodom dinamicheskogo programmirovaniya / Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Tekhnicheskie nauki. 2003. № S6. S. 41-4

УДК 518.81

DOI: 10.34046/aumsuomt94/13

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ НАБЛЮДЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

*Е.Л. Бородин, кандидат технических наук, доцент*

*С.И. Биденко, доктор технических наук, профессор*

*С.Г. Черный, кандидат технических наук, доцент*

*Д.А. Елизаров, кандидат технических наук, доцент,*

*В.М. Шестаков, соискатель*

Статья посвящена проблемам разработки моделей и методов оперативного распознавания графических (оптических) образов. Решается задача оптимизации процессов идентификации визуальных оптических образов по данным систем наблюдения необитаемых подводных аппаратов. Описан алгоритм компенсации информационных потоков (отклонений) с учетом данных стабилизации координат точки корреляционного максимума. Сформулированы условия инвариантности алгоритма идентификации относительно возмущений в пространстве объектов геоситуации. Приведен алгоритм управления формированием эталонного изображения (образа). Определены ограничения метода и условия инвариантности алгоритма идентификации относительно возмущений в пространстве исследуемых объектов.

**Ключевые слова:** оптимальная компенсаторная идентификация, оптические образы, геоситуация, пространство объектов

The article is devoted to the problems of development of models and methods of operational identification of optical objects. The task is solved with regard to optimization of identification process of visual optical objects on the bases of the system of observation of desert underwater apparatus. Algorithm of compensation of informative deflection with regard to the data of stabilization of coordinate position of the correlated maximum has been described.

Conditions of algorithm identification invariance as to indignation in the field of objects of geo situation have been formulated. Algorithm of forming control of Standard objects has been given here. Limitations of method and condition of algorithm invariance of identification with regard to indignation in the field of investigated objects have been defined.

**Key words:** optimal compensatory identification, optical objects, geo situation, space of objects.

### Актуальность и проблемы исследований

Формирование информационной технологии идентификации оптических образов требует определения понятий о сцене, изображении сцены и объекте в изображении сцены для построения алгоритма и программы, реализующих процесс идентификации. Предлагаемый в работе подход к формированию информационной технологии идентификации оптических образов предусматривает построение подпрограмм выделения объектов в изображении сцены, построения эталонных изображений и сравнения объекта с эталоном. Задачи распознавания объектов необитаемых подводных аппаратов требуют новых подходов и решений.

Цель исследований определялась оптимизацией идентификации оптических образов в задачах распознавания объектов необитаемых подводных аппаратов.

### Методы исследований

устанавливались оптимизационными методами идентификации в задачах распознавания объектов необитаемых подводных аппаратов.

### Результаты исследований.

Для входного алфавита  $D$  объектов  $d_i$  порождающих множество образов  $\Omega$ , рассматриваем случай известных вероятностей  $p_i$  появления на входе системы образов  $\omega_i$  [1,4]. Учитывая, что в реальной ситуации образ  $\omega_i$  формирует в пространстве входных координат  $X$  входной сигнал системы  $f_i(x)$  считаем заданным алфавит  $F^*$  эталонных сигналов  $f_i^*(x)$ . Учитывая, что при переходе от множества  $D$ , где в силу свойств объектов определена своя норма и мера, к множеству образов  $\Omega$  необходимо определить правила измерения величины элемента и расстояния между элементами множества.