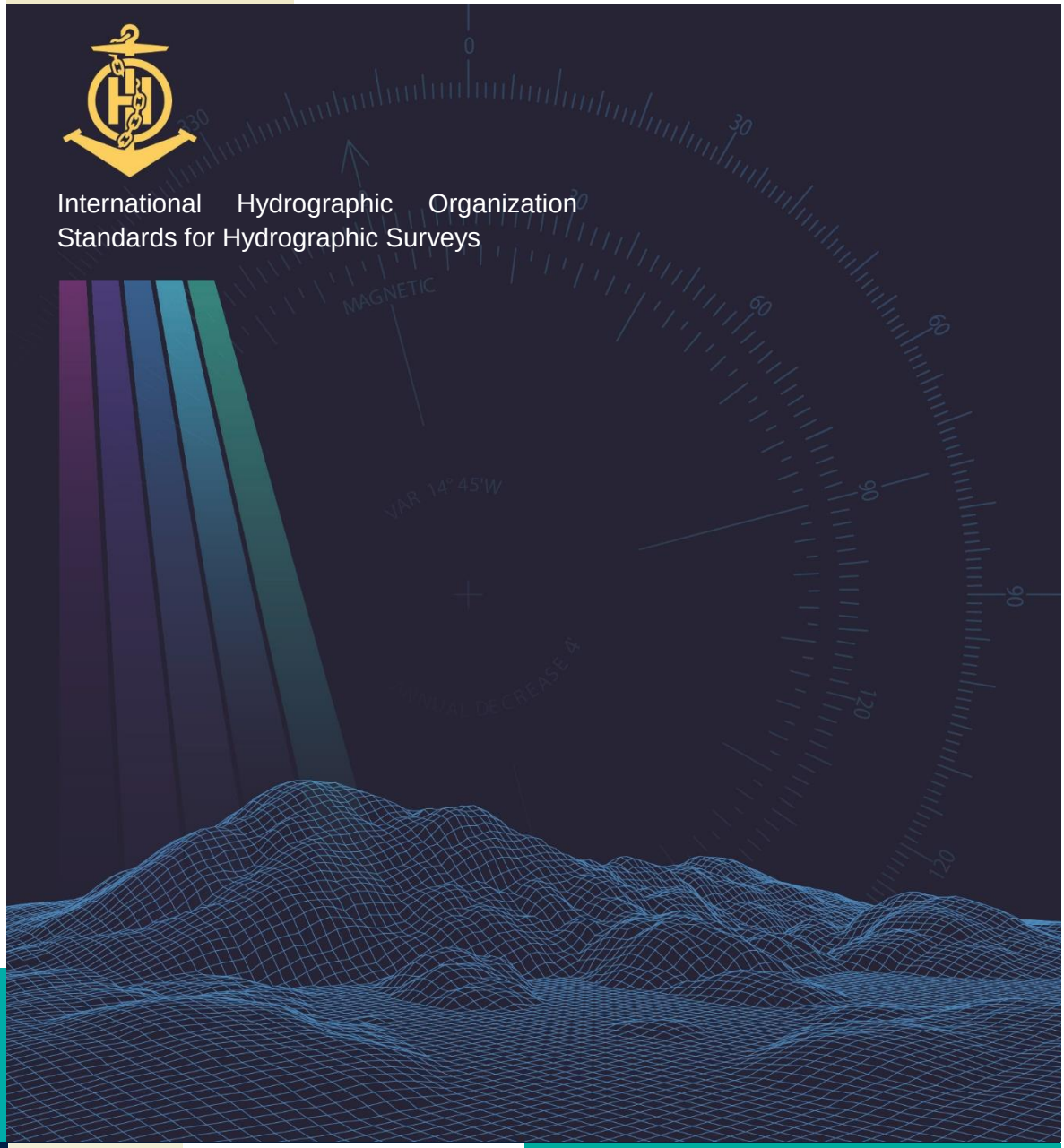
S-44 Edition 6.0.0



International Hydrographic Organization
Standards for Hydrographic Surveys

IHO

International
Hydrographic
Organization

Published by the

International Hydrographic Organization

4b quai Antoine 1er

Principauté de Monaco

Tel: (377) 93.10.81.00

Fax: (377) 93.10.81.40

info@iho.int

www.iho.in

INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION

IHO STANDARDS FOR HYDROGRAPHIC SURVEYS

6th Edition

IHO Publication No. 44

Published by the
International Hydrographic Organization
4b, quai Antoine Ier
B.P. 445 - MC 98011 MONACO Cedex
Principauté de Monaco
Tel : (377) 93.10.81.00
Fax : (377) 93.10.81.40
E-mail: info@iho.int
Website: www.iho.int

© Copyright International Hydrographic Organization *[2020]*

This work is copyright. Apart from any use permitted in accordance with the Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works (1886), and except in the circumstances described below, no part may be translated, reproduced by any process, adapted, communicated or commercially exploited without prior written permission from the International Hydrographic Organization (IHO). Copyright in some of the material in this publication may be owned by another party and permission for the translation and/or reproduction of that material must be obtained from the owner.

This document or partial material from this document may be translated, reproduced or distributed for general information, on no more than a cost recovery basis. Copies may not be sold or distributed for profit or gain without prior written agreement of the IHO and any other copyright holders.

In the event that this document or partial material from this document is reproduced, translated or distributed under the terms described above, the following statements are to be included:

"Material from IHO publication [reference to extract: Title, Edition] is reproduced with the permission of the Secretariat of the International Hydrographic Organization (IHO) (Permission No ……./……) acting for the International Hydrographic Organization (IHO), which does not accept responsibility for the correctness of the material as reproduced: in case of doubt, the IHO's authentic text shall prevail. The incorporation of material sourced from IHO shall not be construed as constituting an endorsement by IHO of this product."

"This [document/publication] is a translation of IHO [document/publication] [name]. The IHO has not checked this translation and therefore takes no responsibility for its accuracy. In case of doubt the source version of [name] in [language] should be consulted."

The IHO Logo or other identifiers shall not be used in any derived product without prior written permission from the IHO.

CONTENTS

PREFACE 7

INTRODUCTION 8

GLOSSARY 10

CHAPTER 1 CLASSIFICATION OF SAFETY OF NAVIGATION SURVEYS 12

CHAPTER 2 HORIZONTAL AND VERTICAL POSITIONING 14

CHAPTER 3 DEPTH, BATHYMETRIC COVERAGE, FEATURES, AND NATURE OF THE BOTTOM 16

CHAPTER 4 WATER LEVELS AND FLOW 21

CHAPTER 5 SURVEYS ABOVE THE VERTICAL DATUM 22

CHAPTER 6 METADATA 24

CHAPTER 7 TABLES AND SPECIFICATION MATRIX 26

ANNEX A SPECIFICATION MATRIX GUIDANCE 33

ANNEX B GUIDELINES FOR QUALITY MANAGEMENT 40

ANNEX C GUIDANCE FOR A PRIORI AND A POSTERIORI QUALITY CONTROL 42

ANNEX D GRIDDED BATHYMETRY CONSIDERATIONS 43

Note: Annexes B, C and D will be removed from this document when the information contained in them is fully included in IHO Publication C-13, *Manual on Hydrography*

PREFACE

This Publication (S-44) defines the standard applicable to hydrographic surveys and takes its place amongst the other International Hydrographic Organization (IHO) publications, designed to improve the safety of navigation, knowledge and protection of the marine environment.

Formal discussions on establishing standards for hydrographic surveys began at the 7th International Hydrographic Conference (IHC) in 1957. The 1st edition of S-44 entitled "Accuracy Standards Recommended for Hydrographic Surveys" was published in January 1968. Since then, the IHO has endeavoured to update this standard regularly to keep pace with the existing technologies and methods. Four successive editions have thus been released since the 1968 original issue: the 2nd edition was published in 1982, the 3rd in 1987, the 4th in 1998, and finally, the 5th edition in 2008. The point of these being to maintain continuity of the original idea throughout successive changes.

By Circular Letter (CL) 68/2016 of 20 December 2016, the IHO established a Hydrographic Surveys Project Team (HSPT) tasked with updating the standard and in its CL 26/2017 further defined the composition of the team. The HSPT tasks consist of three goals: firstly, evaluate the 5th edition of the standard; secondly, prepare an S-44 6th edition; and finally, if necessary, set up a permanent Working Group tasked with addressing all hydrographic surveys concerns. The HSPT team was comprised of representatives from the IHO Member States, observers from international organisations (IFHS and FIG), other expert contributors, and the Secretariat of the IHO.

Hydrographic technologies and requirements are continually evolving, as is the expanding community of users. While hydrographers logically follow these changes, the S-44 standard needs to continue to evolve in order to remain the international reference for hydrographic surveys.

In the creation of this new edition, the IHO Hydrographic Surveys Project Team liaised with the hydrographic community and received input from IHO stakeholders (including industry). This input was crucial to express the needs of the community and drive the updates of this edition, while remaining committed to the IHO mandate.

INTRODUCTION

This publication aims to provide a set of standards for hydrographic surveys primarily used to compile navigational charts essential for the safety of navigation, knowledge and the protection of the marine environment. It specifies the **minimum standards** to be achieved based on the intended use. Where and when necessary, hydrographic offices or organisations are encouraged to define more stringent or specific requirements as national or regional realisations of the standard. This publication does not contain procedures for setting up equipment, conducting the survey, or for processing the resultant data. IHO Publication C-13, *Manual on Hydrography,* should be consulted for information on those topics (downloadable from the IHO homepage: www.iho.int).

In this edition, a new, more stringent Exclusive Order has been introduced. The use of Exclusive Order should be limited to areas with exceptional conditions and specific requirements. The other orders for safety of navigation surveys have kept the same names, but their interpretation has changed from the previous edition due to the introduction of the bathymetric coverage concept. Special Order now explicitly requires full bathymetric coverage. Furthermore, the orders have been divided into requirements above and below the vertical datum.

This edition aims to encourage the use of S-44 for purposes beyond the safety of navigation. It introduces the concept of a Matrix of parameters and data types to define realisations of survey standards and specifications. This Matrix alone is not a standard. It should be considered as a reference to specifying dedicated surveys, as appropriate, and to provide a tool for a broader classification of surveys. It is, by design, expandable and can evolve in future S-44 versions. Annex A provides guidance on how the Matrix can be used for specification and classification of surveys.

S-44 vocabulary has been revised in order to more closely align with references typically used in metrology (e.g. Guide to the expression of uncertainty in measurement). Horizontal positioning standards for aids to navigation have been revised and standards on their vertical positioning have been added. Emphasis has been placed upon the main components of hydrographic surveys while being technology independent.

While the hydrographic surveyor may have some flexibility on how to conduct survey operations, it remains the decision of the responsible authority on whether the standard has been achieved. Furthermore, the surveyor is an essential component of the survey process and must possess sufficient knowledge and experience to be able to operate the system to the required standard. Measuring this can be difficult, although surveying qualifications may be a basis in making this assessment. Available education in this field is (amongst others) Category A and/or B educational programme formed by International Board on Standards of Competence for Hydrographic Surveyors and Nautical Cartographers (IBSC), International Hydrographic Organization (IHO), International Federation of Surveyors (FIG), International Cartographic Association (ICA).

The information contained in annexes B, C, and D provide some guidance on quality control, data processing, and considerations for gridded bathymetry. These Annexes are not an integral part of the S-44 Standards and will be removed when the information therein is fully incorporated into IHO Publication C-13, *Manual on Hydrography*.

Note: The publication of this new edition of the standard does not invalidate surveys, or the safety of navigation products based on surveys conducted in accordance with previous editions.

GLOSSARY

Note: The terms defined below are those that are most relevant to this publication. A much larger selection of terms is defined in IHO Special Publication S-32 (Hydrographic Dictionary) and should be consulted if the required term is not listed here. If a term listed below has a different definition in S-32, the definition given below should be used in relation to these standards.

For the purpose of this Publication the words:

must: indicates a mandatory requirement;

should: indicates a recommended requirement;

may: indicates an optional requirement;

Terms that are only used within the Annexes are not included in this Glossary; these are defined within the Annexes.

Bathymetric coverage: Extent to which an area has been surveyed using a systematic method of measuring the depth and is based on the combination of the survey pattern and the theoretical area of detection of the survey instrumentation.

Confidence level: Probability that the true value of a measurement will lie within the specified uncertainty from the measured value.

Correction: Compensation applied to data to adjust for an estimated systematic effect.

Error: Difference between a measured value and the correct or true value. Errors can be categorised as systematic or random errors.

Feature: Any object, whether natural or manmade, which is distinct from the surrounding area.

Feature detection: Ability of a system to detect features of a defined size.

Feature search: Extent to which an area has been surveyed using a systematic method of identifying features.

Metadata: Data describing a data set and its usage.

Random error: Noise within a measurement caused by factors which vary between measurements and cannot be controlled but can be quantified by statistical means.

Reduced depth: Observed depth including all corrections related to the survey, post processing, and reduction to the appropriate vertical datum.

Significant Feature: Feature that poses a potential danger to navigation or object one would expect to see depicted on a nautical chart or product.

Systematic error: Component of measurement error that remains constant or varies in a predictable manner.

Total horizontal uncertainty (THU): Component of total propagated uncertainty (TPU) calculated in the horizontal dimension. THU is a two-dimensional quantity with all contributing horizontal measurement uncertainties included.

Total propagated uncertainty (TPU): Three dimensional uncertainty with all contributing measurement uncertainties included.

Total vertical uncertainty (TVU): Component of total propagated uncertainty (TPU) calculated in the vertical dimension. TVU is a one-dimensional quantity with all contributing vertical measurement uncertainties included.

Uncertainty: Estimate characterising the range of values within which the true value of a measurement is expected to lie as defined within a particular confidence level. It is expressed as a positive value.

Underkeel Clearance: Distance between the lowest point of the ship's hull and the seabed, riverbed, etc.

CHAPTER 1 CLASSIFICATION OF SAFETY OF NAVIGATION SURVEYS

1.1 Introduction

This chapter describes the orders of safety of navigation surveys which are considered acceptable by hydrographic offices or authorities to generate navigational products and services that allow surface vessels to navigate safely. As requirements vary with water depth, geophysical properties, and expected shipping types, five different orders of survey are defined; each designed to cater to a range of needs.

The five orders are described below along with a description of the intended area(s) of usage. The minimum standards required to achieve each order (Table 1 and Table 2) along with a new tool for enhancing and customising these orders (Specification Matrix) is presented in Chapter 7.

The hydrographic offices or authorities responsible for acquiring surveys should select the order of survey that is most appropriate for the requirements for safety of navigation in the area. A single order may not be appropriate for the entire area to be surveyed and, in these cases, the different orders should be explicitly defined through the survey area. For example, in an area traversed by Very Large Crude Carriers (VLCCs) and expected to be deeper than 40 metres, an Order 1a survey may have been specified. However, if the surveyor discovers shoals of less than 40 metres depth, then it may be more appropriate to survey these shoals and surrounding areas to Special Order or even Exclusive Order in some limited circumstances.

To be fully compliant with an S-44 Order, a hydrographic survey must comply with **all** bathymetric and feature detection requirements (Table 1) for that order and with all the other requirements (Table 2) for the same order, where applicable. Additionally, the tables must be read in conjunction with the detailed text in the following chapters. The challenge presented by each order, in particular Special and Exclusive Orders, is establishing the appropriate survey methodology to achieve the specified standards.

To ensure surveys are systematic, even where bathymetric coverage is specified at less than 100%, the horizontal distance between registered positions of depths should be no greater than 3 times the depth or 25 metres, whichever is greater.

1.2 Order 2

This is the least stringent order and is intended for areas where the depth of water is such that a general depiction of the bottom is considered adequate. As a minimum, an evenly distributed bathymetric coverage of 5% is required for the survey area. It is recommended that Order 2 surveys are conducted in areas which are deeper than 200 metres. Once the water depth exceeds 200 metres, the existence of features that are large enough to impact on surface navigation and yet still remain undetected by an Order 2 survey is considered to be unlikely.

1.3 Order 1b

This order is intended for areas where the types of surface vessels expected to transit the area is such that a general depiction of the bottom is considered adequate. As a minimum, an evenly distributed bathymetric coverage of 5% is required for the survey area. This means

some features will not be detected, although the distance between areas of bathymetric coverage will limit the size of those features. This order of survey is only recommended where underkeel clearance is considered not to be an issue. An example would be an area where the bottom characteristics are such that the likelihood of there being a feature on the bottom that will endanger the type of surface vessel expected to navigate the area is low.

1.4 Order 1a

This order is intended for areas where features on the bottom may become a concern for the type of surface traffic expected to transit the area but where the underkeel clearance is considered not to be critical. A 100% feature search is required in order to detect features of a specified size. Bathymetric coverage less than or equal to 100% is appropriate as long as the least depths over all significant features are obtained and the bathymetry provides an adequate depiction of the nature of the bottom topography. Underkeel clearance becomes less critical as depth increases, so the size of the feature to be detected increases with depth in areas where the water depth is greater than 40 metres. Examples of areas that may require Order 1a surveys are coastal waters, harbours, berthing areas, fairways and channels.

1.5 Special Order

This order is intended for those areas where underkeel clearance is critical. Therefore, 100% feature search and 100% bathymetric coverage are required and the size of the features to be detected by this search is deliberately more demanding than for Order 1a. Examples of areas that may require Special Order surveys are: berthing areas, harbours, and critical areas of fairways and shipping channels.

1.6 Exclusive Order

Exclusive Order hydrographic surveys are an extension of IHO Special Order with more stringent uncertainty and data coverage requirements. Their use is intended to be restricted to shallow water areas (harbours, berthing areas and critical areas of fairways and channels) where there is an exceptional and optimal use of the water column and where specific critical areas with minimum underkeel clearance and bottom characteristics are potentially hazardous to vessels. For this order, a 200% feature search and a 200% bathymetric coverage are required. The size of features to be detected is deliberately more demanding than for Special Order.

CHAPTER 2 HORIZONTAL AND VERTICAL POSITIONING

2.1 Introduction

Positioning is a fundamental part for every survey operation. The hydrographer must consider the geodetic reference frame, horizontal and vertical reference systems, their connections to other systems in use (e.g. land survey datums), as well as the uncertainty inherent within associated measurements.

In this standard, position and its uncertainty refer to the horizontal component of the sounding or feature, while the depth and its uncertainty refers to the vertical component of the same sounding or feature.

2.2 Geodetic Reference Frame

Positions should be referenced to a geodetic reference frame, which can be the realisation of either a global (e.g. ITRF2018, WGS84(G1762)) or a regional (e.g. ETRS89, NAD83) reference frame and their later iterations. As there are frequent updates to geodetic reference frames, it is essential that the epoch is recorded for surveys with low positioning uncertainty.

Since positions are most often referenced in a compound coordinate reference system/frame such as geodetic, geopotential, and height reference system/frame, they can be separated into horizontal and vertical components.

2.3 Horizontal Reference System

If horizontal positions are referenced to a local datum, the name and epoch of the datum should be specified and the datum should be tied to a realisation of a global (e.g. ITRF2018, WGS84(G1762)) or a regional (e.g. ETRS89, NAD83) reference frame and their later iterations. Transformations between reference frames/epochs should be taken into account, especially for surveys with low uncertainty.

2.4 Vertical Reference System

If the vertical component of the positions is referenced to a local vertical datum, the name and epoch of the datum should be specified. The vertical component of the positions (e.g. depths, drying heights) should be referenced to a vertical reference frame that is suitable for the data type and intended use. This vertical reference frame may be based on tidal observations (e.g. LAT, MWL, etc), on a physical model (i.e. geoid) or a reference ellipsoid.

2.5 Chart and Land Survey Vertical Datum Connections

In order for bathymetric data to be correctly and fully utilised, chart and land survey vertical datum connections or relationships must be clearly determined and described. The IHO Resolution on Datums and Benchmarks, Resolution 3/1919, as amended, resolves practices which, where applicable, should be followed in the determination of these vertical datum connections.

This essential resolution 3/1919, as amended, is available in the IHO Publication M-3, Resolutions of the International Hydrographic Organization, which is downloadable from the IHO homepage www.iho.int.

2.6 Uncertainties

This standard addresses total propagated uncertainty (TPU) by the two components; total horizontal uncertainty (THU) and total vertical uncertainty (TVU). The TVU and THU values must be understood as an interval of ± the stated value.

A statistical method, combining all uncertainty sources for determining both the horizontal and the vertical positioning uncertainty should be adopted to obtain THU and TVU respectively. The uncertainties at the 95% confidence level must be recorded with the survey data.

The ability of the survey system should be demonstrated by *a priori* uncertainty calculations (THU and TVU). These calculations are predictive and must be calculated for the survey system as a whole, including all instrument, measurement, and environmental uncertainty sources. This estimation should be updated during the survey to reflect changes from environmental conditions such as wind, waves, etc. in order to make appropriate changes to survey parameters.

Final uncertainty values for the survey may consist of an *a priori* and *a posteriori* calculation, explicitly empirical values (e.g. based on standard deviation of vertical depths alone), or some combination of the aforementioned values. The metadata should include a description of the uncertainty type and the uncertainty(s) achieved.

Within this standard, for ease of use, allowable horizontal uncertainty is assumed to be equal in both dimensions. Therefore, assuming a normal distribution of error, the position uncertainty is expressed as a single number.

2.7 Confidence Level

In this standard the term confidence level is not the strict statistical definition, but is equivalent to the terms "level of confidence" or "coverage probability" as discussed in the *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, JCGM 100:2008, section 6.2.2.

It must be noted that confidence levels (e.g. 95%) depend on the assumed statistical distribution of the data and are calculated differently for one-dimensional (1D) and two-dimensional (2D) quantities. In the context of this standard, which assumes normal distribution of error, the 95% confidence level for 1D quantities (e.g. depth) is defined as 1.96 x standard deviation, and the 95% confidence level for 2D quantities (e.g. position) is defined as 2.45 x standard deviation.

CHAPTER 3 DEPTH, BATHYMETRIC COVERAGE, FEATURES, AND NATURE OF THE BOTTOM

3.1 Introduction

The navigation of surface vessels requires accurate knowledge of depth and features. Where underkeel clearance is potentially an issue, bathymetric coverage must be at least 100%, feature detection must be appropriate, and depth uncertainties must be tightly controlled and understood.

For customisation or enhancement of safety of navigation survey orders or other applications, survey criteria may be specified by selecting required criteria values from the Matrix (See section 7.5 and Annex A).

3.2 Depth

3.2.1 Depth Measurement

Depths are to be understood as reduced depths within a well-defined vertical reference frame. The depth of a feature is expressed as the minimum depth of that feature.

In waters with very high turbidity, e.g. estuaries, this minimum depth may be determined on the basis of sediment concentrations in the water.

Under exceptional circumstances, for safety of navigation purposes, the use of a high precision method (e.g. mechanical sweep) that the hydrographic office or authority deems able to confirm the safe depth in an area, or over a feature / wreck, can be used to certify a safe depth. In this case, the uncertainty of the vertical measurement will define the survey order to be quoted.

3.2.2 Drying Heights

In areas with larger tidal ranges where the drying zone is sometimes navigable during high tide, elevations within the drying zone also need to be thoroughly surveyed. Depending on the situation and available equipment, the drying heights may either be surveyed bathymetrically or topographically. However, regardless of the survey method, maximum uncertainties shall not exceed those specified for the submerged area outside of the drying zone.

3.2.3 Maximum Allowable Vertical Uncertainty

Recognising that there are both depth-dependent and depth-independent error sources that affect the measurements of depths, the formula below is used to compute the maximum allowable vertical measurement uncertainty.

The parameters “a” and “b”, together with the depth “d”, have to be introduced into the formula below in order to calculate the maximum allowable TVU:

$$TVU_{max}(d) = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$$

Where

a represents that portion of the uncertainty that does not vary with the depth

b is a coefficient which represents that portion of the uncertainty that varies with the depth

d is the depth

Table 1 specifies the parameters “a” and “b” to compute the maximum allowable TVU of reduced depths for each survey order. The total vertical uncertainties of depth measurements calculated with a 95 % confidence level must not exceed this value.

3.3 Feature Detection

Minimum standards for feature detection are specified in Table 1. A cubic feature is used as a basic shape reference for a system feature detection ability and implies a symmetrical 3-D shape of six equal square sides.

In assessing a survey system's feature detection ability, the entire survey system, including equipment, methodologies, procedures, and personnel, must be assessed. It is the responsibility of the hydrographic office or authority that is gathering the data to assess the capability of any proposed survey systems to detect significant features.

Specified feature detection abilities are not implicit determinations of what constitutes a hazard to navigation. In some cases, significant features smaller than the defined sizes specified in Table 1 can be classified as hazards to navigation. It may therefore be deemed necessary by the hydrographic office or authority to detect smaller significant features in order to minimise the risk of undetected hazards to navigation. However, no single survey system can guarantee detection of all features. If there is a concern that hazards to navigation may exist within an area that may not be detected by the survey system, consideration should be given to use an alternative survey system.

3.4 Feature Search

Minimum standards for Feature Search are specified in Table 1.

For Order 1a, a 100% feature search may be achieved with a survey system that does not measure depth. Under those circumstances, least depth measurements from an independent bathymetric system will be required for any detected significant feature. Whenever possible, it is recommended to conduct a 100% feature search in conjunction with 100% bathymetric coverage.

A feature search greater than or equal to 100% must be planned and conducted with the intent of detecting all features of the sizes specified in this standard. Where more than 100% feature search is required, including 200% for Exclusive Order, it may be accomplished by adequately overlapping collection or by acquiring more than one independent dataset within a survey.

3.5 Bathymetric Coverage

The concept of bathymetric coverage was introduced in this edition of S-44, in order to make the standard technology independent. Acquisition of bathymetric coverage requires use of a sensor that measures and records depths. Table 1 specifies the minimum bathymetric coverage to be achieved by each survey order.

3.5.1 100% Bathymetric Coverage

A 100% bathymetric coverage should be interpreted as "full" bathymetric coverage. 100% bathymetric coverage does not guarantee continuous depth measurements, since the depth measurements are discrete and based on the inherent physical and survey instrumentation limitations.

3.5.2 Less than 100% Bathymetric Coverage

Bathymetric coverage of less than 100% must follow a systematic survey pattern to maximise uniform distribution of depth data across the survey area and must not be lower than 5%. Additionally, the nature of the bottom (e.g. roughness, type, slope) and the requirements for safety of surface navigation in the area must be taken into account early and often to determine whether the survey pattern should be adapted to meet the requirements for safety of navigation in the area, while still fulfilling the minimum requirements according to Table 1. To ensure surveys are performed systematically where bathymetric coverage is specified at less than 100%, the horizontal distance between registered positions of depths should be no greater than 3 times the average depth or 25 metres, whichever is greater.

For Order 1a, bathymetric coverage less than or equal to 100% is appropriate as long as the least depths over all significant features are obtained and the bathymetry provides an adequate depiction of the nature of the bottom topography. The system independent parameter bathymetric coverage (expressed in percentage) is used for all Orders. In the 5th edition, line spacing was used as the parameter for Order 2 and 1b. In transition from line spacing to an extent in percentage for bathymetric coverage, a single beam with 8-12° beam width was used as a realistic reference, with an inter-line spacing of 3-4 times water depths[1]. 5% is therefore the appropriate value for the Order 2 and 1b bathymetric coverage requirement.

3.5.3 Greater than 100% Bathymetric Coverage

Greater than 100% bathymetric coverage, including 200% for Exclusive Order, may be accomplished by adequately overlapping collection or by acquiring more than one independent dataset within a survey.

3.6 Hazards to Navigation

Hydrographic offices and authorities must consider the expected local traffic (e.g. draught of vessels) as well as general configuration of depths when assessing hazards to navigation.

Sufficient data must be acquired over features that are potential hazards to navigation (e.g. wreck or other obstructions) to ensure the least depth and position are adequately determined

[1] Example: For a singlebeam echosounder with an 8° beam width, considering a line spacing of 3-times depth for the main lines and 10 times the main line spacing for the cross lines, according to the formula, the bathymetric coverage is: % coverage = surveyed area / total area = (footprint diameter*total line length) / total area = 2*tan (8°/2)*(1/3+1/(3*10)) = 0.051 = 5.1%

This formula is provided as an example and does not constitute part of this standard.

by appropriate methods, while meeting the minimum requirements of the appropriate order in Table 1.

Given current ship specifications, features with least depths deeper than 40m would not likely constitute a hazard to surface navigation. However, this statement should be constantly re-evaluated based on local circumstances and their potential changes.

The hydrographic office or authority, responsible for survey quality, may define a depth limit beyond which a detailed bottom investigation, and thus an examination of features, is not required.

3.7 Charted Object Confirmation / Disproval

For an object which has previously been recorded/presented in a chart, document, electronic publication, or database, it is recommended to confirm or disprove the existence of those charted objects such as rocks, wrecks, obstructions, aids to navigation, and doubtful data. Findings should be addressed in the report of survey.

Doubtful data includes, but is not limited to, data which are usually denoted on charts by PA (Position Approximate), PD (Position Doubtful), ED (Existence Doubtful), SD (Sounding Doubtful), or as “reported danger”. Charted objects should be confirmed or disproved relative to their charted position.

No empirical formula for defining the search area can cover all situations. For object confirmation or disproval it is recommended that the search radius should be at least 3 times the estimated position uncertainty of the reported hazard. If a charted object is not located or indicated within the search radius, the charted object can then be recommended as disproved.

It is the responsibility of the hydrographic office or authority which is gathering the data to assess whether the charted object has been sufficiently disproved before removing it from the chart.

3.8 Nature of the Bottom

The nature of the bottom should be determined in potential anchorage areas, other critical areas, and in areas where bottom conditions are suspected to have significant influence on required feature detection. Bottom Characterisation Methods include: physical sampling (PHY) with visual (VIS) and / or laboratory (LAB) analysis, inference technique (INF) from other sensors (e.g. backscatter or reflectivity), or inference technique with physical ground truth sampling (INF w/ GT) and visual (VIS) and / or laboratory (LAB) analysis.

Bottom Sampling Frequency may be at a spacing sufficient for the intended product (e.g. chart), seabed geology, and as required to ground truth any inference technique. Bottom sampling for ground truth of inference technique does not require a regular sampling pattern, or distances. An average value, or maximum value, for the distance between samples can be used. If bottom sampling has been performed in specific areas, such as anchorage or other areas of interest of the surveyed area, the limits for the sampling area should be recorded.

There are currently no IHO safety of navigation standards for bottom characterisation methods or bottom sample frequencies. However, the Matrix may be used to task and classify any such work performed. What is appropriate for these parameters varies greatly based on the

nature and configuration of the bottom as well as the intended use of the area. The surveyor should exercise judgement in determining appropriate bottom characterisation methods and bottom sample frequency to adequately characterise the area.

CHAPTER 4 WATER LEVELS AND FLOW

4.1 Introduction

In this chapter, water levels are considered in the context of supporting the vertical solution of depth measurements, rather than water level measurements as a discrete dataset to define tidal harmonics etc, which are covered within other IHO documents. Tides and other changes in water levels which impact the TVU of depth data must be considered for any hydrographic survey regardless of the technology used to conduct the survey. Flow observations will often be required to support safe navigation, and when specified in the survey requirement, those observations must meet the parameters presented in this standard.

For requirements to clearly determine chart and land survey vertical datum connections, or relationships, see section 2.5.

4.2 Water Level (Tidal) Predictions

Water level observations may be required to facilitate generation and maintenance of tidal prediction models and the production of Tide Tables. Water level observations should cover as long a period as possible and preferably not less than 30 days.

4.3 Reductions for Water Level Observations

Whenever surveyed/predicted water levels or tides are used to reduce soundings to a datum, allowance shall be made in the TVU calculations for the uncertainty of the values. Observed values are preferred over predicted.

4.4 Water Flow (Tidal Stream and Current) Observations

The speed and direction of water flows (tidal streams and currents) which may exceed 0.5 knots should be observed in key areas, if not already defined. For example, at the entrances to harbours and channels, at any change in direction of a channel, in anchorages, and adjacent to wharf areas. It is also recommended to measure coastal and offshore streams and currents when they are of sufficient strength to affect surface navigation.

The water flow (tidal stream and current) at each position should be measured at depths sufficient to meet the requirements of normal surface navigation in the survey area. In the case of tidal streams, simultaneous observations of tidal height and meteorological conditions should be made. It is recommended that the period of observation be at least 30 days.

The speed and direction of the water flow (tidal stream and current) must be measured at 95% confidence level as defined in Table 2. Where there is reason to believe that other factors (e.g. seasonal river discharge) influence the water flows, measurements should be made to cover the entire period of variability.

CHAPTER 5 SURVEYS ABOVE THE VERTICAL DATUM

5.1 Introduction

Surveys above the vertical datum are necessary for safe and efficient navigation and mooring. Topographic and geodetic measurements that are of specific importance for navigation are presented in the following sections. Their corresponding allowable uncertainties (THU and TVU as applicable) are defined in Table 2.

Additional information such as drawings or photographs of these features should be captured where possible to support the measurement.

For Chart and Land Survey Vertical Datum Connection requirements see section 2.5.

5.2 Fixed Aids and Topographic Features Significant to Navigation

Fixed aids to navigation include, but are not limited to: beacons, day marks, range markers, and lighthouses.

Topographic features significant to navigation are conspicuous features, landmarks, and objects which assist mooring, docking, and manoeuvring in confined spaces and / or provide some aid in navigation.

Conspicuous features which provide some aid in navigation without being a dedicated aid to navigation may include, but are not limited to, conspicuous natural features, cultural features, and landmarks such as: chimneys, flare stacks, hill or mountain tops, masts, monuments, towers, refineries, religious buildings, silos, single buildings, tanks, tank farms, towers, and windmills. Features of this type may be both significant to navigation and less significant to navigation (section 5.5) depending on the feature's individual characteristics and surroundings.

Essential harbour, mooring, and docking features include, but are not limited to: groins, moles, wharfs (quays), piers (jetties), mooring dolphins, piles, bollards, slipways, docks, lock gates, and breakwaters.

Allowable THU and TVU for the positioning of these fixed aids and features significant to navigation are presented in Table 2.

One may consider drying features (including rocks) which are positioned by topographic means to be topographic features significant to navigation. Regardless of the positioning methodology, maximum allowable uncertainties for drying features shall not exceed those specified in this standard for the adjacent permanently submerged features (unless a different order of survey has intentionally been specified by the commissioning authority).

5.3 Floating Objects and Aids to Navigation

Floating objects and aids to navigation include, but are not limited to: buoys, articulated beacons, fish farms, and floating docks.

For floating objects, the surveyed position uncertainty should be significantly lower than the sway (object's allowed movement). Sway due to currents, wind, and water level must be taken into account when computing the mean position of these objects.

Allowable THU for the positioning of these objects are presented in Table 2. Allowable TVU is not applicable to these measurements.

5.4 Coastline

IHO S-32, *IHO Hydrographic Dictionary*, generally defines coastline or shoreline as the line where shore and water meet. IHO S-4, *Regulations of the IHO for International (INT) Charts and Chart Specification of the IHO*, describes it more specifically as high water mark, or the line of mean water level where there is no appreciable tide or change in water level. The coastline may also be defined as the low water line. Allowable THU for the positioning of these objects are presented in Table 2. Allowable TVU is not applied to these measurements within this standard.

5.5 Features Less Significant to Navigation

Features less significant to navigation are non-conspicuous features which provide context and additional information, but are not likely to aid navigation. As stated in section 5.2, topographic features of the same type may be both conspicuous / significant to navigation and less conspicuous / less significant to navigation depending on the feature's individual characteristics and surroundings. Topographic features less significant to navigation may include, but are not limited to non-conspicuous landmarks such as: chimneys, flare stacks, hill or mountain tops, masts, monuments, towers, refineries, religious buildings, silos, single buildings, tanks, tank farms, and windmills.

Allowable THU and TVU for the positioning of these objects are presented in Table 2.

5.6 Overhead Clearances, Range Line and Sector Lights Heights

Overhead obstructions such as bridges and cables may pose a hazard to navigation. Range line and sector light heights may be of use for determining distance from shore. Allowable THU and TVU for the positioning of overhead clearances (including associated horizontal clearances), range line and sector light heights are presented in Table 2.

5.7 Angular Measurements

Angular measurements include, but are not limited to: limits of sectors and arcs of visibility of lights, alignments of leading lights and clearing lights, directions for passing off-lying dangers, and alignment of recommended tracks. Allowable THU for the measurement of these angles is presented in Table 2. Allowable TVU is not applicable to these measurements.

CHAPTER 6 METADATA

6.1 Introduction

Metadata is fundamental to ensure that survey data is correctly understood and utilised as required for chart production or other purposes. This Standard identifies the minimum metadata that is to be provided with hydrographic surveys conducted for safety of navigation. Where additional metadata is available this should be included to enhance the value of the survey data for other uses. Examples of metadata include overall quality, data set title, source, positional uncertainty, and ownership.

6.2 Metadata Content

Metadata can be provided in any format such as in the Report of Survey, or embedded within a specific metadata file. The chosen format should support discovery, clarity of understanding, and software compatibility. Each hydrographic office or authority may adopt metadata requirements beyond that specified here and should develop and document a list of additional metadata used for their survey data. The table below should be seen as a schema, and not a final data model.

Metadata should be comprehensive, but should include, as a minimum, information on:

Category or Group	Description
Survey Type	e.g. safety of navigation, passage, reconnaissance/sketch, examination
Technique of vertical / depth measurement	e.g. echo-sounder, side scan sonar, multi-beam, diver, lead-line, wire-drag, photogrammetry, satellite derived bathymetry, lidar
Order of survey achieved	In accordance with S-44
Horizontal and vertical datum and separation models used	Including ties to a geodetic reference frame based on ITRS (e.g. WGS84) and epoch information, if a local datum or realisation is used
Uncertainties achieved (at 95% Confidence Level)	For both horizontal and vertical components: THU and TVU
Feature detection ability	In metres
Feature search	% of survey area searched
Bathymetric coverage	% of survey area covered
Survey date range	Survey's start and end dates
Survey undertaken by	Surveyor, survey company, survey authority
Data ownership	e.g. funding body, government
Grid attributes	Where a grid is the deliverable (i.e. resolution, method, underlying data density, uncertainty)

Category or Group	Description
Data density	Description of average or range of density of source data (e.g. number of accepted points per surface unit)
Usage constraints	e.g. none, classified, not for navigation, or restricted

Metadata should preferably be an integral part of the digital survey record and conform to the "IHO S-100 Discovery Metadata Standard", when this is adopted. Prior to the adoption of S-100, ISO 19115 can be used as a model for the Metadata. If this is not feasible, similar information should be included in the documentation of a survey.

CHAPTER 7 TABLES AND SPECIFICATION MATRIX

7.1 Introduction

As in previous editions, this edition of S-44 presents key elements of safety of navigation survey specifications in table format. This edition has two Tables (1 and 2) and provides a new specification Matrix for added flexibility for other types of hydrographic surveys carried out for purposes beyond safety of navigation. The new Matrix allows for customisation and enhancement of safety of navigation survey standards.

7.2 Safety of Navigation Standards

Minimum bathymetry standards are defined in Table 1. Other minimum standards for positioning and water flow measurements are defined in Table 2. Both tables must be read in conjunction with the detailed text in this document.

As stated above, all standards defined in Table 1 and Table 2 are included in the specification Matrix within ranges of specification values which are available to enhance and customise safety of navigation surveys. Although the Matrix is available for this purpose, its usage will not reduce the minimum standards defined for safety of navigation survey orders. See Annex A for guidance on how to use the Specification Matrix.

7.2.1 Bathymetry Standards

Table 1 defines minimum bathymetry standards for safety of navigation surveys. The standards are intended to be purpose specific but technology independent in design. The order achieved for bathymetry data (Table 1) may be assessed independently of order achieved for other positioning data (Table 2), so as not to unnecessarily degrade the representation of quality of bathymetry in nautical charts and products. Table 1 follows.

7.2.2 Other Positioning Standards, Tidal Stream and Currents

Table 2 defines minimum navigational aid, structural, and topographic positioning standards for safety of navigation surveys above the vertical datum. It also includes minimum standards for angular measurement in relation to range lines, sectors lights, and similar aids to navigation used on an established course or heading. Finally, requirements are set for direction and speed measurements for tidal stream and current. These standards only apply where such measurements are required for the survey. Table 2 follows.

7.3 TABLE 1 - Minimum Bathymetry Standards for Safety of Navigation Hydrographic Surveys

To be read in conjunction with the full text set out in this document, m = metres, all uncertainties at 95% confidence level, * = Matrix Reference.

Reference	Criteria	Order 2	Order 1b	Order 1a	Special Order	Exclusive Order
Chapter 1	**Area description** (Generally)	Areas where a general description of the sea floor is considered adequate.	Areas where underkeel clearance is not considered to be an issue for the type of surface shipping expected to transit the area.	Areas where underkeel clearance is considered not to be critical but features of concern to surface shipping may exist.	Areas where underkeel clearance is critical	Areas where there is strict minimum underkeel clearance and manoeuvrability criteria
Section 2.6	**Depth THU** [m] + [% of Depth]	20 m + 10% of depth *Ba5, Bb2	5 m + 5% of depth *Ba8, Bb3	5 m + 5% of depth *Ba8, Bb3	2 m *Ba9	1 m *Ba10
Section 2.6 Section 3.2 Section 3.2.3	**Depth TVU** (a) [m] and (b)	a = 1.0 m b = 0.023 *Bc7, Bd4	a = 0.5 m b = 0.013 *Bc8, Bd6	a = 0.5 m b = 0.013 *Bc8, Bd6	a = 0.25 m b = 0.0075 *Bc10, Bd8	a = 0.15 m b = 0.0075 *Bc12, Bd8
Section 3.3	**Feature Detection** [m] or [% of Depth]	Not Specified	Not Specified	Cubic features > 2 m, in depths down to 40 m; 10% of depth beyond 40 m *Be5, Bf3 beyond 40m	Cubic features > 1 m *Be6	Cubic features > 0.5 m *Be9
Section 3.4	**Feature Search** [%]	Recommended but Not Required	Recommended but Not Required	100% *Bg9	100% *Bg9	200% *Bg12
Section 3.5	**Bathymetric Coverage** [%]	5% *Bh3	5% *Bh3	≤ 100% *≤ Bh9	100% *Bh9	200% *Bh12

7.4 TABLE 2 - Other Minimum Standards for Safety of Navigation Surveys

To be read in conjunction with the full text set out in this document. Standards for Table 2 data types only apply where such measurements are required for the survey.

m = metres. All uncertainties at 95% confidence level. * = Matrix Reference.

Reference	Criteria	Uncertainty Type	Order 2	Order 1b	Order 1a	Special Order	Exclusive Order
Section 5.2	**Fixed Objects, Aids, Features Above the Vertical Reference Significant to Navigation**	THU [m]	5 m *Pa4	2 m *Pa6	2 m *Pa6	2 m *Pa6	1 m *Pa7
		TVU [m]	2 m *Pb2	2 m *Pb2	1 m *Pb3	0.5 m *Pb4	0.25 m *Pb5
Section 5.3	**Floating Objects and Aids to Navigation**	THU [m]	20 m *Pc2	10 m *Pc3	10 m *Pc3	10 m *Pc3	5 m *Pc4
Section 5.4	**Coastline** (high, low, MWL water lines, etc)	THU [m]	10 m *Pd2	10 m *Pd2	10 m *Pd2	10 m *Pd2	5 m *Pd3
Section 5.5	**Features Above the Vertical Reference Less Significant to Navigation**	THU [m]	20 m *Pe2	20 m *Pe2	20 m *Pe2	10 m *Pe3	5 m *Pe4
		TVU [m]	3 m *Pf1	2 m *Pf2	1 m *Pf3	0.5 m *Pf4	0.3 m *Pf5
Section 5.6	**Overhead Clearances and Range Line, Sector Light Heights**	THU [m]	10 m *Pg1	10 m *Pg1	5 m *Pg2	2 m *Pg3	1 m *Pg4
		TVU [m]	3 m *Ph1	2 m *Ph2	1 m *Ph3	0.5 m *Ph4	0.3 m *Ph5
Section 5.7	**Angular Measurements**	[degrees]	0.5 degrees *Pi4				
Section 4.4	**Water Flow Direction**	[degrees]	10 degrees *Wa1				
Section 4.4	**Water Flow Speed**	[knots]	0.1 knots *Wb5				

7.5 Matrix Description

The Specification Matrix provides a range of selectable criteria for bathymetric parameters and other data types collected, reported, and delivered as part of a hydrographic survey. It is introduced to allow flexibility and customisation in the tasking and assessing of hydrographic surveys, accommodation of new and emerging technologies, and inclusion of hydrographic surveys conducted for purposes other than safety of navigation. By design, it is expandable and can evolve in future S-44 editions. The Matrix can be used both as a tool when specifying a survey, but also as a tool for classification of data after a completed survey.

It is important to note that the Matrix alone does not define any standards for hydrographic survey. Safety of navigation survey standards (as defined in Table 1 and Table 2) are referenced to the Matrix criteria and the Matrix can be used to customise and enhance these minimum standards. Standards for surveys conducted for purposes other than safety of navigation (e.g. geophysical, oil and gas, dredging, and geotechnical) are not currently defined in this document. However, the range of accuracies presented in the Matrix was designed to accommodate these surveys and to provide a common framework for tasking and assessing hydrographic surveys in general.

Additionally, with the emergence of new nautical products and associated specifications / data models (e.g. Electronic Nautical Charts (ENC) and S-101 ENC Product Specification), additional types of information will be available to the mariner. The Matrix can be used to help define and categorise the increasing variety of data that will be used in these evolving products.

See Annex A for guidance and additional information on how to use the Specification Matrix.

7.6 MATRIX

Matrix for Hydrographic Surveys. To be read in conjunction with the full text set out in this document, m = metres, all uncertainties at 95% confidence level.

	Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	**BATHYMETRY**														
a	**Depth** THU [m]	500	200	100	50	20	15	10	5	2	1	0.5	0.35	0.1	0.05
b	**Depth** THU [% of depth]	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1						
c	**Depth** TVU "a" [m]	100	50	25	10	5	2	1	0.5	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
d	**Depth** TVU "b" Note 1	0.20	0.10	0.05	0.023	0.02	0.013	0.01	0.0075	0.004	0.002				
e	**Feature Detection** [m]	50	20	10	5	2	1	0.75	0.7	0.5	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05
f	**Feature Detection** [% of Depth]	25	20	10	5	3	2	1	0.5	0.25					
g	**Feature Search** [%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	
h	**Bathymetric Coverage** [%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	

	Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P	**OTHER POSITIONING ABOVE THE VERTICAL REFERENCE**														
a	**Fixed Aids, Features Significant to Navigation** THU [m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
b	**Fixed Aids, Features Significant to Navigation** TVU [m]	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01						
c	**Floating Aids and Objects** THU [m]	50	20	10	5	2	1	0.5							
d	**Coastline** THU (high, low, MWL water lines, etc.) [m]	20	10	5	1	0.5	0.25	0.1							
e	**Features Less Significant to Navigation** THU [m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
f	**Features Less Significant to Navigation** TVU [m]	3	2	1	0.5	0.3	0.25	0.1	0.05	0.01					
g	**Overhead Clearance and Range line, Sector Light Heights** THU [m]	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01					
h	**Overhead Clearance and Range line, Sector Light Heights** TVU [m]	3	2	1	0.5	0.3	0.1	0.05	0.01						
i	**Angular Measurements** [degrees]	5	2.5	1	0.5	0.2	0.1	0.05							

	Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
W	**WATER FLOW**														
a	**Flow Direction** [degrees]	10	7.5	5.0	2.5	1.0	0.5	0.25	0.10						
b	**Flow Speed** [knots]	2	1	0.5	0.25	0.10									

	Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	**NATURE OF THE BOTTOM**														
a	**Bottom Characterisation Method** Note 2	PHY - VIS	PHY - LAB	PHY - VIS & LAB	INF	INF w/ GT (VIS)	INF w/ GT (LAB)	INF w/ GT (VIS & LAB)							
b	**Bottom Sampling Frequency** approximate [m] Note 2	As Req to GT	10,000	5,000	2,500	1,852	1,000	500	250	100	75	50	25	10	5

Note 1: To use the parameter "*b*", as a percentage of depth, multiply it by 100.

Note 2: PHY = Physical Sampling. VIS = Visual Analysis. LAB = Laboratory Analysis. INF = Inference Technique. w/ = With. GT = Ground Truth. As Req to GT = As Required to Ground Truth any Inference Technique (see section 3.8).

ANNEX A MATRIX GUIDANCE

A.1 Introduction

The Matrix, as presented in section 7.6, includes a range of selectable criteria for hydrographic survey parameters / data types. It is organised by the following data classes: Bathymetry, Other Positioning, Water Flow, and Nature of the Bottom.

The criteria are derived through a series of alphanumeric codes which reference the cells in the Matrix. A criterion requires three characters to reference a cell address:

1. The first character is a capital letter denoting the class of data.

2. The second character is a lower-case letter referencing the intended criteria by row.

3. The third character is a number referencing the intended criteria value by column.

The string should include only those parameters and data types required for both specification and classification of surveys. Omission of a cell reference indicates that there is no requirement for the associated criteria and that "0" should be used in required formulas.

Table A1 - Matrix Classes and Description

	Class	Description
B	Bathymetry	Depth and features
P	Other Positioning	Location of features above the vertical reference
W	Water Flow	Direction and speed of currents
N	Nature of the Bottom	Bottom characterisation

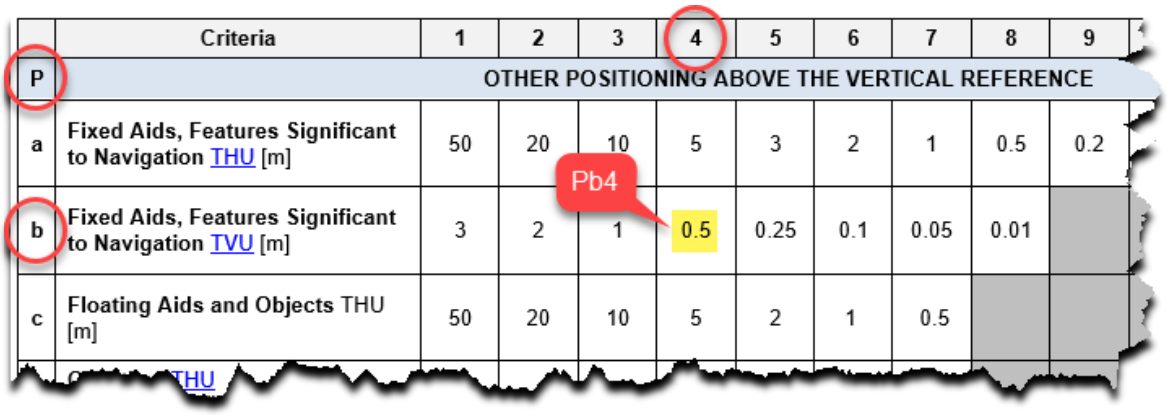


Figure A1 - Example: (Pb4) derivation of Fixed Aids, Features Significant to Navigation TVU = 0.5 m

A.2 Examples of Matrix Realisations:

A.2.1 Matrix Representations

Matrix realisations may be communicated in a variety of representations including: diagrams, tables, text strings, and shaded matrices.

A.2.2 Table Examples

The following table presents two examples of "Matrix Realisations": Order 1a Surveys, and a Customised Specification. This table includes the values associated with a Matrix cell. Although it may be helpful to provide those values in a technical specification for a survey, it is not explicitly necessary in order to communicate the requirement. Cells in colour highlight the differences between Order 1a and the customised specification, which is more demanding.

B	BATHYMETRY	Order 1a Value	Matrix Cell Ref.	Custom	Matrix Cell Ref.
a	**Depth** THU [m]	5	Ba8	5	Ba8
b	**Depth** THU [% of depth]	5	Bb3	5	Bb3
c	**Depth** TVU "a" [m]	0.5	Bc8	---	---
d	**Depth** TVU "b"	0.013	Bd6	0.010	Bd7
e	**Feature Detection** [m]	2 (≤40 m)	Be5 (≤40 m)	1 (≤40 m)	Be6
f	**Feature Detection** [% of Depth]	10 (>40 m)	Bf3 (>40 m)	10	Bf3
g	**Feature Search** [%]	100	Bg9	100	Bg9
h	**Bathymetric Coverage** [%]	≤ 100	≤ Bh9	100	Bh9
P	**OTHER POSITIONING**				
a	**Fixed Aids, Features Significant to Navigation** THU [m]	2	Pa6	2	Pa6
b	**Fixed Aids, Features Significant to Navigation** TVU [m]	1	Pb3	1	Pb3
c	**Floating Aids and Objects** THU [m]	10	Pc3	10	Pc3
d	**Coastline** THU (high, low, MWL water lines, etc.) [m]	10	Pd2	10	Pd2
e	**Topographic Features Less Significant to Navigation** THU [m]	20	Pe2	5	Pe4
f	**Topographic Features Less Significant to Navigation** TVU [m]	1	Pf3	1	Pf3
g	**Overhead Clearance and Range line, Sector Light Heights** THU [m]	5	Pg2	5	Pg2

h	**Overhead Clearance and Range line, Sector Light Heights** TVU [m]	1	Ph3	1	Ph3
i	**Angular Measurements** [degrees]	0.5	Pi4	0.5	Pi4
T	**WATER FLOW**				
a	**Flow Direction** [degrees]	10	Ta1	5	Ta3
b	**Flow Speed** Uncertainty [knots]	0.1	Tb5	0.1	Tb5
N	**NATURE OF THE BOTTOM**				
a	**Bottom Characterisation Method**	---	---	INF w/ GT (VIS & LAB)	Na7
b	**Bottom Sampling Frequency**	---	---	As Req to GT	Nb1

A.2.3 Text String Examples

The following text strings present examples of “Matrix Realisations”: Order 1a Surveys, and a Crowd Sourced dataset example.

Order 1a Matrix text string example:

Classified according to the S-44 Matrix as:

Ba8, Bb3, Bc8, Bd6, Be5 (≤40m), Bf3 (>40m), Bg9, ≤Bh9, Pa6, Pb3, Pc3, Pd2, Pe1, Pf3, Pg2, Ph3, Pi4, Wa1, Wb5.

Can be divided into the separate parts as not all parameters need to be surveyed at all times depending on area and survey specification requirements. Classified according to the S-44 Matrix as:

- Bathymetry: *Ba8, Bb3, Bc8, Bd6, Be5 (≤40m), Bf3 (>40m), Bg9, ≤ Bh9*
- Fixed Objects, Aids, Features Above the Vertical Reference Significant to Navigation: *Pa6, Pb3*
- Floating Aids and Objects: *Pc3*
- Coastline: *Pd2*
- Features Above the Vertical Reference Less Significant to Navigation: *Pe2, Pf3*
- Overhead Clearances and Range Line, Sector Light Heights: *Pg2, Ph3*
- Angular Measurements: *Pi4*
- Water Flow: *Wa1, Wb5*

Crowd Sourced Dataset Example:

A “Crowd Sourced” bathymetric dataset acquired in deep water, with a single beam echosounder and no sound velocity correction, could be classified by the use of TVU and THU (the coverage is of no use as it is not a systematic survey):

Classified according to the S-44 Matrix as: *Ba3, Bc5, Bd3*

Referencing:

The use of text strings for classification of datasets should be articulated with a clear reference to the S-44 Survey Order and / or Matrix, highlighting any variance from the Survey Order.

Examples could be: “C*lassified according to the S-44 Matrix as: (Ba8, Bb3...)”* or *“Classified according to the S-44 Survey Order and Matrix as: Special Order, **Ba12**”* (where Ba12 shows a further augmentation of Special Order in this case).

Note: the use of text strings alone has a higher probability of translation error.

A.2.4 Matrix Example

Example: Order 1b using the SPECIFICATION MATRIX

m = metres, all uncertainties at 95% confidence level, Order 1b cells

	Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	**BATHYMETRY**														
a	**Depth** THU [m]	500	200	100	50	20	15	10	5	2	1	0.5	0.35	0.1	0.05
b	**Depth** THU [% of depth]	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1						
c	**Depth** TVU "a" [m]	100	50	25	10	5	2	1	0.5	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
d	**Depth** TVU "b" Note 1	0.20	0.10	0.05	0.023	0.02	0.013	0.01	0.0075	0.004	0.002				
e	**Feature Detection** [m]	50	20	10	5	2	1	0.75	0.7	0.5	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05
f	**Feature Detection** [% of Depth]	25	20	10	5	3	2	1	0.5	0.25					
g	**Feature Search** [%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	
h	**Bathymetric Coverage** [%]	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	

EXAMPLE

	Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P	**OTHER POSITIONING ABOVE THE VERTICAL REFERENCE**														
a	**Fixed Aids, Features Significant to Navigation** THU [m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
b	**Fixed Aids, Features Significant to Navigation** TVU [m]	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01						
c	**Floating Aids and Objects** THU [m]	50	20	10	5	2	1	0.5							
d	**Coastline** THU (high, low, MWL water lines, etc.) [m]	20	10	5	1	0.5	0.25	0.1							
e	**Features Less Significant to Navigation** THU [m]	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
f	**Features Less Significant to Navigation** TVU [m]	3	2	1	0.5	0.3	0.25	0.1	0.05	0.01					
g	**Overhead Clearance and Range line, Sector Light Heights** THU [m]	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01					
h	**Overhead Clearance and Range line, Sector Light Heights** TVU [m]	3	2	1	0.5	0.3	0.1	0.05	0.01						
i	**Angular Measurements** [degrees]	5	2.5	1	0.5	0.2	0.1	0.05							

EXAMPLE

	Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
W	**WATER FLOW**														
a	**Flow Direction** [degrees] Section 4.4	10	7.5	5.0	2.5	1.0	0.5	0.25	0.10						
b	**Flow Speed** [knots] Section 4.4	2	1	0.5	0.25	0.10									

	Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	**NATURE OF THE BOTTOM**														
a	**Bottom Characterisation Method** Section 3.8 Note 2	PHY - VIS	PHY - LAB	PHY - VIS & LAB	INF	INF w/ GT (VIS)	INF w/ GT (LAB)	INF w/ GT (VIS & LAB)							
b	**Bottom Sampling Frequency** approximate [m] Section 3.8 Note 2	As Req to GT	10,000	5,000	2,500	1,852	1,000	500	250	100	75	50	25	10	5

EXAMPLE

Note 1: To use the parameter as a percentage of depth multiply by 100.

Note 2: PHY = Physical Sampling. VIS = Visual Analysis. LAB = Laboratory Analysis. INF = Inference Technique. w/ = With. GT = Ground Truth. As Req to GT = As Required to Ground Truth any Inference Technique.

ANNEX B GUIDELINES FOR QUALITY MANAGEMENT

Note: This annex is **not** an integral part of the S-44 Standards and will be removed when the information therein is fully incorporated into IHO Publication C-13, *Manual on Hydrography*.

Quality control: Quality evaluation procedure for maintaining standards in products by testing the output against the specification.

B.1 Quality Control

Quality control requires more than proving that the end results of the survey are within the required limits stated in the S-44. To achieve the required quality there are three important fields affecting the quality: Material, Procedures, and Personnel. All fields are essential for the quality control of the hydrographic products. Quality control is not just about figures and computations; rather it is a complete overview of all factors affecting the survey.

B.2 Equipment

The equipment in use must be capable of producing data that meets the required standards. First, the total propagated uncertainties of all equipment and corrections used to derive the reported surveyed value must be included. The temporal and spatial influence of the medium, in which measurements take place, must be considered in this total propagated uncertainty calculation. By an *a priori* calculation of the total propagated uncertainty in a certain environment, it can be determined if the instrumental setup is sufficient for the required quality. If uncertainties cannot be calculated prior to the survey, an alternative methodology of describing the achieved uncertainties must be undertaken to verify that the required standards will be met.

Secondly, the equipment in use should be free of (systematic) errors which must be determined by calibration and qualification.

The use of calibrated equipment that can achieve the required data quality is the first step for the quality control process. It is preferred to check the entire system in real conditions (in situ) before surveying, and every time a doubt occurs during the survey.

B.3 Procedures

Using standardised procedures for hydrographic data collection and processing can reduce the risk of errors. By describing the total of procedures, it is possible to incorporate checks and tests on errors that occur in an early stage of the process. This is important for errors that cannot be detected afterwards.

Procedures may involve complete flow schedules that can be used for external auditing and standardised data products. In the procedures, the *a posteriori* quality checks must be admitted.

B.4 Personnel

All survey work must be performed by qualified personnel. The personnel must be trained and capable. Formal qualifications, such as from CAT A and B accredited courses are preferred, but proven working experience may be sufficient. Personal professional accreditation schemes should also be considered.

ANNEX C GUIDANCE FOR *A PRIORI* AND *A POSTERIORI* QUALITY CONTROL

Note: This annex is **not** an integral part of the S-44 Standards and will be removed when the information therein is fully incorporated into IHO Publication C-13, *Manual on Hydrography*.

The S-44 standards refer to quality standards for both *a priori* and *a posteriori* results. In this guidance a brief view on how to determine the uncertainties for *a priori* and *a posteriori* is given. Determining uncertainties is necessary for any technique used in hydrographic surveys. Methods to establish the uncertainty may differ greatly for each survey technique used.

C.1 *A Priori* Uncertainty

The *a priori* uncertainty is a theoretical value based on best practise estimations of all factors affecting the measurements. Each instrument used in the measurement and the environmental influences will add uncertainties to the grand total. Calculating the total uncertainty horizontally and vertically prior to the survey will affirm to the hydrographer that the required survey standards will be feasible with the selected equipment in the environment of the survey area. If the survey standards are not achieved, other equipment or survey techniques may be necessary for that particular environment.

During the survey, estimations of the equipment and environment uncertainties should be adjusted or assessed. By this adjustment, the *a priori* uncertainty is improved.

C.2 *A Posteriori* Uncertainty

Fundamentally the hydrographer is most interested in the *a posteriori* uncertainty.

Outside of a reference area it is not possible to determine the *a posteriori* uncertainty from the data set. The data set is the end result and contains all errors involved in the total process but it is not possible to calculate the *a posteriori* uncertainty from the data set. There are many techniques and procedures to check the hydrographic data set and they can provide proof that the data set is to be trusted, however no tool will calculate the *a posteriori* uncertainty of an area that is not well-known.

A preliminary task is to check the capability of the total system, to ensure that it can meet the minimal horizontal and vertical specifications and feature detection requirement, according to the specified order. Well known reference areas should be used to prevent any vertical offset on measurements. Qualification on these reference areas should be carried out periodically.

During the survey, consideration should be given to confirm the validity of the vertical model by assessing the spatial and temporal repeatability of the survey system.

ANNEX D GRIDDED BATHYMETRY CONSIDERATIONS

Note: This annex is **not** an integral part of the S-44 Standards and will be removed when the information therein is fully incorporated into IHO Publication C-13, *Manual on Hydrography*.

REFERENCES: Content from the following references was used in the composition of this Annex.

IHO S-100, The Universal Hydrographic Data Model – Edition 3.0.0

IHO S-102, Bathymetric Surface Product Specification – Edition 1.0.0

IHO B-11, IHO-IOC GEBCO Cook Book – September 2018

ISO 19107:2003 Geographic Information - Spatial Schema

ISO 19115:2003 Geographic Information - Metadata

ISO 19123:2005 Geographic Information - Schema for Coverage Geometry and Functions

Open Navigation Surface Working Group, Requirements Document – Version 1.0

Open Navigation Surface Working Group, Format Specification Document - Description of Bathymetric Attributed Grid Object (BAG) - Version 1.6.3

Open Navigation Surface Working Group, A Variable Resolution Grid Extension for BAG Files – Version 1.2

Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM User's Manual – 3rd Edition

GEBCO – Frequently Asked Questions:

https://www.gebco.net/about_us/faq/#creating_a_bathy_grid

D.1 Introduction

As data sample densities from hydrographic sensors have increased, methods of sea floor representation have shifted from vector-based products such as selected soundings and contours, to gridded bathymetric models. The result of an individual hydrographic survey is now commonly stored as a digital grid or series of grids of differing resolutions. These grids often include node values for both depth and uncertainty and may also include accompanying information regarding contributing sample standard deviation, sample density, shoal sample values within the vicinity of the grid node, and even information to allow conversion between tidal datum and reference ellipsoid. For many hydrographic offices, production workflows now focus on these gridded bathymetric models as the data source instead of the full resolution sounding files. Exploitation of the gridded bathymetric data can reduce production timelines as they provide an appropriate level of information in a lighter-weight, digital package.

Gridded bathymetric models are also used for small-scale applications such as regional bottom characterisation. In many instances these grids are a combination of observed sample

data, survey gridded data, estimated data and interpolated data. This Annex will not address considerations for these types of grids compilations, as substantial information on this topic is maintained by the Joint IHO-IOC Committee for the General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO).

D.2 Definitions

Area Representation: Representation of gridded data where the entire cell is assumed to be the same value, and changes only occur at the borders of cells. (The DEM User's Manual)

Bathymetric model: Digital representation of the topography of the bottom by coordinates and depths.

Grid: A network composed of two or more sets of curves in which the members of each set intersect the members of the other sets in a systematic way. (ISO 19123)

Grid Cell: An area defined within the interstices between the grid lines. (ISO 19123)

Grid Line Registration: Registration method where grid nodes are centred on the intersection of the grid lines. (GEBCO)

Grid Node: A data point, with an exact geographic location referenced by grid definition and registration. The value contained within the grid describes selected information at this location. (ONSWG)

Holiday: An unintentional unsurveyed area within a given hydrographic survey where the spacing between sounding lines or surveys exceeds the maximum allowable limits (IHO Dictionary S-32).

Pixel Centred Registration: Registration method where grid nodes are centred in the grid cells. (GEBCO)

Surface Representation: Representation of gridded data where the grid node represents the surface value at the centroid of each cell. The area between cell centres is assumed to be a value between that of adjacent cells (The DEM User's Manual).

D.3 Grid Considerations

D.3.1 Grid Resolution

Gridded bathymetric models are commonly generated using a fixed resolution per a pre-defined depth range. A compromise is often made when selecting a fixed resolution over a given depth range, where ultimately the grid resolution cannot be chosen at the same time for the shallowest and the deepest depths.

In addition to the fixed resolutions per depth range, recent efforts in hydrographic data processing have allowed for the generation of variable resolution gridded bathymetric models. These models can be generated using fixed resolution per a pre-defined depth range (as with individual grids) or automated methods based on depth and achieved data density.

When the survey requirement calls for detection of features of set dimensions and the resultant gridded bathymetric model is to represent the results of the survey, accurate feature representation within the grid will require a grid cell size no greater than the size of the feature the gridded bathymetric model is required to depict, although it is recommended that a cell size of half the feature is used.

The grid resolution should also be chosen to consider the achieved horizontal uncertainty of the input samples and the method for which this uncertainty is used in the chosen gridding method or algorithm.

Grid resolution should ultimately be determined based on the intended use of the grid and therefore a survey may require grids of different resolutions to satisfy multiple purposes.

D.3.2 Sample Density

It is the responsibility of the hydrographic office or authority, to determine an acceptable data density requirement which allows for an accurate depiction of significant bottom features and reliable estimate of depth within the local vicinity of the grid nodes without allowing opportunity for data *holidays* to be masked by grid resolution. This determination requires surveyors to verify sensor feature detection performance prior to its use, including selection and employment of appropriate collection parameters.

If statistical gridding methods are to be employed, acceptable data densities should be specified with a minimum threshold of accepted samples per area (e.g. greater than or equal to five (5) samples per node). Data density requirements should also describe the percentage of nodes within the grid that are required to achieve this density, e.g. at least 95% of all nodes within the grid shall be populated with the minimum required density.

D.3.3 Grid Coverage

It is the responsibility of the hydrographic office or authority, to define a data gap or data holiday. The definition should describe the area on the bottom, by number of continuous nodes with no depth present.

When gridded bathymetric models are generated using a fixed resolution per a pre-defined depth range, overlap between adjacent grids should exist in order to ensure that no gaps in coverage between neighbouring grids are generated.

D.3.4 Hydrographer Overrides to Grid Nodes

When statistical gridding methods are employed, it is possible for the gridding algorithm to omit a significant shoal depth on a feature of interest. Tools exist inside many hydrographic data processing packages to override node values and manually force the model to honour a shoal depth. It is the responsibility of the hydrographic office or authority, to define the thresholds for when overrides are appropriate. Some thresholds will be uncertainty-based, e.g. only override the statistically significant nodal depth value when the difference between the node value and nearest shoal sample exceeds the allowable total vertical uncertainty (TVU) at the nodal depth. Other thresholds may be defined by scale of the product that the data set was collected to support. Comments on feature selection and nodal override methods

should accompany the gridded bathymetric model to allow the end users to determine if it is appropriate for the intended use.

D.4 Gridding Methods

Several possible gridding methods for both dense and sparse data sets exist. The hydrographic office or authority is responsible for determining the appropriate method for the intended purpose of the resultant gridded data set. This determination should consider the implementation of the gridding method or algorithm in the selected software package. This determination should also consider the method of grid node representation and portrayal within the selected software.

The following list provides some of the methods commonly used when gridding bathymetric data sets:

- The **Shoalest Depth** method examines depth estimates within a specific area of influence and assigns the shoalest value to the nodal position. The resulting surface represents the shallowest depths across a given area. The use of shoalest depth values is often used for safety of navigation purposes.

- The **Deepest Depth** method examines depth estimates within a specific area of influence and assigns the deepest value to the nodal position. The resulting surface represents the deepest depths across a given area. The use of a deep depth surface is often used during post processing to identify outliers in the data set.

- The **Basic Mean** method computes a mean depth for each grid node where all soundings within the cell have the same weight.

- The **Statistical Median** method computes a depth for the node by ordering contributing samples sequentially and selecting the median value.

- The **Basic Weighted Mean** method computes an average depth for each grid node (whereby the inverse to the distance from the sounding location to the nodal position is used as weighting schema). Contributing depth estimates within a given area of influence are weighted and averaged to compute the final nodal value.

- The **Total Propagated Uncertainty (TPU) Weighted Mean** method makes use of the elevation and associated total propagated uncertainty for each contributing depth estimate to compute a weighted average depth for each nodal position.

- The **Combined Uncertainty and Bathymetric Estimator (CUBE)** algorithm makes use of the elevation and associated total propagated uncertainty for each contributing sounding to compute one or many hypotheses for an area of interest. The resulting hypotheses are used to estimate statistical representative depths at each nodal position.

- The **Nearest Neighbour** method identifies the depth value of the nearest sounding in distance from the nodal point within an area of interest. This method does not consider values from other neighbouring points.

- The **Natural Neighbour** interpolation method identifies and weights (as a function of the inverse of the surface of the smallest polygon – Voronoi tessellation – around the sounding value) a subset of input samples within the area of interest to interpolate the final nodal value.

- The **Polynomial Tendency** gridding method attempts to fit a polynomial trend, or best fit surface to a set of input data points. This method can project trends into areas with little to no data, but does not work well when there is no discernible trend within the data set.

- The **Spline** gridding method estimates nodal depths using a mathematical function to minimise overall surface curvature. The final "smoothed" surface passes exactly through the contributing input depth estimates. This Spline algorithm is considered a sparse data gridding method.

- The **Kriging** gridding method is a geostatistical interpolation method that generates an estimated surface from a scattered set of points with a known depth.

D.5 Grid Uncertainty

The uncertainty associated with the elevation value contained within gridded bathymetric models can be described using a variety of methods, which may include:

Raw Standard Deviation is the standard deviation of samples that contributed to the node.

Standard Deviation Estimator is the standard deviation of samples captured by a hypothesis algorithm (e.g. CUBE's standard output of uncertainty).

Product Uncertainty is a blend of Standard Deviation Estimator uncertainty and other measures which may include Raw Standard Deviation, and the average vertical uncertainty from the subset of samples used to generate the hypothesis that represents the node.

Historical Standard Deviation is an estimated standard deviation based on historical/archive data.

Other uncertainty types may be specified. Methods for uncertainty estimation should be documented within the accompanying grid metadata.

The uncertainty types listed above describe the vertical uncertainty of the node depth. The resultant grid may exhibit a higher than expected uncertainty value if the bathymetric profile is not represented at an appropriate grid resolution, e.g., a node uncertainty value may be higher than anticipated along sharp sloping bathymetry.

If required, obtaining a horizontal uncertainty for a grid node could be accomplished by calculating a basic or distance weighted mean of the horizontal uncertainty values from the samples that contributed to the grid node.

D.6 Applicability

Gridded bathymetric models are a common product of a hydrographic survey; however, the utility of the model representation begins well before a survey data set is finalised as this data can also be used to verify survey requirements during hydrographic collection and certify quality of a data set during data set validation efforts.

D.6.1 Survey Data Collection

Gridded bathymetric models can provide valuable information regarding underway bottom sample density and identification of significant bottom features. These models can be leveraged to assess where full feature search has been achieved and conversely where holidays exist. Monitoring of these items during survey operations is necessary for the qualification of field data completeness prior to departing the survey area.

D.6.2 Survey Data Validation

Gridded bathymetric models can serve as a comparison tool to examine depth data consistency within a survey and the presence of random and systematic data set errors. These models can also serve as a comparison tool between neighbouring surveys and between different collection sensors. Comparisons between high resolution gridded data and legacy point data can also be accomplished to provide statistics on differences and aid in the prioritisation scheme for future product updates. Comparison of gridded depth and associated nodal uncertainty is another common method used in determining whether a survey data set complies with required uncertainty thresholds as well.

D.6.3 Survey Data Deliverable

As mentioned throughout this annex, gridded bathymetric models in the presence of survey logs, reports and other metadata are sufficient to serve as the authoritative result and deliverable of the survey. Gridded models also serve as the direct input for the generation of products supporting safety of navigation and other protection of the marine environment objectives.

D.7 Metadata

To ensure gridded bathymetric models are fit for purposes that include and extend beyond safety of navigation, an appropriate level of metadata describing the data set is required. IHO S-102, the Bathymetric Surface Product Specification, provides Metadata elements derived from S-100 and from ISO 19115 and ISO 19115-2. Elements described within S-102 include mandatory, optional and conditional items. Following this specification, conclusive metadata for gridded bathymetric models will include information describing the data set, depth correction type, uncertainty type, grid reference and coordinate system information, as well as temporal descriptions, grid construction methods, and persons responsible for product generation.

The Chair of the Hydrographic Surveys Project Team, Christophe VRIGNAUD (France, Shom), supported by the Vice-Chair Nickolás DE ANDRADE ROSCHER (Brazil, DHN) and the IHO Secretariat, would like to thank the following participants (in alphabetic order) for their efforts and contributions:

Sejin AHN, Republic of Korea (KHRA)
Anderson BARBOSA DA CRUZ PEÇANHA, Brazil (DHN)
Erik BISCOTTI, Italy (IIM)
Vidar BØE, Norway (NHS)
James CHAPMAN, UK (UKHO)
Andrew COULLS, Australia (AHO)
Rodrigo DE CAMPOS CARVALHO, Brazil (DHN)
Cristina MONTEIRO, Portugal (IH)
David DODD, Expert Contributor (IIC Technologies)
Marco FILIPPONE, Expert Contributor (Fugro)
Maxim FRITS VAN NORDEN, Expert Contributor (University of Southern Mississippi)
Fabien GERMOND, Expert Contributor (iXblue)
Megan GREENAWAY, USA (NOAA)
Florian IMPERADORI, France (Shom)
Iji KIM, Republic of Korea (KHOA)
Jean LAPORTE, Expert Contributor (ARGANS)
Kwanchang Lim, Republic of Korea (KHOA)
John LOOG, Netherlands (NLHO)
Jean-Guy NISTAD, Germany (BSH)
JongYeon PARK, Republic of Korea (KHOA)
Hugh PARKER, Expert Contributor (Fugro)
David PARKER, UK (UKHO)
Stephen PARSONS, Canada (CHS)
Alistair PHILIP, UK (UKHO)
Ronan PRONOST, France (Shom)
Misty SAVELL, USA (NGA)
Thierry SCHMITT, France (Shom)
Iain SLADE, Expert Contributor (IFHS)
Diego TARTARINI, Italy (IIM)
Matthew THOMPSON, USA (NAVOCEANO)
David VINCENTELLI, Expert Contributor (iXblue and IFHS)
James WALTON, Expert Contributor (AML)
Neil WESTON, USA (NOAA)
Enrico ZANONE, Italy (IIM)
Anders ÅKERBERG, Sweden (SMA)
Hans ÖIÅS, Sweden (SMA)

Special thanks to Richard POWELL (USA, NOAA) for the cover image.

บรรณาสาร S-44 มาตราฐานการสำรวจอุทกศาสตร์ บรรณาธิกรที่ 6 (ฉบับแปลไทย)

Publication S-44 Standard for Hydrographic Survey Edition 6.0.0 (Translation)

Lt.Sanhanat Itsama-ael

Translator

คำนำผู้แปล

เนื่องด้วยมาตราฐานสำรวจอุกทกศาสตร์นั้นได้มีการปรับปรุงและพัฒนาให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีและวิธีการสำรวจอย่างต่อเนื่อง และในปี 2563 นั้นองค์การอุทกศาสตร์สากลได้ตีพิมพ์บรรณาสาร S-44 มาตราฐานการสำรวจอุทกศาสตร์ บรรณาธิกรที่ 6 Standard for Hydrographic Surveys Edition 6.0.0 ซึ่งเป็นมาตราฐานการสำรวจสากล และในอนาคตกรมอุทกศาสตร์ไทยก็ต้องปรับใช้รูปแบบและวิธีการสำรวจให้สอดคล้องกับมาตราฐานใหม่นี้

เพื่อให้งานสำรวจอุทกศาสตร์นั้นเป็นไปตามมาตราฐานที่ถูกยอมรับนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่เหล่านักสำรวจจะต้องมีความเข้าใจในมาฐานของการสำรวจอย่างถ่องแท้ก่อนดำเนินการสำรวจใดๆ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการแปลและเรียบเรียง บรรณาสาร S-44 มาตราฐานการสำรวจอุทกศาสตร์ บรรณาธิกรที่ 6 Standard for Hydrographic Surveys Edition 6.0.0 เพื่อเป็นแหล่งอ้างอิงสำหรับการปฏิบัติงาน

มาตราฐานเล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จาก น.ท.รชต โอศิริ หน.แผนกเขตแดนทางทะเล กรท.ศภอ.อศ. และ น.ท.กิตติศักดิ์ นิลรัตน์ หน.แผนก สำรวจแผนที่ กรท.ศภอ.อศ. ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย ผู้จัดทำหวังว่า มาตราฐานเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเหล่านักสำรวจอุทกศาสตร์ต่อไป

ว่าที่ ร.อ.สัณหณัฐ อิสมาแอล
ผู้แปลและเรียบเรียง
21 มิ.ย. 2564

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทนำ (Preface)	4
คำนำ (Introduction)	5
บรรณาธิกรคำศัพท์ (Glossary)	7
บทที่ 1 Classification of Safety of Navigation Surveys	9
บทที่ 2 Horizontal and Vertical Positioning	12
บทที่ 3 Depth, Bathymetric Coverage, Features, and Nature of Bottom	15
บทที่ 4 Water Levels and Flow	21
บทที่ 5 Surveys Above the Vertical Datum	23
บทที่ 6 Metadata	26
บทที่ 7 Tables and Specification Matrix	28
ภาคผนวก ก. Specification Matrix Guidance	36
ภาคผนวก ข. Guidelines for Quality Management	44
ภาคผนวก ค. Guideline for Priori and a Posteriori Quality Control	46
ภาคผนวก ง. Gridded Bathymetry Considerations	48

บทนำ

บรรณาสาร S-44 นี้ได้กำหนดมาตราฐานสำหรับการสำรวจอุกทกศาสตร์และเป็นหนึ่งในบรรณาสารขององค์การอุทกศาสตร์โลก (IHO) ที่ออกแบบมาเพื่อปรับปรุงความปลอดภัยในการเดินเรือและการป้องกันสภาพแวดล้อมทางทะเล

มติอย่างเป็นทางการของจัดทำมาตราฐานการสำรวจอุทกศาสตร์นั้นได้เริ่มขึ้นจากมติการประชุมอุทกศาสตร์นานาชาติ (IHC) ครั้งที่ 7 ในปี 1957 ซึ่งในบรรณาธิกรที่ 1 ของ S-44 ได้ถูกกำหนดชื่อว่า มาตราฐานความถูกต้องที่แนะนำสำหรับการสำรวจอุทกศาสตร์ (Accuracy Standards Recommended for Hydrographic Surveys) ซึ่งได้ถูกตีพิมพ์ใน มกราคม 1968 หลังการนั้น องค์การอุทกศาสตร์โลกได้พยายามมาตลอดที่จะปรับปรุงและพัฒนามาตราฐานอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ทันต่อเทคโนโลยีและวิธีการสำรวจที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งก็ได้มีการตีพิมพ์ออกมาของบรรณาธิกรอีก 4 ครั้ง ซึ่งก็คือ บรรณาธิกรที่ 2 ในปี 1968, บรรณาธิกรที่ 3 ในปี 1987, บรรณาธิกรที่ 4 ในปี 1998 และ บรรณาธิกรที่ 5 ในปี 2008

ตามจดหมายเวียนที่ 68/2016 ใน 20 ธันวาคม 2016 นั้น องค์การอุกศาสตร์โลกได้จัดตั้งทีมงานสำหรับโครงการสำรวจอุทกศาสตร์ Hydrographic Survey Project Team (HSPT) ซึ่งมีภารกิจในการปรับปรุงและพัฒนามาตราฐาน และในจดหมายเวียนที่ 26/2017 ที่ระบุส่วนประกอบของทีมงาน สำหรับภารกิจของ ทีมงาน HSPT นั้นประกอบไปด้วย 3 เป้าหมาย คือ ประเมินมาตราฐานบรรณาธิกรที่ 5, จัดทำมาตราฐานบรรณาธิกรที่ 6 และ จัดตั้งทีมงานสำหรับแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวกับการสำรวจอุทกศาสตร์ ทีมงาน HSPT นั้นประกอบไปด้วยตัวแทนจากประเทศสมาชิกขององค์การอุทกศาสตร์โลก, ผู้สังเกตุการณ์จากองค์กรสากลอื่นๆ เช่น IFHS และ FIG, ผู้สนับสนุนต่างๆ และเลขานุการองค์การอุทกศาสตร์โลก

เทคโนโลยีและความต้องการของการสำรวจอุทกศาสตร์นั้นมีส่วนเข้ามาเกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง เพราะการขยายตัวของกลุ่มผู้ใช้งาน ในขณะที่เหล่านักสำรวจอุทกศาสตร์กำลังติดตามการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ มาตราฐาน S-44 ก็จำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อที่จะคงไว้ซึ่งมาตรฐานในการอ้างอิงสากลของการสำรวจอุทกศาสตร์

ในการจัดทำบรรณาธิกรใหม่นี้ HSPT ติดต่อประสานงานกับกลุ่มงานอุทกศาสตร์และข้อมูลจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับองค์การอุทกศาสตร์โลก ซึ่งมีผลอย่างมากต่อการการปรับปรุงของบรรณาธิกรนี้

คำนำ

ในการจัดทำบรรณาสารเล่มนี้มีจุดประสงค์เพื่อเป็นการกำหนดมาตราฐานของการสำรวจอุทกศาสตร์เพื่อจัดทำแผนที่เดินเรือ ซึ่งมีความสำคัญต่อความปลอดภัยในการเดินเรือ รวมถึงการการป้องกันสภาพแวลล้อมทางทะเลอีกด้วย บรรณาสารเล่มนี้กำหนดมาตราฐานขั้นต่ำตามความมุ่งหมายในการนำไปใช้ ในกรณีที่จำเป็นหน่วยงานหรือองค์การอุทกศาสตร์ สามารถที่จะกำหนดมาตราฐานที่เข้มงวดกว่า หรือเฉพาะเจาะจงกว่าตามที่ประเทศหรือถูมิภาคนั้นเห็นควร บรรณาสารเล่มนี้ไม่ได้กำหนดขั้นตอนสำหรับการตั้งค่าอุปกรณ์สำรวจ, การควบคุมการสำรวจ, หรือการประมวลผลข้อมูลสำรวจ ซึ่งขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ขั้นต้นจะถูกกล่าวถึงไว้ใน บรรณาสาร C-13 คู่มือการสำรวจอุทกศาสตร์ ซึ่งสามารถดาวโหลดได้ที่ www.iho.int

ในบรรณาธิกรนี้ได้มีการกล่าวถึงงานสำรวจ “ชั้นพิเศษจำเพาะ” ซึ่งจะถูกใช้ในพื้นสำรวจที่มีคุณลักษณะที่เฉพาะตัวและความต้องการที่เฉพาะเจาะจง ในส่วนของชั้นงานอื่นๆ ยังคงใช้ชื่อเดิม แต่การแปลความหมายของแต่ละขั้นงานนั้นได้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากบรรณาธิกรเดิม เนื่องจากได้มีการนำแนวทางของ ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ (bathymetric coverage) มาใช้ สำหรับงานชั้นพิเศษยังคงเป็นการสำรวจด้วย ความครอบคลุมพื้นท้องทะเลแบบเต็มพื้นที่ (full bathymetric coverage) ยิ่งไปกว่านั้น แต่ละชั้นงานยังได้ถูกแบ่งตามความต้องการของข้อมูลทั้งเหนือและใต้ เส้นเกณฑ์แผนที่

ความมุ่งหมายของบรรณาธิกรนี้ยังเป็นการสนับสนุนให้มีการใช้ มาตราฐาน S-44 นอกเหนือจากเพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือ ตามที่ได้มีการแนะนำการใช้งานของ ตาราง Matrix ซึ่งถูกนำมาใช้พิจารณาอ้างอิงในการกำหนดการสำรวจที่ละเอียดยิ่งขึ้น และเป็นแนวทางในการระบุงานสำรวจ และจะเป็นแนวทางในอนาคตของมาตราฐาน S-44 สำหรับวิธีการใช้งาน ตาราง Metrix เพื่อเฉพาะเจาะจงและบ่งชี้งานสำรวจจะถูกระบุไว้ในภาคผนวก ก.

คำศัพท์ใน S-44 ในบรรณาธิกรนี้ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น รวมถึงยังมีการปรับปรุงมาตราฐานความถูกต้องในแนวระดับสำหรับตำบลที่ของเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือ และได้เพิ่มเติมมาตราฐานความถูกต้องในแนวดิ่งสำหรับตำบลที่ของเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือ อีกทั้งได้มีการเน้นยำในรายละเอียดหลักๆ ของการสำรวจ

ในขณะที่นักสำรวจอุทกศาสตร์ได้รับความยืดหยุ่นในการสำรวจ แต่การตัดสินใจว่างานสำรวจนั้นได้ผ่านมาตราฐานหรือไม่นั้น ยังต้องถูกคงไว้ ยิ่งไปกว่านั้นนักสำรวจรวจอุทกศาสตร์คือส่วนประกอบที่สำคัญของการสำรวจ อีกทั้งเหล่านักสำรวจจะต้องมีความรู้และประสบการณ์ที่จะสามารถปฏิบัติงานในระบบต่างๆ ตาม

มาตราฐานที่ได้ถูกกำหนด ในการประเมินความสามารถดังกล่าวนั้นเป็นเรื่องยากถึงแม้ว่าข้อกำหนดในการสำรวจอาจจะเป็นพื้นฐานในการประเมินดังกล่าว หลักสูตรสำรวจอุทกศาสตร์ที่สามารถสร้างมาตราฐานให้แก่นักสำรวจอุทกศาสร์ได้แก่ Category A และ Category B ภายใต้การรับรองของ International Board on Standards of Competence for Hydrographic Surveys and Nautical Cartography (IBSC), International Hydrographic Organization (IHO), International Federation of Surveyors (FIG) และ International Cartographic Association (ICA)

เนื้อหาในภาคผนวก ข,ค และ ง จะเป็นการแนะนำแนวทางในการควบคุมคุณภาพ, การประมวลผลข้อมูล และการพิจารณาแนวทางการหยั่งน้ำ ภาคผนวกดังกล่าวจะถูกนำออกจาก มาตราฐาน S-44 และจะไปอยู่ในบรรณาสาร C-13 คู่มือการสำรวจอุทกศาสตร์ เมื่อได้มีการปรับปรุงใหม่

หมายเหตุ ในบรรณาธิกรใหม่ของบรรณาสารนี้จะไม่ได้เป็นการแก้ไขการสำรวจ หรือผลิตภัณฑ์จากการสำรวจเพื่อความปลอดภัยในการนำเรือ ที่อ้างอิงจากการสำรวจตามบรรณาธิกรก่อนหน้านี้

บรรณาธิกรศัพท์

คำศัพท์ที่ระบุด้านล่างนั้นเกี่ยวข้องกับบรรณาสารเล่มนี้ ในส่วนของคำศัพท์ที่นอกเหนือจากที่ระบุไว้ จะได้ถูกอธิบายไว้ใน พจนานุกรมอุทกศาสตร์ IHO Special Publication S-32 (Hydrographic Dictionary) ในกรณีที่ความหมายของคำศัพท์ที่ระบุข้างล่างนี้แตกต่างจากความหมายในพจนานุกรมอุทกศาสตร์ S-32 ให้ยึดถือความหมายตามที่ระบุไว้ข้างล่างนี้เป็นหลัก

ความมุ่งหมายตามคำในบรรณาสารนี้

“ต้อง” บ่งชี้ถึงความต้องการที่จำเป็น

“ควร” บ่งชี้ถึงความต้องการที่ถูกแนะนำ

“อาจจะ” บ่งชี้ถึงความต้องการให้เลือกปฏิบัติได้

ความหมายของคำดังกล่าวไม่ได้ถูกบังคับใช้ในส่วนของภาคผนวก

ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ (Bathymetric coverage): ขนาดของพื้นที่ที่ได้ถูกสำรวจด้วยวิธีที่เป็นระบบในการหาความลึก และยังเกี่ยวข้องกับการบรูณาการระหว่างรูปแบบของการสำรวจและเครื่องมือสำรวจ

ระดับความเชื่อมั่น (Confidence level): ความน่าจะเป็นที่ค่าจริงของการตรวจวัดจะอยู่ภายในความไม่แน่นอนที่ถูกเฉพาะเจาะจง (Specified uncertainty) จากค่าที่ถูกตรวจวัด

ค่าแก้ (Correction): ข้อมูลที่ถูกนำไปปรับแก้ เพื่อให้ระบบถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ความผิดพลาด (Error): ความแตกต่างระหว่างค่าที่ถูกตรวจวัดกับค่าจริง ความผิดพลาด (Error) แบ่งได้เป็น ความผิดพลาดที่เป็นระบบ (Systematic Error) และ ความผิดพลาดที่ไม่เป็นระบบ (Random Error)

วัตถุ (Feature): วัตถุต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่ธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้นที่เด่นชัดจากบริเวณโดยรอบ

การตรวจจับวัตถุ (Feature detection): ความสามารถของระบบในการตรวจจับวัตถุตามขนาดที่กำหนด

การตรวจหาวัตถุ (Feature search): ขนาดของพื้นที่ที่ถูกสำรวจด้วยวิธีการที่เป็นระบบในการค้นหาวัตถุ

อรรถาธิบายข้อมูล (Metadata): การอธิบายชุดข้อมูลและการใช้งาน

ความผิดพลาดที่ไม่เป็นระบบ (Random error): ความผิดพลาดในการตรวจวัดที่มีสาเหตุมาจากปัจจัยที่หลากหลายระหว่างการตรวจวัด และไม่สามารถถูกควบคุมแต่สามารถหาจำนวนได้จากค่าเฉลี่ยทางสถิติ

ความลึกที่ถูกหักน้ำ (Reduced depth): ความลึกน้ำที่ได้จากการสำรวจ แล้วถูกปรับแก้จากค่าแก้ต่างๆ จากการสำรวจ และหักลงหาเส้นเกณฑ์แผนที่

วัตถุที่สำคัญ (Significant Feature): วัตถุที่อันตรายต่อการเดินเรือ หรือวัตถุที่ถูกคาดหวังว่าจะต้องถูกกำหนดลงไปในแผนที่เดินเรือ

ความผิดพลาดที่เป็นระบบ (Systematic Error): ส่วนประกอบของความผิดพลาดที่ถูกตรวจวัดที่มีลักษณะคงที่ หรือเปลี่ยนแปลงอย่างสามารถคาดคะเนได้

ผลรวมความไม่แน่นอนในแนวระดับ (Total horizontal uncertainty: THU): ส่วนประกอบของผลรวมการกระจายของความไม่แน่นอน (Total propagated uncertainty: TPU) ที่ถูกคำนวณในแนวระดับ THU เป็นค่าสองมิติที่ค่าความไม่แน่นอนที่ถูกตรวจวัดในแนวระดับที่เกี่ยวข้องรวมอยู่ในนั้น

ผลรวมการกระจายของความไม่แน่นอน (Total propagated uncertainty: TPU): ความไม่แน่นอนในรูปแบบสามมิติที่ความไม่แน่นอนในการตรวจวัดที่เกี่ยวข้องอยู่ในนั้น

ผลรวมความไม่แน่นอนในแนวดิ่ง (Total vertical uncertainty: TVU): ส่วนประกอบของผลรวมการกระจายของความไม่แน่นอน (Total propagated uncertainty: TPU) ที่ถูกคำนวณในแนวดิ่ง TVU เป็นค่าหนึ่งมิติที่ค่าความไม่แน่นอนที่ถูกตรวจวัดในแนวดิ่งที่เกี่ยวข้องรวมอยู่ในนั้น

ความไม่แน่นอน (Uncertainty): ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากการตรวจวัด ซึ่งเป็นค่าที่บอกว่าการตรวจวัดนั้นมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด และความไม่แน่นอนมีค่าเป็นบวกเสมอ

ความลึกใต้กระดูกงู (Underkeel Clearance): ระยะทางระหว่างจุดที่ต่ำที่สุดของท้องเรือกับพื้นท้องทะเล

บทที่ 1 การจำแนกชั้นงานสำรวจ

(Classification of Safety of Navigation Surveys)

1.1 บทนำ (Introduction)

ในบทนี้จะเป็นการอธิบายชั้นงานสำรวจซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยหน่วยงานอุทกศาสตร์เพื่อการสร้างผลิตภัณฑ์และบริการทางอุทกศาสตร์ที่อำนวยให้เรือผิวน้ำเดินเรือได้อย่างปลอดภัย ตามที่ความต้องการของการสำรวจนั้นแปรผันตาม ความลึกน้ำ, ลักษณะภูมิประเทศ, และประเภทของเรือที่สัญจร ดังนั้น 5 ชั้นงานสำรวจจึงได้ถูกกำหนดซึ่งถูกออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการ

ชั้นงานสำรวจทั้ง 5 ชั้นจะถูกระบุด้านล่างพร้อมกับคำอธิบายของพื้นที่ที่ของแต่ละชั้นงานนั้นจะถูกบังคับใช้ อีกทั้งมาตราฐานขั้นต่ำที่ถูกกำหนดของแต่ละชั้นงาน (ตามตาราง 1 และ 2) รวมทั้งอุปกรณ์ใหม่ที่เพิ่มเติมและทำให้เหมาะสมกับแต่ละชั้นงาน (ตาราง Metrix) จะถูกระบุไว้ในบทที่ 7

หน่วยงานทางอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจรับผิดชอบสำหรับการสำรวจควรเลือกชั้นงานสำรวจที่เหมาะสมที่สุดต่อความต้องการของความปลอดภัยในการเดินเรือในแต่ละพื้นที่ ในการกำหนดชั้นงานสำรวจเพียงแค่หนึ่งชั้นงานต่อพื้นที่ทั้งหมด น่าจะเป็นสิ่งที่ไม่เหมาะสมในกรณีที่พื้นสำรวจนั้นได้ถูกพิจารณาว่าต้องใช้การสำรวจด้วยชั้นงานที่หลากหลาย ตัวอย่างเช่น ในพื้นที่มีการสัญจรโดยเรือสินค้าขนาดใหญ่และมีความลึกน้ำที่มากกว่า 40 เมตร ดั้งนั้นจึงน่าจะสำรวจด้วยชั้นงาน 1a แต่อย่างไรก็ตามถ้านักสำรวจได้ตรวจพบพื้นที่ตื้นที่ตื้นกว่า 40 เมตร ดังนั้นในพื้นที่ตื้นดังกล่าวน่าจะต้องถูกสำรวจด้วยชั้นงานพิเศษหรือชั้นงานพิเศษจำเพาะจึงจะเหมาะสม

เพื่อที่จะให้สอดคล้องกับชั้นงานในมาตราฐาน S-44 อย่างเต็มที่ การสำรวจอุทกศาสตร์ต้องเป็นไปตามความต้องการทั้งหมดที่ถูกระบุไว้ในส่วนของการตรวจจับวัตถุและความครอบคลุมการสำรวจ (ตามตาราง 1) ของแต่ละชั้นงาน รวมทั้งความต้องการอื่นๆ (ตามตาราง 2) นอกเหนือจากนี้ ตารางดังกล่าวต้องถูกศึกษาควบคู่ไปกับเนื้อหาของแต่บท ทั้งนี้ความต้องการของแต่ละชั้นงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งชั้นงานพิเศษและชั้นงานพิเศษจำเพาะควรที่จะต้องสำรวจด้วยวิธีการที่เหมาะสมเพื่อให้ผ่านมาตราฐานที่เฉพาะเจาะจง

เพื่อการสร้างความเชื่อมั่นในการสำรวจที่เป็นระบบ ถึงแม้ว่าพื่นที่ที่ความครอบคลุมการหยั่งน้ำได้ถูกกำหนดให้น้อยกว่า 100 % แต่ระยะห่างระหว่างแนวหยั่งน้ำในส่วนของแนวหลักไม่ควรที่จะมากกว่า 3 เท่าของความลึกน้ำเฉลี่ยหรือ 25 เมตร (ให้เลือกระยะที่มากกว่า)

1.2 งานชั้น 2 (Order 2)

เป็นชั้นงานสำรวจที่มีความเข้มงวดน้อยที่สุด และถูกใช้สำรวจในพื้นที่ที่ถูกพิจารณาว่าการแสดงของรูปร่างพื้นท้องทะเลนั้นเพียงพอ ในชั้นงานนี้ได้กำหนดให้ความครอบคลุมการหยั่งน้ำเท่ากับ 5 % และสำหรับงานชั้น 2 นั้นได้ถูกแนะนำให้ใช้กับพื้นที่ที่ลึกกว่า 200 เมตร ตามที่ความลึกน้ำนั้นเกินกว่า 200 เมตร จึงถูกพิจารณาว่าไม่น่าจะมีการคงอยู่ของวัตถุที่มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะเป็นอันตรายต่อการเดินเรือของเรือผิวน้ำ

1.3 งานชั้น 1b (Order 1b)

งานสำรวจชั้น 1b นั้นได้ถูกกำหนดให้สำรวจในพื้นที่ที่การแสดงรูปร่างของพื้นท้องทะเลนั้นเพียงพอต่อความปลอดภัยของเรือที่สัญจรในบริเวณดังกล่าว จึงได้มีการกำหนดให้ความครอบคลุมการหยั่งน้ำในชั้นงานนี้คือ 5 % นั้นหมายถึงจะมีวัตถุใต้ท้องทะเลที่รอดพ้นการตรวจจับแม้ว่าระยะของแนวหยั่งน้ำจะเป็นตัวกำหนดขนาดของวัตถุแล้วก็ตาม อีกทั้งงานสำรวจชั้นนี้ได้ถูกแนะนำสำหรับพื้นที่ที่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นได้ถูกพิจารณาว่าไม่เป็นปัญหา ตัวอย่างของพื้นที่ของชั้นงาน 1b คือพื้นที่ที่รูปร่างและลักษณะของพื้นท้องทะเลนั้นอาจจะมีวัตถุใต้ท้องทะเลที่เป็นอันตรายต่อเรือผิวน้ำในระดับที่ต่ำ

1.4 งานชั้น 1a (Order 1a)

งานสำรวจชั้น 1a นั้นถูกใช้สำรวจในพื้นที่ที่วัตถุใต้ท้องทะเลนั้นอาจจะเป็นอันตรายต่อเรือที่สัญจรในพื้นที่ดังกล่าว แต่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นยังคงไม่ถูกพิจารณาว่าวิกฤต ด้วยเหตุนี้การค้นหาวัตถุแบบ 100 %(100% feature search) จึงมีความจำเป็นในการตรวจจับวัตถุตามขนาดที่เฉพาะเจาะจง ในส่วนของความคลอบคลุมการหยั่งน้ำที่เหมาะสมต่องานชั้นนี้จึงถูกกำหนดให้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100% แต่ทว่าความลึกน้อยที่สุดเหนือวัตถุที่มีความสำคัญต้องถูกตรวจพบ และการหาความลึกน้ำต้องเพียงพอที่จะแสดงรูปร่างของท้องทะเล ตามที่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นมีความอันตรายน้อยลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นขนาดของวัตถุที่ต้องถูกตรวจจับจึงเพิ่มขึ้นตามความลึกน้ำในพื้นที่มีความลึกน้ำมากกว่า 40 เมตรเป็นต้นไป ตัวอย่างของพื้นที่น่าจะสำรวจด้วยงานชั้น 1a ได้แก่ พื้นที่ชายฝั่ง, ที่จอดเรือ, ท่าเทียบเรือ, ทางเดินเรือหรือร่องน้ำ

1.5 งานชั้นพิเศษ (Special Order)

งานสำรวจชั้นพิเศษนั้นมุ่งเน้นไปยังพื้นที่ที่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นอยู่ในขั้นวิกฤต ด้วยเหตุนี้การตรวจจับวัตถุแบบ 100% และความครอบคลุมการหยั่งน้ำแบบ 100% จึงได้ถูกกำหนดในงานชั้นนี้ รวมทั้งขนาดของวัตถุที่ต้อง

ถูกตรวจพบนั้นก็มีขนาดที่เล็กว่างานชั้น 1a ตัวอย่างของพื้นที่ของงานชั้นพิเศษ ได้แก่ พื้นที่จอดเรือ, ท่าเรือ, และพื้นที่วิกฤตของทางเดินเรือและร่องน้ำ

1.6 งานชั้นพิเศษจำเพาะ (Exclusive Order)

งานสำรวจชั้นพิเศษจำเพาะนั้นเป็นชั้นงานที่ขยายมาจากงานชั้นพิเศษ ซึ่งจะมีความเข้มงวดที่มากกว่าในส่วนของการหาค่าความคาดเคลื่อนและความต้องการของข้อมูลต่างๆ งานสำรวจชั้นนี้มุ่งเน้นไปยังพื้นที่ตื้นที่ถูกจำกัด (ท่าเรือ, พื้นที่จอดเรือ และพื้นที่วิกฤตของทางเดินเรือและร่องน้ำ) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่วิกฤตที่เฉพาะเจาะจงโดยความลึกใต้กระดูกงูที่น้อยที่สุดและลักษณะของพื้นท้องทะเลนั้นเป็นอันตรายต่อเรือที่สัญจร จึงส่งผลให้การตรวจจับวัตถุและความครอบคลุมการหยั่งน้ำเท่ากับ 200% อีกทั้งขนาดของวัตถุที่ต้องถูกตรวจจับนั้นมีขนาดที่เล็กกว่างานชั้นพิเศษ

บทที่ 2 การหาตำบลที่ในแนวระดับและแนวดิ่ง

(Horizontal and Vertical Positioning)

2.1 บทนำ (Introduction)

การหาตำบลที่นั้นเป็นหลักการพื้นฐานของการสำรวจ นักสำรวจอุทกศาสตร์ต้องพิจารณาโครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์, มูลฐานทางราบและทางดิ่ง, การเชื่อมต่อกันกับงานสำรวจอื่นๆ (การเชื่อมต่อกันระหว่างมูลฐานของงานสำรวจบกกับงานสำรวจอุทกศาสตร์) รวมทั้งความไม่แน่นอนต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการตรวจวัด

ในมาตราฐานนี้ ตำแหน่งและความไม่แน่นอนของตำแหน่งนั้นหมายถึงส่วนประกอบเลขน้ำและวัตถุในแนวระดับ ในขณะที่ความลึกและความไม่แน่นอนของความลึกนั้นหมายถึงส่วนประกอบของเลขน้ำและวัตถุในแนวดิ่ง

2.2 โครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์ (Geodetic Reference Frame)

ตำแหน่งทุกตำแหน่งนั้นควรที่จะต้องถูกอ้างอิงกับโครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถที่จะนำไปใช้ได้กับทั้งโครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์สากล (ITRF2018, WGS84(G1762)) หรือโครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์ภูมิภาค (ETRS89, NAD83) ตามที่โครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์นั้นได้ถูกปรับปรุงแก้ไขอยู่ตลอด ดังนั้นปีที่โครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์ถูกตรวจวัดล่าสุดจะมีความไม่แน่นอนในระดับที่ต่ำที่สุด

2.3 มูลฐานทางราบ (Horizontal Reference System)

ถ้าตำแหน่งในแนวระดับนั้นได้ถูกอ้างอิงตามมูลฐานท้องถิ่น ชื่อและปีของมูลฐานทางราบดังกล่าวควรที่จะถูกระบุและมูลฐานทางราบท้องถิ่นนั้นควรที่จะถูกโยงยึดกับมูลฐานทางราบสากลที่เป็นที่ยอบรับ (ITRF2018,WGS84(G1762)) หรือมูลฐานทางราบภูมิภาค (ETRS89, NAD83) การแปลงค่ามูลฐาน (Transfer Datum) ควรที่จะต้องถูกพิจารณาอย่างระมัดระวัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มูลฐานทางราบนั้นมีความไม่แน่นอนในระดับที่ต่ำ

2.4 มูลฐานทางดิ่ง (Vertical Reference System)

ถ้าส่วนประกอบของต่ำแหน่งในแนวดิ่งถูกอ้างอิงกับมูลฐานทางดิ่งท้องถิ่น ชื่อและปีของมูลฐานทางดิ่งท้องถิ่นดังกล่าวควรที่จะถูกระบุ ส่วนประกอบของต่ำแหน่งต่างๆ ในแนวดิ่ง (ความลึก, พื้นที่น้ำท่วมถึง) ควรที่จะ

ถูกอ้างอิงกับมูลฐานทางดิ่งที่เหมาะสมกับประเภทของข้อมูลและจุดประสงค์การใช้งาน มูลฐานทางราบน่าจะถูกคำนวณมาจากการตรวจวัดค่าระดับน้ำ (LAT, MWL เป็นต้น) บนแบบจำลองทางกายภาพ (แบบจำลองจีออย) หรืออีลิปซอยที่ถูกอ้างอิง

2.5 การเชื่อมต่อกันระหว่างเส้นเกณฑ์แผนที่กับมูลฐานทางดิ่งของการสำรวจบก (Chart and Land Survey Vertical Datum Connections)

ในการที่จะให้ข้อมูลหยั่งน้ำสามารถที่จะถูกนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องเต็มที่ นั้นการเชื่อมต่อและความสัมพันธ์ระหว่างเส้นเกณฑ์แผนที่กับมูลฐานทางดิ่งของการสำรวจบกต้องถูกกำหนดและอธิบายอย่างชัดเจน การแก้ไขและการปฏิบัติเกี่ยวกับการเชื่อมต่อของมูลฐานทางดิ่งควรที่จะต้องเป็นไปตามการกำหนดของ The IHO Resolution on Datums and Benchmarks (Resolution 3/1919)

Resolution 3/1919 ได้ถูกระบุไว้ใน บรรณาสาร M-3; IHO Publication M-3, Resolutions of the International Hydrographic Organization ซึ่งสามารถดาวโหลดได้จากเว็ปไซต์ของ IHO www.iho.int.

2.6 ความไม่แน่นอน (Uncertainties)

มาตราฐานนี้ได้กำหนดค่า ผลรวมการกระจายของความไม่แน่นอน (total propagated uncertainty: TPU) ซึ่งประกอบไปด้วย ผลรวมความไม่แน่นอนในแนวระดับ (total horizontal uncertainty: THU) และผลรวมความไม่แน่นอนในแนวดิ่ง (total vertical uncertainty: TVU) โดยที่ค่า THU และ TVU ต้องถูกทำความเข้าใจว่าคือช่วงของความไม่แน่นอนหรือช่วง±ของค่าคงที่ (เช่น 20เมตร ± 1เมตร)

ในการได้มาซึ่งค่า THU ควรมาจากการคำนวณทางสถิติของแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนทั้งหมดในแนวระดับ ในทำนองเดียวกันกับค่า TVU ควรมาจากการคำนวณทางสถิติของแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนทั้งหมดในแนวดิ่ง อีกทั้งค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (the uncertainties at the 95% confidence level) ต้องถูกบันทึกไว้ในข้อมูลสำรวจ

ความละเอียดและความถูกต้องของระบบสำรวจควรที่จะต้องถูกคำนวณทั้งก่อนและหลังการสำรวจ (THU และ TVU) การคำนวณเหล่านั้นสามารถที่จะถูกคาดการและต้องถูกคำนวณมาจากระบบสำรวจทั้งหมดในภาพรวม ซึ่งก็คือ เครื่องมืออุปกรณ์, การตรวจวัด และ สภาพแวดล้อม การคำนวณดังกล่าวควรที่จะถูกคำนวณซ้ำตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น ลม, คลื่น เป็นต้น เพื่อที่จะได้ทำการปรับแก้อย่างเหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของค่าพารามิเตอร์

ค่าสุดท้ายของความไม่แน่นอนในการสำรวจอาจจะรวมไปด้วยการคำนวณทั้งก่อนและหลังการสำรวจที่เป็นค่าที่ชัดเจน เช่น อ้างอิงตามส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (standard deviation) ของค่าความลึกเพียงอย่างเดียว หรือเป็นผลรวมของค่าต่างๆ อีกทั้งอรรถาธิบายข้อมูล (metadata) ควรที่จะถูกนำไปใช้ในการอธิบายประเภทความไม่แน่นอน และระดับความไม่แน่นอนที่ได้รับ

สำหรับมาตราฐานนี้ ค่าความไม่แน่นอนในแนวระดับที่ยอมรับได้นั้นถูกพิจารณาให้มีความเท่ากันของมิติ ดังนั้นความไม่แน่นอนของตำบลที่นั้นจะถูกแสดงค่าเป็นตัวเลขเดี่ยว

2.7 ระดับความเชื่อมั่น (Confidence Level)

สำหรับมาตราฐานนี้ ในส่วนของระดับความเชื่อมั่นนั้นไม่ได้มีความหมายทางสถิติที่ตายตัว แต่มีความหมายที่สอดคล้องกับ “ระดับของความเชื่อมั่น (level of confidence)” หรือ “ความน่าจะเป็นคลอบคลุม (coverage probability)” ที่ถูกระบุไว้ใน Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, JCGM 100:2008, section 6.2.2

นอกจากนี้ ระดับความเชื่อมั่น (เช่น ที่ 95%) นั้นขึ้นอยู่กับการกระจายทางสถิติที่ถูกใช้ของข้อมูล และต้องถูกคำนวณอย่างแตกต่างสำหรับปริมาณใน 1 มิติ และ 2 มิติ สำหรับมาตราฐานนี้ที่ระบุให้ใช้การกระจายแบบปกติของความผิดพลาดที่ ระดับความเชื่อมั่น 95% สำหรับปริมาณ 1 มิติ (เช่น ความลึกน้ำ) ซึ่งก็คือ 1.96 x ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน และที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สำหรับปริมาณ 2 มิติ (เช่น ค่าตำบลที่) ซึ่งก็คือ 2.45 x ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน

บทที่ 3 ความลึก, ความครอบคลุมการสำรวจ, วัตถุ, และ ลักษณะของพื้นท้องทะเล

(Depth, Bathymetric Coverage, Features, and Nature of the Bottom)

3.1 บทนำ (Introduction)

ในการเดินเรือของเรือผิวน้ำให้ปลอดภัยนั้นต้องการข้อมูลความลึกน้ำและข้อมูลวัตถุที่มีความถูกต้องสำหรับพื้นที่ที่ความลึกใต้กระดูกงูถูกพิจารณาว่าจะเป็นอันตราย นั้นความครอบคลุมการหยั่งน้ำต้องมีค่าอย่างน้อย 100% และการตรวจจับวัตถุต้องถูกกำหนดอย่างเหมาะสม อีกทั้งค่าความไม่แน่นอนของความลึกจะต้องถูกควบคุม

3.2 ความลึก (Depth)

3.2.1 การหยั่งน้ำ (Depth Measurement)

ความลึกน้ำนั้นหมายถึงความลึกที่ถูกหักน้ำโดยอ้างอิงจากโครงข่ายอ้างอิงในแนวดิ่งที่เหมาะสม และความลึกของวัตถุนั้นหมายถึงความลึกที่น้อยที่สุดของวัตถุ

ในพื้นที่ที่มีอัตราการตกตะกอนสูง เช่น ปากแม่น้ำ ความลึกที่น้อยที่สุดน่าจะถูกตรวจวัดจากฐานของตะกอนที่สะสมอยู่

ภายใต้สถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงและเพื่อความปลอดภัยของการเดินเรือ นั้นการใช้วิธีการสำรวจที่มีความแม่นยำสูง เช่น การกวาดด้วยลวดกวาด ที่ดำเนินการโดยหน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจรับผิดชอบเพื่อยืนยันความลึกปลอดภัย, วัตถุหรือเรือจม ในพื้นที่ดังกล่าวสามารถที่จะถูกดำเนินการเพื่อหาความลึกปลอดภัย ในกรณีนี้ ความไม่แน่นอนในแนวดิ่งต้องถูกกำหนดอ้างอิงตามชั้นงานสำรวจ

3.2.2 พื้นที่น้ำท่วมถึง (Drying Heights)

ในพื้นที่ที่ความแตกต่างของระดับน้ำมากซึ่งสามารถเดินเรือได้ในช่วงน้ำขึ้น นั้นค่าความสูงของพื้นที่น้ำท่วมถึงในกรณีดังกล่าวต้องถูกสำรวจอย่างถี่ถ้วน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์และอุปกรณ์สำรวจที่เป็นสิ่งที่กำหนดให้อาจที่จะสำรวจพื้นที่น้ำท่วมถึงด้วยการหยั่งน้ำหรือการสำรวจบก อย่างไรก็ตามสำหรับพื้นที่ที่อยู่ใต้น้ำนอกพื้นที่น้ำท่วมถึงควรที่จะมีค่าความไม่แน่นอนไม่เกินค่ามากสุดที่ถูกกำหนดโดยไม่คำนึงถึงวิธีการสำรวจ

3.2.3 ความไม่แน่นอนทางแนวดิ่งมากที่สุดที่ยอมรับได้ (Maximum Allowable Vertical Uncertainty)

สำหรับการหาค่าความลึก นั้นมีความผิดพลาดจากสองแหล่งที่มีอิทธิพล ซึ่งก็คือ ความผิดพลาดที่แปรผันตามความลึกน้ำ และความผิดพลาดที่ไม่แปรผันตามความลึกน้ำ ซึ่งสูตรข้างล่างที่จะกล่าวต่อไปนั้นจะถูกใช้เพื่อคำนวณค่าความไม่แน่นอนทางดิ่งที่มากที่สุดที่ยอมรับได้

สำหรับตัวแปร “a” และ “b” รวมทั้ง “d” จะต้องทำความเข้าใจตามสูตรข้างล่างเพื่อการคำนวณค่า TVU ที่มากที่สุดที่ยอมรับได้

$$TVU_{max}(d) = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$$

โดยที่

a คือ ส่วนของความไม่แน่นอนที่ไม่แปรผันตามความลึก

b คือ สัมประสิทธ์ของความไม่แน่นอนที่แปรผันตามความลึก

d คือ ความลึก

ในตารางที่ 1 จะระบุค่าของตัวแปร “a” และ “b” ที่จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณค่า TVU ที่มากที่สุดที่ยอมรับได้ของแต่ละชั้นงานสำรวจ ทั้งนี้ค่า TVU ของการหยั่งน้ำที่คำนวณที่ระดับความเชื่อมัน 95% ต้องไม่เกินค่าที่ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 1

3.3 การตรวจจับวัตถุ (Feature Detection)

มาตราฐานขั้นต่ำของการตรวจจับวัตถุจะถูกระบุไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งจะถูกระบุในรูปแบบของวัตถุทรงลูกบาศก์เพื่อใช้ในการอ้างอิงสำหรับขนาดของวัตถุที่ระบบสำรวจต้องสามารถตรวจจับได้

ในการประเมินความสามารถในการตรวจจับวัตถุของระบบสำรวจ นั้นระบบสำรวจในภาพรวมทั้งหมด, อุปกรณ์สำรวจ, วิธีการสำรวจ, กระบวนการสำรวจ, และองค์บุคคล จะต้องถูกประเมินว่าสามารถนำไปใช้ตรวจจับวัตถุตามที่กำหนดได้ ทั้งนี้หน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่รับผิดชอบต้องทำการประเมินความสามารถในการตรวจจับวัตถุของระบบสำรวจ

สำหรับการกำหนดความสามารถในการตรวจจับวัตถุ นั้นไม่ได้เป็นการกำหนดที่ชัดเจนสำหรับการกำหนดของอันตรายในการเดินเรือ ด้วยเหตุที่ว่าในบางกรณีวัตถุที่สำคัญก็มีขนาดเล็กกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 แต่เป็น

อันตรายต่อการนำเรือ ดังนั้นจึงอาจจะเป็นสิ่งสำคัญต่อหน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบที่จะต้องตรวจจับวัตถุที่ได้กล่าวไปในขั้นต้น อย่างไรก็ตาม ไม่มีระบบสำรวจใดๆ ที่สามารถรับรองได้ว่าจะสามารถตรวจจับวัตถุที่มีทั้งหมดในพื้นที่สำรวจ แต่ทั้งนี้ถ้าหากมีความสงสัยว่าอาจจะมีวัตถุที่เป็นอันตรายต่อการเดินเรืออยู่ในพื้นที่ที่ตกสำรวจ ก็ควรที่จะต้องมีการสำรวจด้วยระบบสำรวจอื่นๆ เพื่อช่วยในการยืนยันข้อสงสัยดังกล่าว

3.4 การตรวจหาวัตถุ (Feature Search)

มาตราฐานขั้นต่ำของการตรวจหาวัตถุนั้นได้ถูกระบุในตารางที่ 1

สำหรับงานสำรวจชั้น 1a นั้นการตรวจหาวัตถุแบบ 100% (100% feature search) อาจจะถูกดำเนินการด้วยระบบสำรวจที่ไม่ได้เป็นตรวจหาความลึกน้ำ (เช่น Side Scan Sonar) แต่อย่างไรก็ตามในกรณีดังกล่าว การตรวจหาความลึกน้ำที่น้อยที่สุดเหนือวัตถุที่สำคัญยังคงต้องถูกดำเนินการ ทั้งนี้การตรวจหาวัตถุแบบ 100% (100% feature search) กับ ความครอบคลุมการหยั่งน้ำแบบ 100% (100% bathymetric coverage) ควรที่จะต้องถูกดำเนินการควบคู่กันไป

สำหรับการการตรวจหาวัตถุที่มากกว่าหรือเท่ากับ 100% ต้องถูกวางแผนและออกแบบให้มีความมุ่งหมายที่จะตรวจหาวัตถุตามขนาดที่ได้ระบุไว้ในมาตราฐานนี้ โดยที่การตรวจหาวัตถุแบบมากกว่า 100% (รวมถึง 200% ของงานสำรวจชั้นพิเศษจำเพาะ) นั้นอาจที่จะถูกออกแบบมากจากการเหลื่อมทับ (overlap) อย่างเพียงพอ หรือจะเป็นการสำรวจที่มากกว่าหนึ่งครั้ง

3.5 ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ (Bathymetric Coverage)

มาตราฐาน S-44 บรรณาธิกรนี้ได้มีการนำแนวทางความครอบคลุมการหยั่งน้ำมาใช้เพื่อที่จะทำให้เกิดความคล่องตัวมากขึ้นและสอดคล่องกับเทคโนโลยี โดยที่ความเพียงพอของความครอบคลุมการหยั่งน้ำนั้นต้องการระบบตรวจจับและเก็บความลึกน้ำ ในตารางที่ 1 ได้กำหนดความครอบคลุมการหยั่งน้ำขั้นต่ำที่ต้องถูกนำไปใช้ในแต่ละชั้นงานสำรวจ

3.5.1 ความครอบคลุมการหยั่งน้ำแบบ 100% (100% Bathymetric Coverage)

สำหรับความหมายของความคลอบคลุมการหยั่งน้ำแบบ 100% นั้นก็คือ การสำรวจความลึกน้ำของพื้นท้องทะเลแบบเต็มพื้นที่ อย่างไรก็ตามความคลอบคลุมการหยั่งน้ำแบบ 100% นั้นไม่ได้เป็นการรับประกันในการหาค่าความลึกน้ำอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการหยั่งน้ำนั้นไม่ต่อเนื่องและขึ้นอยู่กับสภาพทางกายภาพและข้อจำกัดของอุปกรณ์สำรวจ

3.5.2 ความครอบคลุมการหยั่งน้ำแบบน้อยกว่า 100% (Less than 100% Bathymetric Coverage)

ความครอบคลุมการหยั่งน้ำที่น้อยกว่า 100% นั้นต้องมาจากรูปแบบของการสำรวจที่เป็นระบบ ซึ่งการกระจายของข้อมูลความลึกต้องเป็นรูปแบบตลอดทั้งพื้นที่สำรวจ และความครอบคลุมการหยั่งน้ำนั้นต้องไม่น้อยกว่า 5% นอกจากนี้ ลักษณะของพื้นท้องทะเล (เช่น ความหยาบ, ประเภท, ความชัน) และสิ่งที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในการเดินเรือในพื้นที่สำรวจจะต้องถูกนำมาพิจารณาการออกแบบรูปแบบการสำรวจที่เหมาะสม และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในตารางที่ 1 ทั้งนี้เพื่อสร้างความมั่นใจในการสำรวจอย่างเป็นระบบของความครอบคลุมการหยั่งน้ำที่น้อยกว่า 100% นั้นระยะห่างระหว่างแนวหยั่งน้ำไม่ควรที่จะมากกว่า 3 เท่าของความลึกน้ำเฉลี่ย หรือ 25 เมตร (ให้เลือกระยะที่มากกว่า)

ในกรณีของงานสำรวจชั้น 1a นั้นความครอบคลุมการหยั่งน้ำแบบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100% จะมีความเหมาะสมตราบที่ความลึกที่น้อยที่สุดเหนือวัตถุที่สำคัญนั้นจะต้องถูกตรวจวัด และการหยั่งน้ำนั้นสามารถที่จะแสดงภาพของรูปร่างของพื้นท้องทะเล ทั้งนี้ความครอบคลุมการหยั่งน้ำของทุกชั้นงานสำรวจได้ถูกกำหนดในรูปแบบของเปอร์เซ็น ซึ่งในบรรณาธิกรที่ 5 ของมาตราฐาน S-44 นั้นระยะห่างระหว่างแยวหยั่งน้ำได้ถูกใช้เป็นตัวกำหนดแทนในงานชั้น 2 และ 1b ทั้งนี้ในการถ่ายค่าจากระยะห่างของแนวหยั่งน้ำมาเป็นเปอร์เซ็นของความครอบคลุมการหยั่งน้ำ นั้นการสำรวจด้วยระบบหยั่งน้ำแบบลำคลื่นเดียวที่มีความกว้างของการกวาด (beam width) ที่ 8°-12° นั้นถูกใช้เป็นตัวอ้างอิงสำหรับระยะห่างของแนวหยั่งน้ำที่ 3-4 เท่าของความลึกน้ำเฉลี่ย[1] ในงานสำรวจชั้น 2 และ 1b นั้นได้ถูกกำหนดไว้ด้วยความคลอบคลุมการสำรวจที่ 5%

*[1]ตัวอย่าง: สำหรับการสำรวจด้วยระบบหยั่งน้ำแบบลำคลื่นเดียวที่มีความกว้างของการกวาดที่ 8° ซึ่งได้กำหนดระยะห่างของแนวหยั่งน้ำสำหรับแนวหลักที่ 3 เท่าของความลึกน้ำเฉลี่ย และที่ 10 เท่าของแนวหยั่งน้ำ Cross Check นั้นตามสูตรการคำนวณของความครอบคลุมการหยั่งน้ำคือ % ความครอบคลุม = พื้นที่ถูกสำรวจ/พื้นที่ทั้งหมด = (ความกว้างของการกวาด*ระยะทางทั้งหมดของแนวหยั่งน้ำ)/พื้นที่ทั้งหหมด = 2*tan (8°/2)*(1/3+(3*10)) = 0.051 = 5.1%*

สูตรดังกล่าวนี้เป็นเพียงแค่ตัวอย่าง และไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของบรรณาสารนี้

3.5.3 ความคลอบคลุมการหยั่งน้ำที่มากกว่า 100% (Greater than 100% Bathymetric Coverage)

ความครอบคลุมการหยั่งน้ำที่มากกว่า 100% (รวมถึง 200% ของงานสำรวจชั้นจำเพาะ) นั้นอาจที่จะถูกออกแบบมากจากการเหลื่อมทับ (overlap) อย่างเพียงพอ หรือจะเป็นการสำรวจที่มากกว่าหนึ่งครั้ง

3.6 อันตรายในการเดินเรือ (Hazards to Navigation)

หน่วยงานทางอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ต้องพิจารณาลักษณะของการสัญจรในแต่ท้องถิ่น เช่น อัตรากินน้ำลึกของเรือ รวมทั้งองค์ประกอบพื้นฐานของความลึกน้ำในพื้นที่ที่ถูกประเมินว่ามีอันตรายต่อการเดินเรือ

ข้อมูลต่างๆ ของวัตถุที่เป็นอันตรายต่อการเดินเรือ (เช่น เรือจม หรือวัตถุอื่นๆ) ต้องถูกสำรวจอย่างเพียงพอเพื่อยืนยันให้ได้ว่าความลึกที่น้อยที่สุดและตำแหน่งของวัตถุดังกล่าวได้ถูกสำรวจด้วยวิธีการที่เหมาะสมและได้เป็นไปตามความต้องการขั้นต่ำของชั้นงานสำรวจที่เหมาะสมตามตารางที่ 1

เนื่องด้วยคุณลักษณะของเรือในปัจจุบัน นั้นวัตถุใต้น้ำที่ลึกกว่า 40 เมตร ไม่น่าที่จะเป็นอันตรายต่อการเดินเรือ อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์และพื้นที่ที่วัตถุที่ลึกกว่า 40 เมตร มีโอกาสเป็นอันตรายต่อการเดินเรือ นั้นการสำรวจจะต้องถูกดำเนินการ

หน่วยงานทางอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ ควรที่จะกำหนดขอบเขตของความลึก ที่ถ้าเกินจากขอบเขตดังกล่าวแล้วนั้น การสำรวจจะไม่ถูกดำเนินการ

3.7 การยืนยันหรือการพิสูจน์หักล้างวัตถุที่ปรากฏบนแผนที่ (Charted Object Confirmation / Disproval)

สำหรับสิ่งที่ปรากฏไว้บนแผนที่, เอกสาร, บรรณาสารอิเล็กทรอนิคส์ หรือฐานข้อมูล สำหรับสิ่งดังกล่าวนั้นซึ่งได้แก่ หิน, เรือจม, สิ่งกีดขวาง, เครื่องหมายช่วยในการเดินเรือ และข้อมูลที่คลุมเคลือ ควรที่จะถูกยืนยันหรือพิสูจณ์หักล้างการมีอยู่บนแผนที่ ทั้งนี้การกระทำดังกล่าวควรที่จะถูกระบุไว้ในรายงานการสำรวจ

ข้อมูลที่คลุมเคลือนั้นคือข้อมูลที่ถูกกำหนดบนแผนที่ในรูปแบบของ ตำบลที่โดยประมาณ(Position Approximate: PA), ตำบลที่คลุมเคลือ(Position Doubtful: PD), การมีอยู่ที่คลุมเคลือ(Existence Doubtful: ED), เลขน้ำที่คลุมเคลือ(Sounding Doubtful: SD) หรือ ถูกรายงานว่า เป็นอันตราย(reported danger) ทั้งนี้สิ่งที่ถูกระบุบนแผนที่ควรที่จะถูกยืนยันหรือพิสูจณ์หักล้างตามตำแหน่งบนแผนที่

ด้วยเหตุที่ว่าไม่มีสูตรที่ตายตัวในการกำหนดการพิสูจณ์ทราบสิ่งอัตรายที่ครอบคลุมในทุกๆ สถานการณ์ ดังนั้นในการยืนยันและพิสูจณ์หักล้างวัตถุที่ถูกรายงานว่าเป็นอันตราย นั้นได้ถูกแนะนำให้รัศมีการค้นหานั้นอย่างน้อยควรที่จะเป็น 3 เท่าของตำบลที่โดยประมาณ ถ้าสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่ไม่ถูกค้นพบภายในรัศมีการค้นหา สิ่งดังกล่าวควรที่จะถูกนำออกจากแผนที่

ทั้งนี้หน่วยงานทางอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูลสำรวจให้เพียงพอและประเมินว่าวัตถุที่ปรากฏบนแผนที่นั้นสามารถที่จะถูกนำออกจากแผนที่หรือไม่

3.8 ลักษณะพื้นท้องทะเล (Nature of the Bottom)

การเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเลควรที่จะถูกดำเนินการในพื้นที่จอดเรือ, พื้นที่วิกฤตอื่นๆ และพื้นที่ที่ลักษณะพื้นท้องทะเลนั้นถูกสงสัยว่าจะมีผลกระทบต่อวัตถุใต้น้ำที่สำคัญ ทั้งนี้วิธีการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเลนั้นได้แก่ การเก็บตัวอย่างแบบกายภาพ(physical sampling: PHY) ด้วยการสังเกตุ(visual: VIS) หรือด้วยการวิเคราะห์ในห้องทดลอง(LAB), ด้วยเทคนิคการอนุมานจากอุปกรณ์ตรวจจับ(INF) เช่น backscatter หรือ reflectivity, เทคนิคการอนุมานร่วมกับการเก็บตัวอย่างจริง(INF w/ GT) และด้วยการสังเกตุ(VIS) และ/หรือ การวิเคราะห์ในห้องทดลอง(LAB)

สำหรับระยะห่างในการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเลนั้นอาจที่จะถูกกำหนดให้เป็นระยะห่างที่เป็นรูปแบบตามวัตถุประสงค์การนำไปใช้ (เช่น การสร้างแผนที่), ลักษณะทางธรณีวิทยาของท้องทะเล, และตามความต้องการของการเก็บตัวอย่างจริงของเทคนิคการอนุมาน ทั้งนี้การเก็บตัวอย่างจริงของของเทคนิคการอนุมานไม่ต้องการกำหนดระยะห่างการเก็บที่เป็นรูปแบบ อีกทั้งในช่วงระหว่างจุดเก็บตัวอย่างสามารถที่จะใช้ค่าเฉลี่ยหรือค่ามากสุดในการระบุลักษณะของพื้นท้องทะเลได้ ทั้งนี้ถ้าการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเลได้ถูกดำเนินการในพื้นที่ที่เฉพาะเจาะจง เช่น พื้นที่ทิ้งสมอ หรือพื้นที่อื่นๆ ที่ถูกกำหนดให้เก็บตัวอย่าง ก็ควรที่จะมีการกำหนดขอบเขตของพื้นที่เก็บตัวอย่างท้องทะเล

ด้วยเหตุที่ปัจจุบันไม่มีมาตราฐานความปลอดภัยของ IHO สำหรับวีธีการหรือความถี่ในการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล อย่างไรก็ตามตาราง Matrix น่าจะถูกใช้ดำเนินการ เนื่องด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ นั้นหลากหลายอย่างเหมาะสมโดยอ้างอิงตามองค์ประกอบและธรรมชาติของพื้นท้องทะเลและวัตถุประสงค์การนำไปใช้ ทั้งนี้นักสำรวจควรที่จะกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเลที่เหมาะสมและความถี่ในการเก็บที่เพียงพอต่อพื้นที่สำรวจ

บทที่ 4 ระดับน้ำและกระแสน้ำ (Water Levels and Flow)

4.1 บทนำ (Introduction)

ในบทนี้ สำหรับระดับน้ำนั้นได้ถูกพิจารณาให้เป็นส่วนที่สนับสนุนของการแก้ปัญหาในทางดิ่งของการหยั่งน้ำ มากเสียกว่าจะไปเกี่ยวกับการตรวจวัดของระดับน้ำที่เป็นชุดข้อมูลที่แยกออกไปเพื่อที่จะกำหนดสูตรฮาโมนิคของระดับน้ำ ซึ่งได้ถูกกำหนดไว้ในบรรณาสารอื่นของ IHO แล้ว สำหรับระดับน้ำหรือการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ส่งผลต่อค่า TVU ของข้อมูลความลึกน้ำจะต้องถูกพิจารณาในทุกๆ งานสำรวจอุทกศาสตร์ และในส่วนของการตรวจวัดกระแสน้ำนั้นก็ต้องถูกดำเนินการเพื่อสนับสนุนความปลอดภัยในการเดินเรือ และในกรณีที่เห็นควรดำเนินการ ทั้งนี้ในการตรวจวัดทั้งระดับน้ำและกระแสน้ำนั้นต้องเป็นไปตามมาตราฐานในบรรณาสารนี้

สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อความชัดเจนในเรื่องของความเชื่อมต่อหรือความสัมพันธ์ระหว่างเส้นเกณฑ์หักน้ำและมูลฐานทางดิ่งของการสำรวจบก สามารถศึกษาได้ที่ บทที่ 2.5

4.2 การทำนายระดับน้ำ (Water Level (Tidal) Predictions)

การตรวจวัดระดับน้ำนั้นอาจที่จะเป็นส่วนที่จำเป็นสำหรับการสร้างและคงไว้ของแบบจำลองในการทำนายค่าระดับน้ำ รวมทั้งการจัดทำมาตราน้ำ ทั้งนี้ช่วงเวลาของการตรวจวัดระดับน้ำนั้นควรที่จะครอบคลุมให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ และต้องไม่น้อยกว่า 30 วัน

4.3 การหักน้ำ (Reductions for Water Level Observations)

เมื่อไหร่ก็ตามที่มีการนำค่าระดับน้ำไม่ว่าจะได้มาจากการตรวจวัดจริงหรือการทำนายมาหักเลขน้ำไปหาเส้นเกณฑ์แผนที่ นั้นค่าความไม่แน่นอนในส่วนของระดับน้ำควรที่จะต้องถูกนำมาคำนวณ TVU ทั้งนี้ค่าของระดับน้ำที่ได้จาการตรวจวัดจริงนั้นควรที่จะถูกนำมาหักน้ำมากกว่าการใช้ค่าที่ได้จากการทำนาย

4.4 การตรวจวัดกระแสน้ำ (Water Flow (Tidal Stream and Current) Observations)

ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำที่เกินกว่า 0.5 น็อต ควรที่จะถูกตรวจวัดในพื้นที่ที่สำคัญที่ยังไม่เคยถูกตรวจวัด ตัวอย่างเช่น ทางเข้าท่าเทียบเรือและร่องน้ำ, ทุกๆ จุดเปลี่ยนเข็มของร่องน้ำ, พื้นที่ทิ้งสมอ, และรอยต่อระหว่างท่าเทียบเรือ นอกจากนี้ยังได้มีการแนะนำให้มีการตรวจกระแสน้ำในแนวขนานชายฝั่ง (coastal stream)

และกระแสน้ำในแนวตั้งฉากกับฝั่ง (offshore stream) ในกรณีที่ความแรงของกระแสน้ำนั้นมีอิทธิพลต่อความปลอดภัยในการเดินเรือ

ในการตรวจวัดกระแสน้ำในแต่จุดนั้นควรที่จะทำการตรวจวัดในระดับความลึกที่เพียงพอต่อความต้องการในความปลอดภัยในการเดินเรือของแต่ละพื้นที่ ในกรณีของการตรวจวัด กระแสน้ำตามอิทธิพลของดาราศาสตร์ (tidal stream) การตรวจวัดดังกล่าวควรที่จะดำเนินการควบคู่ระหว่างการตรวจวัดค่าระดับน้ำและสภาพอุตุนิยมวิทยา ทั้งนี้ช่วงเวลาในการตรวจวัดควรที่จะยาวนานอย่างน้อย 30 วัน

ความเร็วและทิศทางของของกระแสน้ำต้องถูกตรวจวัดที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 ทั้งนี้ในกรณีที่มีเหตุผลให้ทำให้เชื่อได้ว่าปัจจัยอื่นๆ (เช่น การไหลของน้ำจากฝั่งตามฤดูการ เป็นต้น) เข้ามามีอิทธิพลต่อกระแสน้ำ นั้นการตรวจวัดควรที่จะถูกดำเนินการในครอบคลุมช่วงของเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

บทที่ 5 การสำรวจเหนือเส้นเกณฑ์แผนที่ (Surveys above the Vertical Datum)

5.1 บทนำ (Introduction)

การสำรวจเหนือเส้นเกณฑ์แผนที่นั้นมีความสำคัญต่อความปลอดภัยในการนำเรือและการเข้าเทียบ อีกทั้งการสำรวจทางภูมิประเทศและทางจีออเดซีนั้นมีความสำคัญที่เฉพาะเจาะจงสำหรับการนำเรือที่ได้ถูกระบุไว้ในบทนี้ รวมทั้งค่าความไม่แน่นอนที่ยอมรับได้ (THU และ TVU) ได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2

ข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ภาพวาดหรือภาพถ่ายของวัตถุควรที่จะถูกดำเนินการหากสามารถที่จะกระทำได้เพื่อเป็นการสนับสนุนข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างเส้นเกณฑ์แผนที่กับมูลฐานทางดิ่งการสำรวจบก สามารถศึกษาได้ที่ บทที่ 2.5

5.2 เครื่องหมายช่วยในการเดินเรือและภูมิประเทศที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือแบบประจำที่ (Fixed Aids and Topographic Features Significant to Navigation)

เครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่นั้นหมายถึง ประโจมไฟ, หลักนำ และประภาคาร (ทั้งนี้ไม่ได้ถูกจำกัดแค่ตามตัวอย่างที่ถูกระบุ)

ภูมิประเทศที่สำคัญต่อการเดินเรือนั้นหมายถึงวัตถุ, ที่หมาย, และสิ่งที่เห็นเด่นชัด ซึ่งมีส่วนช่วยในการเข้าเทียบเรือ และการเดินเรือในพื้นที่ที่ถูกกำหนด หรือช่วยในการเดินเรือ

วัตถุที่เห็นเด่นชัดซึ่งช่วยในการเดินเรือน่าจะหมายถึง (แต่ไม่ได้ถูกจำกัดแค่ตามที่ถูกระบุ) วัตถุธรรมชาติที่เห็นเด่นชัด, วัตถุทางวัฒธรรม, และที่หมายต่างๆ เช่น ปล่องควัน, ปล่องไฟ, เนินเขา หรือ ยอดเขา, เสากระโดง, อนุสาวรีย์, หอคอย, โรงกลั่นน้ำมัน, สถานที่ทางศาสนา, ปล่องเก็บของ, อาคารโดดเดียว, แท็งก์น้ำ, คลังน้ำมัน, และกังหันลม ทั้งนี้วัตถุประเภทเหล่านี้น่าที่จะเป็นได้ทั้ง วัตถุที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือและวัตถุที่สำคัญต่อการเดินเรือน้อย (บทที่ 5.5) ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดังกล่าวและสภาพแวดล้อมข้างเคียง

วัตถุที่สำคัญต่อการเข้าเทียบเรือและการเทียบเรือนั้นหมายถึง (ทั้งนี้ไม่ได้ถูกจำกัดแค่ตามตัวอย่างที่ถูกระบุ) กรอยน์, กำแพงกันคลื่น, ท่าเรือ, แนวกันคลื่นในร่องน้ำ (jetties), แท่นพูกเรือ, เสา, เสาผูกเรือ, ท่านำเรือขึ้นลงน้ำ (slipways), ประตูน้ำ, และเขื่อนกันคลื่น

สำหรับค่า THU และ TVU ในส่วนของตำบลที่ของวัตถุช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่นั้นได้ถูกระบุไว้ในตารางที่ 2

สิ่งหนึ่งที่น่าจะถูกพิจารณาก็คือ สำหรับวัตถุที่น้ำท่วมถึง (รวมถึงหิน) ซึ่งได้ถูกระบุตำแหน่งให้เป็นวัตถุที่มีความสำคัญในการเดินเรือ (โดยที่ไม่คำนึงถึงวิธีการหาตำบลที่) นั้นค่าความไม่แน่นอนที่มากที่สุดที่ยอมรับได้นั้นไม่ควรเกินกว่าค่าที่ถูกระบุไว้ในมาตราฐานนี้ เช่นเดียวกันในกรณีของวัตถุที่จมน้ำ

5.3 วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ (Floating Object and Aids to Navigation)

วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำนั้นหมายถึง (ทั้งนี้ไม่ได้ถูกจำกัดแค่ตามตัวอย่างที่ถูกระบุ) ทุ่น, ทุ่นไฟ, พื้นที่ทำประมง และท่าเรือลอยน้ำ

สำหรับวัตถุที่ลอยน้ำ นั้นการหาค่าความไม่แน่นอนของตำบลที่ควรที่จะคำนึงถึงการแกว่ง ซึ่งเกิดขึ้นด้วยอิทธิพลของการแสน้ำ, ลม และระดับน้ำ ทั้งนี้ปัจจัยที่ได้กล่าวไว้ขั้นต้นต้องถูกนำมาพิจารณาในการคำนวณหาตำบลที่เฉลี่ยของวัตถุนั้นๆ

สำหรับค่า THU ที่ยอมรับได้ในส่วนของตำแหน่งของวัตถุนั้นจะถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2 แต่ในส่วนของค่า TVU นั้นไม่ถูกกำหนดไว้

5.4 ชายฝั่ง (Coastline)

ตามพจนานุกรมอุทกศาสตร์ IHO Special Publication S-32 (Hydrographic Dictionary) ได้ให้ความหมายของคำว่า ชายฝั่ง คือ เส้นที่แผ่นดินกับน้ำมาบรรจบกัน ในส่วนของ IHO Special Publication S-4 (Regulations of the IHO for International (INT) Charts and Chart Specification of the IHO) ได้ให้ความหมายที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น คือ แนวน้ำขึ้นสูงสุด หรือแนวน้ำเฉลี่ยในกรณีของพื้นที่ที่ไม่มีอิทธิพลของระดับน้ำ อย่างไรก็ตามในบางกรณีชายฝั่งน่าจะถูกกำหนดจากแนวน้ำลงได้ ทั้งนี้ค่า THU ที่ยอมรับได้ของตำบลที่ในการเก็บรายละเอียดชายฝั่งได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2 แต่ในส่วนของค่า TVU นั้นไม่ได้ถูกกำหนดไว้ในมาตราฐานนี้

5.5 วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย (Feature Less Significant to Navigation)

วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อยนั้นคือวัตถุที่ไม่เด่นชัดซึ่งเป็นส่วนประกอบหรือข้อมูลเพิ่มเติมแต่ไม่น่าที่จะอำนวยในการนำเรือ ซึ่งในบทที่ 5.2 ในส่วนของภูมิประเทศนั้นสามารถที่จะเป็นได้ทั้งภูมิประเทศที่เด่นชัดและสำคัญต่อการเดินเรือ และภูมิประเทศที่ไม่เด่นชัดและไม่สำคัญต่อการเดินเรือ โดยที่ขึ้นอยู่กลับคุณลักษณะของภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมโดยรอบ สำหรับภูมิประเทศที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อยอาจ

ที่จะร่วมถึง (แต่ไม่ได้ถูกจำกัดไว้แค่ตามตัวอย่างที่ถูกระบุ) ปล่องควัน, ปล่องไฟ, เนินเขา หรือ ยอดเขา, เสากระโดง , อนุสาวรีย์, หอคอย, โรงกลั่นน้ำมัน, สถานที่ทางศาสนา, ปล่องเก็บของ, อาคารโดดเดียว, แท็งก์น้ำ, คลังน้ำมัน, และกังหันลม

ค่า THU และ TVU ที่ยอมรับได้ของตำบลที่ของวัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อยนั้นได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2

5.6 ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดง, หลักนำ และ ความสูงของย่านไฟ (Overhead Clearance, Range Line and Sector Light Heights)

สิ่งกีดขวางที่อยู่เหนือเสากระโดง ได้แก่ สะพาน และ สายเคเบิล ที่น่าจะเป็นอันตรายต่อการเดินเรือ และในส่วนของหลักนำและความสูงของย่านไฟอาจจะถูกใช้ในการกำหนดระยะจากฝั่ง ทั้งนี้ค่า THU และ TVU ที่ยอมรับได้ของตำบลที่ของระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดง, หลักนำ และความสูงของย่านไฟ ได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2

5.7 การวัดมุม (Angular Measurements)

การวัดมุมนั้นรวมถึง (แต่ไม่ถูกจำกัดไว้แค่ตามตัวอย่างที่ถูกระบุ) ขอบเขตของย่านไฟ และย่านปรากฏของไฟ, ทิศการวางตัวของหลักนำและไฟของหลักนำ, ขอบเขตของย่านที่ระบุโซนอันตรายในการเดินเรือ, ทิศทางเส้นทางเดินเรือแนะนำ ทั้งนี้ค่า THU สำหรับการตรวจวัดนั้นได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2 แต่ค่า TVU ไม่ได้ถูกกำหนดเอาไว้

บทที่ 6 อรรถาธิบายข้อมูล (Metadata)

6.1 บทนำ (Introduction)

อรรถาธิบายข้อมูลคือหลักการพื้นฐานที่จะสร้างความมั่นใจว่าข้อมูลสำรวจสามารถถูกเข้าใจและนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องตามความต้องการของการสร้างแผนที่หรือวัตถุประสงค์อื่นๆ ในมาตราฐานนี้ได้กำหนดอรรถาธิบายข้อมูลขั้นต่ำของข้อมูลอุทกศาสตร์เพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือ ทั้งนี้ในกรณีที่มีข้อมูลอรรถาธิบายเพิ่มเติมนอกเหนือจากนี้ ก็ควรที่จะถูกระบุลงไปเพื่อเป็นการเพิ่มข้อมูลสำหรับจุดประสงค์อื่นๆ

6.2 เนื้อหาของอรรถาธิบายข้อมูล (Metadata Content)

อรรถาธิบายข้อมูลนั้นสามารถที่จะถูกกำหนดในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น รายงานการสำรวจ (Report of Survey) หรือในรูปแบบของไฟล์อรรถาธิบายข้อมูลที่เฉพาะเจาะจง อย่างไรก็ตามรูปแบบของอรรถาธิบายข้อมูลนั้นควรที่จะมีความครอบคลุม, สามารถเข้าใจได้ชัดเจน, มีความสอดคล้องกับซอฟต์แวร์ ทั้งนี้หน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่อาจที่จะกำหนดความต้องการของอรรถาธิบายข้อมูลที่เพิ่มเติมจากที่ได้ระบุไว้ที่เหมาะสมต่อหน่วยงานนั้นๆ สำหรับตารางข้างล่างนี้ควรที่จะถูกนำไปเป็นตัวอย่างแต่ทั้งนี้ยังไม่ใช้ตัวอย่างที่ตายตัว

อรรถาธิบายข้อมูลควรที่จะมีความครอบคลุม แต่ควรที่จะรวมไปด้วยข้อมูลขั้นต่ำตามด้านล่างนี้

หมวดหมู่ของข้อมูล	**คำอธิบาย**
ประเภทของการสำรวจ	เช่น เพื่อความปลอดภัยในการนำเรือ, การเดินทางผ่าน, การสำรวจล่วงหน้า, การฝึกสำรวจ
วิธีการสำรวจทางดิ่ง/การหาค่าความลึกน้ำ	เช่น echo-sounder, side scan sonar, multi-beam, นักประดาน้ำ, ดิ่งน้ำตื้น, ลวดกวาด, ภาพถ่าย, การหยั่งน้ำด้วยดาวเทียม, lidar
ชั้นงานสำรวจ	ตามที่ระบุใน S-44
มูลฐานทางราบและมูลฐานทางดิ่ง	ระบุชื่อมูลฐานตาม ITRS และปี (เช่น WGS84) ถ้ามีการใช้มูลฐานท้องถิ่น

ความไม่แน่นอนที่ถูกทำให้สำเร็จ (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)	ระบุทั้งค่า THU และ TVU
ความสามารถในการตรวจจับวัตถุ	ระบุเป็นเมตร
การตรวจหาวัตถุ	ระบุเป็น % ของพื้นที่ที่ตรวจ
ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ	ระบุเป็น % ของพื้นที่ที่สำรวจ
ช่วงของการสำรวจ	ระบุเป็นวันที่เริ่มสำรวจและวันที่สำรวจเสร็จสิ้น
ผู้สำรวจ	ชื่อนักสำรวจ, ชื่อหน่วยงาน
เจ้าของข้อมูลสำรวจ	ชื่อหน่วยงาน
คุณลักษณะกริดข้อมูล	เช่น ความละเอียดของกริด, วิธีการกำหนดกริด, ความหนาแน่นของข้อมูล, ความไม่แน่นอน
ความหนาแน่นของข้อมูล	อธิบายค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของข้อมูลดิบ เช่น จำนวนของจุดที่ถูกยอมรับต่อหน่วยพื้นที่
ชั้นความลับ	เช่น ไม่ระบุ, ลับ, เพื่อการเดินเรือ, ลับมาก

อรรถาธิบายข้อมูลควรจะเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลสำรวจในรูปแบบดิจิตอลและสอดคล้องกับมาตราฐาน IHO S-100 Discovery Metadata Standard อย่างไรก็ตามในช่วงระหว่างที่มาตราฐาน S-100 ยังไม่ถูกนำมาใช้ นั้น ISO 19115 สามารถนำมาใช้เป็นรูปแบบของอรรถาธิบายข้อมูลได้ ทั้งนี้ถ้าหากไม่มีความสามารถเพียงพอที่จะปฏิบัติตามที่กล่าวไปในขั้นต้น รูปแบบของข้อมูลที่ใกล้เคียงกันควรที่จะถูกจัดเก็บไว้ในเอกสารของการสำรวจ

บทที่ 7 ตาราง และ ข้อกำหนดเมตทริกซ์

(Tables and Specification Matrix)

7.1 บทนำ (Introduction)

เช่นเดียวกับบรรณาธิกรก่อนหน้านี้ S-44 บรรณาธิกรนี้ได้แสดงข้อกำหหนดของการสำรวจอุทกศาสตร์เพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือในรูปแบบของตาราง โดยที่จะประกอบไปด้วยตารางที่ 1 และ 2 อีกทั้งยังได้มีการกำหนดตารางเมตทริกซ์ ซึ่งจัดเตรียมข้อกำหนดที่มีความอ่อนตัวต่องานที่นอกเหนือจากการสำรวจอุทกศาสตร์ซึ่งเป็นไปเพื่อจุดประสงค์ที่เกินไปกว่าในเรื่องของความปลอดภัยในการเดินเรือ ทั้งนี้ตารางเมตทริกซ์จะทำให้มาตราฐานการสำรวจมีความปลอดภัยในการเดินเรือมากขึ้น

7.2 มาตราฐานความปลอดภัยในการเดินเรือ (Safety Navigation Standards)

มาตราฐานขั้นต่ำในการตรวจวัดความลึกน้ำได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 1 ในส่วนของมาตราฐานของตำบลที่และการตรวจกระแสน้ำได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2 ทั้งนี้ตารางทั้งสองต้องถูกศึกษาควบคู่กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องที่ระบุไวในบทต่างๆ

ตามที่ได้กล่าวไปในขั้นต้น มาตราฐานทั้งหมดที่ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 1 และ 2 จะถูกระบุไว้ในตารางเมตทริกซ์ในรูปแบบค่าต่างๆ ของข้อกำหนด ซึ่งจะทำให้มาตราฐานการสำรวจมีความปลอดภัยในการเดินเรือมากขึ้น แม้ว่าจุดประสงค์ของเมตทริกซ์จะเป็นไปตามที่ได้กล่าวไว้ แต่การใช้งานเมตทริกซ์จะไม่เป็นการลดมาตราฐานขั้นต่ำที่ถูกกำหนดไว้ในแต่ละชั้นงานสำรวจ สำหรับคำแนะนำในการใช้ข้อกำหนดเมตทริกซ์ได้ถูกระบุไว้ในภาคผนวก ก.

7.2.1 มาตราฐานการตรวจวัดความลึกน้ำ (Bathymetry Standards)

มาตราฐานขั้นต่ำของการตรวจวัดความลึกน้ำเพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือนั้นได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 1 โดยที่มาตราฐานนั้นมีความมุ่งหมายที่เฉพาะเจาะจง แต่จะไม่เป็นการกำหนดเทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรวจ อีกทั้งชั้นงานสำรวจสำหรับการตรวจหาความลึกน้ำในตารางที่ 1 น่าที่จะถูกประเมินอย่างเป็นอิสระกับชั้นงานสำหรับค่าตำบลที่ในตารางที่ 2 ดังนั้นตารางที่ 2 จะไม่เป็นการลดคุณภาพของการตรวจหาความลึกน้ำเพื่อการสร้างแผนที่เดินเรือและผลิตภัณฑ์ในการเดินเรือ

7.2.2 มาตราฐานสำหรับตำบลที่, การตรวจวัดกระแสน้ำ (Other Positioning Standard, Tidal Stream and Currents)

ในตารางที่ 2 จะกำหนดมาตราฐานขั้นต่ำสำหรับตำบลที่ (ที่เหนือเส้นเกณฑ์แผนที่) ของภูมิประเทศ, สิ่งปลูกสร้าง, และเครื่องหมาย ที่มีส่วนช่วยในการเดินเรือเพื่อความปลอดภัยในการการเดินเรือ รวมทั้งยังมีการระบุถึงมาตราฐานขั้นต่ำสำหรับการวัดมุมที่เกี่ยวข้องกับ หลักนำ, ความสูงของย่านไฟ, และเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือที่ถูกใช้ในการกำหนดเข็มหรือทิศทางในการเดินเรือ อีกทั้งยังได้มีการระบุถึงการตรวจวัดทิศทางและความเร็วของการตรวจวัดกระแสน้ำ ทั้งนี้มาตราฐานในตารางที่ 2 นั้นจะถูกนำไปใช้ในกรณีที่การตรวจวัดนั้นมีความจำเป็น

7.3 ตารางที่ 1 มาตราฐานขั้นต่ำของการตรวจวัดความลึกน้ำสำหรับการสำรวจอุทกศาสตร์เพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือ

ให้ศึกษาควบคู่กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องที่ถูกระบุไว้ตามบทต่างๆ, m=metres, ค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, *= เมตทริกซ์ที่อ้างอิง

บทที่อ้างอิง	เกณฑ์	ชั้น 2	ชั้น 1b	ชั้น 1a	ชั้นพิเศษ	ชั้นจำเพาะ
บทที่ 1	ลักษณะของพื้นที่สำรวจในภาพรวม	พื้นที่ที่การแสดงรูปร่างของพื้นท้องทะเลนั้นเพียงพอ	พื้นที่ที่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นถูกพิจารณาว่าไม่เป็นอันตรายต่อเรือผิวน้ำที่สัญจรในพื้นที่	พื้นที่ที่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นถูกพิจารณาว่าไม่เป็นอันตรายในขั้นวิกฤต แต่วัตถุที่เป็นอันตรายต่อเรือผิวน้ำที่สัญจรในพื้นที่อาจจะคงอยู่	พื้นที่ที่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นเป็นอันตรายในขั้นวิกฤต	พื้นที่ที่มีความเข้นงวดของความลึกน้ำใต้กระดูกงู และการควบคุมเรือ
บทที่ 2.6	ความลึกน้ำ THU เป็น (m) + (% ของความลึก)	20 m + 10% ของความลึก	5 m + 5% ของความลึก	5 m + 5% ของความลึก	2 m	1 m
บทที่ 2.6 บทที่ 3.2 บทที่ 3.2.3	ความลึกน้ำ TVU เป็น a(m) และ b	a = 1.0 m, b = 0.023	a = 0.5 m, b = 0.013	a = 0.5 m, b = 0.013	a = 0.25 m, b = 0.0075	a = 0.15 m, b = 0.0075
บทที่ 3.3	การตรวจจับวัตถุเป็น (m) or (% ของความลึก)	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	วัตถุทรงลูกบาศก์ขนาด > 2 m ที่ความลึกน้ำต่ำกว่า 40 เมตร และ ขนาด 10% ของความลึกที่ความลึกน้ำเกินว่า 40 เมตร	วัตถุทรงลูกบาศก์ขนาด > 1 m	วัตถุทรงลูกบาศก์ขนาด > 0.5 m
บทที่ 3.4	การค้นหาวัตถุ เป็น %	แนะนำแต่ไม่ได้กำหนด	แนะนำแต่ไม่ได้กำหนด	100%	100%	200%
บทที่ 3.5	ความครอบคลุมการสำรวจ เป็น %	5%	5%	≤ 100%	100%	200%

7.4 ตารางที่ 2 มาตราฐานขั้นต่ำสำหรับการสำรวจเพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือ

ให้ศึกษาควบคู่กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องที่ถูกระบุไว้ตามบทต่างๆ ทั้งนี้มาตราฐานในตารางที่ 2 นั้นจะถูกนำไปใช้ในกรณีที่การตรวจวัดนั้นมีความจำเป็น

บทที่อ้างอิง	หัวข้อ	ประเภทของความไม่แน่นอน	งานชั้น 2	งานชั้น 1b	งานชั้น 1a	งานชั้นพิเศษ	งานชั้นพิเศษจำเพาะ
บทที่ 5.2	วัตถุ และเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือและอยู่เหนือเส้นเกณฑ์แผนที่	THU(m)	5 m	2 m	2 m	2 m	1 m
		TVU(m)	2 m	2 m	1 m	0.5 m	0.25 m
บทที่ 5.3	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ	THU(m)	20 m	10 m	10 m	10 m	5 m
บทที่ 5.4	การเก็บรายละเอียดขอบฝั่ง	THU(m)	10 m	10 m	10 m	10 m	5 m
บทที่ 5.5	วัตถุที่อยู่เหนือเส้นเกณฑ์แผนที่ที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย	THU(m)	20 m	20 m	20 m	10 m	5 m
		TVU(m)	3 m	2 m	1 m	0.5 m	0.3 m
บทที่ 5.6	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดง, หลักนำและความสูงของย่านไฟ	THU(m)	10 m	10 m	5 m	2 m	1 m
		TVU(m)	3 m	2 m	1 m	0.5 m	0.3 m
บทที่ 5.7	การวัดมุม	(องศา)	0.5 องศา				
บทที่ 4.4	ทิศทางของกระแสน้ำ	(องศา)	10 องศา				
บทที่ 4.4	ความเร็วของกระแสน้ำ	น็อต	0.1 น็อต				

7.5 คำอธิบายสำหรับตารางเมตริกซ์ (Matrix Description)

ข้อกำหนดของตารางเมตริกซ์นั้นได้จัดเตรียมไว้ซึ่งเกณฑ์ต่างๆ ของข้อมูลความลึกน้ำและข้อมูลประเภทอื่นๆ ในส่วนของการตรวจวัด, การรายงาน และส่งข้อมูลของการสำรวจอุทกศาสตร์ ตารางเมตริกซ์นั้นจะอำนวยความสะดวกในการประเมินการสำรวจอุทกศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นการทำให้มาตราฐานนั้นมีความสอดคล้องไปกับเทคโนโลยีการสำรวจที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงยังเป็นการเปิดทางให้กับการสำรวจอุทกศาสตร์ที่มีความมุ่งหมายที่มากไปกว่าความปลอดภัยในการเดินเรือ โดยที่การออกแบบตารางเมตริกซ์นั้นยังเป็นการนำร่องไปสู่บรรณาธิกรในอนาคตของของมาตราฐาน S-44 และสำหรับตารางเมตริกซ์นั้นสามารถที่จะถูกใช้เป็นได้ทั้งมาตราฐานสำหรับการสำรวจที่เฉพาะเจาะจง และในการแยกประเภทข้อมูลภายหลังการสำรวจ

สิ่งสำคัญที่ก็คือลำพังตารางเมตริกซ์นั้นไม่ได้เป็นตัวกำหนดมาตราฐานการสำรวจอุทกศาสตร์ เพราะมาตราฐานดังกล่าวนั้นถูกกำหนดไว้ใน ตารางที่ 1 และ 2 ซึ่งสามารถถูกอ้างอิงโดยเกณฑ์ต่างๆ ของเมตริกซ์ ซึ่งมาตราฐานการสำรวจที่มีจุดประสงค์เกินไปกว่าการสำรวจอุทกศาสตร์ (เช่น การสำรวจทางธรณีวิทยา, การสำรวจปิโตรเลียม, การขุดลอก, และ การสำรวจทางธรณีเทคนิค) นั้นยังไม่ได้ถูกระบุไว้ในมาตราฐานนี้ อย่างไรก็ตามระดับความเข้มงวดของการสำรวจในตารางเมตริกซ์นั้นได้ถูกออกแบบให้สอดคล้องกับการสำรวจประเภทดังกล่าว

นอกเหนือจากนี้ ตามที่ได้มีผลิตภัณฑ์และข้อกำหนดที่ช่วยในการเดินเรือใหม่ๆ ร่วมถึงรูปแบบของข้อมูล (เช่น แผนที่เดินเรืออิเล็กทรอนิกส์ และ มาตราฐาน S-101 ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์แผนที่อิเล็กทรอนิกส์) ดังนั้นตารางเมตทริกซ์สามารถที่จะถูกใช้เพื่อช่วยกำหนดและจัดประเภทที่หลากหลายของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

สำหรับคำแนะนำในการใช้ข้อกำหนดเมตทริกซ์สามารถศึกษาได้ที่ภาคผนวก ก.

7.6 ตารางเมตทริกซ์ (Matrix)

ตารางเมตทริกซ์สำหรับการสำรวจอุทกศาสตร์ ให้ศึกษาควบคู่กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องที่ถูกระบุไว้ตามบทต่างๆ m = metrres, ค่าความไม่แน่นอนทั้งหมดคำนวณที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	การหยั่งน้ำ														
a	ความลึกน้ำ THU (m)	500	200	100	50	20	15	10	5	2	1	0.5	0.35	0.1	0.05
b	ความลึกน้ำ TVU (% ของความลึกน้ำ)	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1						
c	ความลึกน้ำ TVU "a"(m)	100	50	25	10	5	2	1	0.5	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
d	ความลึกน้ำ TVU "b"(m) *Note 1*	0.2	0.1	0.05	0.023	0.02	0.013	0.01	0.0075	0.004	0.002				
e	การตรวจจับวัตถุ (m)	50	20	10	5	2	1	0.75	0.7	0.5	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05
f	การตรวจจับวัตถุ (% ของความลึกน้ำ)	25	20	10	5	3	2	1	0.5	0.25					
g	การค้นหาวัตถุ (%)	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	
h	ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P	ตำบลที่เหนือเส้นเกณฑ์แผนที่														
a	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ THU (m)	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
b	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ TVU (m)	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01						
c	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ THU (m)	50	20	10	5	2	1	0.5							
d	การเก็บรายละเอียดขอบฝั่ง (THU)	20	10	5	1	0.5	0.25	0.1							
e	วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย THU (m)	50	20	10	5	2	3	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
f	วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย TVU (m)	3	2	1	0.5	0.3	0.25	0.1	0.05	0.01					
g	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือและหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ THU (m)	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01					
h	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือและหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ TVU (m)	3	2	1	0.5	0.3	0.1	0.05	0.01						
i	การวัดมุม (องศา)	5	2.5	1	0.5	0.2	0.1	0.05							

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
W	การหยั่งน้ำ														
a	ทิศทางกระแสน้ำ (องศา)	10	7.5	5	2.5	1	0.5	0.25	0.1						
b	ความเร็วกระแสน้ำ (น็อต)	2	1	0.5	0.25	0.1									

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	การหยั่งน้ำ														
a	วิธีการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล *Note 2*	PHY-VIS	PHY-LAB	PHY-VIS&LAB	INF	INF w/GT (VIS)	INF w/GT (LAB)	INF w/GT (VIS)&(LAB)							
b	ความถี่ในการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล ประมาณ (m) Note 2	As Req to GT	10000	5000	2500	1852	1000	500	250	100	75	50	25	10	5

Note 1: ในการใช้ตัวแปร "b" ในรูปแบบเปอร์เซ็นของความลึกให้คูณด้วย 100

Note 2: PHY = การเก็บตัวอย่างแบบกายภาพ, VIS = ด้วยการสังเกตุ, LAB = การวิเคราะห์ในห้องทดลอง, INF = ด้วยเทคนิคการอนุมานจากอุปกรณ์ตรวจจับ, w/ = ร่วมกับ, GT = การเก็บตัวอย่างจริง As Req to GT = ตามที่ต้องการตัวอย่างพื้นท้องทะเลจริงตามแต่ละเทคนิค (ศึกษาเพิ่มได้ที่ บทที่ 3.8)

ภาคผนวก ก

คำแนะนำในการใช้ตารางเมตทริกซ์ (Matrix Guidance)

ก.1 บทนำ (Introduction)

ตารางเมตทริกซ์ที่ถูกระบุในบทที่ 7.6 นั้น ประกอบไปด้วยเกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ประกอบกับการสำรวจอุทกศาสตร์ ซึ่งไปถูกจัดเรียงตามประเภทของข้อมูล ได้แก่ การหยั่งน้ำ, ตำบลที่, กระแสน้ำ, และ ลักษณะของพื้นท้องทะเล

เกณฑ์ต่างๆ นั้นสามารถที่จะระบุผ่านรหัสตัวอักษรและตัวเลข ซึ่งจะแสดงถึงช่องแต่ละช่องของตารางเมตทริกซ์ โดยที่เกณฑ์ต่างๆ นั้นจะถูกระบุด้วยรหัสสามหลัก

1. หลักที่หนึ่งจะเป็นตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ซึ่งแสดงถึงประเภทข้อมูล
2. หลักที่สองจะเป็นตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กซึ่งแสดงถึงแถวของประเภทข้อมูล
3. หลักที่สามจะเป็นตัวเลขซึ่งแสดงถึงหลักของประเภทข้อมูล

ข้อมูลในตารางนั้นควรที่จะเป็นค่าตัวแปรและข้อมูลที่ต้องการสำหรับข้อกำหนดและการแบ่งประเภทงานสำรวจ ซึ่งในการนำไปใช้ถ้าหากไม่มีช่องใดในตารางเมตทริกซ์ที่จะนำไปอ้างอิงให้ใช้รหัสเป็น “0”

ตารางที่ ก.1 คำอิบายประเภทของเมตทริกซ์

	ประเภท	คำอธิบาย
B	การหยั่งน้ำ	ความลึกน้ำและวัตถุ
P	ตำบลที่	ตำแหน่งของวัตถุเหนือเส้นเกณฑ์แผนที่
W	กระแสน้ำ	ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำ
N	ลักษณะพื้นท้องทะเล	ลักษณะของพื้นท้องทะเล

P	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ตำบลที่เหนือเส้นเกณฑ์แผนที่									
a	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ THU (m)	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2
b	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ TVU (m)	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01	
c	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ THU (m)	50	20	10	5	2	1	0.5		

Pb4

รูปที่ ก.1 ตัวอย่างของรหัส Pb4 ซึ่งแสดงถึงค่า TVU ของตำบลที่ของวัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือซึ่งเท่ากับ 0.5 เมตร

ก.2 ตัวอย่างการนำตารางเมทริกซ์ไปใช้ (Example of Matrix Realizations)

ก.2.1 การนำเมตทริกซ์ไปแสดง (Matrix Representations)

เมตทริกซ์นั้นอาจที่จะถูกใช้ในการสื่อสารในหลายรูปแบบ เช่น แผนภาพ, ตาราง และ ตัวอักษร เป็นต้น

ก.2.2 ตารางตัวอย่าง (Table Examples)

ตารางด้านล่างนั้นแสดงตัวอย่างของการระบุข้อกำหนดการสำรวจอุทกศาสตร์ตามชั้นงาน 1 a และข้อกำหนดที่ถูกกำหนดเองนอกเหนือจากชั้นงานในมาตราฐานนี้ ซึ่งในตารางจะระบุถึงค่าที่อ้างอิงจากตารางเมตทริกซ์ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าการทำเช่นนี้อาจจะเป็นประโยชน์ในการระบุข้อกำหนดของการสำรวจ แต่ก็ไม่ได้เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการแสดงข้อกำหนดต่างๆ แต่เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ได้ สำหรับช่องที่ถูกระบายสีนั้นเป็นการแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่าง ชั้นงาน 1 a กับ ชั้นงานที่ถูกกำหนดขึ้นใหม่

B	การหยั่งน้ำ	ค่าชั้นงาน 1a	ช่อง เมตทริกซ์ที่ อ้างอิง	ค่าชั้นงาน ที่กำหนด ใหม่	ช่องเมตทริกซ์ ที่อ้างอิง
a	ความลึกน้ำ THU (m)	5	Ba8	5	Ba8
b	ความลึกน้ำ TVU (% ของความลึกน้ำ)	5	Ba3	5	Ba3
c	ความลึกน้ำ TVU "a"(m)	0.5	Bc8	0	0
d	ความลึกน้ำ TVU "b"(m)	0.013	Bd6	0.01	Bd7
e	การตรวจจับวัตถุ (m)	2(≤40 m)	Be5(≤40 m)	1(≤40 m)	Be6
f	การตรวจจับวัตถุ (% ของความลึกน้ำ)	10(≤40 m)	Bf3(>40 m)	10	Bf3
g	การค้นหาวัตถุ (%)	100	Bg9	100	Bg9
h	ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ (%)	≤ 100	≤ Bh9	100	Bh9
P	**ตำบลที่**				
a	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ THU (m)	2	Ph6	2	Pa6
b	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ TVU (m)	1	Ph3	1	Pb3
c	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ THU (m)	10	Pc3	10	Pc3
d	การเก็บรายละเอียดขอบฝั่ง (THU)	10	Pd2	10	Pd2
e	วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย THU (m)	20	Pe2	5	Pe4
f	วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย TVU (m)	1	Pf3	1	Pf3
g	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือ และหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ THU (m)	5	Pg2	5	Pg2
h	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือ และหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ TVU (m)	1	Ph3	1	Ph3
i	การวัดมุม (องศา)	0.5	Pi4	0.5	Pi4

W	**กระแสน้ำ**				
a	ทิศทางกระแสน้ำ (องศา)	10	Wa1	5	Wa3
b	ความเร็วกระแสน้ำ (น็อต)	0.1	Wb5	0.1	Wb5
N	**ลักษณะพื้นท้องทะเล**				
a	วิธีการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล *Note 2*	0	0	INF w/GT (VIS)&(LAB)	Na7
b	ความถี่ในการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล ประมาณ (m) Note 2	0	0	As Req to GT	Nb1

ก.2.3 ตัวอย่างแบบข้อความ (Text String Examples)

ข้อความข้างล่างนั้นแสดงตัวอย่างของการนำเมตทริกซ์ไปใช้ในรูปแบบของชั้นงาน 1 a และ การสำรวจในเขตน้ำลึกปลอดภัย (Crowd Sourced)

ชั้นงาน 1a

อ้างอิงตามเมตทริกซ์ของมาตราฐาน S-44 ดังนี้

Ba8, Bb3, Bc8, Bd6, Be5 (≤40m), Bf3 (≥40m), Bg9, ≤Bh9, Pa6, Pb3, Pc3, Pd2, Pe2, Pf3, Pg2, Ph3, Pi4, Wa1, Wb5.

ซึ่งสามารถแบ่งตามหัวข้อของงานสำรวจได้ดังนี้

- การหยั่งน้ำ: Ba8, Bb3, Bc8, Bd6, Be5 (≤40m), Bf3 (≥40m), Bg9, ≤Bh9
- วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ: Pa6, Pb3
- วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ: Pc3
- การเก็บรายละเอียดขอบฝั่ง: Pd2
- วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย: Pe2, Pf3
- ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือ และหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ: Pg2, Ph3
- การวัดมุม: Pi4
- กระแสน้ำ: Wa1, Wb5

การสำรวจในเขตน้ำลึกปลอดภัย (Crowd Sourced Dataset)

ชุดข้อมูลการหยั่งน้ำในเขตน้ำลึกปลอดภัยนั้นจะถูกดำเนินการในพื้นที่น้ำลึกด้วยกับระบบหยั่งน้ำแบบลำคลื่นเดียว และไม่มีการปรับแก้ค่าความเร็วเสียงใต้น้ำ การสำรวจในรูปแบบนี้สามารถกำหนดเกณฑ์การสำรวจจากค่า TVU และ THU (ความครอบคลุมนั้นจะไม่ถูกกำหนดเพราะเป็นการสำรวจที่ไม่เป็นรูปแบบ)

อ้างอิงตามเมตทริกซ์ของมาตราฐาน S-44 ดังนี้: Ba3, Bc5, Bd3

อ้างอิง:

สำหรับการใช้ข้อความมาเป็นรูปในการแยกประเภทชุดข้อมูลนั้นควรที่จะมีความต่อเนื่องร่วมกับตัวอ้างอิงที่ชัดเจนกับชั้นงานสำรวจในมาตราฐาน S-44 และ/หรือ เมตทริกซ์ และควรมีการเน้นในรายละเอียดใดๆ ก็ตามที่มีการอ้างอิงตามชั้นงานงานสำรวจตามมาตราฐาน S-44

ตัวอย่าง: “อ้างอิงตามเมตทริกซ์ของมาตราฐาน S-44 ดังนี้: (Ba8, Bb3...)” หรือ “อ้างอิงตามชั้นงานสำรวจและเมตทริกซ์ของมาตราฐาน S-44 ดังนี้: งานชั้นพิเศษ, Ba12” (โดยที่ Ba12 นั้นแสดงถึงค่าตัวแปรที่นอกเหนือจากงานชั้นพิเศษ)

Note: การใช้รูปแบบของข้อความนั้นทำให้มีโอกาสเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนมากว่าในรูปแบบอื่นๆ

7.6 ตารางเมตทริกซ์ (Matrix)

ตารางเมตทริกซ์สำหรับการสำรวจอุทกศาสตร์ ให้ศึกษาควบคู่กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องที่ถูกระบุไว้ตามบทต่างๆ m = metrres, ค่าความไม่แน่นอนทั้งหมดคำนวณที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ช่องตารางของงานชั้น 1b

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	การหยั่งน้ำ														
a	ความลึกน้ำ THU (m)	500	200	100	50	20	15	10	5	2	1	0.5	0.35	0.1	0.05
b	ความลึกน้ำ TVU (% ของความลึกน้ำ)	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1						
c	ความลึกน้ำ TVU "a"(m)	100	50	25	10	5	2	1	0.5	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
d	ความลึกน้ำ TVU "b"(m) *Note 1*	0.2	0.1	0.05	0.023	0.02	0.013	0.01	0.0075	0.004	0.002				
e	การตรวจจับวัตถุ (m)	50	20	10	5	2	1	0.75	0.7	0.5	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05
f	การตรวจจับวัตถุ (% ของความลึกน้ำ)	25	20	10	5	3	2	1	0.5	0.25					
g	การค้นหาวัตถุ (%)	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	
h	ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P	ตำบลที่เหนือเส้นเกณฑ์แผนที่														
a	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ THU (m)	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
b	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ TVU (m)	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01						
c	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ THU (m)	50	20	10	5	2	1	0.5							
d	การเก็บรายละเอียดขอบฝั่ง (THU)	20	10	5	1	0.5	0.25	0.1							
e	วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย THU (m)	50	20	10	5	2	3	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
f	วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย TVU (m)	3	2	1	0.5	0.3	0.25	0.1	0.05	0.01					
g	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือและหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ THU (m)	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01					
h	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือและหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ TVU (m)	3	2	1	0.5	0.3	0.1	0.05	0.01						
i	การวัดมุม (องศา)	5	2.5	1	0.5	0.2	0.1	0.05							

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
W	การหยั่งน้ำ														
a	ทิศทางกระแสน้ำ (องศา)	10	7.5	5	2.5	1	0.5	0.25	0.1						
b	ความเร็วกระแสน้ำ (น็อต)	2	1	0.5	0.25	0.1									

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	การหยั่งน้ำ														
a	วิธีการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล *Note 2*	PHY-VIS	PHY-LAB	PHY-VIS&LAB	INF	INF w/GT (VIS)	INF w/GT (LAB)	INF w/GT (VIS)&(LAB)							
b	ความถี่ในการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล ประมาณ (m) Note 2	As Req to GT	10000	5000	2500	1852	1000	500	250	100	75	50	25	10	5

Note 1: *ในการใช้ตัวแปร "b" ในรูปแบบเปอร์เซ็นของความลึกให้คูณด้วย 100*

Note 2: *PHY = การเก็บตัวอย่างแบบกายภาพ, VIS = ด้วยการสังเกตุ, LAB = การวิเคราะห์ในห้องทดลอง, INF = ด้วยเทคนิคการอนุมานจากอุปกรณ์ตรวจจับ, w/ = ร่วมกับ, GT = การเก็บตัวอย่างจริง As Req to GT = ตามที่ต้องการตัวอย่างพื้นท้องทะเลจริงตามแต่ละเทคนิค (ศึกษาเพิ่มได้ที่ บทที่ 3.8)*

ภาคผนวก ข

แนวทางการจัดการคุณภาพ (Guideline for Quality Management)

Note: ภาคผนวกนี้ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของมาตราฐาน S-44 และจะถูกนำออกจากมาตราฐานนี้และจะไปอยู่ในบรรณาสาร C-13 คู่มือการสำรวจอุทกศาสตร์ (IHO Publication C-13, Manual on Hydrography.)

การควบคุมคุณภาพ: ขั้นตอนการประเมินคุณภาพเพื่อคงไว้ซึ่งมาตราฐานของผลิตภัณฑ์โดยการตรวจสอบผลที่ได้เปรียบเทียบกับข้อกำหนดในมาตราฐาน

ข.1 การควบคุมคุณภาพ (Quality Control)

ในการควบคุมคุณภาพนั้นเป็นมากกว่าแค่เพียงการพิสูจน์ว่าผลลัพธ์ของการสำรวจนั้นสามารถผ่านมาตราฐานขั้นต่ำของ S-44 แต่ทว่าเพื่อที่จะบรรลุเป้าหมายของการควบคุมคุณภาพนั้นองค์ประกอบสำคัญสามอย่างที่มีผลกระทบนั้นคือ อุปกรณ์, ขั้นตอน, และ องค์บุคคล ทั้งนี้การควบคุมคุณภาพนั้นมีความสำคัญต่องานสำรวจอุทกศาสตร์ทุกงาน และการควบคุมคุณภาพนั้นไม่ใช้เป็นเพียงแค่ตัวเลขและการคำนวณ แต่ทว่าเป็นการพิจารณาทุกๆ องค์ประกอบของการสำรวจ

ข.2 อุปกรณ์ (Equipment)

อุปกรณ์สำรวจนั้นต้องมีความสามารถที่จะเก็บข้อมูลที่เป็นไปตามมาตราฐาน โดยที่ค่า TPU ของอุปกรณ์และค่าแก้ต่างๆ ต้องถูกคำนวณและพิจารณา รวมทั้งอิทธิพลต่างๆ ของสภาพแวดล้อมขณะทำการสำรวจทั้งในส่วนของเชิงพื้นที่และเชิงของเวลาก็ต้องถูกนำมาพิจารณาด้วยในการคำนวณค่า TPU ทั้งนี้เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าอุปกรณ์สำรวจนั้นสามารถเก็บข้อมูลได้เป็นไปตามมาตราฐานหรือไม่นั้น ก่อนการสำรวจควรที่จะมีการคำนวณค่า TPU ถ้าในกรณีที่ค่าความไม่แน่นอนไม่สามารถถูกคำนวณก่อนการสำรวจ ก็ควรมีวิธีการอื่นๆ ในการตรวจสอบว่าอุปกรณ์สำรวจนั้นจะสามารถนำไปสำรวจแล้วผ่านมาตราฐานได้

สำหรับอุปกรณ์สำรวจนั้นควรที่จะไม่มีค่าความผิดผลาดที่เป็นรูปแบบ (systematic errors) ซึ่งต้องถูกคำนวณหาจากการปรับแก้อุปกรณ์สำรวจ (calibration)

การใช้อุปกรณ์สำรวจที่ได้รับการปรับแก้แล้ว นั้นสามารถที่ทำให้เชื่อได้ว่าข้อมูลที่ได้นั้นจะสามารถผ่านมาตราฐาน แต่อย่างไรก็ตามก็ควรที่จะมีการตรวจสอบระบบสำรวจในสถาณการณ์สำรวจจริง ทั้งก่อนการสำรวจและทุกๆ ครั้งที่มีความสงสัยว่าจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

ข.3 ขั้นตอน (Procedures)

การเก็บข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลทางอุทกศาสตร์ด้วยขั้นตอนที่เป็นมาตราฐานสามารถลดโอกาสการเกิดความผิดพลาด อีกทั้งควรมีการตรวจสอบความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในช่วงต้นกระบวณการณ์สำรวจเพราะความผิดพลาดเหล่านี้ไม่สามารถที่จะมาถูกตรวจพบได้ในภายหลัง

ขั้นตอนต่างๆ นั้นอาจที่จะถูกออกแบบให้คลอบคลุมทุกองค์ประกอบของการสำรวจ โดยที่สามารถถูกใช้ในรูปแบบของรูปเล่มและข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตราฐาน ทั้งนี้การตรวจสอบคุณภาพก่อนการสำรวจจำเป็นต้องถูกดำเนินการเสมอ

ข.4 องค์บุคคล (Personnel)

งานสำรวจอุทกศาสตร์ในทุกๆ งาน ต้องถูกดำเนินการโดยบุคลากรที่ได้รับมาตราฐาน ซึ่งต้องได้รับการฝึกอบรมและมีความสามารถ โดยที่หลักสูตรนักสำรวจอุทกศาสตร์ที่เป็นทางการ เช่น CAT A และ B อย่างไรก็ตามการสำเร็จหลักสูตรนักสำรวจอุทกศาสตร์อย่างเดียวนั้นอาจไม่เพียงพอ เพราะประสบการณ์สำรวจก็เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญ ทั้งนี้ผู้ที่สำเร็จหลักสูตรสำรวจอุทกศาสตร์และมีประสบการณ์ในการสำรวจควรที่จะถูกพิจารณาให้เป็นผู้ดำเนินงานสำรวจ

ภาคผนวก ค

แนวทางในการควบคุมคุณภาพก่อนและหลังการสำรวจ (Guidance for a priori and a posteriori Quality Control)

Note: ภาคผนวกนี้ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของมาตราฐาน S-44 และจะถูกนำออกจากมาตราฐานนี้และจะไปอยู่ในบรรณาสาร C-13 คู่มือการสำรวจอุทกศาสตร์ (IHO Publication C-13, Manual on Hydrography.)

มาตราฐาน S-44 ได้กล่าวถึงถึงมาตฐานที่มีคุณภาพสำหรับผลลัพท์ทั้งก่อนและหลังการสำรวจ สำหรับคำแนะนำในภาคผนวกนี้จะเป็นบทสรุปของวิธีการกำหนดค่าความไม่แน่นอนสำหรับก่อนและหลังการสำรวจ ในการกำหนดค่าความไม่แน่นอนนั้นมีความสำคัญในทุกๆ เทคทิคของการสำรวจอุทกศาสตร์ ทั้งนี้วิธีการกำหนดความไม่แน่นอนในการสำรวจนั้นอาจที่จะแตกต่างกันไปตามแต่ละเทคนิคการสำรวจ

ค.1 ความไม่แน่นอนก่อนการสำรวจ (A Priori Uncertainty)

ความไม่แน่นอนก่อนการสำรวจนั้นเป็นค่าทางทฤษฎีโดยอ้างอิงจากการประเมินของแนวปฏิบัติที่ดี (best practice estimations) ของปัจจัยทั้งหมดที่มีผลกระทบต่อการตรวจวัด โดยที่อุปกรณ์สำรวจที่ถูกใช้และผลกระทบจากสภาพแวดล้อมต้องถูกนำเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของการคำนวณหาค่าความไม่แน่นอน ทั้งนี้การคำนวณค่า THU และ TVU ก่อนการสำรวจนั้นจะเป็นการทำให้นักสำรวจอุทกศาสตร์ได้ทราบว่าอุปกรณ์สำรวจที่ถูกเลือกมานั้นสามารถที่จะเก็บข้อมูลสำรวจให้เป็นไปตามมาตราฐานที่กำหนดไว้ภายใต้ผลกระทบของสภาพแวดล้อมในพื้นที่สำรวจได้หรือไม่ ถ้าหากข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบไม่ผ่านมาตราฐาน อุปกรณ์สำรวจที่ดีกว่าหรือวิธีการสำรวจที่เหมาะสมกว่าอาจจะถูกพิจารณาใช้ในการสำรวจตามแต่ละลักษณะของสภาพแวดล้อม

ในระหว่างการสำรวจ การประเมินความไม่แน่นอนของอุปกรณ์สำรวจและสภาพแวดล้อมควรที่จะถูกปรับแต่งและประเมินผลอยู่ตลอด ทั้งนี้ภายใต้การปรับแต่งดังกล่าว ความไม่แน่นอนก่อนการสำรวจจะถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น

ค.2 ความไม่แน่นอนหลังการสำรวจ (A Posteriori Uncertainty)

โดยหลักการแล้ว นักสำรวจอุทกศาสตร์จะให้ความสนใจกับการหาความไม่แน่นอนหลังการสำรวจมากที่สุด

นอกเหนือจากในทฤษฎีแล้ว มันเป็นไปไม่ได้ที่จะกำหนดหาความไม่แน่นอนหลังการสำรวจจากชุดข้อมูลที่ได้มา ถึงแม้ว่าชุดข้อมูลที่ได้จากการสำรวจคือผลลัพท์สุดท้ายและรวมเอาไว้ซึ่งความผิดพลาดทั้งหมดของทุกๆ

กระบวณการสำรวจ แต่มันเป็นไปไม่ได้ที่จะคำนวณความไม่แน่นอนหลังการสำรวจจากชุดข้อมูล อย่างไรก็ตาม มันก็มีเทคนิคและขั้นตอนมากมายที่สามารถใช้พิสูจน์ว่าชุดข้อมูลนั้นสามารถเชื่อถือได้ แต่กระนั้น ไม่มีเครื่องมือใดๆ ที่สามารถคำนวณหาความไม่แน่นอนหลังการสำรวจที่เป็นที่รู้จักอย่างชัดเจน

ทั้งนี้สิ่งที่ควรกระทำเป็นอันดับต้นๆ คือการตรวจสอบความสามารถของระบบสำรวจในภาพรวมเพื่อที่จะสร้างความมั่นใจได้ว่าค่า THU, TVU และ การตรวจจับวัตถุ นั้นเป็นไปตามชั้นงานสำรวจที่ถูกกำหนด โดยที่การตรวจสอบนั้นควรที่จะถูกดำเนินการในพื้นที่ที่ทราบความลึกน้ำและลักษณะรูปร่างของพื้นท้องทะเลที่แน่นอนเพื่อเป็นการลดความผิดพลาดในการวัดค่าแก้ในแนวดิ่ง ทั้งนี้การสำรวจพื้นที่อ้างอิงดังกล่าวควรถูกกระทำอย่างสม่ำเสมอ

ในระหว่างการสำรวจ การพิจารณาความถูกต้องของระดับอ้างอิงในแนวดิ่งควรที่จะถูกยืนยันโดย การประเมินระบบสำรวจทั้งในรูปแบบของเชิงพื้นที่และเชิงเวลาอย่างต่อเนื่อง

ภาคผนวก ง

การพิจารณาการหาความลึกน้ำแบบกริด

Grided Bathymetry Considerations

Note: ภาคผนวกนี้ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของมาตราฐาน S-44 และจะถูกนำออกจากมาตราฐานนี้และจะไปอยู่ในบรรณาสาร C-13 คู่มือการสำรวจอุทกศาสตร์ (IHO Publication C-13, Manual on Hydrography.)

อ้างอิง: เนื้อหาจากเอกสารอ้างอิงดังต่อไปนี้ได้ถูกนำมาแต่งเป็นภาคผนวกนี้

IHO S-100, The Universal Hydrographic Data Model – Edition 3.0.0

IHO S-102, Bathymetric Surface Product Specification – Edition 1.0.0

IHO B-11, IHO-IOC GEBCO Cook Book – September 2018

ISO 19107:2003 Geographic Information - Spatial Schema

ISO 19115:2003 Geographic Information - Metadata

ISO 19123:2005 Geographic Information - Schema for Coverage Geometry and Functions Open Navigation Surface Working Group, Requirements Document – Version 1.0

Open Navigation Surface Working Group, Format Specification Document - Description of Bathymetric Attributed Grid Object (BAG) - Version 1.6.3

Open Navigation Surface Working Group, A Variable Resolution Grid Extension for BAG Files – Version 1.2

Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM User's Manual – 3rd Edition

GEBCO – Frequently Asked Questions:

https://www.gebco.net/about_us/faq/#creating_a_bathy_grid

ง.1 บทนำ (Introduction)

ตามที่ความหนาแน่นของข้อมูลตัวอย่างที่ได้จากอุปกรณ์สำรวจอุทกศาสตร์นั้นเพิ่มขึ้น ดังนั้นวิธีการแสดงรูปลักษณะของพื้นท้องทะเลก็ถูกเปลี่ยนแปลงจากผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของเวกเตอร์ (Vector-based products) เช่น เลขน้ำและเส้นความลึกเท่าที่ถูกคัดเลือกแล้ว ไปเป็นรูปแบบของ แบบจำลองข้อมูลความลึกน้ำ (Bathymetric models) ซึ่งผลลัพท์ที่ได้จากการสำรวจอุทกศาสตร์นั้นจะถูกจัดเก็บในกริดดิจิตอลหรือชุดของกริดที่ความละเอียดแตกต่างกัน โดยที่กริดเหล่านี้บ่อยครั้งที่รวมไปด้วยค่าโหนด (Node values) ของทั้งความลึกน้ำและค่าความไม่แน่นอน และอาจที่มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกระจายส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของข้อมูลตัวอย่าง, ความหนาแน่นของตัวอย่าง, ค่าความลึกที่ตื้นที่สุดในในกริดที่ใกล้เคียง, และแม้แต่ข้อมูลที่เกี่ยวกับมูลฐานทางดิ่งและมูลฐานทางระดับ สำหรับหน่วยงานอุทกศาสตร์หลายๆ หน่วยงานนั้น กระบวณการผลิตผลิตภัณฑ์ ณ ปัจจุบัน ได้มุ่งเน้นไปยังแบบจำลองความลึกน้ำในรูปแบบกริด ที่ถูกนำมาเป็นแหล่งที่มาของข้อมูลแทนที่จะเป็นในรูปแบบของข้อมูลเลขน้ำแบบเต็มรูปแบบ โดยที่การใช้ประโยชน์ของข้อมูลความลึกน้ำในรูปแบบกริดนั้นสามารถที่จะลดเวลาในการผลิตเพราะข้อมูลรูปแบบนี้ได้ถูกจัดเตรียมไว้ซึ่งระดับของข้อมูลในรูปแบบของการให้น้ำหนักข้อมูลและรูปแบบชุดข้อมูลดิจิตอล

อีกทั้งแบบจำลองข้อมูลความลึกน้ำแบบกริดนั้นได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในระดับเล็ก เช่น การแบ่งย่านของพื้นท้องทะเล ในหลายๆ ตัวอย่าง กริดเหล่านี้เป็นการรวมกันของข้อมูลตัวอย่างที่ตรวจวัด, ข้อมูลกริดสำรวจ, ข้อมูลโดยประมาณ และข้อมูลที่ถูกแทรกเสริม ทั้งนี้ภาคผนวกนี้จะไม่ระบุถึงที่มาของการพิจารณาสำหรับประเภทของการรวบรวมของกริด ตามที่ข้อมูลห้วข้อนี้ถูกระบุไว้ใน the Joint IHO-IOC Committee for the General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO)

ง.2 ความหมาย (Definitions)

ตัวแทนพื้นที่ (Area Representation): ตัวแทนของข้อมูลกริดที่ทั้งเซลล์นั้นถูกสันนิษฐานว่ามีค่าเท่ากัน และการเปลี่ยนแปลงนั้นปรากฏเพียงแค่ขอบเขตของเซลล์ต่างๆ (The DEM User's Manual)

แบบจำลองข้อมูลความลึกน้ำ (Bathymetric Model): ตัวแทนในรูปแบบดิจิตอลของรูปลักษณะของพื้นท้องทะเลในรูปแบบของค่าพิกัดและความลึกน้ำ

กริด (Grid): เครือข่ายที่ประกอบไปด้วยสองหรือมากกว่าของชุดเส้นโค้งที่สมาชิกของแต่ละชุดตัดกับสมาชิกของชุดอื่นๆ อย่างเป็นรูปแบบ (ISO 19123)

กริดเซลล์ (Grid Cell): พื้นที่ที่ถูกกำหนดไว้ในช่องระหว่างเส้นกริด (ISO 19123)

Grid Line Registration: วิธีการกำหนดกริดโดยที่กริดโหนดนั้นถูกทำให้เป็นศูนย์กลางของการตัดกันของเส้นกริด (GEBCO)

กริดโหนด (Gride Node): จุดของข้อมูลของพื้นที่ที่แน่นอนที่ถูกอ้างอิงโดยความหมายและการกำหนดโดยที่ค่าที่อยู่ภายในกริดนั้นจะอธิบายข้อมูลที่ถูกเลือกที่พื้นที่นั้น (ONSWG)

ช่องว่างของข้อมูลหยั่งน้ำ (Holiday): พื้นที่ที่ตกสำรวจโดยไม่เจตนาภายในการสำรวจอุทกศาสตร์ที่ระยะห่างระหว่างแนวสำรวจหยั่งน้ำเกินขอบเขตที่ยอมรับได้ (IHO Dictionary S-32)

การกำหนดจุดศูนย์กลางของกริด (Pixel Centred Registration): วิธีการกำหนดที่กริดโหนดเป็นจุดศูนย์กลางของเซลล์ (GEBCO)

ตัวแทนของพื้นผิว (Surface Representation): ตัวแทนของข้อมูลกริดที่กริดโหนดแสดงถึงค่าพื้นผิวที่จุดศูนย์กลางเรขาคณิตของแต่ละเซลล์ โดยที่พื้นที่ระหว่างศูนย์กลางเซลล์ถูกสันนิษฐานว่าเป็นค่าระหว่างเซลล์ที่อยู่รอบข้าง (The DEM User's Manual)

ง.3 การพิจารณากริด (Grid Considerations)

ง.3.1 ความละเอียดของกริด (Grid Resolution)

แบบจำลองข้อมูลความลึกแบบกริดโดยปกติจะถูกสร้างขึ้นโดยใช้ความละเอียดแบบคงที่ต่อความลึกที่ถูกกำหนด โดยที่การอนุโลมได้เกินขึ้นบ่อยครั้งเมื่อการเลือกความละเอียดแบบคงที่ต่อความลึกที่ถูกให้ไว้ ในกรณีที่ความละเอียดของกริดนั้นไม่สามารถที่จะถูกเลือกในพื้นที่ที่มีทั้งค่าความลึกน้ำที่ลึกที่สุดและตื้นที่สุดอยู่ในกริดเดียวกัน

นอกเหนือจากการกำหนดความละเอียดแบบคงที่ต่อความลึกแล้ว ความพยายามล่าสุดของการประมวลผลข้อมูลอุทกศาสตร์ได้มีการสร้างแบบจำลองข้อมูลอุทกศาสตร์แบบกริดที่มีความละเอียดหลากหลาย แบบจำลองนี้สามารถที่จะถูกสร้างโดยใช้ความละเอียดแบบคงที่ต่อความลึกที่ถูกกำหนด หรือวิธีการแบบอัตโนมัติโดยอ้างอิงความลึกและความหนาแน่นของข้อมูล

เมื่อข้อกำหนดของการสำรวจนั้นเพื่อเป็นการตรวจจับวัตถุตามขนาดที่กำหนด ดังนั้นการกำหนดขนาดของกริดเซลล์จะต้องไม่ใหญ่เกินกว่าขนาดของวัตถุที่กำหนดให้ถูกตรวจจับได้ อีกทั้งการกำหนดขนาดของเซลล์นั้นได้ถูกแนะนำให้เป็นครึ่งหนึ่งของขนาดของวัตถุ

ความละเอียดของกริดนั้นควรที่จะถูกเลือกเพื่อที่จะพิจารณาค่าความไม่แน่นอนในแนวระดับที่ถูกทำให้สำเร็จของตัวอย่างและวิธีการสำหรับค่าความไม่แน่นอนว่าค่าความไม่แน่นอนค่าไหนที่จะถูกใช้ในการกำหนดวิธีการเลือกกริด

ความละเอียดของกริดควรที่จะถูกกำหนดตามจุดประสงค์ของการนำไปใช้ของกริด ดังนั้นการสำรวจนั้นอาจที่จะต้องการความละเอียดของกริดที่แตกต่างกันเพื่อให้เหมาะสมกับจุดประสงค์นั้นๆ

ง.3.2 ความหนาแน่นของตัวอย่าง (Sample Density)

หนึ่งในหน้าที่ของหน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่รับผิดชอบที่จะต้องกำหนดความความแน่นของข้อมูลที่ยอมรับได้ซึ่งเหมาะสมต่อความถูกต้องการแสดงวัตถุใต้ท้องทะเลที่มีความสำคัญ และการประมาณการความเชื่อมั่นของความลึกน้ำของกริดโหนด โดยที่ไม่เป็นการทำให้เกิดช่องว่างของข้อมูลหยั่งน้ำ การกำหนดลักษณะนี้นั้นมีความจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุโดยนักสำรวจก่อนการสำรวจ รวมถึงต้องมีการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ อย่างเหมาะสมอีกด้วย

ถ้าวิธีการกำหนดกริดทางสถิตินั้นถูกนำไปใช้แล้ว ความหนาแน่นของข้อมูลที่ยอมรับได้ควรที่จะถูกกำหนดในขอบเขตขั้นต่ำของตัวอย่างที่ยอมรับได้ต่อพื้นที่ เช่น มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ตัวอย่างต่อโหนด อีกทั้งการกำหนดความหนาแน่นของข้อมูลควรที่จะอธิบายเปอร์เซ็นของโหนดในภายในกริดที่ต้องถูกทำให้สำเร็จตามความหนาแน่นที่กำหนด เช่น อย่างน้อย 95% ของโหนดทั้งหมดภายในกริด ต้องมีความหนาแน่นตามที่กำหนด

ง.3.3 ความครอบคลุมของกริด (Grid Coverage)

ในการกำหนดช่องว่างของข้อมูลความลึกน้ำ (Data Gap or Holiday) นั้นเป็นความรับผิดชอบของหน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่รับผิดชอบ ในการกำหนดนั้นควรที่จะเป็นการระบุพื้นที่ของพื้นท้องทะเลโดยจำนวนของโหนดที่ต่อเนื่องที่ไม่มีค่าความลึกน้ำ

เมื่อแบบจำลองข้อมูลความลึกน้ำแบบกริดถูกสร้างขึ้นโดยความละเอียดแบบคงที่ต่อย่านความลึกที่ถูกกำหนด การเหลื่อมทับกันระหว่างกริดที่อยู่ติดกันนั้นควรที่จะเหมาะสมเพื่อให้มั่นใจได้ว่าไม่มีช่องว่างของข้อมูลความลึกน้ำในระหว่างกริด

ง.3.4 การข้ามกริดโหนด (Hydrographer Overrides to Grid Nodes)

เมื่อวิธีการสร้างกริดเป็นแบบวิธีทางสถิติแล้ว มันเป็นไปได้ว่าจุดตื้นสุดของวัตถุที่สนใจอาจที่จะถูกลบออก

ซึ่งในโปรแกรมประมวลผลข้อมูลสำรวจนั้นสามารถที่จะกำหนดให้โปรแกรมทำการข้ามการลบกริดโหนดที่สำคัญ ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของหน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ที่จะต้องกำหนดขอบเขตความเหมาะสมในการข้ามกริดโหนด โดยที่ขอบเขตบางขอบเขตนั้นอ้างอิงตามพื้นฐานของค่าความไม่แน่นอน เช่น จะข้ามค่าความลึกของโหนดที่สำคัญทางสถิติเมื่อความแตกต่างระหว่างค่าของโหนดและตัวอย่างของที่ตื้นที่ใกล้ที่สุดเกินค่า TVU ที่อนุญาตที่โหนดของความลึกนั้น บางขอบเขตอาจที่จะเป็นการกำหนดโดยมาตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ชุดของข้อมูลถูกสำรวจเพื่อที่จะผลิต ทั้งนี้รายละเอียดของการเลือกวัตถุและวิธีการข้ามโหนดควรที่จะสอดคล้องกับแบบจำลองข้อมูลความลึกแบบกริด เพื่อที่จะให้ผู้ใช้งานนั้นสามารถที่จะกำหนดว่าผลิตภัณฑ์นั้นเหมาะสมกับวัตถุประสงค์การนำไปใช้หรือไม่

ง.4 วิธีการสร้างกริด (Gridding Methods)

วิธีการสร้างกริดนั้นมีหลายวิธีโดยคำนึงการกระจายและความหนาแน่นของชุดข้อมูล ซึ่งหน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่นั้นมีความรับผิดชอบในการกำหนดวิธีการที่เหมาะสมสำหรับจุดประสงค์ของการนำไปใช้ของผลลัพท์ การกำหนดดังกล่าวนั้นควรที่จะพิจารณาถึงประโยชน์ของการนำไปใช้ของกระบวณการสร้างกริดในโปรแกรมที่ถูกเลือก อีกทั้งการกำหนดที่ว่านั้นควรที่จะพิจารณาวิธีการของการแสดงกริดโหนดอีกด้วย

ตัวอย่างข้างล่างนั้นเป็นวิธีการสร้างกริดที่ถูกใช้ทั่วไปกับชุดข้อมูลความลึกน้ำแบบกริด

- **The Shoalest Depth Method** เป็นวิธีการที่เลือกเอาค่าที่ตื้นที่สุดภายในกริดที่กำหนดมาเป็นตัวแทนของความลึกของกริดนั้น ดังนั้นพื้นผิวของกริดดังกล่าวจะแสดงถึงความลึกที่ตื้นที่สุดของพื้นที่ที่กำหนด รูปแบบของการใช้ค่าที่ตื้นที่สุดถูกนำมาใช้บ่อยครั้งเพื่อความปลอดภัยของการเดินเรือ

- **The Deepest Depth Method** เป็นวิธีการที่เลือกเอาค่าที่ลึกที่สุดภายในกริดที่กำหนดมาเป็นตัวแทนของความลึกของกริดนั้น ดังนั้นพื้นผิวของกริดดังกล่าวจะแสดงถึงความลึกที่ลึกที่สุดของพื้นที่ที่กำหนด รูปแบบของการใช้ค่าที่ลึกที่สุดถูกนำมาใช้บ่อยครั้งเพื่อการระบุถึงความผิดปกติของชุดข้อมูล

- **The Basic Mean Method** เป็นวิธีการที่ใช้การคำนวณความลึกเฉลี่ยของแต่ละกริดโหนดจากความลึกทั้งหมดภายในเซลล์โดยให้น้ำหนักที่เท่ากัน

- **The Total Propagated Uncertainty (TPU) Weighted Mean Method** เป็นการใช้ค่า TPU ของแต่ละความลึกประเมินเพื่อคำนวณความลึกเฉลี่ยที่ถูกให้น้ำหนักของแต่ละตำแหน่งของโหนด

- **The Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator (CUBE)** เป็นการใช้กระบวนการของคำนวณค่า TPU ของแต่ละค่าความลึกมาคำนวณตามข้อสมมุติฐานต่างๆ ของพื้นที่ที่สนใจ ผลลัพท์ที่ได้จากข้อสมมุติฐานนั้นจะถูกใช้ในการประเมินความลึกที่เป็นตัวแทนทางสถิติของแต่ละตำแหน่งของโหนด

- **The Nearest Neighbour Method** เป็นการระบุค่าความลึกของความลึกที่ใกล้ที่สุดจากระยะทางของจุดโหนดภายในพื้นที่ที่สนใจ วิธีการนี้จะไม่พิจารณาค่าจากจุดอื่นๆ ข้างเคียง

- **The Natural Neighbour Interpolation Method** เป็นการระบุและการให้น้ำหนักของตัวอย่างข้อมูลภายในพื้นที่ที่สนใจเพื่อที่จะทำการ interpolate ค่าของโหนด

- **The Polynomial Tendency Gridding Method** เป็นวิธีการที่พยายามจะสร้างพื้นผิวที่ลงตัวมากที่สุดของชุดข้อมูลโดยใช้แนวโน้มของโพลิโนเมียว วิธีการนี้สามารถที่จะแสดงถึงแนวโน้มภายในพื้นที่มีข้อมูลน้อยหรือไม่มีข้อมูล แต่จะไม่เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูลที่ไม่สามารถหาแนวโน้มได้

- **The Spline Gridding Method** เป็นวิธีการประมาณโหนดของความลึกโดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะลดความโค้งของพื้นผิวในภาพรวม ดังนั้นผลลัพท์ที่ได้จะเป็นพื้นผิวที่มีความโค้งผ่านจุดของโหนด ซึ่งกระบวณการ Spile นั้นจะพิจารณาการกระจายของวิธีการสร้างกริดของข้อมูล

- **The Kriging Gridding Method** เป็นวิธีการ interpolation แบบภูมิสถิติที่สร้างพื้นผิวจากชุดข้อมูลความลึกน้ำที่รู้ค่าที่ถูกกระจาย

ง.5 ความไม่แน่นอนของกริด (Grid Uncertainty)

ความไม่แน่นนอนที่อยู่ในแบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดนั้นสามารถที่ถูกอธิบายโดยใช้วิธีการที่หลากหลายซึ่งอาจที่จะเป็นวิธีดังต่อไปนี้

Raw Standard Deviation เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของตัวอย่างข้อมูลที่กระจายไปยังโหนด

Standard Deviation Estimator เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของตัวอย่างข้อมูลที่ใช้กระบวณการทางสมมุติฐานมาเกี่ยวข้อง เช่น CUBE’s standard output of uncertainty

Product Uncertainty เป็นการผสมกันของความไม่แน่นอนแบบ Standard Deviation Estimator และการตรวจวัดอื่นๆ ซึ่งอาจที่จะรวมไปถึง Raw Standard Deviation, และค่าความไม่แน่นอนเฉลี่ยในแนวดิ่งจากตัวอย่างข้อมูลย่อยที่ถูกใช้ในการสร้างสมมุติฐานที่เป็นตัวแทนของโหนด

Historical Standard Deviation เป็นค่าความเบี่ยงเบนมาตราฐานโดยประมาณที่อ้างอิงจากข้อมูลในอดีตหรือข้อมูลที่ถูกทำให้สำเร็จ

ในกรณีที่มีการใช้ประเภทของค่าความไม่แน่นอนที่เฉพาะเจาะจง วิธีการประมาณการค่าความไม่แน่นอนนั้นควรที่จะถูกระบุไว้อรรถาธิบายของกริดนั้น

ประเภทของค่าความไม่แน่นอนที่ระบุข้างบนนั้นอธิบายถึงค่าความไม่แน่นอนในแนวดิ่งของความลึกน้ำในแต่ละโหนด โดยที่ผลลัพท์ของกริดอาจที่จะแสดงค่าความไม่แน่นอนที่ที่เกินกว่าที่คาดการถ้าความละเอียดของกริดนั้นถูกเลือกใช้อย่างไม่เหมาะสม เช่น ค่าความไม่แน่นอนของโหนดอาจที่จะมากกว่าที่คาดการไว้ในบริเวณพื้นที่ชันมาก

ในกรณีที่มีความต้องการก็สามารถที่นำเอาค่าความไม่แน่นอนในแนวระดับมาคำนวณร่วมด้วย โดยการคำนวณพื้นฐานหรือการใช้ค่าเฉลี่ยของการให้น้ำหนักตามระยะทางของค่าความไม่แน่นอนในแนวระดับจากตัวอย่างข้อมูลที่จะใช้สร้างกริดโหนด

ง.6 การนำไปใช้ประโยชน์ (Applicability)

แบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดเป็นผลิตภัณฑ์ทั่วไปของการสำรวจอุทกศาสตร์ อย่างไรก็ตามแบบจำลองนั้นสามารถที่จะเป็นประโยชน์ตั้งแต่ก่อนชุดข้อมูลสำรวจจะถูกทำให้เสร็จสิ้นกระบวนการณ์เพราะข้อมูลเหล่านี้สามารถที่จะถูกใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของความต้องการของการสำรวจทั้งระหว่างการสำรวจและการประเมินความถูกต้องของชุดข้อมูลระหว่างการประเมินความถูกต้อง

ง.6.1 การเก็บข้อมูลสำรวจ (Survey Data Collection)

แบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดสามารถที่จะจัดเตรียมไว้ซึ่งข้อมูลที่มีค่าในส่วนของความหนาแน่นของตัวอย่างข้อมูลความลึกและการพิสูจน์ทราบของวัตถุใต้ท้องทะเลที่สำคัญ แบบจำลองนี้ยังสามารถที่ใช้ในการประเมินว่าการตรวจจับวัตถุใต้ท้องทะเลแบบเต็มพื้นที่นั้นถูกทำให้สำเร็จและมีช่องว่างของข้อมูลหยั่งน้ำหรือไม่ การควบคุมและติดตามสิ่งเหล่านี้ระหว่างการสำรวจนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับความสมบูรณ์ของข้อมูลสำรวจก่อนที่จะออกจากพื้นที่สำรวจ

ง.6.2 ความถูกต้องของข้อมูลสำรวจ (Survey Data Validation)

แบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดสามารถที่จะถูกใช้เป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความคงที่ของข้อมูลความลึกน้ำในการสำรวจ และยังสามารถใช้เพื่อแสดงความผิดพลาดของชุดข้อมูลทั้งแบบเป็นระบบ

และแบบสุ่ม แบบจำลองเหล่านี้ยังสามารถที่จะนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบกันระหว่างข้อมูลสำรวจและการเปรียบเทียบกันระหว่างอุปกรณ์สำรวจ ทั้งนี้การเปรียบเทียบกันระหว่างข้อมูลกริดความละเอียดสูงกับข้อมูลจุดอื่นๆ สามารถที่จะเป็นการจัดเตรียมข้อมูลทางสถิติของความแตกต่างและเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในอนาคต การเปรียบเทียบความลึกแบบกริดและความไม่แน่นอนของโหนดที่เกี่ยวข้องนั้นเป็นวิธีการในการกำหนดว่าข้อมูลสำรวจนั้นสอดคล้องกับขอบเขตของค่าความไม่แน่นอนที่ต้องการหรือไม่

ง.6.3 การส่งมอบข้อมูลสำรวจ (Survey Data Deliverable)

แบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดที่ระบุถึงข้อมูลการสำรวจ, รายงานการสำรวจ และอรรถาธิบายข้อมูลนั้นเพียงพอที่จะนำไปใช้สำหรับป็นผลลัพท์และข้อมูลสำรวจที่ส่งมอบ ทั้งนี้แบบจำลองกริดยังถูกนำไปสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อสนับสนุนความปลอดภัยในการเดินเรือและการป้องกันสภาพแวดล้อมทางทะเล

ง.7 อรรถาธิบายข้อมูล (Metadata)

เพื่อสร้างความมั่นใจว่าแบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดนั้นเข้ากันได้กับจุดประสงค์ของความปลอดภัยในการเดินเรือนั้น ระดับที่เหมาะสมของการอธิบายของอรรถาธิบายข้อมูลนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งสามารถที่จะไปหาข้อมูลได้จาก IHO S-102 the Bathymetric Surface Product Specification ที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของอรรถาธิบายข้อมูลที่ได้มาจาก S-100 และ ISO 19115 และ ISO 19115-2 ทั้งนี้องค์ประกอบที่อธิบายไว้ใน S-102 นั้นรวมไปถึง อรรถาธิบายข้อมูล, และส่วนอื่นๆ โดยที่อรรถาธิบายโดยสรุปของแบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดจะรวมไปด้วยการอธิบายชุดข้อมูล, ประเภทของค่าแก้ของความลึก, ประเภทความไม่แน่นอน, ข้อมูลของระบบพิกัดและกริดที่อ้างอิง, วิธีการสร้างกริด, ผู้รับผิดชอบในกาสร้างผลิตภัณฑ์

ผู้บริหารของทีมงานโครงการสำรวจอุทกศาสตร์ Christophe VRIGNAUD (France, Shom) สนับสนุนโดย the Vice-Chair Nickolás DE ANDRADE ROSCHER (Brazil, DHN) และ เลขาธิการของ IHO ขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมดังต่อไปนี้

Sejin AHN, Republic of Korea (KHRA)

Anderson BARBOSA DA CRUZ PEÇANHA, Brazil (DHN)

Erik BISCOTTI, Italy (IIM)

Vidar BØE, Norway (NHS)

James CHAPMAN, UK (UKHO)

Andrew COULLS, Australia (AHO)

Rodrigo DE CAMPOS CARVALHO, Brazil (DHN)

Cristina MONTEIRO, Portugal (IH)

David DODD, Expert Contributor (IIC Technologies)

Marco FILIPPONE, Expert Contributor (Fugro)

Maxim FRITS VAN NORDEN, Expert Contributor (University of Southern Mississippi)

Fabien GERMOND, Expert Contributor (iXblue)

Megan GREENAWAY, USA (NOAA)

Florian IMPERADORI, France (Shom)

Iji KIM, Republic of Korea (KHOA)

Jean LAPORTE, Expert Contributor (ARGANS)

Kwanchang Lim, Republic of Korea (KHOA)

John LOOG, Netherlands (NLHO)

Jean-Guy NISTAD, Germany (BSH)

JongYeon PARK, Republic of Korea (KHOA)

Hugh PARKER, Expert Contributor (Fugro)

David PARKER, UK (UKHO)

Stephen PARSONS, Canada (CHS)

Alistair PHILIP, UK (UKHO)

Ronan PRONOST, France (Shom)

Misty SAVELL, USA (NGA)

Thierry SCHMITT, France (Shom)

Iain SLADE, Expert Contributor (IFHS)

Diego TARTARINI, Italy (IIM)

Matthew THOMPSON, USA (NAVOCEANO)

David VINCENTELLI, Expert Contributor (iXblue and IFHS)

James WALTON, Expert Contributor (AML)

Neil WESTON, USA (NOAA)

Enrico ZANONE, Italy (IIM)

Anders ÅKERBERG, Sweden (SMA)

Hans ÖIÅS, Sweden (SMA)

Special thanks to Richard POWELL (USA, NOAA) for the cover image.

บรรณาสาร S-44 มาตราฐานการสำรวจอุทกศาสตร์ บรรณาธิกรที่ 6 (ฉบับแปลไทย)

Publication S-44 Standard for Hydrographic Survey Edition 6.0.0 (Translation)

Lt.Sanhanat Itsama-ael

Translator

คำนำผู้แปล

เนื่องด้วยมาตราฐานสำรวจอุกทกศาสตร์นั้นได้มีการปรับปรุงและพัฒนาให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีและวิธีการสำรวจอย่างต่อเนื่อง และในปี 2563 นั้นองค์การอุทกศาสตร์สากลได้ตีพิมพ์บรรณาสาร S-44 มาตราฐานการสำรวจอุทกศาสตร์ บรรณาธิกรที่ 6 Standard for Hydrographic Surveys Edition 6.0.0 ซึ่งเป็นมาตราฐานการสำรวจสากล และในอนาคตกรมอุทกศาสตร์ไทยก็ต้องปรับใช้รูปแบบและวิธีการสำรวจให้สอดคล้องกับมาตราฐานใหม่นี้

เพื่อให้งานสำรวจอุทกศาสตร์นั้นเป็นไปตามมาตราฐานที่ถูกยอมรับนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่เหล่านักสำรวจจะต้องมีความเข้าใจในมาฐานของการสำรวจอย่างถ่องแท้ก่อนดำเนินการสำรวจใดๆ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการแปลและเรียบเรียง บรรณาสาร S-44 มาตราฐานการสำรวจอุทกศาสตร์ บรรณาธิกรที่ 6 Standard for Hydrographic Surveys Edition 6.0.0 เพื่อเป็นแหล่งอ้างอิงสำหรับการปฏิบัติงาน

มาตราฐานเล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จาก น.ท.รชต โอศิริ หน.แผนกเขตแดนทางทะเล กรท.ศภอ.อศ. และ น.ท.กิตติศักดิ์ นิลรัตน์ หน.แผนก สำรวจแผนที่ กรท.ศภอ.อศ. ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย ผู้จัดทำหวังว่า มาตราฐานเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเหล่านักสำรวจอุทกศาสตร์ต่อไป

ว่าที่ ร.อ.สัณหณัฐ อิสมาแอล
ผู้แปลและเรียบเรียง
21 มิ.ย. 2564

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทนำ (Preface)	4
คำนำ (Introduction)	5
บรรณาธิกรคำศัพท์ (Glossary)	7
บทที่ 1 Classification of Safety of Navigation Surveys	9
บทที่ 2 Horizontal and Vertical Positioning	12
บทที่ 3 Depth, Bathymetric Coverage, Features, and Nature of Bottom	15
บทที่ 4 Water Levels and Flow	21
บทที่ 5 Surveys Above the Vertical Datum	23
บทที่ 6 Metadata	26
บทที่ 7 Tables and Specification Matrix	28
ภาคผนวก ก. Specification Matrix Guidance	36
ภาคผนวก ข. Guidelines for Quality Management	44
ภาคผนวก ค. Guideline for Priori and a Posteriori Quality Control	46
ภาคผนวก ง. Gridded Bathymetry Considerations	48

บทนำ

บรรณาสาร S-44 นี้ได้กำหนดมาตราฐานสำหรับการสำรวจอุกทกศาสตร์และเป็นหนึ่งในบรรณาสารขององค์การอุทกศาสตร์โลก (IHO) ที่ออกแบบมาเพื่อปรับปรุงความปลอดภัยในการเดินเรือและการป้องกันสภาพแวดล้อมทางทะเล

มติอย่างเป็นทางการของจัดทำมาตราฐานการสำรวจอุทกศาสตร์นั้นได้เริ่มขึ้นจากมติการประชุมอุทกศาสตร์นานาชาติ (IHC) ครั้งที่ 7 ในปี 1957 ซึ่งในบรรณาธิกรที่ 1 ของ S-44 ได้ถูกกำหนดชื่อว่า มาตราฐานความถูกต้องที่แนะนำสำหรับการสำรวจอุทกศาสตร์ (Accuracy Standards Recommended for Hydrographic Surveys) ซึ่งได้ถูกตีพิมพ์ใน มกราคม 1968 หลังการนั้น องค์การอุทกศาสตร์โลกได้พยายามมาตลอดที่จะปรับปรุงและพัฒนามาตราฐานอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ทันต่อเทคโนโลยีและวิธีการสำรวจที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งก็ได้มีการตีพิมพ์ออกมาของบรรณาธิกรอีก 4 ครั้ง ซึ่งก็คือ บรรณาธิกรที่ 2 ในปี 1968, บรรณาธิกรที่ 3 ในปี 1987, บรรณาธิกรที่ 4 ในปี 1998 และ บรรณาธิกรที่ 5 ในปี 2008

ตามจดหมายเวียนที่ 68/2016 ใน 20 ธันวาคม 2016 นั้น องค์การอุกศาสตร์โลกได้จัดตั้งทีมงานสำหรับโครงการสำรวจอุทกศาสตร์ Hydrographic Survey Project Team (HSPT) ซึ่งมีภารกิจในการปรับปรุงและพัฒนามาตราฐาน และในจดหมายเวียนที่ 26/2017 ที่ระบุส่วนประกอบของทีมงาน สำหรับภารกิจของ ทีมงาน HSPT นั้นประกอบไปด้วย 3 เป้าหมาย คือ ประเมินมาตราฐานบรรณาธิกรที่ 5, จัดทำมาตราฐานบรรณาธิกรที่ 6 และ จัดตั้งทีมงานสำหรับแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวกับการสำรวจอุทกศาสตร์ ทีมงาน HSPT นั้นประกอบไปด้วยตัวแทนจากประเทศสมาชิกขององค์การอุทกศาสตร์โลก, ผู้สังเกตุการณ์จากองค์กรสากลอื่นๆ เช่น IFHS และ FIG, ผู้สนับสนุนต่างๆ และเลขานุการองค์การอุทกศาสตร์โลก

เทคโนโลยีและความต้องการของการสำรวจอุทกศาสตร์นั้นมีส่วนเข้ามาเกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง เพราะการขยายตัวของกลุ่มผู้ใช้งาน ในขณะที่เหล่านักสำรวจอุทกศาสตร์กำลังติดตามการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ มาตราฐาน S-44 ก็จำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อที่จะคงไว้ซึ่งมาตรฐานในการอ้างอิงสากลของการสำรวจอุทกศาสตร์

ในการจัดทำบรรณาธิกรใหม่นี้ HSPT ติดต่อประสานงานกับกลุ่มงานอุทกศาสตร์และข้อมูลจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับองค์การอุทกศาสตร์โลก ซึ่งมีผลอย่างมากต่อการการปรับปรุงของบรรณาธิกรนี้

คำนำ

ในการจัดทำบรรณาสารเล่มนี้มีจุดประสงค์เพื่อเป็นการกำหนดมาตราฐานของการสำรวจอุทกศาสตร์เพื่อจัดทำแผนที่เดินเรือ ซึ่งมีความสำคัญต่อความปลอดภัยในการเดินเรือ รวมถึงการการป้องกันสภาพแวลล้อมทางทะเลอีกด้วย บรรณาสารเล่มนี้กำหนดมาตราฐานขั้นต่ำตามความมุ่งหมายในการนำไปใช้ ในกรณีที่จำเป็นหน่วยงานหรือองค์การอุทกศาสตร์ สามารถที่จะกำหนดมาตราฐานที่เข้มงวดกว่า หรือเฉพาะเจาะจงกว่าตามที่ประเทศหรือถูมิภาคนั้นเห็นควร บรรณาสารเล่มนี้ไม่ได้กำหนดขั้นตอนสำหรับการตั้งค่าอุปกรณ์สำรวจ, การควบคุมการสำรวจ, หรือการประมวลผลข้อมูลสำรวจ ซึ่งขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ขั้นต้นจะถูกกล่าวถึงไว้ใน บรรณาสาร C-13 คู่มือการสำรวจอุทกศาสตร์ ซึ่งสามารถดาวโหลดได้ที่ www.iho.int

ในบรรณาธิกรนี้ได้มีการกล่าวถึงงานสำรวจ “ชั้นพิเศษจำเพาะ” ซึ่งจะถูกใช้ในพื้นสำรวจที่มีคุณลักษณะที่เฉพาะตัวและความต้องการที่เฉพาะเจาะจง ในส่วนของชั้นงานอื่นๆ ยังคงใช้ชื่อเดิม แต่การแปลความหมายของแต่ละชั้นงานนั้นได้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากบรรณาธิกรเดิม เนื่องจากได้มีการนำแนวทางของ ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ (bathymetric coverage) มาใช้ สำหรับงานชั้นพิเศษยังคงเป็นการสำรวจด้วย ความครอบคลุมพื้นท้องทะเลแบบเต็มพื้นที่ (full bathymetric coverage) ยิ่งไปกว่านั้น แต่ละชั้นงานยังได้ถูกแบ่งตามความต้องการของข้อมูลทั้งเหนือและใต้ เส้นเกณฑ์แผนที่

ความมุ่งหมายของบรรณิกรนี้ยังเป็นการสนับสนุนให้มีการใช้ มาตราฐาน S-44 นอกเหนือจากเพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือ ตามที่ได้มีการแนะนำการใช้งานของ ตาราง Matrix ซึ่งถูกนำมาใช้พิจารณาอ้างอิงในการกำหนดการสำรวจที่ละเอียดยิ่งขึ้น และเป็นแนวทางในการระบุงานสำรวจ และจะเป็นแนวทางในอนาคตของมาตราฐาน S-44 สำหรับวิธีการใช้งาน ตาราง Metrix เพื่อเฉพาะเจาะจงและบ่งชี้งานสำรวจจะถูกระบุไว้ในภาคผนวก ก.

คำศัพท์ใน S-44 ในบรรณาธิกรนี้ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น รวมถึงยังมีการปรับปรุงมาตราฐานความถูกต้องในแนวระดับสำหรับตำบลที่ของเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือ และได้เพิ่มเติมมาตราฐานความถูกต้องในแนวดิ่งสำหรับตำบลที่ของเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือ อีกทั้งได้มีการเน้นยำในรายละเอียดหลักๆ ของการสำรวจ

ในขณะที่นักสำรวจอุทกศาสตร์ได้รับความยืดหยุ่นในการสำรวจ แต่การตัดสินใจว่างานสำรวจนั้นได้ผ่านมาตราฐานหรือไม่นั้น ยังต้องถูกคงไว้ ยิ่งไปกว่านั้นนักสำรวจรวจอุทกศาสตร์คือส่วนประกอบที่สำคัญของการสำรวจ อีกทั้งเหล่านักสำรวจจะต้องมีความรู้และประสบการณ์ที่จะสามารถปฏิบัติงานในระบบต่างๆ ตาม

มาตราฐานที่ได้ถูกกำหนด ในการประเมินความสามารถดังกล่าวนั้นเป็นเรื่องยากถึงแม้ว่าข้อกำหนดในการสำรวจอาจจะเป็นพื้นฐานในการประเมินดังกล่าว หลักสูตรสำรวจอุทกศาสตร์ที่สามารถสร้างมาตราฐานให้แก่นักสำรวจอุทกศาสร์ได้แก่ Category A และ Category B ภายใต้การรับรองของ International Board on Standards of Competence for Hydrographic Surveys and Nautical Cartography (IBSC), International Hydrographic Organization (IHO), International Federation of Surveyors (FIG) และ International Cartographic Association (ICA)

เนื้อหาในภาคผนวก ข,ค และ ง จะเป็นการแนะนำแนวทางในการควบคุมคุณภาพ, การประมวลผลข้อมูล และการพิจารณาแนวทางการหยั่งน้ำ ภาคผนวกดังกล่าวจะถูกนำออกจาก มาตราฐาน S-44 และจะไปอยู่ในบรรณาสาร C-13 คู่มือการสำรวจอุทกศาสตร์ เมื่อได้มีการปรับปรุงใหม่

หมายเหตุ ในบรรณาธิกรใหม่ของบรรณาสารนี้จะไม่ได้เป็นการแก้ไขการสำรวจ หรือผลิตภัณฑ์จากการสำรวจเพื่อความปลอดภัยในการนำเรือ ที่อ้างอิงจากการสำรวจตามบรรณาธิกรก่อนหน้านี้

บรรณาธิกรศัพท์

คำศัพท์ที่ระบุด้านล่างนั้นเกี่ยวข้องกับบรรณาสารเล่มนี้ ในส่วนของคำศัพท์ที่นอกเหนือจากที่ระบุไว้ จะได้ถูกอธิบายไว้ใน พจนานุกรมอุทกศาสตร์ IHO Special Publication S-32 (Hydrographic Dictionary) ในกรณีที่ความหมายของคำศัพท์ที่ระบุข้างล่างนี้แตกต่างจากความหมายในพจนานุกรมอุทกศาสตร์ S-32 ให้ยึดถือความหมายตามที่ระบุไว้ข้างล่างนี้เป็นหลัก

ความมุ่งหมายตามคำในบรรณาสารนี้

“ต้อง” บ่งชี้ถึงความต้องการที่จำเป็น

“ควร” บ่งชี้ถึงความต้องการที่ถูกแนะนำ

“อาจจะ” บ่งชี้ถึงความต้องการให้เลือกปฏิบัติได้

ความหมายของคำดังกล่าวไม่ได้ถูกบังคับใช้ในส่วนของภาคผนวก

ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ (Bathymetric coverage): ขนาดของพื้นที่ที่ได้ถูกสำรวจด้วยวิธีที่เป็นระบบในการหาความลึก และยังเกี่ยวข้องกับการบรูณาการระหว่างรูปแบบของการสำรวจและเครื่องมือสำรวจ

ระดับความเชื่อมั่น (Confidence level): ความน่าจะเป็นที่ค่าจริงของการตรวจวัดจะอยู่ภายในความไม่แน่นอนที่ถูกเฉพาะเจาะจง (Specified uncertainty) จากค่าที่ถูกตรวจวัด

ค่าแก้ (Correction): ข้อมูลที่ถูกนำไปปรับแก้ เพื่อให้ระบบถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ความผิดพลาด (Error): ความแตกต่างระหว่างค่าที่ถูกตรวจวัดกับค่าจริง ความผิดพลาด (Error) แบ่งได้เป็น ความผิดพลาดที่เป็นระบบ (Systematic Error) และ ความผิดพลาดที่ไม่เป็นระบบ (Random Error)

วัตถุ (Feature): วัตถุต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่ธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้นที่เด่นชัดจากบริเวณโดยรอบ

การตรวจจับวัตถุ (Feature detection): ความสามารถของระบบในการตรวจจับวัตถุตามขนาดที่กำหนด

การตรวจหาวัตถุ (Feature search): ขนาดของพื้นที่ที่ถูกสำรวจด้วยวิธีการที่เป็นระบบในการค้นหาวัตถุ

อรรถาธิบายข้อมูล (Metadata): การอธิบายการชุดข้อมูลและการใช้งาน

ความผิดพลาดที่ไม่เป็นระบบ (Random error): ความผิดพลาดในการตรวจวัดที่มีสาเหตุมาจากปัจจัยที่หลากหลายระหว่างการตรวจวัด และไม่สามารถถูกควบคุมแต่สามารถหาจำนวนได้จากค่าเฉลี่ยทางสถิติ

ความลึกที่ถูกหักน้ำ (Reduced depth): ความลึกน้ำที่ได้จากการสำรวจ แล้วถูกปรับแก้จากค่าแก้ต่างๆ จากการสำรวจ และหักลงหาเส้นเกณฑ์แผนที่

วัตถุที่สำคัญ (Significant Feature): วัตถุที่อันตรายต่อการเดินเรือ หรือวัตถุที่ถูกคาดหวังว่าจะต้องถูกกำหนดลงไปในแผนที่เดินเรือ

ความผิดพลาดที่เป็นระบบ (Systematic Error): ส่วนประกอบของความผิดพลาดที่ถูกตรวจวัดที่มีลักษณะคงที่ หรือเปลี่ยนแปลงอย่างสามารถคาดคะเนได้

ผลรวมความไม่แน่นอนในแนวระดับ (Total horizontal uncertainty: THU): ส่วนประกอบของผลรวมการกระจายของความไม่แน่นอน (Total propagated uncertainty: TPU) ที่ถูกคำนวณในแนวระดับ THU เป็นค่าสองมิติที่ค่าความไม่แน่นอนที่ถูกตรวจวัดในแนวระดับที่เกี่ยวข้องรวมอยู่ในนั้น

ผลรวมการกระจายของความไม่แน่นอน (Total propagated uncertainty: TPU): ความไม่แน่นอนในรูปแบบสามมิติที่ความไม่แน่นอนในการตรวจวัดที่เกี่ยวข้องอยู่ในนั้น

ผลรวมความไม่แน่นอนในแนวดิ่ง (Total vertical uncertainty: TVU): ส่วนประกอบของผลรวมการกระจายของความไม่แน่นอน (Total propagated uncertainty: TPU) ที่ถูกคำนวณในแนวดิ่ง TVU เป็นค่าหนึ่งมิติที่ค่าความไม่แน่นอนที่ถูกตรวจวัดในแนวดิ่งที่เกี่ยวข้องรวมอยู่ในนั้น

ความไม่แน่นอน (Uncertainty): ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากการตรวจวัด ซึ่งเป็นค่าที่บอกว่าการตรวจวัดนั้นมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด และความไม่แน่นอนมีค่าเป็นบวกเสมอ

ความลึกใต้กระดูกงู (Underkeel Clearance): ระยะทางระหว่างจุดที่ต่ำที่สุดของท้องเรือกับพื้นท้องทะเล

บทที่ 1 การจำแนกชั้นงานสำรวจ

(Classification of Safety of Navigation Surveys)

1.1 บทนำ (Introduction)

ในบทนี้จะเป็นการอธิบายชั้นงานสำรวจซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยหน่วยงานอุทกศาสตร์เพื่อการสร้างผลิตภัณฑ์และบริการทางอุทกศาสตร์ที่อำนวยให้เรือผิวน้ำเดินเรือได้อย่างปลอดภัย ตามที่ความต้องการของการสำรวจนั้นแปรผันตาม ความลึกน้ำ, ลักษณะภูมิประเทศ, และประเภทของเรือที่สัญจร ดังนั้น 5 ชั้นงานสำรวจจึงได้ถูกกำหนดซึ่งถูกออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการ

ชั้นงานสำรวจทั้ง 5 ชั้นจะถูกระบุด้านล่างพร้อมกับคำอธิบายของพื้นที่ที่ของแต่ละชั้นงานนั้นจะถูกบังคับใช้ อีกทั้งมาตราฐานขั้นต่ำที่ถูกกำหนดของแต่ละชั้นงาน (ตามตาราง 1 และ 2) รวมทั้งอุปกรณ์ใหม่ที่เพิ่มเติมและทำให้เหมาะสมกับแต่ละชั้นงาน (ตาราง Metrix) จะถูกระบุไว้ในบทที่ 7

หน่วยงานทางอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจรับผิดชอบสำหรับการสำรวจควรเลือกชั้นงานสำรวจที่เหมาะสมที่สุดต่อความต้องการของความปลอดภัยในการเดินเรือในแต่ละพื้นที่ ในการกำหนดชั้นงานสำรวจเพียงแค่หนึ่งชั้นงานต่อพื้นที่ทั้งหมด น่าจะเป็นสิ่งที่ไม่เหมาะสมในกรณีที่พื้นสำรวจนั้นได้ถูกพิจารณาว่าต้องใช้การสำรวจด้วยชั้นงานที่หลากหลาย ตัวอย่างเช่น ในพื้นที่มีการสัญจรโดยเรือสินค้าขนาดใหญ่และมีความลึกน้ำที่มากกว่า 40 เมตร ดั้งนั้นจึงน่าจะสำรวจด้วยชั้นงาน 1a แต่อย่างไรก็ตามถ้านักสำรวจได้ตรวจพบพื้นที่ตื้นที่ตื้นกว่า 40 เมตร ดังนั้นในพื้นที่ตื้นดังกล่าวน่าจะต้องถูกสำรวจด้วยชั้นงานพิเศษหรือชั้นงานพิเศษจำเพาะจึงจะเหมาะสม

เพื่อที่จะให้สอดคล้องกับชั้นงานในมาตราฐาน S-44 อย่างเต็มที่ การสำรวจอุทกศาสตร์ต้องเป็นไปตามความต้องการทั้งหมดที่ถูกระบุไว้ในส่วนของการตรวจจับวัตถุและความครอบคลุมการสำรวจ (ตามตาราง 1) ของแต่ละชั้นงาน รวมทั้งความต้องการอื่นๆ (ตามตาราง 2) นอกเหนือจากนี้ ตารางดังกล่าวต้องถูกศึกษาควบคู่ไปกับเนื้อหาของแต่บท ทั้งนี้ความต้องการของแต่ละชั้นงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งชั้นงานพิเศษและชั้นงานพิเศษจำเพาะควรที่จะต้องสำรวจด้วยวิธีการที่เหมาะสมเพื่อให้ผ่านมาตราฐานที่เฉพาะเจาะจง

เพื่อการสร้างความเชื่อมั่นในการสำรวจที่เป็นระบบ ถึงแม้ว่าพื่นที่ที่ความครอบคลุมการหยั่งน้ำได้ถูกกำหนดให้น้อยกว่า 100 % แต่ระยะห่างระหว่างแนวหยั่งน้ำในส่วนของแนวหลักไม่ควรที่จะมากกว่า 3 เท่าของความลึกน้ำเฉลี่ยหรือ 25 เมตร (ให้เลือกระยะที่มากกว่า)

1.2 งานชั้น 2 (Order 2)

เป็นชั้นงานสำรวจที่มีความเข้มงวดน้อยที่สุด และถูกใช้สำรวจในพื้นที่ที่ถูกพิจารณาว่าการแสดงของรูปร่างพื้นท้องทะเลนั้นเพียงพอ ในชั้นงานนี้ได้กำหนดให้ความครอบคลุมการหยั่งน้ำเท่ากับ 5 % และสำหรับงานชั้น 2 นั้นได้ถูกแนะนำให้ใช้กับพื้นที่ที่ลึกกว่า 200 เมตร ตามที่ความลึกน้ำนั้นเกินกว่า 200 เมตร จึงถูกพิจารณาว่าไม่น่าจะมีการคงอยู่ของวัตถุที่มีของใหญ่เพียงพอที่จะเป็นอันตรายต่อการเดินเรือของเรือผิวน้ำ

1.3 งานชั้น 1b (Order 1b)

งานสำรวจชั้น 1b นั้นได้ถูกกำหนดให้สำรวจในพื้นที่ที่การแสดงรูปร่างของพื้นท้องทะเลนั้นเพียงพอต่อความปลอดภัยของเรือที่สัญจรในบริเวณดังกล่าว จึงได้มีการกำหนดให้ความครอบคลุมการหยั่งน้ำในชั้นงานนี้คือ 5 % นั้นหมายถึงจะมีวัตถุใต้ท้องทะเลที่รอดพ้นการตรวจจับแม้ว่าระยะของแนวหยั่งน้ำจะเป็นตัวกำหนดขนาดของวัตถุแล้วก็ตาม อีกทั้งงานสำรวจชั้นนี้ได้ถูกแนะนำสำหรับพื้นที่ที่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นได้ถูกพิจารณาว่าไม่เป็นปัญหา ตัวอย่างของพื้นที่ของชั้นงาน 1b คือพื้นที่ที่รูปร่างและลักษณะของพื้นท้องทะเลนั้นน่าที่จะมีวัตถุใต้ท้องทะเลที่เป็นอันตรายต่อเรือผิวน้ำในระดับที่ต่ำ

1.4 งานชั้น 1a (Order 1a)

งานสำรวจชั้น 1a นั้นถูกใช้สำรวจในพื้นที่ที่วัตถุใต้ท้องทะเลนั้นอาจจะเป็นอันตรายต่อเรือที่สัญจรในพื้นที่ดังกล่าว แต่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นยังคงไม่ถูกพิจารณาว่าวิกฤต ด้วยเหตุนี้การค้นหาวัตถุแบบ 100 %(100% feature search) จึงมีความจำเป็นในการตรวจจับวัตถุตามขนาดที่เฉพาะเจาะจง ในส่วนของความคลอบคลุมการหยั่งน้ำที่เหหมาะสมต่องานชั้นนี้จึงถูกกำหนดให้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100% แต่ทว่าความลึกน้อยที่สุดเหนือวัตถุที่มีความสำคัญต้องถูกตรวจพบ และการหาความลึกน้ำต้องเพียงพอที่จะแสดงรูปร่างของท้องทะเล ตามที่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นมีความอันตรายน้อยลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นขนาดของวัตถุที่ต้องถูกตรวจจับจึงเพิ่มขึ้นตามความลึกน้ำในพื้นที่มีความลึกน้ำมากกว่า 40 เมตรเป็นต้นไป ตัวอย่างของพื้นที่น่าจะสำรวจด้วยงานชั้น 1a ได้แก่ พื้นที่ชายฝั่ง, ที่จอดเรือ, ท่าเทียบเรือ, ทางเดินเรือหรือร่องน้ำ

1.5 งานชั้นพิเศษ (Special Order)

งานสำรวจชั้นพิเศษนั้นมุ่งเน้นไปยังพื้นที่ที่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นอยู่ในขั้นวิกฤต ด้วยเหตุนี้การตรวจจับวัตถุแบบ 100% และความครอบคลุมการหยั่งน้ำแบบ 100% จึงได้ถูกกำหนดในงานชั้นนี้ รวมทั้งขนาดของวัตถุที่ต้อง

ถูกตรวจพบนั้นก็มีขนาดที่เล็กว่างานชั้น 1a ตัวอย่างของพื้นที่ของงานชั้นพิเศษ ได้แก่ พื้นที่จอดเรือ, ท่าเรือ, และพื้นที่วิกฤตของทางเดินเรือและร่องน้ำ

1.6 งานชั้นพิเศษจำเพาะ (Exclusive Order)

งานสำรวจชั้นพิเศษจำเพาะนั้นเป็นชั้นงานที่ขยายมาจากงานชั้นพิเศษ ซึ่งจะมีความเข้มงวดที่มากกว่าในส่วนของการหาค่าความคาดเคลื่อนและความต้องการของข้อมูลต่างๆ งานสำรวจชั้นนี้มุ่งเน้นไปยังพื้นที่ตื้นที่ถูกจำกัด (ท่าเรือ, พื้นที่จอดเรือ และพื้นที่วิกฤตของทางเดินเรือและร่องน้ำ) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่วิกฤตที่เฉพาะเจาะจงโดยความลึกใต้กระดูกงูที่น้อยที่สุดและลักษณะของพื้นท้องทะเลนั้นเป็นอันตรายต่อเรือที่สัญจร จึงส่งผลให้การตรวจจับวัตถุและความครอบคลุมการหยั่งน้ำเท่ากับ 200% อีกทั้งขนาดของวัตถุที่ต้องถูกตรวจจับนั้นมีขนาดที่เล็กกว่างานชั้นพิเศษ

บทที่ 2 การหาตำบลที่ในแนวระดับและแนวดิ่ง

(Horizontal and Vertical Positioning)

2.1 บทนำ (Introduction)

การหาตำบลที่นั้นเป็นหลักการพื้นฐานของการสำรวจ นักสำรวจอุทกศาสตร์ต้องพิจารณาโครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์, มูลฐานทางราบและทางดิ่ง, การเชื่อมต่อกันกับงานสำรวจอื่นๆ (การเชื่อมต่อกันระหว่างมูลฐานของงานสำรวจบกกับงานสำรวจอุทกศาสตร์) รวมทั้งความไม่แน่นอนต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการตรวจวัด

ในมาตราฐานนี้ ตำแหน่งและความไม่แน่นอนของตำแหน่งนั้นหมายถึงส่วนประกอบเลขน้ำและวัตถุในแนวระดับ ในขณะที่ความลึกและความไม่แน่นอนของความลึกนั้นหมายถึงส่วนประกอบของเลขน้ำและวัตถุในแนวดิ่ง

2.2 โครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์ (Geodetic Reference Frame)

ตำแหน่งทุกตำแหน่งนั้นควรที่จะต้องถูกอ้างอิงกับโครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถที่จะนำไปใช้ได้กับทั้งโครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์สากล (ITRF2018, WGS84(G1762)) หรือโครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์ภูมิภาค (ETRS89, NAD83) ตามที่โครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์นั้นได้ถูกปรับปรุงแก้ไขอยู่ตลอด ดังนั้นปีที่โครงข่ายอ้างอิงภูมิศาสตร์ถูกตรวจวัดล่าสุดจะมีความไม่แน่นอนในระดับที่ต่ำที่สุด

2.3 มูลฐานทางราบ (Horizontal Reference System)

ถ้าตำแหน่งในแนวระดับนั้นได้ถูกอ้างอิงตามมูลฐานท้องถิ่น ชื่อและปีของมูลฐานทางราบดังกล่าวควรที่จะถูกระบุและมูลฐานทางราบท้องถิ่นนั้นควรที่จะถูกโยงยึดกับมูลฐานทางราบสากลที่เป็นที่ยอบรับ (ITRF2018,WGS84(G1762)) หรือมูลฐานทางราบภูมิภาค (ETRS89, NAD83) การแปลงค่ามูลฐาน (Transfer Datum) ควรที่จะต้องถูกพิจารณาอย่างระมัดระวัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มูลฐานทางราบนั้นมีความไม่แน่นอนในระดับที่ต่ำ

2.4 มูลฐานทางดิ่ง (Vertical Reference System)

ถ้าส่วนประกอบของต่ำแหน่งในแนวดิ่งถูกอ้างอิงกับมูลฐานทางดิ่งท้องถิ่น ชื่อและปีของมูลฐานทางดิ่งท้องถิ่นดังกล่าวควรที่จะถูกระบุ ส่วนประกอบของต่ำแหน่งต่างๆ ในแนวดิ่ง (ความลึก, พื้นที่น้ำท่วมถึง) ควรที่จะ

ถูกอ้างอิงกับมูลฐานทางดิ่งที่เหมาะสมกับประเภทของข้อมูลและจุดประสงค์การใช้งาน มูลฐานทางราบน่าจะถูกคำนวณมาจากการตรวจวัดค่าระดับน้ำ (LAT, MWL เป็นต้น) บนแบบจำลองทางกายภาพ (แบบจำลองจีออย) หรืออีลิปซอยที่ถูกอ้างอิง

2.5 การเชื่อมต่อกันระหว่างเส้นเกณฑ์แผนที่กับมูลฐานทางดิ่งของการสำรวจบก (Chart and Land Survey Vertical Datum Connections)

ในการที่จะให้ข้อมูลหยั่งน้ำสามารถที่จะถูกนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องเต็มที่ นั้นการเชื่อมต่อและความสัมพันธ์ระหว่างเส้นเกณฑ์แผนที่กับมูลฐานทางดิ่งของการสำรวจบกต้องถูกกำหนดและอธิบายอย่างชัดเจน การแก้ไขและการปฏิบัติเกี่ยวกับการเชื่อมต่อของมูลฐานทางดิ่งควรที่จะต้องเป็นไปตามการกำหนดของ The IHO Resolution on Datums and Benchmarks (Resolution 3/1919)

Resolution 3/1919 ได้ถูกระบุไว้ใน บรรณาสาร M-3; IHO Publication M-3, Resolutions of the International Hydrographic Organization ซึ่งสามารถดาวโหลดได้จากเว็ปไซต์ของ IHO www.iho.int.

2.6 ความไม่แน่นอน (Uncertainties)

มาตราฐานนี้ได้กำหนดค่า ผลรวมการกระจายของความไม่แน่นอน (total propagated uncertainty: TPU) ซึ่งประกอบไปด้วย ผลรวมความไม่แน่นอนในแนวระดับ (total horizontal uncertainty: THU) และผลรวมความไม่แน่นอนในแนวดิ่ง (total vertical uncertainty: TVU) โดยที่ค่า THU และ TVU ต้องถูกทำความเข้าใจว่าคือช่วงของความไม่แน่นอนหรือช่วง±ของค่าคงที่ (เช่น 20เมตร ± 1เมตร)

ในการได้มาซึ่งค่า THU ควรมาจากการคำนวณทางสถิติของแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนทั้งหมดในแนวระดับ ในทำนองเดียวกันกับค่า TVU ควรมาจากการคำนวณทางสถิติของแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนทั้งหมดในแนวดิ่ง อีกทั้งค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (the uncertainties at the 95% confidence level) ต้องถูกบันทึกไว้ในข้อมูลสำรวจ

ความละเอียดและความถูกต้องของระบบสำรวจควรที่จะต้องถูกคำนวณทั้งก่อนและหลังการสำรวจ (THU และ TVU) การคำนวณเหล่านั้นสามารถที่จะถูกคาดการและต้องถูกคำนวณมาจากระบบสำรวจทั้งหมดในภาพรวม ซึ่งก็คือ เครื่องมืออุปกรณ์, การตรวจวัด และ สภาพแวดล้อม การคำนวณดังกล่าวควรที่จะถูกคำนวณซ้ำตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น ลม, คลื่น เป็นต้น เพื่อที่จะได้ทำการปรับแก้อย่างเหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของค่าพารามิเตอร์

ค่าสุดท้ายของความไม่แน่นอนในการการสำรวจน่าจะรวมไปด้วยการคำนวณทั้งก่อนและหลังการสำรวจที่เป็นค่าที่ชัดเจน เช่น อ้างอิงตามส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (standard deviation) ของค่าความลึกเพียงอย่างเดียว หรือเป็นผลรวมของค่าต่างๆ อีกทั้งอรรถาธิบายข้อมูล (metadata) ควรที่จะถูกนำไปใช้ในการอธิบายประเภทความไม่แน่นอน และระดับความไม่แน่นอนที่ได้รับ

สำหรับมาตราฐานนี้ ค่าความไม่แน่นอนในแนวระดับที่ยอมรับได้นั้นถูกพิจารณาให้มีความเท่ากันของมิติ ดังนั้นความไม่แน่นอนของตำบลที่นั้นจะถูกแสดงค่าเป็นตัวเลขเดี่ยว

2.7 ระดับความเชื่อมั่น (Confidence Level)

สำหรับมาตราฐานนี้ ในส่วนของระดับความเชื่อมั่นนั้นไม่ได้มีความหมายทางสถิติที่ตายตัว แต่มีความหมายที่สอดคล้องกับ “ระดับของความเชื่อมั่น (level of confidence)” หรือ “ความน่าจะเป็นคลอบคลุม (coverage probability)” ที่ถูกระบุไว้ใน Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, JCGM 100:2008, section 6.2.2

นอกจากนี้ ระดับความเชื่อมั่น (เช่น ที่ 95%) นั้นขึ้นอยู่กับการกระจายทางสถิติที่ถูกใช้ของข้อมูล และต้องถูกคำนวณอย่างแตกต่างสำหรับปริมาณใน 1 มิติ และ 2 มิติ สำหรับมาตราฐานนี้ที่ระบุให้ใช้การกระจายแบบปกติของความผิดพลาดที่ ระดับความเชื่อมั่น 95% สำหรับปริมาณ 1 มิติ (เช่น ความลึกน้ำ) ซึ่งก็คือ 1.96 x ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน และที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สำหรับปริมาณ 2 มิติ (เช่น ค่าตำบลที่) ซึ่งก็คือ 2.45 x ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน

บทที่ 3 ความลึก, ความครอบคลุมการสำรวจ, วัตถุ, และ ลักษณะของพื้นท้องทะเล

(Depth, Bathymetric Coverage, Features, and Nature of the Bottom)

3.1 บทนำ (Introduction)

ในการเดินเรือของเรือผิวน้ำให้ปลอดภัยนั้นต้องการข้อมูลความลึกน้ำและข้อมูลวัตถุที่มีความถูกต้องสำหรับพื้นที่ที่ความลึกใต้กระดูกงูถูกพิจารณาว่าจะเป็นอันตราย นั้นความครอบคลุมการหยั่งน้ำต้องมีค่าอย่างน้อย 100% และการตรวจจับวัตถุต้องถูกกำหนดอย่างเหมาะสม อีกทั้งค่าความไม่แน่นอนของความลึกจะต้องถูกควบคุม

3.2 ความลึก (Depth)

3.2.1 การหยั่งน้ำ (Depth Measurement)

ความลึกน้ำนั้นหมายถึงความลึกที่ถูกหักน้ำโดยอ้างอิงจากโครงข่ายอ้างอิงในแนวดิ่งที่เหมาะสม และความลึกของวัตถุนั้นหมายถึงความลึกที่น้อยที่สุดของวัตถุ

ในพื้นที่ที่มีอัตราการตกตะกอนสูง เช่น ปากแม่น้ำ ความลึกที่น้อยที่สุดน่าจะถูกตรวจวัดจากฐานของตะกอนที่สะสมอยู่

ภายใต้สถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงและเพื่อความปลอดภัยของการเดินเรือ นั้นการใช้วิธีการสำรวจที่มีความแม่นยำสูง เช่น การกวาดด้วยลวดกวาด ที่ดำเนินการโดยหน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจรับผิดชอบเพื่อยื่นยันความลึกปลอดภัย, วัตถุหรือเรือจม ในพื้นที่ดังกล่าวสามารถที่จะถูกดำเนินการเพื่อหาความลึกปลอดภัย ในกรณีนี้ ความไม่แน่นอนในแนวดิ่งต้องถูกกำหนดอ้างอิงตามชั้นงานสำรวจ

3.2.2 พื้นที่น้ำท่วมถึง (Drying Heights)

ในพื้นที่ที่ความแตกต่างของระดับน้ำมากซึ่งสามารถเดินเรือได้ในช่วงน้ำขึ้น นั้นค่าความสูงของพื้นที่น้ำท่วมถึงในกรณีดังกล่าวต้องถูกสำรวจอย่างถี่ถ้วน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์และอุปกรณ์สำรวจที่เป็นสิ่งที่กำหนดให้อาจที่จะสำรวจพื้นที่น้ำท่วมถึงด้วยการหยั่งน้ำหรือการสำรวจบก อย่างไรก็ตามสำหรับพื้นที่ที่อยู่ใต้น้ำนอกพื้นที่น้ำท่วมถึงควรที่จะมีค่าความไม่แน่นอนไม่เกินค่ามากสุดที่ถูกกำหนดโดยไม่คำนึงถึงวิธีการสำรวจ

3.2.3 ความไม่แน่นอนทางแนวดิ่งมากที่สุดที่ยอมรับได้ (Maximum Allowable Vertical Uncertainty)

สำหรับการหาค่าความลึก นั้นมีความผิดพลาดจากสองแหล่งที่มีอิทธิพล ซึ่งก็คือ ความผิดพลาดที่แปรผันตามความลึกน้ำ และความผิดพลาดที่ไม่แปรผันตามความลึกน้ำ ซึ่งสูตรข้างล่างที่จะกล่าวต่อไปนั้นจะถูกใช้เพื่อคำนวณค่าความไม่แน่นอนทางดิ่งที่มากที่สุดที่ยอมรับได้

สำหรับตัวแปร “a” และ “b” รวมทั้ง “c” จะต้องทำความเข้าใจตามสูตรข้างล่างเพื่อการคำนวณค่า TVU ที่มากที่สุดที่ยอมรับได้

$$\boldsymbol{TVU_{max}(d) = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}}$$

โดยที่

a คือ ส่วนของความไม่แน่นอนที่ไม่แปรผันตามความลึก

b คือ สัมประสิทธ์ของความไม่แน่นอนที่แปรผันตามความลึก

d คือ ความลึก

ในตารางที่ 1 จะระบุค่าของตัวแปร “a” และ “b” ที่จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณค่า TVU ที่มากที่สุดที่ยอมรับได้ของแต่ละชั้นงานสำรวจ ทั้งนี้ค่า TVU ของการหยั่งน้ำที่คำนวณที่ระดับความเชื่อมัน 95% ต้องไม่เกินค่าที่ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 1

3.3 การตรวจจับวัตถุ (Feature Detection)

มาตราฐานขั้นต่ำของการตรวจจับวัตถุจะถูกระบุไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งจะถูกระบุในรูปแบบของวัตถุทรงลูกบาศก์เพื่อใช้ในการอ้างอิงสำหรับขนาดของวัตถุที่ระบบสำรวจต้องสามารถตรวจจับได้

ในการประเมินความความสามารถในการตรวจจับวัตถุของระบบสำรวจ นั้นระบบสำรวจในภาพรวมทั้งหมด, อุปกรณ์สำรวจ, วิธีการสำรวจ, กระบวณการสำรวจ, และองค์บุคคล จะต้องถูกประเมินว่าสามารถนำไปใช้ตรวจจับวัตถุตามที่กำหนดได้ ทั้งนี้หน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่รับผิดชอบ ต้องทำการประเมินความสามารถในการตรวจจับวัตถุของระบบสำรวจ

สำหรับการกำหนดความสามารถในการตรวจจับวัตถุ นั้นไม่ได้เป็นการกำหนดที่ชัดเจนสำหรับการกำหนดของอันตรายในการเดินเรือ ด้วยเหตุที่ว่าในบางกรณีวัตถุที่สำคัญก็มีขนาดเล็กกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 แต่เป็น

อันตรายต่อการนำเรือ ดังนั้นจึงอาจจะเป็นสิ่งสำคัญต่อหน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบที่จะต้องตรวจจับวัตถุที่ได้กล่าวไปในขั้นต้น อย่างไรก็ตาม ไม่มีระบบสำรวจใดๆ ที่สามารถรับรองได้ว่าจะสามารถตรวจจับวัตถุที่มีทั้งหมดในพื้นที่สำรวจ แต่ทั้งนี้ถ้าหากมีความสงสัยว่าอาจจะมีวัตถุที่เป็นอันตรายต่อการเดินเรืออยู่ในพื้นที่ที่ตกสำรวจ ก็ควรที่จะต้องมีการสำรวจด้วยระบบสำรวจอื่นๆ เพื่อช่วยในการยืนยันข้อสงสัยดังกล่าว

3.4 การตรวจหาวัตถุ (Feature Search)

มาตราฐานขั้นต่ำของการตรวจหาวัตถุนั้นได้ถูกระบุในตารางที่ 1

สำหรับงานสำรวจชั้น 1a นั้นการตรวจหาวัตถุแบบ 100% (100% feature search) อาจจะถูกดำเนินการด้วยระบบสำรวจที่ไม่ได้เป็นตรวจหาความลึกน้ำ (เช่น Side Scan Sonar) แต่อย่างไรก็ตามในกรณีดังกล่าว การตรวจหาความลึกน้ำที่น้อยที่สุดเหนือวัตถุที่สำคัญยังคงต้องถูกดำเนินการ ทั้งนี้การตรวจหาวัตถุแบบ 100% (100% feature search) กับ ความครอบคลุมการหยั่งน้ำแบบ 100% (100% bathymetric coverage) ควรที่จะต้องถูกดำเนินการควบคู่กันไป

สำหรับการการตรวจหาวัตถุที่มากกว่าหรือเท่ากับ 100% ต้องถูกวางแผนและออกแบบให้มีความมุ่งหมายที่จะตรวจหาวัตถุตามขนาดที่ได้ระบุไว้ในมาตราฐานนี้ โดยที่การตรวจหาวัตถุแบบมากกว่า 100% (รวมถึง 200% ของงานสำรวจชั้นพิเศษจำเพาะ) นั้นอาจที่จะถูกออกแบบมากจากการเหลื่อมทับ (overlap) อย่างเพียงพอ หรือจะเป็นการสำรวจที่มากกว่าหนึ่งครั้ง

3.5 ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ (Bathymetric Coverage)

มาตราฐาน S-44 บรรณาธิกรนี้ได้มีการนำแนวทางความครอบคลุมการหยั่งน้ำมาใช้เพื่อที่จะทำให้เกิดความคล่องตัวมากขึ้นและสอดคล่องกับเทคโนโลยี โดยที่ความเพียงพอของความครอบคลุมการหยั่งน้ำนั้นต้องการระบบตรวจจับและเก็บความลึกน้ำ ในตารางที่ 1 ได้กำหนดความครอบคลุมการหยั่งน้ำขั้นต่ำที่ต้องถูกนำไปใช้ในแต่ละชั้นงานสำรวจ

3.5.1 ความครอบคลุมการหยั่งน้ำแบบ 100% (100% Bathymetric Coverage)

สำหรับความหมายของความคลอบคลุมการหยั่งน้ำแบบ 100% นั้นก็คือ การสำรวจความลึกน้ำของพื้นท้องทะเลแบบเต็มพื้นที่ อย่างไรก็ตามความคลอบคลุมการหยั่งน้ำแบบ 100% นั้นไม่ได้เป็นการรับประกันในการหาค่าความลึกน้ำอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการหยั่งน้ำนั้นไม่ต่อเนื่องและขึ้นอยู่กับสภาพทางกายภาพและข้อจำกัดของอุปกรณ์สำรวจ

3.5.2 ความครอบคลุมการหยั่งน้ำแบบน้อยกว่า 100% (Less than 100% Bathymetric Coverage)

ความครอบคลุมการหยั่งน้ำที่น้อยกว่า 100% นั้นต้องมาจากรูปแบบของการสำรวจที่เป็นระบบ ซึ่งการกระจายของข้อมูลความลึกต้องเป็นรูปแบบตลอดพื้นที่สำรวจ และต้องความครอบคลุมการหยั่งน้ำนั้นต้องไม่น้อยกว่า 5% นอกจากนี้ ลักษณะของพื้นท้องทะเล (เช่น ความหยาบ, ประเภท, ความชัน) และสิ่งที่ส่งผลของความปลอดภัยในการเดินเรือในพื้นที่สำรวจจะต้องถูกนำมาพิจารณาการออกแบบรูปแบบการสำรวจที่เหมาะสม และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในตารางที่ 1 ทั้งนี้เพิ่มสร้างความมั่นใจในการสำรวจอย่างเป็นระบบของความครอบคลุมการหยั่งน้ำที่น้อยกว่า 100% นั้นระยะห่างระหว่างแนวหยั่งน้ำไม่ควรที่จะมากกว่า 3 เท่าของความลึกน้ำเฉลี่ย หรือ 25 เมตร (ให้เลือกระยะที่มากกว่า)

ในกรณีของงานสำรวจชั้น 1a นั้นความครอบคลุมการหยั่งน้ำแบบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100% จะมีความเหมาะสมตราบที่ความลึกที่น้อยที่สุดเหนือวัตถุที่สำคัญนั้นจะต้องถูกตรวจวัด และการหยั่งน้ำนั้นสามารถที่จะแสดงภาพของรูปร่างของพื้นท้องทะเล ทั้งนี้ความครอบคลุมการหยั่งน้ำของทุกชั้นงานสำรวจได้ถูกกำหนดในรูปแบบของเปอร์เซ็น ซึ่งในบรรณาธิกรที่ 5 ของมาตราฐาน S-44 นั้นระยะห่างระหว่างแยวหยั่งน้ำได้ถูกใช้เป็นตัวกำหนดแทนในงานชั้น 2 และ 1b ทั้งนี้ในการถ่ายค่าจากระยะห่างของแนวหหยั่งน้ำมาเป็นเปอร์เซ็นของความครอบคลุมการหยั่งน้ำ นั้นการสำรวจด้วยระบบหยั่งน้ำแบบลำคลื่นเดียวที่มีความกว้างของการกวาด (beam width) ที่ 8°-12° นั้นถูกใช้เป็นตัวอ้างอิงสำหรับระยะห่างของแนวหยั่งน้ำที่ 3-4 เท่าของความลึกน้ำเฉลี่ย[1] ในงานสำรวจชั้น 2 และ 1b นั้นได้ถูกกำหนดไว้ด้วยความคลอบคลุมการสำรวจที่ 5%

*[1]ตัวอย่าง: สำหรับการสำรวจด้วยระบบหยั่งน้ำแบบลำคลื่นเดียวที่มีความกว้างของการกวาดที่ 8° ซึ่งได้กำหนดระยะห่างของแนวหยั่งน้ำสำหรับแนวหลักที่ 3 เท่าของความลึกน้ำเฉลี่ย และที่ 10 เท่าของแนวหยั่งน้ำ Cross Check นั้นตามสูตรการคำนวณของความครอบคลุมการหยั่งน้ำคือ % ความครอบคลุม = พื้นที่ถูกสำรวจ/พื้นที่ทั้งหมด = (ความกว้างของการกวาด*ระยะทางทั้งหมดของแนวหยั่งน้ำ)/พื้นที่ทั้งหหมด = 2*tan (8°/2)*(1/3+(3*10)) = 0.051 = 5.1%*

สูตรดังกล่าวนี้เป็นเพียงแค่ตัวอย่าง และไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของบรรณาสารนี้

3.5.3 ความคลอบคลุมการหยั่งน้ำที่มากกว่า 100% (Greater than 100% Bathymetric Coverage)

ความครอบคลุมการหยั่งน้ำที่มากกว่า 100% (รวมถึง 200% ของงานสำรวจชั้นจำเพาะ) นั้นอาจที่จะถูกออกแบบมากจากการเหลื่อมทับ (overlap) อย่างเพียงพอ หรือจะเป็นการสำรวจที่มากกว่าหนึ่งครั้ง

3.6 อันตรายในการเดินเรือ (Hazards to Navigation)

หน่วยงานทางอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ต้องพิจารณาลักษณะของการสัญจรในแต่ท้องถิ่น เช่น อัตรากินน้ำลึกของเรือ รวมทั้งองค์ประกอบพื้นฐานของความลึกน้ำในพื้นที่ที่ถูกประเมินว่ามีอันตรายต่อการเดินเรือ

ข้อมูลตต่างๆ ของวัตถุที่เป็นอันตรายต่อการเดินเรือ (เช่น เรือจม หรือวัตถุอื่นๆ) ต้องถูกสำรวจอย่างเพียงพอเพื่อยืนยันให้ได้ว่าความลึกที่น้อยที่สุดและตำแหน่งของวัตถุดังกล่าวได้ถูกสำรวจด้วยวิธีการที่เหมาะสมและได้เป็นไปตามความต้องการขั้นต่ำของชั้นงานสำรวจที่เหมาะสมตามตารางที่ 1

เนื่องด้วยคุณลักษณะของเรือในปัจจุบัน นั้นวัตถุใต้น้ำที่ลึกกว่า 40 เมตร ไม่น่าที่จะเป็นอันตรายต่อการเดินเรือ อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์และพื้นที่ที่วัตถุที่ลึกกว่า 40 เมตร มีโอกาสเป็นอันตรายต่อการเดินเรือ นั้นการสำรวจจะต้องถูกดำเนินการ

หน่วยงานทางอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ ควรที่จะกำหนดขอบเขตของความลึก ที่ถ้าเกินจากขอบเขตดังกล่าวแล้วนั้น การสำรวจจะไม่ถูกดำเนินการ

3.7 การยืนยันหรือการพิสูจน์หักล้างวัตถุที่ปรากฏบนแผนที่ (Charted Object Confirmation / Disproval)

สำหรับสิ่งที่ปรากฏไว้บนแผนที่, เอกสาร, บรรณาสารอิเล็กทรอนิคส์ หรือฐานข้อมูล สำหรับสิ่งดังกล่าวนั้นซึ่งได้แก่ หิน, เรือจม, สิ่งกีดขวาง, เครื่องหมายช่วยในการเดินเรือ และข้อมูลที่คลุมเคลือ ควรที่จะถูกยืนยันหรือพิสูจณ์หักล้างการมีอยู่บนแผนที่ ทั้งนี้การกระทำดังกล่าวควรที่จะถูกระบุไว้ในรายงานการสำรวจ

ข้อมูลที่คลุมเคลือนั้นคือข้อมูลที่ถูกกำหนดบนแผนที่ในรูปแบบของ ตำบนที่โดยประมาณ(Position Approximate: PA), ตำบลที่คลุมเคลือ(Position Doubtful: PD), การมีอยู่ที่คลุมเคลือ(Existence Doubtful: ED), เลขน้ำที่คลุมเคลือ(Sounding Doubtful: SD) หรือ ถูกรายงานว่า เป็นอันตราย(reported danger) ทั้งนี้สิ่งที่ถูกระบุบนแผนที่ควรที่จะถูกยืนยันหรือพิสูจณ์หักล้างตามตำแหน่งบนแผนที่

ด้วยเหตุที่ว่าไม่มีสูตรที่ตายตัวในการกำหนดการพิสูจณ์ทราบสิ่งอัตรายที่ครอบคลุมทุก ๆ สถานการณ์ ดังนั้นในการยืนยันและพิสูจณ์หักล้างวัตถุที่ถูกรายงานว่าเป็นอันตราย นั้นได้ถูกแนะนำให้รัศมีการค้นหานั้นอย่างน้อยควรที่จะเป็น 3 เท่าของตำบลที่โดยประมาณ ถ้าสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่ไม่ถูกค้นพบภายในรัศมีการค้นหา สิ่งดังกล่าวควรที่จะถูกนำออกจากแผนที่

ทั้งนี้หน่วยงานทางอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูลสำรวจให้เพียงพอและประเมินว่าวัตถุที่ปรากฏบนแผนที่นั้นสามารถที่จะถูกนำออกจากแผนที่หรือไม่

3.8 ลักษณะพื้นท้องทะเล (Nature of the Bottom)

การเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเลควรที่จะถูกดำเนินการในพื้นที่จอดเรือ, พื้นที่วิกฤตอื่นๆ และพื้นที่ที่ลักษณะพื้นท้องทะเลนั้นถูกสงสัยว่าจะมีผลกระทบต่อวัตถุใต้น้ำที่สำคัญ ทั้งนี้วิธีการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเลนั้นได้แก่ การเก็บตัวอย่างแบบกายภาพ(physical sampling: PHY) ด้วยการสังเกตุ(visual: VIS) หรือด้วยการวิเคราะห์ในห้องทดลอง(LAB), ด้วยเทคนิคการอนุมานจากอุปกรณ์ตรวจจับ(INF) เช่น backscatter หรือ reflectivity, เทคนิคการอนุมานร่วมกับการเก็บตัวอย่างจริง(INF w/ GT) และด้วยการสังเกตุ(VIS) และ/หรือ การวิเคราะห์ในห้องทดลอง(LAB)

สำหรับระยะห่างในการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเลนั้นอาจที่จะถูกกำหนดให้เป็นระยะห่างที่เป็นรูปแบบตามวัตถุประสงค์การนำไปใช้ (เช่น การสร้างแผนที่), ลักษณะทางธรณีวิทยาของท้องทะเล, และตามความต้องการของการเก็บตัวอย่างจริงของเทคนิคการอนุมาน ทั้งนี้การเก็บตัวอย่างจริงของของเทคนิคการอนุมานไม่ต้องการกำหนดระยะห่างการเก็บที่เป็นรูปแบบ อีกทั้งในช่วงระหว่างจุดเก็บตัวอย่างสามารถที่จะใช้ค่าเฉลี่ยหรือค่ามากสุดในการระบุลักษณะของพื้นท้องทะเลได้ ทั้งนี้ถ้าการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเลในถูกดำเนินการในพื้นที่ที่เฉพาะเจาะจง เช่น พื้นที่ทิ้งสมอ หรือพื้นที่อื่นๆ ที่ถูกกำหนดให้เก็บตัวอย่าง ก็ควรที่จะมีการกำหนดขอบเขตของพื้นที่เก็บตัวอย่างท้องทะเล

ด้วยเหตุที่ปัจจุบันไม่มีมาตราฐานความปลอดภัยของ IHO สำหรับวีธีการหรือความถี่ในการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล อย่างไรก็ตามตาราง Matrix น่าจะถูกใช้ดำเนินการ เนื่องด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ นั้นหลากหลายอย่างเหมาะสมโดยอ้างอิงตามองค์ประกอบและธรรมชาติของพื้นท้องทะเลและวัตถุประสงค์การนำไปใช้ ทั้งนี้นักสำรวจควรที่จะกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเลที่เหมาะสมและความถี่ในการเก็บที่เพียงพอต่อพื้นที่สำรวจ

บทที่ 4 ระดับน้ำและกระแสน้ำ (Water Levels and Flow)

4.1 บทนำ (Introduction)

ในบทนี้ สำหรับระดับน้ำนั้นได้ถูกพิจารณาให้เป็นส่วนที่สนับสนุนของการแก้ปัญหาในทางดิ่งของการหยั่งน้ำ มากเสียกว่าจะไปเกี่ยวกับการตรวจวัดของระดับน้ำที่เป็นชุดข้อมูลที่แยกออกไปเพื่อที่จะกำหนดสูตรฮาโมนิคของระดับน้ำ ซึ่งได้ถูกกำหนดไว้ในบรรณาสารอื่นของ IHO แล้ว สำหรับระดับน้ำหรือการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ส่งผลต่อค่า TVU ของข้อมูลความลึกน้ำจะต้องถูกพิจารณาในทุกๆ งานสำรวจอุทกศาสตร์ และในส่วนของการตรวจวัดกระแสน้ำนั้นก็ต้องถูกดำเนินการเพื่อสนับสนุนความปลอดภัยในการเดินเรือ และในกรณีที่เห็นควรดำเนินการ ทั้งนี้ในการตรวจวัดทั้งระดับน้ำและกระแสน้ำนั้นต้องเป็นไปตามมาตราฐานในบรรณาสารนี้

สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อความชัดเจนในเรื่องของความเชื่อมต่อหรือความสัมพันธ์ระหว่างเส้นเกณฑ์หักน้ำและมูลฐานทางดิ่งของการสำรวจบก สามารถศึกษาได้ที่ บทที่ 2.5

4.2 การทำนายระดับน้ำ (Water Level (Tidal) Predictions)

การตรวจวัดระดับน้ำนั้นอาจที่จะเป็นส่วนที่จำเป็นสำหรับการสร้างและคงไว้ของแบบจำลองในการทำนายค่าระดับน้ำ รวมทั้งการจัดทำมาตราน้ำ ทั้งนี้ช่วงเวลาของการตรวจวัดระดับน้ำนั้นควรที่จะครอบคลุมให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ และต้องไม่น้อยกว่า 30 วัน

4.3 การหักน้ำ (Reductions for Water Level Observations)

เมื่อไหร่ก็ตามที่มีการนำค่าระดับน้ำไม่ว่าจะได้มาจากการตรวจวัดจริงหรือการทำนายมาหักเลขน้ำไปหาเส้นเกณฑ์แผนที่ นั้นค่าความไม่แน่นอนในส่วนของระดับน้ำควรที่จะต้องถูกนำมาคำนวณ TVU ทั้งนี้ค่าของระดับน้ำที่ได้จาการตรวจวัดจริงนั้นควรที่จะถูกนำมาหักน้ำมากกว่าการใช้ค่าที่ได้จากการทำนาย

4.4 การตรวจวัดกระแสน้ำ (Water Flow (Tidal Stream and Current) Observations)

ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำที่เกินกว่า 0.5 น็อต ควรที่จะถูกตรวจวัดในพื้นที่ที่สำคัญที่ยังไม่เคยถูกตรวจวัด ตัวอย่างเช่น ทางเข้าท่าเทียบเรือและร่องน้ำ, ทุกๆ จุดเปลี่ยนเข็มของร่องน้ำ, พื้นที่ทิ้งสมอ, และรอยต่อระหว่างท่าเทียบเรือ นอกจากนี้ยังได้มีการแนะนำให้มีการตรวจกระแสน้ำในแนวขนาดชายฝั่ง (coastal stream)

และกระแสน้ำในแนวตั้งฉากกับฝั่ง (offshore stream) ในกรณีที่ความแรงของกระแสน้ำนั้นมีอิทธิพลต่อความปลอดภัยในการเดินเรือ

ในการตรวจวัดกระแสน้ำในแต่จุดนั้นควรที่จะทำการตรวจวัดในระดับความลึกที่เพียงพอต่อความต้องการในความปลอดภัยในการเดินเรือของแต่ละพื้นที่ ในกรณีของการตรวจวัด กระแสน้ำตามอิทธิพลของดาราศาสตร์ (tidal stream) การตรวจวัดดังกล่าวควรที่จะดำเนินการควบคู่ระหว่างการตรวจวัดค่าระดับน้ำและสภาพอุตุนิยมวิทยา ทั้งนี้ช่วงเวลาในการตรวจวัดควรที่จะยาวนานอย่างน้อย 30 วัน

ความเร็วและทิศทางของของกระแสน้ำต้องถูกตรวจวัดที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 ทั้งนี้ในกรณีที่มีเหตุผลให้ทำให้เชื่อได้ว่าปัจจัยอื่นๆ (เช่น การไหลของน้ำจากฝั่งตามฤดูการ เป็นต้น) เข้ามามีอิทธิพลต่อกระแสน้ำ นั้นการตรวจวัดควรที่จะถูกดำเนินการในครอบคลุมช่วงของเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

บทที่ 5 การสำรวจเหนือเส้นเกณฑ์แผนที่ (Surveys above the Vertical Datum)

5.1 บทนำ (Introduction)

การสำรวจเหนือเส้นเกณฑ์แผนที่นั้นมีความสำคัญต่อความปลอดภัยในการนำเรือและการเข้าเทียบ อีกทั้งการสำรวจทางภูมิประเทศและทางจีออเดซีนั้นมีความสำคัญที่เฉพาะเจาะจงสำหรับการนำเรือที่ได้ถูกระบุไว้ในบทนี้ รวมทั้งค่าความไม่แน่นอนที่ยอมรับได้ (THU และ TVU) ได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2

ข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ภาพวาดหรือภาพถ่ายของวัตถุควรที่จะถูกดำเนินการหากสามารถที่จะกระทำได้เพื่อเป็นการสนับสนุนข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างเส้นเกณฑ์แผนที่กับมูลฐานทางดิ่งการสำรวจบก สามารถศึกษาได้ที่ บทที่ 2.5

5.2 เครื่องหมายช่วยในการเดินและภูมิประเทศที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือแบบประจำที่ (Fixed Aids and Topographic Features Significant to Navigation)

เครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่นั้นหมายถึง ประโจมไฟ, หลักนำ และประภาคาร (ทั้งนี้ไม่ได้ถูกจำกัดแค่ตามตัวอย่างที่ถูกระบุ)

ภูมิประเทศที่สำคัญต่อการเดินเรือนั้นหมายถึงวัตถุ, ที่หมาย, และสิ่งที่เห็นเด่นชัด ซึ่งมีส่วนช่วยในการเข้าเทียบเรือ และการเดินเรือในพื้นที่ที่ถูกกำหนด หรือช่วยในการเดินเรือ

วัตถุที่เห็นเด่นชัดซึ่งช่วยในการเดินเรือน่าจะหมายถึง (แต่ไม่ได้ถูกจำกัดแค่ตามที่ถูกระบุ) วัตถุธรรมชาติที่เห็นเด่นชัด, วัตถุทางวัฒธรรม, และที่หมายต่างๆ เช่น ปล่องควัน, ปล่องไฟ, เนินเขา หรือ ยอดเขา, เสากระโดง, อนุสาวรีย์, หอคอย, โรงกลั่นน้ำมัน, สถานที่ทางศาสนา, ปล่องเก็บของ, อาคารโดดเดียว, แท็งก์น้ำ, คลังน้ำมัน, และกังหันลม ทั้งนี้วัตถุประเภทเหล่านี้น่าที่จะเป็นได้ทั้ง วัตถุที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือและวัตถุที่สำคัญต่อการเดินเรือน้อย (บทที่ 5.5) ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดังกล่าวและสภาพแวดล้อมข้างเคียง

วัตถุที่สำคัญต่อการเข้าเทียบเรือและการเทียบเรือนั้นหมายถึง (ทั้งนี้ไม่ได้ถูกจำกัดแค่ตามตัวอย่างที่ถูกระบุ) กรอยน์, กำแพงกันคลื่น, ท่าเรือ, แนวกันคลื่นในร่องน้ำ (jetties), แท่นพูกเรือ, เสา, เสาผูกเรือ, ท่านำเรือขึ้นลงน้ำ (slipways), ประตูน้ำ, และเขื่อนกันคลื่น

สำหรับค่า THU และ TVU ในส่วนของตำบลที่ของวัตถุช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่นั้นได้ถูกระบุไว้ในตารางที่ 2

สิ่งหนึ่งที่น่าจะถูกพิจารณาก็คือ สำหรับวัตถุที่น้ำท่วมถึง (รวมถึงหิน) ซึ่งได้ถูกระบุตำแหน่งให้เป็นวัตถุที่มีความสำคัญในการเดินเรือ (โดยที่ไม่คำนึงถึงวิธีการหาตำบลที่) นั้นค่าความไม่แน่นอนที่มากที่สุดที่ยอมรับได้นั้นไม่ควรเกินกว่าค่าที่ถูกระบุไว้ในมาตราฐานนี้ เช่นเดียวกันในกรณีของวัตถุที่จมน้ำ

5.3 วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ (Floating Object and Aids to Navigation)

วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำนั้นหมายถึง (ทั้งนี้ไม่ได้ถูกจำกัดแค่ตามตัวอย่างที่ถูกระบุ) ทุ่น, ทุ่นไฟ, พื้นที่ทำประมง และท่าเรือลอยน้ำ

สำหรับวัตถุที่ลอยน้ำ นั้นการหาค่าความไม่แน่นอนของตำบลที่ควรที่จะคำนึงถึงการแหว่ง ซึ่งเกิดขึ้นด้วยอิธิพลของการแสน้ำ, ลม และระดับน้ำ ทั้งนี้ปัจจัยที่ได้กล่าวไว้ขั้นต้นต้องถูกนำมาพิจารณาในการคำนวณหาตำบลที่เฉลี่ยของวัตถุนั้นๆ

สำหรับค่า THU ที่ยอมรับได้ในส่วนของตำแหน่งของวัตถุนั้นจะถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2 แต่ในส่วนของค่า TVU นั้นไม่ถูกกำหนดไว้

5.4 ชายฝั่ง (Coastline)

ตามพจนานุกรมอุทกศาสตร์ IHO Special Publication S-32 (Hydrographic Dictionary) ได้ให้ความหมายของคำว่า ชายฝั่ง คือ เส้นที่แผ่นดินกับน้ำมาบรรจบกัน ในส่วนของ IHO Special Publication S-4 (Regulations of the IHO for International (INT) Charts and Chart Specification of the IHO) ได้ให้ความหมายที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น คือ แนวน้ำขึ้นสูงสุด หรือแนวน้ำเฉลี่ยในกรณีของพื้นที่ที่ไม่มีอิทธิพลของระดับน้ำ อย่างไรก็ตามในบางกรณีชายฝั่งน่าจะถูกกำหนดจากแนวน้ำลงได้ ทั้งนี้ค่า THU ที่ยอมรับได้ของตำบลที่ในการเก็บรายละเอียดชายฝั่งได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2 แต่ในส่วนของค่า TVU นั้นไม่ได้ถูกกำหนดไว้ในมาตราฐานนี้

5.5 วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย (Feature Less Significant to Navigation)

วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อยนั้นคือวัตถุที่ไม่เด่นชัดซึ่งเป็นส่วนประกอบหรือข้อมูลเพิ่มเติมแต่ไม่น่าที่จะอำนวยในการนำเรือ ซึ่งในบทที่ 5.2 ในส่วนของภูมิประเทศนั้นสามารถที่จะเป็นได้ทั้งภูมิประเทศที่เด่นชัดและสำคัญต่อการเดินเรือ และภูมิประเทศที่ไม่เด่นชัดและไม่สำคัญต่อการเดินเรือ โดยที่ขึ้นอยู่กลับคุณลักษณะของภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมโดยรอบ สำหรับภูมิประเทศที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อยอาจ

ที่จะร่วมถึง (แต่ไม่ได้ถูกจำกัดไว้แค่ตามตัวอย่างที่ถูกระบุ) ปล่องควัน, ปล่องไฟ, เนินเขา หรือ ยอดเขา, เสากระโดง , อนุสาวรีย์, หอคอย, โรงกลั่นน้ำมัน, สถานที่ทางศาสนา, ปล่องเก็บของ, อาคารโดดเดียว, แท็งก์น้ำ, คลังน้ำมัน, และกังหันลม

ค่า THU และ TVU ที่ยอมรับได้ของตำบลที่ของวัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อยนั้นได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2

5.6 ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดง, หลักนำ และ ความสูงของย่านไฟ (Overhead Clearance, Range Line and Sector Light Heights)

สิ่งกีดขวางที่อยู่เหนือเสากระโดง ได้แก่ สะพาน และ สายเคเบิล ที่น่าจะเป็นอันตรายต่อการเดินเรือ และในส่วนของหลักนำและความสูงของย่านไฟอาจจะถูกใช้ในการกำหนดระยะจากฝั่ง ทั้งนี้ค่า THU และ TVU ที่ยอมรับได้ของตำบลที่ของระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดง, หลักนำ และความสูงของย่านไฟ ได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2

5.7 การวัดมุม (Angular Measurements)

การวัดมุมนั้นรวมถึง (แต่ไม่ถูกจำกัดไว้แค่ตามตัวอย่างที่ถูกระบุ) ขอบเขตของย่านไฟ และย่านปรากฏของไฟ, ทิศการวางตัวของหลักนำและไฟของหลักนำ, ขอบเขตของย่านที่ระบุโซนอันตรายในการเดินเรือ, ทิศทางเส้นทางเดินเรือแนะนำ ทั้งนี้ค่า THU สำหรับการตรวจวัดนั้นได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2 แต่ค่า TVU ไม่ได้ถูกกำหนดเอาไว้

บทที่ 6 อรรถาธิบายข้อมูล (Metadata)

6.1 บทนำ (Introduction)

อรรถาธิบายข้อมูลคือหลักการพื้นฐานที่จะสร้างความมั่นใจว่าข้อมูลสำรวจสามารถถูกเข้าใจและนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องตามความต้องการของการสร้างแผนที่หรือวัตถุประสงค์อื่นๆ ในมาตราฐานนี้ได้กำหนดอรรถาธิบายข้อมูลขั้นต่ำของข้อมูลอุทกศาสตร์เพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือ ทั้งนี้ในกรณีที่มีข้อมูลอรรถาธิบายเพิ่มเติมนอกเหนือจากนี้ ก็ควรที่จะถูกระบุลงไปเพื่อเป็นการเพิ่มข้อมูลสำหรับจุดประสงค์อื่นๆ

6.2 เนื้อหาของอรรถาธิบายข้อมูล (Metadata Content)

อรรถาธิบายข้อมูลนั้นสามารถที่จะถูกกำหนดในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น รายงานการสำรวจ (Report of Survey) หรือในรูปแบบของไฟล์อรรถาธิบายข้อมูลที่เฉพาะเจาะจง อย่างไรก็ตามรูปแบบของอรรถาธิบายข้อมูลนั้นควรที่จะมีความครอบคลุม, สามารถเข้าใจได้ชัดเจน, มีความสอดคล้องกับซอฟต์แวย์ ทั้งนี้หน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่อาจที่จะกำหนดความต้องการของอรรถาธิบายข้อมูลที่เพิ่มเติมจากที่ได้ระบุไว้ที่เหมาะสมต่อหน่วยงานนั้นๆ สำหรับตารางข้างล่างนี้ควรที่จะถูกนำไปเป็นตัวอย่างแต่ทั้งนี้ยังไม่ใช้ตัวอย่างที่ตายตัว

อรรถาธิบายข้อมูลควรที่จะมีความครอบคลุม แต่ควรที่จะรวมไปด้วยข้อมูลขั้นต่ำตามด้านล่างนี้

หมวดหมู่ของข้อมูล	**คำอธิบาย**
ประเภทของการสำรวจ	เช่น เพื่อความปลอดภัยในการนำเรือ, การเดินทางผ่าน, การสำรวจล่วงหน้า, การฝึกสำรวจ
วิธีการสำรวจทางดิ่ง/การหาค่าความลึกน้ำ	เช่น echo-sounder, side scan sonar, multi-beam, นักประดาน้ำ, ดิ่งน้ำตื้น, ลวดกวาด, ภาพถ่าย, การหยั่งน้ำด้วยดาวเทียม, lidar
ชั้นงานสำรวจ	ตามที่ระบุใน S-44
มูลฐานทางราบและมูลฐานทางดิ่ง	ระบุชื่อมูลฐานตาม ITRS และปี (เช่น WGS84) ถ้ามีการใช้มูลฐานท้องถิ่น

ความไม่แน่นอนที่ถูกทำให้สำเร็จ (ที่ระดับความเชื่อมัน 95%)	ระบุทั้งค่า THU และ TVU
ความสามารถในการตรวับวัตถุ	ระบุเป็นเมตร
การตรวจหาวัตถุ	ระบุเป็น % ของพื้นที่ที่ตรวจ
ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ	ระบุเป็น % ของพื้นที่ที่สำรวจ
ช่วงของการสำรวจ	ระบุเป็นวันที่เริ่มสำรวจและวันที่สำรวจเสร็จสิ้น
ผู้สำรวจ	ชื่อนักสำรวจ, ชื่อหน่วยงาน
เจ้าของข้อมูลสำรวจ	ชื่อหน่วยงาน
คุณลักษณะกริดข้อมูล	เช่น ความละเอียดของกริด, วิธีการกำหนดกริด, ความหนาแน่นของข้อมูล, ความไม่แน่นอน
ความหนาแน่นของข้อมูล	อธิบายค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของข้อมูลดิบ เช่น จำนวนของจุดที่ถูกยอมรับต่อหน่วยพื้นที่
ชั้นความลับ	เช่น ไมระบุ, ลับ, เพื่อการเดินเรือ, ลับมาก

อรรถาธิบายข้อมูลควรจะเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลสำรวจในรูปแบบดิจิตอลและสอดคล้องกับมาตราฐาน IHO S-100 Discovery Metadata Standard อย่างไรก็ตามในช่วงระหว่างที่มาตราฐาน S-100 ยังไม่ถูกนำมาใช้นั้น ISO 19115 สามารถนำมาใช้เป็นรูปแบบของอรรถาธิบายข้อมูลได้ ทั้งนี้ถ้าหากไม่มีความสามารถเพียงพอที่จะปฏิบัติตามที่กล่าวไปในขั้นต้น รูปแบบของข้อมูลที่ใกล้เคียงกันควรที่จะถูกจัดเก็บไว้ในเอกสารของการสำรวจ

บทที่ 7 ตาราง และ ข้อกำหนดเมตทริกซ์

(Tables and Specification Matrix)

7.1 บทนำ (Introduction)

เช่นเดียวกับบรรณาธิกรก่อนหน้านี้ S-44 บรรณาธิกรนี้ได้แสดงข้อกำหหนดของการสำรวจอุทกศาสตร์เพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือในรูปแบบของตาราง โดยที่จะประกอบไปด้วยตารางที่ 1 และ 2 อีกทั้งยังได้มีการกำหนดตารางเมตทริกซ์ ซึ่งจัดเตรียมข้อกำหนดที่มีความอ่อนตัวต่องานที่นอกเหนือจากการสำรวจอุทกศาสตร์ซึ่งเป็นไปเพื่อจุดประสงค์ที่เกินไปกว่าในเรื่องของความปลอดภัยในการเดินเรือ ทั้งนี้ตารางเมตทริกซ์จะทำให้มาตราฐานการสำรวจมีความปลอดภัยในการเดินเรือมากขึ้น

7.2 มาตราฐานความปลอดภัยในการเดินเรือ (Safety Navigation Standards)

มาตราฐานขั้นต่ำในการตรวจวัดความลึกน้ำได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 1 ในส่วนของมาตราฐานของตำบลที่และการตรวจกระแสน้ำได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 2 ทั้งนี้ตารางทั้งสองต้องถูกศึกษาควบคู่กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องที่ระบุไวในบทต่างๆ

ตามที่ได้กล่าวไปในขั้นต้น มาตราฐานทั้งหมดที่ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 1 และ 2 จะถูกระบุไว้ในตารางเมตทริกซ์ในรูปแบบค่าต่างๆ ของข้อกำหนด ซึ่งจะทำให้มาตราฐานการสำรวจมีความปลอดภัยในการเดินเรือมากขึ้น แม้ว่าจุดประสงค์ของเมตทริกซ์จะเป็นไปตามที่ได้กล่าวไว้ แต่การใช้งานเมตทริกซ์จะไม่เป็นการลดมาตราฐานขั้นต่ำที่ถูกกำหนดไว้ในแต่ละชั้นงานสำรวจ สำหรับคำแนะนำในการใช้ข้อกำหนดเมตทริกซ์ได้ถูกระบุไว้ในภาคผนวก ก.

7.2.1 มาตราฐานการตรวจวัดความลึกน้ำ (Bathymetry Standards)

มาตราฐานขั้นต่ำของการตรวจวัดความลึกน้ำเพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือนั้นได้ถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 1 โดยที่มาตราฐานนั้นมีความมุ่งหมายที่เฉพาะเจาะจง แต่จะไม่เป็นการกำหนดเทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรวจ อีกทั้งชั้นงานสำรวจสำหรับการตรวจหาความลึกน้ำในตารางที่ 1 น่าที่จะถูกประเมินอย่างเป็นอิสระกับชั้นงานสำหรับค่าตำบลที่ในตารางที่ 2 ดังนั้นตารางที่ 2 จะไม่เป็นการลดคุณภาพของการตรวจหาความลึกน้ำเพื่อการสร้างแผนที่เดินเรือและผลิตภัณฑ์ในการเดินเรือ

7.2.2 มาตราฐานสำหรับตำบลที่, การตรวจวัดกระแสน้ำ (Other Positioning Standard, Tidal Stream and Currents)

ในตารางที่ 2 จะกำหนดมาตราฐานขั้นต่ำสำหรับตำบลที่ (ที่เหนือเส้นเกณฑ์แผนที่) ของภูมิประเทศ, สิ่งปลูกสร้าง, และเครื่องหมาย ที่มีส่วนช่วยในการเดินเรือเพื่อความปลอดภัยในการการเดินเรือ รวมทั้งยังมีการระบุถึงมาตราฐานขั้นต่ำสำหรับการวัดมุมที่เกี่ยวข้องกับ หลักนำ, ความสูงของย่านไฟ, และเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือที่ถูกใช้ในการกำหนดเข็มหรือทิศทางในการเดินเรือ อีกทั้งยังได้มีการระบุถึงการตรวจวัดทิศทางและความเร็วของการตรวจวัดกระแสน้ำ ทั้งนี้มาตราฐานในตารางที่ 2 นั้นจะถูกนำไปใช้ในกรณีที่การตรว จวัดนั้นมีความจำเป็น

7.3 ตารางที่ 1 มาตราฐานขั้นต่ำของการตรวจวัดความลึกน้ำสำหรับการสำรวจอุทกศาสตร์เพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือ

ให้ศึกษาควบคู่กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องที่ถูกระบุไว้ตามบทต่างๆ, m=metres, ค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, *= เมตทริกซ์ที่อ้างอิง

บทที่อ้างอิง	เกณฑ์	ชั้น 2	ชั้น 1b	ชั้น 1a	ชั้นพิเศษ	ชั้นจำเพาะ
บทที่ 1	ลักษณะของพื้นที่สำรวจในภาพรวม	พื้นที่ที่การแสดงรูปร่างของพื้นท้องทะเลนั้นเพียงพอ	พื้นที่ที่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นถูกพิจารณาว่าไม่เป็นอันตรายต่อเรือผิวน้ำที่สัญจรในพื้นที่	พื้นที่ที่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นถูกพิจารณาว่าไม่เป็นอันตรายในขั้นวิกฤ แต่วัตถุที่เป็นอันตรายต่อเรือผิวน้ำที่สัญจรในพื้นที่อาจจะคงอยู่	พื้นที่ที่ความลึกใต้กระดูกงูนั้นเป็นอันตรายในขั้นวิกฤต	พื้นที่ที่มีความเข้นงวดของความลึกน้ำใต้กระดูกงู และการควบคุมเรือ
บทที่ 2.6	ความลึกน้ำ THU เป็น (m) + (% ของความลึก)	20 m + 10% ของความลึก	5 m + 5% ของความลึก	5 m + 5% ของความลึก	2 m	1 m
บทที่ 2.6 บทที่ 3.2 บทที่ 3.2.3	ความลึกน้ำ TVU เป็น a(m) และ b	a = 1.0 m, b = 0.023	a = 0.5 m, b = 0.013	a = 0.5 m, b = 0.013	a = 0.25 m, b = 0.0075	a = 0.15 m, b = 0.0075
บทที่ 3.3	การตรวจจับวัตถุเป็น (m) or (% ของความลึก)	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	วัตถุทรงลูกบาศก์ขนาด > 2 m ที่ความลึกน้ำต่ำกว่า 40 เมตร และ ขนาด 10% ของความลึกที่ความลึกน้ำเกินว่า 40 เมตร	วัตถุทรงลูกบาศก์ขนาด > 1 m	วัตถุทรงลูกบาศก์ขนาด > 0.5 m
บทที่ 3.4	การค้นหาวัตถุ เป็น %	แนะนำแต่ไม่ได้กำหนด	แนะนำแต่ไม่ได้กำหนด	100%	100%	200%
บทที่ 3.5	ความครอบคลุมการสำรวจ เป็น %	5%	5%	≤ 100%	100%	200%

7.4 ตารางที่ 2 มาตราฐานขั้นต่ำสำหรับการสำรวจเพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือ

ให้ศึกษาควบคู่กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องที่ถูกระบุไว้ตามบทต่างๆ ทั้งนี้มาตราฐานในตารางที่ 2 นั้นจะถูกนำไปใช้ในกรณีที่การตรวจวัดนั้นมีความจำเป็น

บทที่อ้างอิง	หัวข้อ	ประเภทของความไม่แน่นอน	งานชั้น 2	งานชั้น 1b	งานชั้น 1a	งานชั้นพิเศษ	งานชั้นพิเศษจำเพาะ
บทที่ 5.2	วัตถุ และเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือและอยู่เหนือเส้นเกณฑ์แผนที่	THU(m)	5 m	2 m	2 m	2 m	1 m
		TVU(m)	2 m	2 m	1 m	0.5 m	0.25 m
บทที่ 5.3	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ	THU(m)	20 m	10 m	10 m	10 m	5 m
บทที่ 5.4	การเก็บรายละเอียดขอบฝั่ง	THU(m)	10 m	10 m	10 m	10 m	5 m
บทที่ 5.5	วัตถุที่อยู่เหนือเส้นเกณฑ์แผนที่ที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย	THU(m)	20 m	20 m	20 m	10 m	5 m
		TVU(m)	3 m	2 m	1 m	0.5 m	0.3 m
บทที่ 5.6	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดง, หลักนำและความสูงของย่านไฟ	THU(m)	10 m	10 m	5 m	2 m	1 m
		TVU(m)	3 m	2 m	1 m	0.5 m	0.3 m
บทที่ 5.7	การวัดมุม	(องศา)	0.5 องศา				
บทที่ 4.4	ทิศทางของกระแสน้ำ	(องศา)	10 องศา				
บทที่ 4.4	ความเร็วของกระแสน้ำ	น็อต	0.1 น็อต				

7.5 คำอธิบายสำหรับตารางเมตริกซ์ (Matrix Description)

ข้อกำหนดของตารางเมตริกซ์นั้นได้จัดเตรียมไว้ซึ่งเกณฑ์ต่างๆ ของข้อมูลความลึกน้ำและข้อมูลประเภทอื่นๆ ในส่วนของการตรวจวัด, การรายงาน และส่งข้อมูลของการสำรวจอุทกศาสตร์ ตารางเมตริกซ์นั้นจะอำนวยความสะดวกในการประเมินการสำรวจอุทกศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นการทำให้มาตราฐานนั้นมีความสอดคล้องไปกับเทคโนโลยีการสำรวจที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงยังเป็นการเปิดทางให้กับการสำรวจอุทกศาสตร์ที่มีความมุ่งหมายที่มากไปกว่าความปลอดภัยในการเดินเรือ โดยที่การออกแบบตารางเมตริกซ์นั้นยังป็นการนำร่องไปสู่บรรณาธิกรในอนาคตของของมาตราฐาน S-44 และสำหรับตารางเมตริกซ์นั้นสามารถที่จะถูกใช้เป็นได้ทั้งมาตราฐานสำหรับการสำรวจที่เฉพาะเจาะจง และในการแยกประเภทข้อมูลภายหลังการสำรวจ

สิ่งสำคัญที่ก็คือลำพังตารางเมตริกซ์นั้นไม่ได้เป็นตัวกำหนดมาตราฐานการสำรวจอุทกศาสตร์ เพราะมาตราฐานดังกล่าวนั้นถูกกำหนดไว้ใน ตารางที่ 1 และ 2 ซึ่งสามารถถูกอ้างอิงโดยเกณฑ์ต่างๆ ของเมตริกซ์ ซึ่งมาตราฐานการสำรวจที่มีจุดประสงค์เกินไปกว่าการสำรวจอุทกศาสตร์ (เช่น การสำรวจทางธรณีวิทยา, การสำรวจปิโตรเลียม, การขุดลอก, และ การสำรวจทางธรณีเทคนิค) นั้นยังไม่ได้ถูกระบุไว้ในมาตราฐานนี้ อย่างไรก็ตามระดับความเข้มงวดของการสำรวจในตารางเมตริกซ์นั้นได้ถูกออกแบบให้สอดคล้องกับการสำรวจประเภทดังกล่าว

นอกเหนือจากนี้ ตามที่ได้มีผลิตภัณฑ์และข้อกำหนดที่ช่วยในการเดินเรือใหม่ๆ ร่วมถึงรูปแบบของข้อมูล (เช่น แผนที่เดินเรืออิเล็กทรอนิกส์ และ มาตราฐาน S-101 ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์แผนที่อิเล็กทรอนิกส์) ดังนั้นตารางเมตทริกซ์สามารถที่จะถูกใช้เพื่อช่วยกำหนดและจัดประเภทที่หลากหลายของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

สำหรับคำแนะนำในการใช้ข้อกำหนดเมตทริกซ์สามารถศึกษาได้ที่ภาคผนวก ก.

7.6 ตารางเมตทริกซ์ (Matrix)

ตารางเมตทริกซ์สำหรับการสำวจอุทกศาสตร์ ให้ศึกษาควบคู่กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องที่ถูกระบุไว้ตามบทต่างๆ m = metrres, ค่าความไม่แน่นอนทั้งหมดคำนวณที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	การหยั่งน้ำ														
a	ความลึกน้ำ THU (m)	500	200	100	50	20	15	10	5	2	1	0.5	0.35	0.1	0.05
b	ความลึกน้ำ TVU (% ของความลึกน้ำ)	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1						
c	ความลึกน้ำ TVU "a"(m)	100	50	25	10	5	2	1	0.5	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
d	ความลึกน้ำ TVU "b"(m) *Note 1*	0.2	0.1	0.05	0.023	0.02	0.013	0.01	0.0075	0.004	0.002				
e	การตรวจจับวัตถุ (m)	50	20	10	5	2	1	0.75	0.7	0.5	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05
f	การตรวจจับวัตถุ (% ของความลึกน้ำ)	25	20	10	5	3	2	1	0.5	0.25					
g	การค้นหาวัตถุ (%)	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	
h	ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P	ตำบลที่เหนือเส้นเกณฑ์แผนที่														
a	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ THU (m)	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
b	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ TVU (m)	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01						
c	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ THU (m)	50	20	10	5	2	1	0.5							
d	การเก็บรายละเอียดขอบฝั่ง (THU)	20	10	5	1	0.5	0.25	0.1							
e	วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย THU (m)	50	20	10	5	2	3	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
f	วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย TVU (m)	3	2	1	0.5	0.3	0.25	0.1	0.05	0.01					
g	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือและหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ THU (m)	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01					
h	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือและหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ TVU (m)	3	2	1	0.5	0.3	0.1	0.05	0.01						
i	การวัดมุม (องศา)	5	2.5	1	0.5	0.2	0.1	0.05							

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
W	การหยั่งน้ำ														
a	ทิศทางกระแสน้ำ (องศา)	10	7.5	5	2.5	1	0.5	0.25	0.1						
b	ความเร็วกระแสน้ำ (น็อต)	2	1	0.5	0.25	0.1									

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	การหยั่งน้ำ														
a	วิธีการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล *Note 2*	PHY-VIS	PHY-LAB	PHY-VIS&LAB	INF	INF w/GT (VIS)	INF w/GT (LAB)	INF w/GT (VIS)&(LAB)							
b	ความถี่ในการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล ประมาณ (m) Note 2	As Req to GT	10000	5000	2500	1852	1000	500	250	100	75	50	25	10	5

Note 1: ในการใช้ตัวแปร "b" ในรูปแบบเปอร์เซ็นของความลึกให้คูณด้วย 100

Note 2: PHY = การเก็บตัวอย่างแบบกายภาพ, VIS = ด้วยการสังเกตุ, LAB = การวิเคราะห์ในห้องทดลอง, INF = ด้วยเทคนิคการอนุมานจากอุปกรณ์ตรวจจับ, w/ = ร่วมกับ, GT = การเก็บตัวอย่างจริง As Req to GT = ตามที่ต้องการตัวอย่างพื้นท้องทะเลจริงตามแต่ละเทคนิค (ศึกษาเพิ่มได้ที่ บทที่ 3.8)

ภาคผนวก ก

คำแนะนำในการใช้ตารางเมตทริกซ์ (Matrix Guidance)

ก.1 บทนำ (Introduction)

ตารางเมตทริกซ์ที่ถูกระบุในบทที่ 7.6 นั้น ประกอบไปด้วยเกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ประกอบกับการสำรวจอุทกศาสตร์ ซึ่งไปถูกจัดเรียงตามประเภทของข้อมูล ได้แก่ การหยั่งน้ำ, ตำบลที่, กระแสน้ำ, และ ลักษณะของพื้นท้องทะเล

เกณฑ์ต่างๆ นั้นสามารถที่จะระบุผ่านรหัสตัวอักษรและตัวเลข ซึ่งจะแสดงถึงช่องแต่ละช่องของตารางเมตทริกซ์ โดยที่เกณฑ์ต่างๆ นั้นจะถูกระบุด้วยรหัสสามหลัก

1. หลักที่หนึ่งจะเป็นตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ซึ่งแสดงถึงประเภทข้อมูล
2. หลักที่สองจะเป็นตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กซึ่งแสดงถึงแถวของประเภทข้อมูล
3. หลักที่สามจะเป็นตัวเลขซึ่งแสดงถึงหลักของประเภทข้อมูล

ข้อมูลในตารางนั้นควรที่จะเป็นค่าตัวแปรและข้อมูลที่ต้องการสำหรับข้อกำหนดและการแบ่งประเภทงานสำรวจ ซึ่งในการนำไปใช้ถ้าหากไม่มีช่องใดในตารางเมตทริกซ์ที่จะนำไปอ้างอิงให้ใช้รหัสเป็น “0”

ตารางที่ ก.1 คำอิบายประเภทของเมตทริกซ์

	ประเภท	คำอธิบาย
B	การหยั่งน้ำ	ความลึกน้ำและวัตถุ
P	ตำบลที่	ตำแหน่งของวัตถุเหนือเส้นเกณฑ์แผนที่
W	กระแสน้ำ	ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำ
N	ลักษณะพื้นท้องทะเล	ลักษณะของพื้นท้องทะเล

P	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ตำบลที่เหนือเส้นเกณฑ์แผนที่									
a	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ THU (m)	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2
b	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ TVU (m)	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01	
c	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ THU (m)	50	20	10	5	2	1	0.5		

Pb4

รูปที่ ก.1 ตัวอย่างของรหัส Pb4 ซึ่งแสดงถึงค่า TVU ของตำบลที่ของวัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือซึ่งเท่ากับ 0.5 เมตร

ก.2 ตัวอย่างการนำตารางเมทริกซ์ไปใช้ (Example of Matrix Realizations)

ก.2.1 การนำเมตทริกซ์ไปแสดง (Matrix Representations)

เมตทริกซ์นั้นอาจที่จะถูกใช้ในการสื่อสารในหลายรูปแบบ เช่น แผนภาพ, ตาราง และ ตัวอักษร เป็นต้น

ก.2.2 ตารางตัวอย่าง (Table Examples)

ตารางด้านล่างนั้นแสดงตัวอย่างของการระบุข้อกำหนดการสำรวจอุทกศาสตร์ตามชั้นงาน 1 a และข้อกำหนดที่ถูกกำหนดเองนอกเหนือจากชั้นงานในมาตราฐานนี้ ซึ่งในตารางจะระบุถึงค่าที่อ้างอิงจากตารางเมตทริกซ์ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าการทำเช่นนี้อาจจะเป็นประโยชน์ในการระบุข้อกำหนดของการสำรวจ แต่ก็ไม่ได้เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการแสดงข้อกำหนดต่างๆ แต่เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ได้ สำหรับช่องที่ถูกระบายสีนั้นเป็นการแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่าง ชั้นงาน 1 a กับ ชั้นงานที่ถูกกำหนดขึ้นใหม่

B	การหยั่งน้ำ	ค่าชั้นงาน 1a	ช่อง เมตทริกซ์ที่ อ้างอิง	ค่าชั้นงาน ที่กำหนด ใหม่	ช่องเมตทริกซ์ ที่อ้างอิง
a	ความลึกน้ำ THU (m)	5	Ba8	5	Ba8
b	ความลึกน้ำ TVU (% ของความลึกน้ำ)	5	Ba3	5	Ba3
c	ความลึกน้ำ TVU "a"(m)	0.5	Bc8	0	0
d	ความลึกน้ำ TVU "b"(m)	0.013	Bd6	0.01	Bd7
e	การตรวจจับวัตถุ (m)	2(≤40 m)	Be5(≤40 m)	1(≤40 m)	Be6
f	การตรวจจับวัตถุ (% ของความลึกน้ำ)	10(≤40 m)	Bf3(>40 m)	10	Bf3
g	การค้นหาวัตถุ (%)	100	Bg9	100	Bg9
h	ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ (%)	≤ 100	≤ Bh9	100	Bh9
P	**ตำบลที่**				
a	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ THU (m)	2	Ph6	2	Pa6
b	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ TVU (m)	1	Ph3	1	Pb3
c	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ THU (m)	10	Pc3	10	Pc3
d	การเก็บรายละเอียดขอบฝั่ง (THU)	10	Pd2	10	Pd2
e	วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย THU (m)	20	Pe2	5	Pe4
f	วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย TVU (m)	1	Pf3	1	Pf3
g	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือ และหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ THU (m)	5	Pg2	5	Pg2
h	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือ และหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ TVU (m)	1	Ph3	1	Ph3
i	การวัดมุม (องศา)	0.5	Pi4	0.5	Pi4

W	**กระแสน้ำ**				
a	ทิศทางกระแสน้ำ (องศา)	10	Wa1	5	Wa3
b	ความเร็วกระแสน้ำ (น็อต)	0.1	Wb5	0.1	Wb5
N	**ลักษณะพื้นท้องทะเล**				
a	วิธีการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล *Note 2*	0	0	INF w/GT (VIS)&(LAB)	Na7
b	ความถี่ในการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล ประมาณ (m) Note 2	0	0	As Req to GT	Nb1

ก.2.3 ตัวอย่างแบบข้อความ (Text String Examples)

ข้อความข้างล่างนั้นแสดงตัวอย่างของการนำเมตทริกซ์ไปใช้ในรูปแบบของชั้นงาน 1 a และ การสำรวจในเขตน้ำลึกปลอดภัย (Crowd Sourced)

ชั้นงาน 1a

อ้างอิงตามเมตทริกซ์ของมาตราฐาน S-44 ดังนี้

Ba8, Bb3, Bc8, Bd6, Be5 (≤40m), Bf3 (≥40m), Bg9, ≤Bh9, Pa6, Pb3, Pc3, Pd2, Pe2, Pf3, Pg2, Ph3, Pi4, Wa1, Wb5.

ซึ่งสามารถแบ่งตามหัวข้อของงานสำรวจได้ดังนี้

- การหยั่งน้ำ: Ba8, Bb3, Bc8, Bd6, Be5 (≤40m), Bf3 (≥40m), Bg9, ≤Bh9
- วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ: Pa6, Pb3
- วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ: Pc3
- การเก็บรายละเอียดขอบฝั่ง: Pd2
- วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย: Pe2, Pf3
- ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือ และหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ: Pg2, Ph3
- การวัดมุม: Pi4
- กระแสน้ำ: Wa1, Wb5

การสำรวจในเขตน้ำลึกปลอดภัย (Crowd Sourced Dataset)

ชุดข้อมูลการหยั่งน้ำในเขตน้ำลึกปลอดภัยนั้นจะถูกดำเนินการในพื้นที่น้ำลึกด้วยกับระบบหยั่งน้ำแบบลำคลื่นเดียว และไม่มีการปรับแก้ค่าความเร็วเสียงใต้น้ำ การสำรวจในรูปแบบนี้สามารถกำหนดเกณฑ์การสำรวจจากค่า TVU และ THU (ความครอบคลุมนั้นจะไม่ถูกกำหนดเพราะเป็นการสำรวจที่ไม่เป็นรูปแบบ)

อ้างอิงตามเมตทริกซ์ของมาตราฐาน S-44 ดังนี้: Ba3, Bc5, Bd3

อ้างอิง:

สำหรับการใช้ข้อความมาเป็นรูปในการแยกประเภทชุดข้อมูลนั้นควรที่จะมีความต่อเนื่องร่วมกับตัวอ้างอิงที่ชัดเจนกับชั้นงานสำรวจในมาตราฐาน S-44 และ/หรือ เมตทริกซ์ และควรมีการเน้นในรายละเอียดใดๆ ก็ตามที่มีการอ้างอิงตามชั้นงานงานสำรวจตามมาตราฐาน S-44

ตัวอย่าง: “อ้างอิงตามเมตทริกซ์ของมาตราฐาน S-44 ดังนี้: (Ba8, Bb3…)” หรือ “อ้างอิงตามชั้นงานสำรวจและเมตทริกซ์ของมาตราฐาน S-44 ดังนี้: งานชั้นพิเศษ, Ba12” (โดยที่ Ba12 นั้นแสดงถึงค่าตัวแปรที่นอกเหนือจากงานชั้นพิเศษ)

Note: การใช้รูปแบบของข้อความนั้นทำให้มีโอกาศเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนมากว่าในรูปแบบอื่นๆ

7.6 ตารางเมตทริกซ์ (Matrix)

ตารางเมตทริกซ์สำหรับการสำวจอุทกศาสตร์ ให้ศึกษาควบคู่กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องที่ถูกระบุไว้ตามบทต่างๆ m = metrres, ค่าความไม่แน่นอนทั้งหมดคำนวณที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ช่องตารางของงานชั้น 1b

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	การหยั่งน้ำ														
a	ความลึกน้ำ THU (m)	500	200	100	50	20	15	10	5	2	1	0.5	0.35	0.1	0.05
b	ความลึกน้ำ TVU (% ของความลึกน้ำ)	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1						
c	ความลึกน้ำ TVU "a"(m)	100	50	25	10	5	2	1	0.5	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
d	ความลึกน้ำ TVU "b"(m) *Note 1*	0.2	0.1	0.05	0.023	0.02	0.013	0.01	0.0075	0.004	0.002				
e	การตรวจจับวัตถุ (m)	50	20	10	5	2	1	0.75	0.7	0.5	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05
f	การตรวจจับวัตถุ (% ของความลึกน้ำ)	25	20	10	5	3	2	1	0.5	0.25					
g	การค้นหาวัตถุ (%)	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	
h	ความครอบคลุมการหยั่งน้ำ	1	3	5	10	20	30	50	75	100	120	150	200	300	

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P	ตำบลที่เหนือเส้นเกณฑ์แผนที่														
a	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ THU (m)	50	20	10	5	3	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
b	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบประจำที่ที่สำคัญต่อการเดินเรือ TVU (m)	3	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05	0.01						
c	วัตถุและเครื่องหมายช่วยในการเดินเรือแบบลอยน้ำ THU (m)	50	20	10	5	2	1	0.5							
d	การเก็บรายละเอียดขอบฝั่ง (THU)	20	10	5	1	0.5	0.25	0.1							
e	วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย THU (m)	50	20	10	5	2	3	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01		
f	วัตถุที่มีความสำคัญต่อการเดินเรือน้อย TVU (m)	3	2	1	0.5	0.3	0.25	0.1	0.05	0.01					
g	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือและหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ THU (m)	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01					
h	ระยะปลอดภัยเหนือเสากระโดงเรือและหลักนำ, ความสูงของย่านไฟ TVU (m)	3	2	1	0.5	0.3	0.1	0.05	0.01						
i	การวัดมุม (องศา)	5	2.5	1	0.5	0.2	0.1	0.05							

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
W	การหยั่งน้ำ														
a	ทิศทางกระแสน้ำ (องศา)	10	7.5	5	2.5	1	0.5	0.25	0.1						
b	ความเร็วกระแสน้ำ (น็อต)	2	1	0.5	0.25	0.1									

	หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	การหยั่งน้ำ														
a	วิธีการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล *Note 2*	PHY-VIS	PHY-LAB	PHY-VIS&LAB	INF	INF w/GT (VIS)	INF w/GT (LAB)	INF w/GT (VIS)&(LAB)							
b	ความถี่ในการเก็บตัวอย่างพื้นท้องทะเล ประมาณ (m) Note 2	As Req to GT	10000	5000	2500	1852	1000	500	250	100	75	50	25	10	5

Note 1: *ในการใช้ตัวแปร "b" ในรูปแบบเปอร์เซ็นของความลึกให้คูณด้วย 100*

Note 2: *PHY = การเก็บตัวอย่างแบบกายภาพ, VIS = ด้วยการสังเกตุ, LAB = การวิเคราะห์ในห้องทดลอง, INF = ด้วยเทคนิคการอนุมานจากอุปกรณ์ตรวจจับ, w/ = ร่วมกับ, GT = การเก็บตัวอย่างจริง As Req to GT = ตามที่ต้องการตัวอย่างพื้นท้องทะเลจริงตามแต่ละเทคนิค (ศึกษาเพิ่มได้ที่ บทที่ 3.8)*

ภาคผนวก ข

แนวทางการจัดการคุณภาพ (Guideline for Quality Management)

Note: ภาคผนวกนี้ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของมาตราฐาน S-44 และจะถูกนำออกจากมาตราฐานนี้และจะไปอยู่ในบรรณาสาร C-13 คู่มือการสำรวจอุทกศาสตร์ (IHO Publication C-13, Manual on Hydrography.)

การควบคุมคุณภาพ: ขั้นตอนการประเมินคุณภาพเพื่อคงไว้ซึ่งมาตราฐานของผลิตภัณฑ์โดยการตรวจสอบผลที่ได้เปรียบเทียบกับข้อกำหนดในมาตราฐาน

ข.1 การควบคุมคุณภาพ (Quality Control)

ในการควบคุมคุณภาพนั้นเป็นมากกว่าแค่เพียงการพิสูจน์ว่าผลลัพธ์ของการสำรวจนั้นสามารถผ่านมาตราฐานขั้นต่ำของ S-44 แต่ทว่าเพื่อที่จะบรรลุเป้าหมายของการควบคุมคุณภาพนั้นองค์ประกอบสำคัญสามอย่างที่มีผลกระทบนั้นคือ อุปกรณ์, ขั้นตอน, และ องค์บุคคล ทั้งนี้การควบคุมคุณภาพนั้นมีความสำคัญต่องานสำรวจอุทกศาสตร์ทุกงาน และการควบคุมคุณภาพนั้นไม่ใช้เป็นเพียงแค่ตัวเลขและ การคำนวณ แต่ทว่าเป็นการพิจารณาทุกๆ องค์ประกอบของการสำรวจ

ข.2 อุปกรณ์ (Equipment)

อุปกรณ์สำรวจนั้นต้องมีความสามารถที่จะเก็บข้อมูลที่เป็นไปตามมาตราฐาน โดยที่ค่า TPU ของอุปกรณ์และค่าแก้ต่างๆ ต้องถูกคำนวณและพิจารณา รวมทั้งอิทธิพลต่างๆ ของสภาพแวดล้อมขณะทำการสำรวจทั้งในส่วนของเชิงพื้นที่และเชิงของเวลาก็ต้องถูกนำมาพิจารณาด้วยในการคำนวณค่า TPU ทั้งนี้เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าอุปกรณ์สำรวจนั้นสามารถเก็บข้อมูลได้เป็นไปตามมาตราฐานหรือไม่นั้น ก่อนการสำรวจควรที่จะมีการคำควณค่า TPU ถ้าในกรณีที่ค่าความไม่แน่นอนไม่สามารถถูกคำนวณก่อนการสำรวจ ก็ควรมีวิธีการอื่นๆ ในการตรวจสอบว่าอุปกรณ์สำรวจนั้นจะสามารถนำไปสำรวจแล้วผ่านมาตราฐานได้

สำหรับอุปกรณ์สำรวจนั้นควรที่จะไม่มีค่าความผิดผลาดที่เป็นรูปแบบ (systematic errors) ซึ่งต้องถูกคำนวณหาจากการปรับแก้อุปกรณ์สำรวจ (calibration)

การใช้อุปกรณ์สำรวจที่ได้รับการปรับแก้แล้ว นั้นสามารถที่ทำให้เชื่อได้ว่าข้อมูลที่ได้นั้นจะสามารถผ่านมาตราฐาน แต่อย่างไรก็ตามก็ควรที่จะมีการตรวจสอบระบบสำรวจในสถาณการณ์สำรวจจริง ทั้งก่อนการสำรวจและทุกๆ ครั้งที่มีความสงสัยว่าจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

ข.3 ขั้นตอน (Procedures)

การเก็บข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลทางอุทกศาสตร์ด้วยขั้นตอนที่เป็นมาตราฐานสามารถลดโอกาสการเกิดความผิดพลาด อีกทั้งควรมีการตรวจสอบความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในช่วงต้นกระบวณการณ์สำรวจเพราะความผิดเหล่านี้ไม่สามารถที่จะมาถูกตรวจพบได้ในภายหลัง

ขั้นตอนต่างๆ นั้นอาจที่จะถูกออกแบบให้คลอบคลุมทุกองค์ประกอบของการสำรวจ โดยที่สามารถถูกใช้ในรูปแบบของรูปเล่มและข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตราฐาน ทั้งนี้การตรวจสอบคุณภาพก่อนการสำรวจจำเป็นต้องถูกดำเนินการเสมอ

ข.4 องค์บุคคล (Personnel)

งานสำรวจอุทกศสตร์ในทุกๆ งาน ต้องถูกดำเนินการโดยบุคลากรที่ได้รับมาตราฐาน ซึ่งต้องได้รับการฝึกอบรมและมีความสามารถ โดยที่หลักสูตรนักสำรวจอุทกศาสตร์ที่เป็นทางการ เช่น CAT A และ B อย่างไรก็ตามการสำเร็จหลักสูตรนักสำรวจอุทกศาสตร์อย่างเดียวนั้นอาจไม่เพียงพอ เพราะประสบการณ์สำรวจก็เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญ ทั้งนี้ผู้ที่สำเร็จหลักสูตรสำรวจอุทกศาสตร์และมีประสบการณ์ในการสำรวจควรที่จะถูกพิจารณาให้เป็นผู้ดำเนินงานสำรวจ

ภาคผนวก ค

แนวทางในการควบคุมคุณภาพก่อนและหลังการสำรวจ (Guidance for a priori and a posteriori Quality Control)

Note: ภาคผนวกนี้ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของมาตราฐาน S-44 และจะถูกนำออกจากมาตราฐานนี้และจะไปอยู่ในบรรณาสาร C-13 คู่มือการสำรวจอุทกศาสตร์ (IHO Publication C-13, Manual on Hydrography.)

มาตราฐาน S-44 ได้กล่าวถึงถึงมาตฐานที่มีคุณภาพสำหรับผลลัพท์ทั้งก่อนและหลังการสำรวจ สำหรับคำแนะนำในภาคผนวกนี้จะเป็นบทสรุปของวิธีการกำหนดค่าความไม่แน่นอนสำหรับก่อนและหลังการสำรวจ ในการกำหนดค่าความไม่แน่นอนนั้นมีความสำคัญในทุกๆ เทคทิคของการสำรวจอุทกศาสตร์ ทั้งนี้วิธีการกำหนดความไม่แน่นอนในการสำรวจนั้นอาจที่จะแต่ต่างกันไปตามแต่ละเทคนิคการสำรวจ

ค.1 ความไม่แน่นอนก่อนการสำรวจ (A Priori Uncertainty)

ความไม่แน่นอนก่อนการสำรวจนั้นเป็นค่าทางทฤษฎีโดยอ้างอิงจากการประเมินของแนวปฏิบัติที่ดี (best practice estimations) ของปัจจัยทั้งหมดที่มีผลกระทบต่อการตรวจวัด โดยที่อุปกรณ์สำรวจที่ถูกใช้และผลกระทบจากสภาพแวดล้อมต้องถูกนำเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของการคำนวณหาค่าความไม่แน่นอน ทั้งนี้การคำนวณค่า THU และ TVU ก่อนการสำรวจนั้นจะเป็นการทำให้นักสำรวจอุทกศาสตร์ได้ทราบว่าอุปกรณ์สำรวจที่ถูกเลือกมานั้นสามารถที่จะเก็บข้อมูลสำรวจให้เป็นไปตามมาตราฐานที่กำหนดไว้ภายใต้ผลกระทบของสภาพแวดล้อมในพื้นที่สำรวจได้หรือไม่ ถ้าหากข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบไม่ผ่านมาตราฐาน อุปกรณ์สำรวจที่ดีกว่าหรือวิธีการสำรวจที่เหมาะสมกว่าอาจจะถูกพิจารณาใช้ในการสำรวจตามแต่ละลักษณะของสภาพแวดล้อม

ในระหว่างการสำรวจ การประเมินความไม่แน่นอนของอุปกรณ์สำรวจและสภาพแวดล้อมควรที่จะถูกปรับแต่งและประเมินผลอยู่ตลอด ทั้งนี้ภายใต้การปรับแต่งดังกล่าว ความไม่แน่นอนก่อนการสำรวจจะถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น

ค.2 ความไม่แน่นอนหลังการสำรวจ (A Posteriori Uncertainty)

โดยหลักการแล้ว นักสำรวจอุทกศาสตร์จะให้ความสนใจกับการหาความไม่แน่นอนหลังการสำรวจมากที่สุด

นอกเหนือจากในทฤษฎีแล้ว มันเป็นไปไม่ได้ที่จะกำหนดหาความไม่แน่นอนหลังการสำรวจจากชุดข้อมูลที่ได้มา ถึงแม้ว่าชุดข้อมูลที่ได้จากการสำรวจคือผลลัพท์สุดท้ายและรวมเอาไว้ซึ่งความผิดพลาดทั้งหมดของทุกๆ

กระบวณการสำรวจ แต่มันเป็นไปไม่ได้ที่จะคำนวณความไม่แน่นอนหลังการสำรวจจากชุดข้อมูล อย่างไรก็ตาม มันก็มีเทคนิคและขั้นตอนมากมายที่สามารถใช้พิสูจน์ว่าชุดข้อมูลนั้นสามารถเชื่อถือได้ แต่กระนั้น ไม่มีเครื่องมือใดๆ ที่สามารถคำนวณหาความไม่แน่นอนหลังการสำรวจที่เป็นที่รู้จักอย่างชัดเจน

ทั้งนี้สิ่งที่ควรกระทำเป็นอันดับต้นๆ คือการตรวจสอบความสามารถของระบบสำรวจในภาพรวมเพื่อที่จะสร้างความมั่นใจได้ว่าค่า THU, TVU และ การตรวจจับวัตถุ นั้นเป็นไปตามชั้นงานสำรวจที่ถูกกำหนด โดยที่การตรวจสอบนั้นควรที่จะถูกดำเนินการในพื้นที่ที่ทราบความลึกน้ำและลักษณะรูปร่างของพื้นท้องทะเลที่แน่นอนเพื่อเป็นการลดความผิดพลาดในการวัดค่าแก้ในแนวดิ่ง ทั้งนี้การสำรวจพื้นที่อ้างอิงดังกล่าวควรถูกกระทำอย่างสม่ำเสมอ

ในระหว่างการสำรวจ การพิจารณาความถูกต้องของระดับอ้างอิงในแนวดิ่งควรที่จะถูกยืนยันโดย การประเมินระบบสำรวจทั้งในรูปแบบของเชิงพื้นที่และเชิงเวลาอย่างต่อเนื่อง

ภาคผนวก ง

การพิจารณาการหาความลึกน้ำแบบกริด

Grided Bathymetry Considerations

Note: ภาคผนวกนี้ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของมาตราฐาน S-44 และจะถูกนำออกจากมาตราฐานนี้และจะไปอยู่ในบรรณาสาร C-13 คู่มือการสำรวจอุทกศาสตร์ (IHO Publication C-13, Manual on Hydrography.)

อ้างอิง: เนื้อหาจากเอกสารอ้างอิงดังต่อไปนี้ได้ถูกนำมาแต่งเป็นภาคผนวกนี้

IHO S-100, The Universal Hydrographic Data Model – Edition 3.0.0

IHO S-102, Bathymetric Surface Product Specification – Edition 1.0.0

IHO B-11, IHO-IOC GEBCO Cook Book – September 2018

ISO 19107:2003 Geographic Information - Spatial Schema

ISO 19115:2003 Geographic Information - Metadata

ISO 19123:2005 Geographic Information - Schema for Coverage Geometry and Functions Open Navigation Surface Working Group, Requirements Document – Version 1.0

Open Navigation Surface Working Group, Format Specification Document - Description of Bathymetric Attributed Grid Object (BAG) - Version 1.6.3

Open Navigation Surface Working Group, A Variable Resolution Grid Extension for BAG Files – Version 1.2

Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM User's Manual – 3rd Edition

GEBCO – Frequently Asked Questions:

https://www.gebco.net/about_us/faq/#creating_a_bathy_grid

ง.1 บทนำ (Introduction)

ตามที่ความหนาแน่นของข้อมูลตัวอย่างที่ได้จากอุปกรณ์สำรวจอุทกศาสตร์นั้นเพิ่มขึ้น ดังนั้นวิธีการแสดงรูปลักษณะของพื้นท้องทะเลก็ถูกเปลี่ยนแปลงจากผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของเวกเตอร์ (Vector-based products) เช่น เลขน้ำและเส้นความลึกเท่าที่ถูกคัดเลือกแล้ว ไปเป็นรูปแบบของ แบบจำลองข้อมูลความลึกน้ำ (Bathymetric models) ซึ่งผลลัพท์ที่ได้จากการสำรวจอุทกศาสตร์นั้นจะถูกจัดเก็บในกริดดิจิตอลหรือชุดของกริดที่ความละเอียดแตกต่างกัน โดยที่กริดเหล่านี้บ่อยครั้งที่รวมไปด้วยค่าโหนด (Node values) ของทั้งความลึกน้ำและค่าความไม่แน่นอน และอาจที่มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกระจายส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของข้อมูลตัวอย่าง, ความหนาแน่นของตัวอย่าง, ค่าความลึกที่ตื้นที่สุดในในกริดที่ใกล้เคียง, และแม้แต่ข้อมูลที่เกี่ยวกับมูลฐานทางดิ่งและมูลฐานทางระดับ สำหรับหน่วยงานอุทกศาสตร์หลายๆ หน่วยงานนั้น กระบวณการผลิตผลิตภัณฑ์ ณ ปัจจุบัน ได้มุ่งเน้นไปยังแบบจำลองความลึกน้ำในรูปแบบกริด ที่ถูกนำมาเป็นแหล่งที่มาของข้อมูลแทนที่จะเป็นในรูปแบบของข้อมูลเลขน้ำแบบเต็มรูปแบบ โดยที่การใช้ประโยชน์ของข้อมูลความลึกน้ำในรูปแบบกริดนั้นสามารถที่จะลดเวลาในการผลิตเพราะข้อมูลรูปแบบนี้ได้ถูกจัดเตรียมไว้ซึ่งระดับของข้อมูลในรูปแบบของการให้น้ำหนักข้อมูลและรูปแบบชุดข้อมูลดิจิตอล

อีกทั้งแบบจำลองข้อมูลความลึกน้ำแบบกริดนั้นได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในระดับเล็ก เช่น การแบ่งย่านของพื้นท้องทะเล ในหลายๆ ตัวอย่าง กริดเหล่านี้เป็นการรวมกันของข้อมูลตัวอย่างที่ตรวจวัด, ข้อมูลกริดสำรวจ, ข้อมูลโดยประมาณ และข้อมูลที่ถูกแทรกเสริม ทั้งนี้ภาคผนวกนี้จะไม่ระบุถึงที่มาของการพิจารณาสำหรับประเภทของการรวบรวมของกริด ตามที่ข้อมูลห้วข้อนี้ถูกระบุไว้ใน the Joint IHO-IOC Committee for the General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO)

ง.2 ความหมาย (Definitions)

ตัวแทนพื้นที่ (Area Representation): ตัวแทนของข้อมูลกริดที่ทั้งเซลล์นั้นถูกสันนิษฐานว่ามีค่าเท่ากัน และการเปลี่ยนแปลงนั้นปรากฏณ์เพียงแค่ขอบเขตของเซลล์ต่างๆ (The DEM User's Manual)

แบบจำลองข้อมูลความลึกน้ำ (Bathymetric Model): ตัวแทนในรูปแบบดิจิตอลของรูปลักษณะของพื้นท้องทะเลในรูปแบบของค่าพิกัดและความลึกน้ำ

กริด (Grid): เครือข่ายที่ประกอบไปด้วยสองหรือมากกว่าของชุดเส้นโค้งที่สมาชิกของแต่ละชุดตัดกับสมาชิกของชุดอื่นๆ อย่างเป็นรูปแบบ (ISO 19123)

กริดเซลล์ (Grid Cell): พื้นที่ที่ถูกกำหนดไว้ในช่องระหว่างเส้นกริด (ISO 19123)

Grid Line Registration: วิธีการกำหนดกริดโดยที่กริดโหนดนั้นถูกทำให้เป็นศูนย์กลางของการตัดกันของเส้นกริด (GEBCO)

กริดโหนด (Gride Node): จุดของข้อมูลของพื้นที่ที่แน่นอนที่ถูกอ้างอิงโดยความหมายและการกำหนดโดยที่ค่าที่อยู่ภายในกริดนั้นจะอธิบายข้อมูลที่ถูกเลือกที่พื้นที่นั้น (ONSWG)

ช่องว่างของข้อมูลหยั่งน้ำ (Holiday): พื้นที่ที่ตกสำรวจโดยไม่เจตนาภายในการสำรวจอุทกศาสตร์ที่ระยะห่างระหว่างแนวสำรวจหยั่งน้ำเกินขอบเขตที่ยอมรับได้ (IHO Dictionary S-32)

การกำหนดจุดศูนย์กลางของกริด (Pixel Centred Registration): วิธีการกำหนดที่กริดโหนดเป็นจุดศูนย์กลางของเซลล์ (GEBCO)

ตัวแทนของพื้นผิว (Surface Representation): ตัวแทนของข้อมูลกริดที่กริดโหนดแสดงถึงค่าพื้นผิวที่จุดศูนย์กลางเรขาคณิตของแต่ละเซลล์ โดยที่พื้นที่ระหว่างศูนย์กลางเซลล์ถูกสันนิษฐานว่าเป็นค่าระหว่างเซลล์ที่อยู่รอบข้าง (The DEM User's Manual)

ง.3 การพิจารณากริด (Grid Considerations)

ง.3.1 ความละเอียดของกริด (Grid Resolution)

แบบจำลองข้อมูลความลึกแบบกริดโดยปกติจะถูกสร้างขึ้นโดยใช้ความละเอียดแบบคงที่ต่อความลึกที่ถูกกำหนด โดยที่การอนุโลมได้เกินขึ้นบ่อยครั้งเมื่อการเลือกความละเอียดแบบคงที่ต่อความลึกที่ถูกให้ไว้ ในกรณีที่ความละเอียดของกริดนั้นไม่สามารถที่จะถูกเลือกในพื้นที่ที่มีทั้งค่าความลึกน้ำที่ลึกที่สุดและตื้นที่สุดอยู่ในกริดเดียวกัน

นอกเหนือจากการกำหนดความละเอียดแบบคงที่ต่อความลึกแล้ว ความพยายามล่าสุดของการประมวลผลข้อมูลอุทกศาสตร์ได้มีการสร้างแบบจำลองข้อมูลอุทกศาสตร์แบบกริดที่มีความละเอียดหลากหลาย แบบจำลองนี้สามารถที่จะถูกสร้างโดยใช้ความละเอียดแบบคงที่ต่อความลึกที่ถูกกำหนด หรือวิธีการแบบอัตโนมัติโดยอ้างอิงความลึกและความหนาแน่นของข้อมูล

เมื่อข้อกำหนดของการสำรวจนั้นเพื่อเป็นการตรวจจับวัตถุตามขนาดที่กำหนด ดังนั้นการกำหนดขนาดของกริดเซลล์จะต้องไม่ใหญ่เกินกว่าขนาดของวัตถุที่กำหนดให้ถูกตรวจจับได้ อีกทั้งการกำหนดขนาดของเซลล์นั้นได้ถูกแนะนำให้เป็นครึ่งหนึ่งของขนาดของวัตถุ

ความละเอียดของกริดนั้นควรที่จะถูกเลือกเพื่อที่จะพิจารณาค่าความไม่แน่นอนในแนวระดับ ที่ถูกทำให้สำเร็จของตัวอย่างและวิธีการสำหรับค่าความไม่แน่นอนว่าค่าความไม่แน่นอนค่าไหน ที่จะถูกใช้ในการกำหนดวิธีการเลือกกริด

ความละเอียดของกริดควรที่จะถูกกำหนดตามจุดประสงค์ของการนำไปใช้ของกริด ดังนั้นการสำรวจนั้นอาจที่จะต้องการความละเอียดของกริดที่แตกต่างกันเพื่อให้เหมาะสมกับจุดประสงค์นั้นๆ

ง.3.2 ความหนาแน่นของตัวอย่าง (Sample Density)

หนึ่งในหน้าที่ของหน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่รับผิดชอบที่จะต้องกำหนดความความแน่นของข้อมูลที่ยอมรับได้ซึ่งเหมาะสมต่อความถูกต้องการแสดงวัตถุใต้ท้องทะเลที่มีความสำคัญ และ การประมาณการความเชื่อมันของความลึกน้ำของกริดโหนด โดยที่ไม่เป็นการทำให้เกิดช่องว่างของข้อมูลหยั่งน้ำ การกำหนดลักษณะนี้นั้นมีความจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจ จับวัตถุโดยนักสำรวจก่อนการสำรวจ รวมถึงต้องมีการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ อย่างเหมาะสมอีกด้วย

ถ้าวิธีการกำหนดกริดทางสถิตินั้นถูกนำไปใช้แล้ว ความหนาแน่นของข้อมูลที่ยอมรับได้ควรที่จะถูกกำหนดในขอบเขตขั้นต่ำของตัวอย่างที่ยอมรับได้ต่อพื้นที่ เช่น มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ตัวอย่างต่อโหนด อีกทั้งการกำหนดความหนาแน่นของข้อมูลควรที่จะอธิบายเปอร์เซ็นของโหนดในภายในกริดที่ต้องถูกทำให้สำเร็จตามความหนาแน่นที่กำหนด เช่น อย่างน้อย 95% ของโหนดทั้งหมดภายในกริด ต้องมีความหนาแน่นตามที่กำหนด

ง.3.3 ความครอบคลุมของกริด (Grid Coverage)

ในการกำหนดช่องว่างของข้อมูลความลึกน้ำ (Data Gap or Holiday) นั้นเป็นความรับผิดชอบของหน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่รับผิดชอบ ในการกำหนดนั้นควรที่จะเป็นการระบุพื้นที่ของพื้นท้องทะเลโดยจำนวนของโหนดที่ต่อเนื่องที่ไม่มีค่าความลึกน้ำ

เมื่อแบบจำลองข้อมูลความลึกน้ำแบบกริดถูกสร้างขึ้นโดยความละเอียดแบบคงที่ต่อย่านความลึกที่ถูกกำหนด การเหลื่อมทับกันระหว่างกริดที่อยู่ติดกันนั้นควรที่จะเหมาะสมเพื่อให้มั่นใจได้ว่าไม่มีช่องว่างของข้อมูลความลึกน้ำในระหว่างกริด

ง.3.4 การข้ามกริดโหนด (Hydrographer Overrides to Grid Nodes)

เมื่อวิธีการสร้างกริดเป็นแบบวิธีทางสถิติแล้ว มันเป็นไปได้ว่าจุดตื้นสุดของวัตถุที่สนใจอาจที่จะถูกลบออก

ซึ่งในโปรแกรมประมวลผลข้อมูลสำรวจนั้นสามารถที่จะกำหนดให้โปรแกรมทำการข้ามการลบกริดโหนดที่สำคัญ ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของหน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ที่จะต้องกำหนดขอบเขตความเหมาะสมในการข้ามกริดโหนด โดยที่ขอบเขตบางขอบเขตนั้นอ้างอิงตามพื้นฐานของค่าความไม่แน่นอน เช่น จะข้ามค่าความลึกของโหนดที่สำคัญทางสถิติเมื่อความแตกต่างระหว่างค่าของโหนดและตัวอย่างของที่ตื้นที่ใกล้ที่สุดเกินค่า TVU ที่อนุญาตที่โหนดของความลึกนั้น บางขอบเขตอาจที่จะเป็นการกำหนดโดยมาตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ชุดของข้อมูลถูกสำรวจเพื่อที่จะผลิต ทั้งนี้รายละเอียดของการเลือกวัตถุและวิธีการข้ามโหนดควรที่จะสอดคล้องกับแบบจำลองข้อมูลความลึกแบบกริด เพื่อที่จะให้ผู้ใช้งานนั้นสามารถที่จะกำหนดว่าผลิตภัณฑ์นั้นเหมาะสมกับวัตถุประสงค์การนำไปใช้หรือไม่

ง.4 วิธีการสร้างกริด (Gridding Methods)

วิธีการสร้างกริดนั้นมีหลายวิธีโดยคำนึงการกระจายและความหนาแน่นของชุดข้อมูล ซึ่งหน่วยงานอุทกศาสตร์หรือหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่นั้นมีความรับผิดชอบในการกำหนดวิธีการที่เหมาะสมสำหรับจุดประสงค์ของการนำไปใช้ของผลลัพท์ การกำหนดดังกล่าวนั้นควรที่จะพิจารณาถึงประโยชน์ของการนำไปใช้ของกระบวณการสร้างกริดในโปรแกรมที่ถูกเลือก อีกทั้งการกำหนดที่ว่านั้นควรที่จะพิจารณาวิธีการของการแสดงกริดโหนดอีกด้วย

ตัวอย่างข้างล่างนั้นเป็นวิธีการสร้างกริดที่ถูกใช้ทั่วไปกับชุดข้อมูลความลึกน้ำแบบกริด

- **The Shoalest Depth Method** เป็นวิธีการที่เลือกเอาค่าที่ตื้นที่สุดภายในกริดที่กำหนดมาเป็นตัวแทนของความลึกของกริดนั้น ดังนั้นพื้นผิวของกริดดังกล่าวจะแสดงถึงความลึกที่ตื้นที่สุดของพื้นที่ที่กำหนด รูปแบบของการใช้ค่าที่ตื้นที่สุดถูกนำมาใช้บ่อยครั้งเพื่อความปลอดภัยของการเดินเรือ

- **The Deepest Depth Method** เป็นวิธีการที่เลือกเอาค่าที่ลึกที่สุดภายในกริดที่กำหนดมาเป็นตัวแทนของความลึกของกริดนั้น ดังนั้นพื้นผิวของกริดดังกล่าวจะแสดงถึงความลึกที่ลึกที่สุดของพื้นที่ที่กำหนด รูปแบบของการใช้ค่าที่ลึกที่สุดถูกนำมาใช้บ่อยครั้งเพื่อการระบุถึงความผิดปกติของชุดข้อมูล

- **The Basic Mean Method** เป็นวิธีการที่ใช้การคำนวณความลึกเฉลี่ยของแต่ละกริดโหนดจากความลึกทั้งหมดภายในเซลล์โดยให้น้ำหนักที่เท่ากัน

- **The Total Propagated Uncertainty (TPU) Weighted Mean Method** เป็นการใช้ค่า TPU ของแต่ละความลึกประเมินเพื่อคำนวณความลึกเฉลี่ยที่ถูกให้น้ำหนักของแต่ละตำแหน่งของโหนด

- **The Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator (CUBE)** เป็นการใช้กระบวณการของคำนวณค่า TPU ของแต่ละค่าความลึกมาคำนวณตามข้อสมมุติฐานต่างๆ ของพื้นที่ที่สนใจ ผลลัพท์ที่ได้จากข้อสมมุติฐานนั้นจะถูกใช้ในการประเมินความลึกที่เป็นตัวแทนทางสถิติของแต่ละตำแหน่งของโหนด

- **The Nearest Neighbour Method** เป็นการระบุค่าความลึกของความลึกที่ใกล้ที่สุดจากระยะทางของจุดโหนดภายในพื้นที่ที่สนใจ วิธีการนี้จะไม่พิจารณาค่าจากจุดอื่นๆ ข้างเคียง

- **The Natural Neighbour Interpolation Method** เป็นการระบุและการให้น้ำหนักของตัวอย่างข้อมูลภายในพื้นที่ที่สนใจเพื่อที่จะทำการ interpolate ค่าของโหนด

- **The Polynomial Tendency Gridding Method** เป็นวิธีการที่พยายามที่สร้างพื้นผิวที่ลงตัวมากที่สุดของชุดข้อมูลโดยใช้แนวโน้มของโพลิโนเมียว วิธีการนี้สามารถที่จะแสดงถึงแนวโน้มภายในพื้นที่มีข้อมูลน้อยหรือไม่มีข้อมูล แต่จะไม่เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูลที่ไม่สามารถหาแนวโน้มได้

- **The Spline Gridding Method** เป็นวิธีการประมาณโหนดของความลึกโดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะลดความโค้งของพื้นผิวในภาพรวม ดังนั้นผลลัพท์ที่ได้จะเป็นพื้นผิวที่มีความโค้งผ่านจุดของโหนด ซึ่งกระบวณการ Spile นั้นจะพิจารณาการกระจายของวิธีการสร้างกริดของข้อมูล

- **The Kriging Gridding Method** เป็นวิธีการ interpolation แบบภูมิสถิติที่สร้างพื้นผิวจากชุดข้อมูลความลึกน้ำที่รู้ค่าที่ถูกกระจาย

ง.5 ความไม่แน่นอนของกริด (Grid Uncertainty)

ความไม่แน่นนอนที่อยู่ในแบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดนั้นสามารถที่ถูกอธิบายโดยใช้วิธีการที่หลากหลายซึ่งอาจที่จะเป็นวิธีดังต่อไปนี้

Raw Standard Deviation เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของตัวอย่างข้อมูลที่กระจายไปยังโหนด

Standard Deviation Estimator เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของตัวอย่างข้อมูลที่ใช้กระบวณการทางสมมุติฐานมาเกี่ยวข้อง เช่น CUBE’s standard output of uncertainty

Product Uncertainty เป็นการผสมกันของความไม่แน่นอนแบบ Standard Deviation Estimator และการตรวจวัดอื่นๆ ซึ่งอาจที่จะรวมไปถึง Raw Standard Deviation, และค่าความไม่แน่นอนเฉลี่ยในแนวดิ่งจากตัวอย่างข้อมูลย่อยที่ถูกใช้ในการสร้างสมมุติฐานที่เป็นตัวแทนของโหนด

Historical Standard Deviation เป็นค่าความเบี่ยงเบนมาตราฐานโดยประมาณที่อ้างอิงจากข้อมูลในอดีตหรือข้อมูลที่ถูกทำให้สำเร็จ

ในกรณีที่มีการใช้ประเภทของค่าความไม่แน่นอนที่เฉพาะเจาะจง วิธีการประมาณการค่าความไม่แน่นอนนั้นควรที่จะถูกระบุไว้อรรถาธิบายของกริดนั้น

ประเภทของค่าความไม่แน่นอนที่ระบุข้างบนนั้นอธิบายถึงค่าความไม่แน่นอนในแนวดิ่งของความลึกน้ำในแต่ละโหนด โดยที่ผลลัพท์ของกริดอาจที่จะแสดงค่าความไม่แน่นอนที่ที่เกินกว่าที่คาดการถ้าความละเอียดของกริดนั้นถูกเลือกใช้อย่างไม่เหมาะสม เช่น ค่าความไม่แน่นอนของโหนดอาจที่จะมากกว่าที่คาดการไว้ในบริเวณพื้นที่ชันมาก

ในกรณีที่มีความต้องการก็สามารถที่นำเอาค่าความไม่แน่นอนในแนวระดับมาคำนวณร่วมด้วย โดยการคำนวณพื้นฐานหรือการใช้ค่าเฉลี่ยของการให้น้ำหนักตามระยะทางของค่าความไม่แน่นอนในแนวระดับจากตัวอย่างข้อมูลที่จะใช้สร้างกริดโหนด

ง.6 การนำไปใช้ประโยชน์ (Applicability)

แบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดเป็นผลิตภัณฑ์ทั่วไปของการสำรวจอุทกศาสตร์ อย่างไรก็ตามแบบจำลองนั้นสามารถที่จะเป็นประโยชน์ตั้งแต่ก่อนชุดข้อมูลสำรวจจะถูกทำให้เสร็จสิ้นกระบวณการณ์เพราะข้อมูลเหล่านี้สามารถที่จะถูกใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของความต้องการของการสำรวจทั้งระหว่างการสำรวจและการประเมินความถูกต้องของชุดข้อมูลระหว่างการประเมินความถูกต้อง

ง.6.1 การเก็บข้อมูลสำรวจ (Survey Data Collection)

แบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดสามารถที่จะจัดเตรียมไว้ซึ่งข้อมูลที่มีค่าในส่วนของความหนาแน่นของตัวอย่างข้อมูลความลึกและการพิสูจณ์ทราบของวัตถุใต้ท้องทะเลที่สำคัญ แบบจำลองนี้ยังสามารถที่ใช้ในการประเมินว่าการตรวจับวัตถุใต้ท้องทะเลแบบเต็มพื้นที่นั้นถูกทำให้สำเร็จและมีช่องว่างของข้อมูลหยั่งน้ำหรือไม่ การควบคุมและติดตามสิ่งเหล่านี้ระหว่างการสำรวจนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับความสมบูรณ์ของข้อมูลสำรวจก่อนที่จะออกจากพื้นที่สำรวจ

ง.6.2 ความถูกต้องของข้อมูลสำรวจ (Survey Data Validation)

แบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดสามารถที่จะถูกใช้เป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความคงที่ของข้อมูลความลึกน้ำในการสำรวจ และยังสามารถใช้เพื่อแสดงความผิดพลาดของชุดข้อมูลทั้งแบบเป็นระบบ

และแบบสุ่ม แบบจำลองเหล่านี้ยังสามารถที่จะนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบกันระหว่างข้อมูลสำรวจและการเปรียบเทียบกันระหว่างอุปรณ์สำรวจ ทั้งนี้การเปรียบเทียบกันระหว่างข้อมูลกริดความละเอียดสูงกับข้อมูลจุดอื่นๆ สามารถที่จะเป็นการจัดเตรียมข้อมูลทางสถิติของความแตกต่างและเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในอนาคต การเปรียบเทียบความลึกแบบกริดและความไม่แน่นอนของโหนดที่เกี่ยวข้องนั้นเป็นวิธีการทั่งไปในการกำหนดว่าข้อมูลสำรวจนั้นสอดคล้องกับขอบเขตของค่าความไม่แน่นอนที่ต้องการหรือไม่

ง.6.3 การส่งมอบข้อมูลสำรวจ (Survey Data Deliverable)

แบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดที่ระบุถึงข้อมูลการสำรวจ, รายงานการสำรวจ และอรรถาธิบายข้อมูลนั้นเพียงพอที่จะนำไปใช้สำหรับป็นผลลัพท์และข้อมูลสำรวจที่ส่งมอบ ทั้งนี้แบบจำลองกริดยังถูกนำไปสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อสนับสนุนความปลอดภัยในการเดินเรือและการป้องกันสภาพแวดล้อมทางทะเล

ง.7 อรรถาธิบายข้อมูล (Metadata)

เพื่อสร้างความมั่นใจว่าแบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดนั้นเข้ากันได้กับจุดประสงค์ของความปลอดภัยในการเดินเรือนั้น ระดับที่เหมาะสมของการอธิบายของอรรถาธิบายข้อมูลนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งสามารถที่จะไปหาข้อมูลได้จาก IHO S-102 the Bathymetric Surface Product Specification ที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของอรรถาธิบายข้อมูลที่ได้มาจาก S-100 และ ISO 19115 และ ISO 19115-2 ทั้งนี้องค์ประกอบที่อธิบายไว้ใน S-102 นั้นรวมไปถึง อรรถาธิบายข้อมูล, และส่วนอื่นๆ โดยที่อรรถาธิบายโดยสรุปของแบบจำลองความลึกน้ำแบบกริดจะรวมไปด้วยการอธิบายชุดข้อมูล, ประเภทของค่าแก้ของความลึก, ประเภทความไม่แน่นอน, ข้อมูลของระบบพิกัดและกริดที่อ้างอิง, วิธีการสร้างกริด, ผู้รับผิดชอบในกาสร้างผลิตภัณฑ์

ผู้บริหารของทีมงานโครงการสำรวจอุทกศาสตร์ Christophe VRIGNAUD (France, Shom) สนับสนุนโดย the Vice-Chair Nickolás DE ANDRADE ROSCHER (Brazil, DHN) และ เลขาธิการของ IHO ขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมดังต่อไปนี้

Sejin AHN, Republic of Korea (KHRA)

Anderson BARBOSA DA CRUZ PEÇANHA, Brazil (DHN)

Erik BISCOTTI, Italy (IIM)

Vidar BØE, Norway (NHS)

James CHAPMAN, UK (UKHO)

Andrew COULLS, Australia (AHO)

Rodrigo DE CAMPOS CARVALHO, Brazil (DHN)

Cristina MONTEIRO, Portugal (IH)

David DODD, Expert Contributor (IIC Technologies)

Marco FILIPPONE, Expert Contributor (Fugro)

Maxim FRITS VAN NORDEN, Expert Contributor (University of Southern Mississippi)

Fabien GERMOND, Expert Contributor (iXblue)

Megan GREENAWAY, USA (NOAA)

Florian IMPERADORI, France (Shom)

Iji KIM, Republic of Korea (KHOA)

Jean LAPORTE, Expert Contributor (ARGANS)

Kwanchang Lim, Republic of Korea (KHOA)

John LOOG, Netherlands (NLHO)

Jean-Guy NISTAD, Germany (BSH)

JongYeon PARK, Republic of Korea (KHOA)

Hugh PARKER, Expert Contributor (Fugro)

David PARKER, UK (UKHO)

Stephen PARSONS, Canada (CHS)

Alistair PHILIP, UK (UKHO)

Ronan PRONOST, France (Shom)

Misty SAVELL, USA (NGA)

Thierry SCHMITT, France (Shom)

Iain SLADE, Expert Contributor (IFHS)

Diego TARTARINI, Italy (IIM)

Matthew THOMPSON, USA (NAVOCEANO)

David VINCENTELLI, Expert Contributor (iXblue and IFHS)

James WALTON, Expert Contributor (AML)

Neil WESTON, USA (NOAA)

Enrico ZANONE, Italy (IIM)

Anders ÅKERBERG, Sweden (SMA)

Hans ÖIÅS, Sweden (SMA)

Special thanks to Richard POWELL (USA, NOAA) for the cover image.