

М.В. ЦВЕТКОВ, О.В. СМИРНОВА, Ф.Р. ГАЛЬЯНО
**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ И
ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО СУДОХОДСТВА ПО
СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ НА БАЗЕ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ГИС**

Цветков М.В., Смирнова О.В., Гальяно Ф.Р. Система мониторинга ледовой обстановки и обеспечения безопасного судоходства по Северному морскому пути на базе интеллектуальной ГИС.

Аннотация. В статье обсуждается проблема разработки системы мониторинга ледовой обстановки в Арктике и обеспечения безопасности судоходства по Северному морскому пути с использованием интеллектуальных ГИС. Демонстрируется пример корректировки маршрута движения судов по участку Северного морского пути с учетом ледовой обстановки в районе на основе разработанной системы мониторинга.

Ключевые слова: анализ данных, интеллектуальные ГИС, оценка ледовой обстановки, безопасность судоходства.

Tsvetkov M.V., Smirnova O.V., Galiano P.R. Ice Situation and Safe Navigation Monitoring System on the Northern Sea Route Based on Intelligent GIS.

Abstract. In this paper we discuss the problem of ice situation in the Arctic and safe navigation monitoring system development for the Northern Sea Route with application of intelligent geoinformation system. Case study illustrates the adjustment of the ship route on the part of the Northern Sea Route in accordance with the ice situation using the developed monitoring system.

Keywords: data analysis, intelligent GIS, ice situation assessment, safe navigation.

1. Введение. Арктический регион является одной из наиболее перспективных территорий составе РФ. В последние годы в Арктике происходит интенсивное освоение нефтяных и газовых месторождений, развивается судоходство в акваториях арктических морей, решаются различные задачи, связанные с обороноспособностью страны. Северный морской путь является одной из крупнейших морских транспортных магистралей Арктики и активно используется для перевозки полезных ископаемых, добываемых российскими компаниями за полярным кругом, снабжения удаленных населенных пунктов Крайнего Севера, а также решения других важных задач [1].

В тоже время арктический регион характеризуется суровыми климатическими условиями и экстремальной ледовой обстановкой. Во многих районах Арктики устойчивый ледовый покров держится в течение 7 месяцев, большая часть территории покрыта вечной мерзлотой. Все эти факторы могут значительно влиять на решение многих важных задач, связанных с освоением Арктики.

Сложная ледовая обстановка во многих районах прохождения Северного морского пути значительно осложняет судоходство по этому перспективному во многих отношениях маршруту. Одним из очевидных путей решения данной проблемы является использование сил Ледокольного флота РФ. Однако использование атомных ледоколов для проводки судов по пути не может быть качественно спланировано без подробной оценки ледовой обстановки в регионе и решения сопутствующих навигационных задач.

Обеспечение режима безопасного судоходства на Северном морском пути невозможно без современных средств мониторинга ледовой обстановки и поддержки принятия решений. Например, анализ ледовой обстановки предусматривает периодическую разработку и обновление ледовых карт, а маршруты проводки судов по участкам пути могут достаточно часто корректироваться в связи с изменением различных условий судоходства. Пространственная специфика таких задач приводит к необходимости использования географических информационных систем (ГИС) в качестве информационной базы для построения перспективных систем мониторинга морской обстановки на Северном морском пути.

Существующие ГИС отечественного и иностранного производства находят широкое применение, в первую очередь, в задачах анализа данных по ледовой обстановке и составления ледовых карт. В качестве основного источника данных о ледовой обстановке в Арктике выступают различные космические системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [1, 2]. Результатом обработки соответствующих данных ДЗЗ является бумажная или электронная карта ледовой обстановки в интересующем регионе [3, 4], а основная цель такой деятельности – выдача карты конечному потребителю (лицу, принимающему решения (ЛПР); например, начальнику порта, капитану и судна и т. д.) [1]. Однако, кроме данных о ледовой обстановке, ЛПР получает другую важную информацию от доступных источников, которая также должна быть учтена при принятии ответственных решений по обеспечению безопасного судоходства.

Целью данной статьи является анализ возможностей использования интеллектуальной ГИС для мониторинга ледовой обстановки в Арктике и обеспечения безопасности судоходства по Северному морскому пути. По мнению авторов, такая система способна обеспечить интеллектуальный анализ данных (в том числе, данных ДЗЗ), визуализировать в необходимом для понимания виде результаты анализа, и, что более важно, осуществить поддержку принятия сложных решений,

связанных с возникновением опасных ситуаций на Северном морском пути.

2. Интеллектуальная ГИС как основа для построения системы мониторинга ледовой обстановки и обеспечения безопасного судоходства. Архитектура системы мониторинга ледовой обстановки и обеспечения безопасного судоходства в Арктическом регионе представлена на рисунке 1. Основой построения данной системы служит интеллектуальная геоинформационная система (ИГИС) под которой понимается геоинформационная система, которая включает в свой состав интегрированные подсистемы искусственного интеллекта, а также прикладные компоненты, позволяющие обеспечить всестороннюю поддержку принятия решений оператором системы мониторинга [5, 6].

Ядром системы мониторинга ледовой обстановки и обеспечения безопасного судоходства является база знаний, включающая онтологию. Онтология представляет собой «каркас» для представления основных понятий и связей между ними предметной области. Основной задачей базы знаний является хранение и накопление данных, информации и знаний о реальных объектах предметной области.

Экспертная система используется для разработки, наглядного представления и реализации сценариев обработки данных в целях распознавания и прогнозирования ледовой обстановки в регионе, а также интеллектуального сопровождения решения задач безопасного судоходства. Результаты работы экспертной системы предоставляются пользователю в виде интерактивных подсказок или в виде диалогов (рисунок 2).

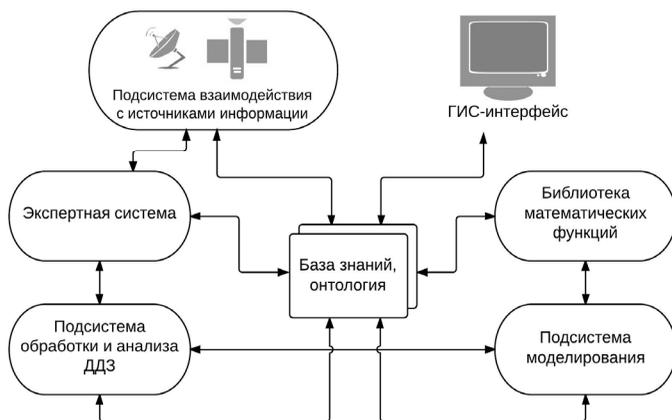


Рис. 1. Архитектура системы мониторинга ледовой обстановки

возможностей наблюдения и съемки из космоса, одновременно наблюдается значительный прогресс в области повышения уровня технической оснащенности космических аппаратов и сокращения затрат на их создание и эксплуатацию. Все это обеспечивается не только за счет применения качественно новых конструкционных материалов и методов проектирования, минимизации массогабаритных характеристик, разработки унифицированных орбитальных платформ, а также благодаря интеллектуализации бортовых и наземных средств на основе современных компьютерных технологий [7].

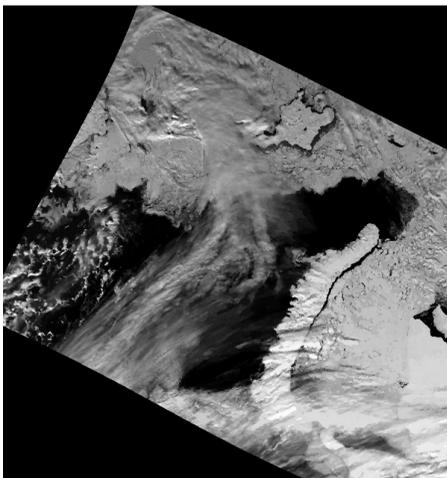
Получаемые от космической системы мониторинга ледовой обстановки данные представляют собой набор снимков (изображений) района определенного разрешения и размера, обработка которых позволяет составлять динамические (например, с интервалом 1–2 дня) ледовые карты. Для обработки снимков используются современные алгоритмы обработки данных ДЗЗ, реализованные в составе программных средств системы мониторинга.

Подсистема обработки и анализа данных ДЗЗ позволяет в интерактивном режиме получать, выбирать варианты расчета, задавать исходные данные с помощью пользовательского интерфейса, просматривать результаты обработки, повторять расчеты и накапливать результаты в выходных файлах.

Алгоритмы обработки данных ДЗЗ представляют собой комбинацию алгоритмов обработки изображений (нормализация, подавление шумов и т. п.), выделения информативных элементов изображения (сегментов, контуров), расчета их признаков (геометрических, яркостных, текстурных) и последующей классификации. Различие целей анализа и изменчивость входных данных приводит к необходимости использования широкого набора различных алгоритмов на всех этапах анализа. С другой стороны, спецификой ДЗЗ являются значительные объемы данных и необходимость взаимосвязанного анализа различных спектральных диапазонов, что налагает ограничения на выбор набора алгоритмов, пригодных для решения задачи [8].

Исходными данными служат данные ДЗЗ (изображения) и соответствующая им метаинформация (рисунок 3).

Традиционная часть ГИС – это ГИС-интерфейс, предназначенный для визуального представления пространственных данных в различных географических цифровых форматах и объектов, хранящихся в базе знаний, адаптированный к представлению данных о ледовой обстановке в арктическом регионе.



```

GEOTrr_informacion:
Version: 1
Key_Revision: 1.0
Tagged_Information:
ModelITripointTag (2,3):
0 0 0
-10592018.06121026-574639.0225332630
ModelPixelScaleTag (1,3):
250 250 0
End_Of_Tags.
KeywL_Informacion:
GTModelTypeGeoKey (Short,1): ModelTypeProjected
GTRasterTypeGeoKey (Short,1): RasterPixelFormatArea
GTCitationGeoKey (Ascii,8): "unnamed"
GeographicTypeGeoKey (Short,1): GCS_WGS_84
ProjectedCSTypeGeoKey (Short,1): User-Defined
ProjectionGeoKey (Short,1): User-Defined
ProjCoordTransGeoKey (Short,1): CT_PolarStereographic
ProjLinearUnitsGeoKey (Short,1): Linear_Meter
ProjNatOriginLatGeoKey (Double,1): 90
ProjFalseRastingGeoKey (Double,1): 0
ProjFalseMorthingGeoKey (Double,1): 0
ProjScaleNatOriginGeoKey (Double,1): 1
ProjStraightVertPoleLongGeoKey (Double,1): 55
End_Of_Keys.
End_Of_Geotiff.

Projection Method: CT_PolarStereographic
ProjNatOriginLatGeoKey: 90.000000 ° 90d 0' 0.00"N)
ProjStraightVertPoleLongGeoKey: 55.000000 ( 55d 0' 0.00"E)
ProjScaleNatOriginGeoKey: 1.000000
ProjFalseRastingGeoKey: 0.000000 m
ProjFalseMorthingGeoKey: 0.000000 m
GCS: 4326/WGS 84
Datum: 6326/World Geodetic System 1984
Ellipsoid: 7030/WGS 84 (6378137.00,6356752.31)

```

Рис. 3. Исходные данные ДЗЗ и метаданная [2]

Подсистема моделирования предназначена для моделирования различных геопространственных процессов. Она позволяет осуществлять визуальную разработку соответствующих сценариев, выдачу рекомендаций для принятия решений, оценку принятых решений, контроль за развитием процессов и действий их участников на основе технологии экспертных систем и представления знаний на основе онтологий. Сценарии описываются в виде двумерных ориентированных графов, узлами которых являются отдельные задачи сценария, и точки принятия решений, в которых происходит разветвление сценария на различные ветви в зависимости от выполнения или невыполнения определенных условий [9].

Существенно облегчить сложность вычислительного процесса, разработку отдельных задач при создании сценариев помогает библиотека математических функций. Она содержит специальный математический аппарат для решения задач моделирования и анализа ледовой обстановки, а также задачи обеспечения безопасного судоходства в Арктическом регионе.

3. Применение системы мониторинга для оценки ледовой обстановки и корректировки маршрутов движения судов по Северному морскому пути. Оценка ледовой обстановки начинается с разработки отдельных задач и компоновки их в единый сценарий моделирования геопространственных процессов. Сценарий обработки снимков разрабатывается визуально с помощью технологии Drag-and-Drop (рисунок 4). В левой панели окна разработки сценариев находится

ся палетка со значками элементов сценария, которые в ходе разработки перетаскиваются на канву центральной панели и затем соединяются линиями с помощью мыши. Прямоугольники представляют собой отдельные задачи, включающие функции из библиотеки математических функций, решаемые в ходе выполнения сценария. В поле Initial_Tasks указываются исходные задачи и/или решения, с которых начинается вычислительный процесс. В поле Final_Tasks указываются задачи, после выполнения которых, заканчивается вычислительный процесс. В поле Finish_Type указывается тип окончания сценария: или при окончании всех конечных задач (AND), или при окончании хотя бы одной из них (OR) [9, 10].

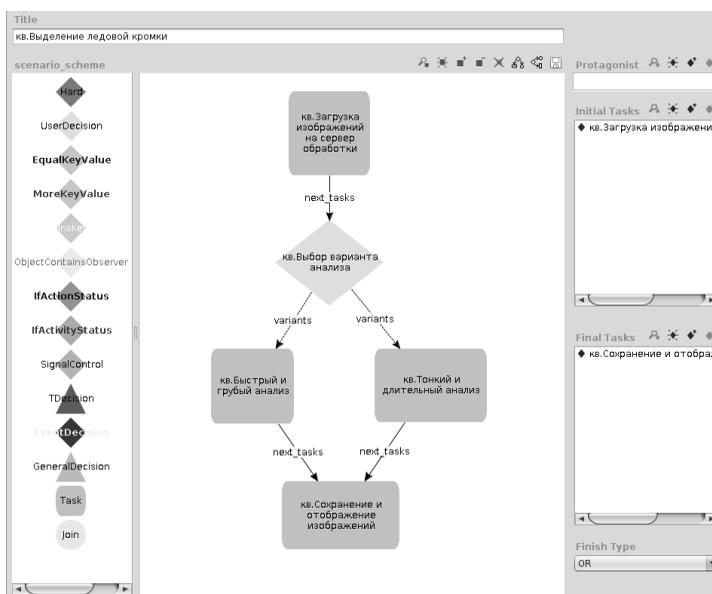


Рис. 4. Окно разработки сценария обработки данных ДЗЗ

Отдельные задачи сценария разрабатываются также визуально, как показано на рисунке 4. В окне разработки задач в палетке слева находятся значки типовых действий, из которых конструируется схема решения задачи на канве в центральной части окна. В правой части окна находятся поля начальных и конечных действий, а также следующих задач, которые будут выполняться после окончания данной задачи. Поле имеет тот же смысл, что и в окне разработки моделирующей программы, но в отношении конечных действий.

После запуска сценария появляются исходное окно выполнения и пользовательский интерфейс. Исходное окно сценария (рисунок 5) снабжено подсказками для пользователя системы. В частности, пользователю предлагается загрузить с помощью пользовательского интерфейса анализируемое изображение и экспертное изображение (в скобках указываются значения по умолчанию).

В ходе выполнения сценария обработки возможен выбор двух вариантов проигрывания:

- быстрый и грубый анализ; используется только один заданный уровень сегментации изображения;

- тонкий и длительный анализ; в данном случае используется иерархия уровней сегментации изображения.

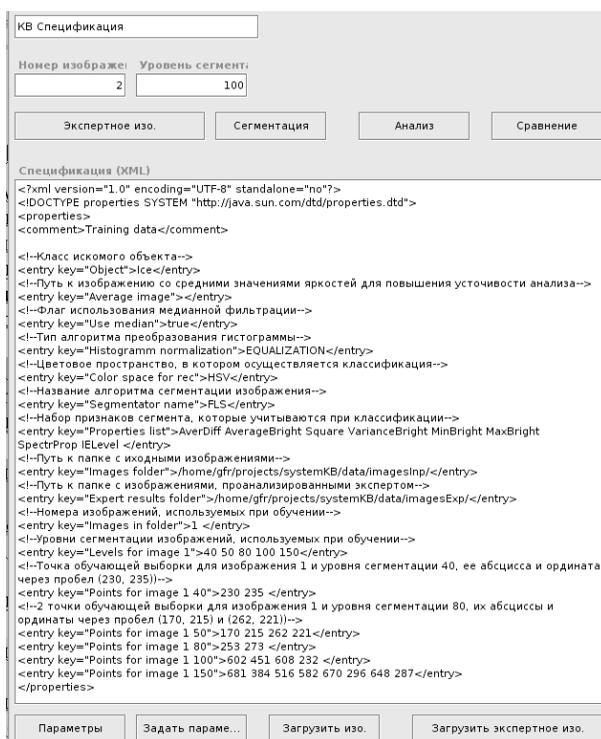


Рис. 5. Пользовательский интерфейс для запуска сценария

Пользовательский интерфейс позволяет пользователю задавать исходные параметры для дальнейшей обработки исходных данных, в

том числе и данных ДЗЗ. К исходным параметрам относятся номер исходного изображения, уровень сегментации изображения, экспертное изображение, алгоритм сегментации изображения. Все исходные параметры задаются в спецификации XML (рисунок 6).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<!DOCTYPE properties SYSTEM "http://java.sun.com/dtd/properties.dtd">
<properties>
  <comment>Training data</comment>
  <entry key="Object">Ice</entry>
  <entry key="Average image"></entry>
  <entry key="Use median">true</entry>
  <entry key="Segmentator name">FLS</entry>
  <entry key="Histogramm normalization">EQUALIZATION</entry>
  <entry key="Color space for img">HSV</entry>
  <entry key="Properties list">AverDiff AverageBright Square VarianceBright MinBright MaxBright SpectrProp IELevel </entry>
  <entry key="Images in folder">1 </entry>
  <entry key="Levels for image 1">40 50 80 100 150</entry>
  <entry key="Points for image 1 40">230 235 </entry>
  <entry key="Points for image 1 50">170 215 262 221</entry>
  <entry key="Points for image 1 80">253 273 </entry>
  <entry key="Points for image 1 100">602 451 608 232 </entry>
  <entry key="Points for image 1 150">681 384 516 582 670 296 648 287</entry>
  <entry key="Images folder">/home/gfr/projects/systemKB/data/imagesInp</entry>
  <entry key="Expert results folder">/home/gfr/projects/systemKB/data/imagesExp</entry> </properties>
```

Рис. 6. Структура спецификации XML

Для просмотра информации о параметрах, заданных пользователем, необходимо нажать кнопку Параметры пользовательского интерфейса (рисунок 7).

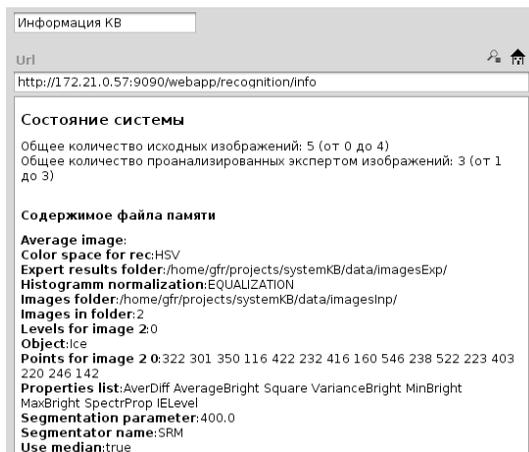


Рис. 7. Окно параметров сценария обработки данных ДЗЗ

Результат обработки данных ДЗЗ доступен после нажатия кнопки Сегментация пользовательского интерфейса (рисунок 8). Кроме того, пользователь может сравнить визуально и с помощью расчетных параметров (рисунок 9) полученные результаты с экспертными значениями. Окончательный результат анализа данных ДЗЗ приведен на рисунке 10.

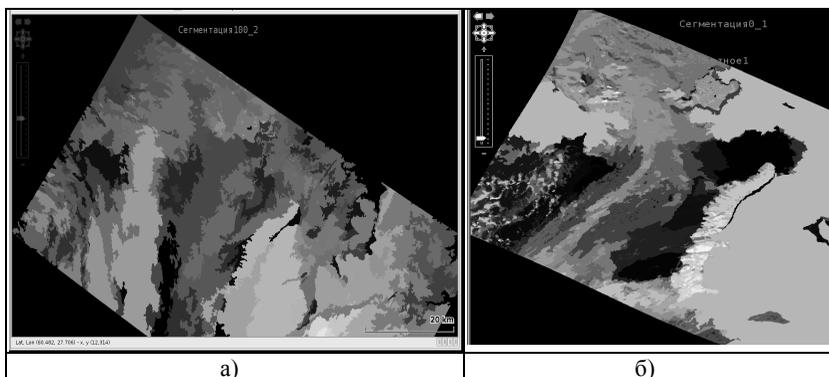


Рис. 8. Окна просмотра результаты сегментации данных ДЗЗ во время выполнения сценария: а) результат сегментации данных ДЗЗ; б) сравнение полученного результата сегментации с экспертным изображением

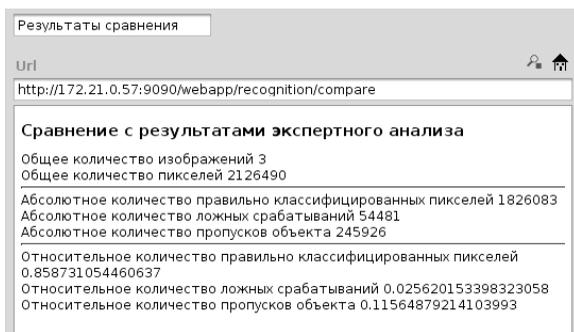


Рис. 9. Результирующие параметры обработки данных ДЗЗ

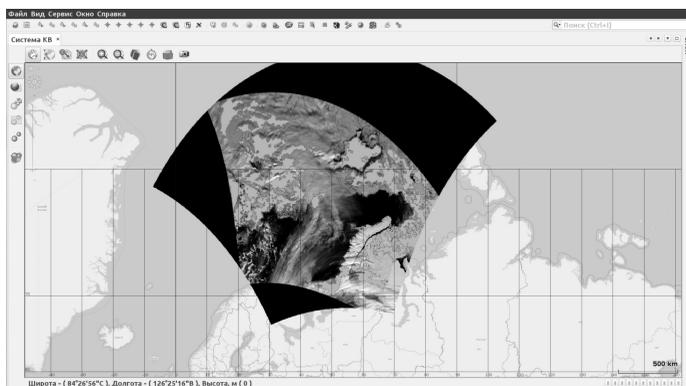


Рис. 10. Результат анализа данных ДЗЗ (ледовая кромка)

Результаты выделения ледовой кромки являются основой для составления оперативной электронной ледовой карты (рисунок 11). Оператор системы мониторинга может использовать ледовую карту региона для поддержки принятия решений, связанных с обеспечением безопасного судоходства на Северном морском пути.

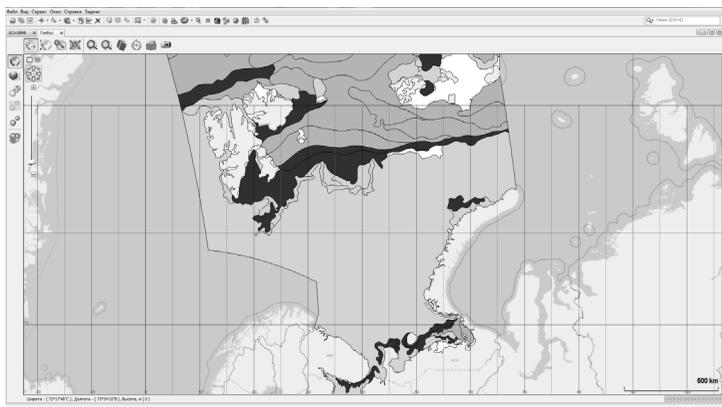


Рис. 11. Ледовая карта участка акватории Северного морского пути в системе мониторинга

С этой целью данные ледовой карты используются как факты для экспертной системы, которая посредством применения специальных правил уведомляет оператора о возникновении потенциально опасных ситуаций, необходимости закрытия морских районов и смены маршрутов движения судов. Также ЭС может вырабатывать рекомендации по применению судов ледокольного флота РФ для проводки судов по участкам Северного морского пути. На рисунке 12 показан пример проведения транспортного судна по участку Северного морского пути с учетом ледовой обстановки, полученной в результате обработки данных ДЗЗ, с использованием системы мониторинга ледовой обстановки и обеспечения безопасного судоходства. Локализация льда в южной части акватории пролива (рисунок 12) приводит к необходимости использования его северного участка для прокладки маршрутов движения судов.

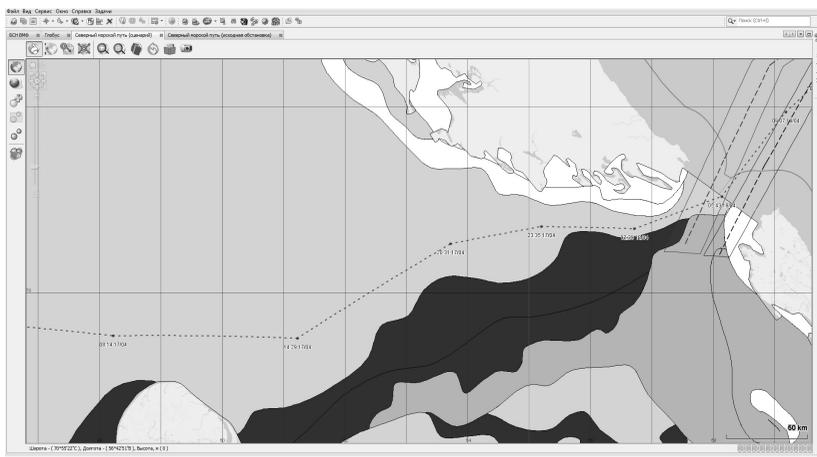


Рис. 12. Поддержка принятия решения по корректировке маршрутов движения судов по участку Северного морского пути

6. Заключение. Данные ДЗЗ являются одним из наиболее перспективных способов получения информации о ледовой обстановке в районах прохождения Северного морского пути. Интеллектуальная обработка данных ДЗЗ невозможна без привлечения современных методов пространственного анализа и средств искусственного интеллекта (ИИ).

Интеллектуальные ГИС, включающие в свой состав интегрированные средства ИИ, а также прикладные компоненты количественного обоснования вырабатываемых рекомендаций, могут использоваться не только как информационная база для составления оперативных карт ледовой обстановки, но как основа для построения системы мониторинга ледовой обстановки и обеспечения безопасного судоходства на Северном морском пути.

Литература

1. Официальный сайт Администрации Северного морского пути. URL: <http://www.nsga.ru> (дата обращения 24.06.2014)
2. Официальный сайт Арктического и Антарктического научно-исследовательского института. URL: <http://www.aari.nw.ru> (дата обращения 01.07.2014)
3. Мониторинг ледовой обстановки. URL: http://www.scanex.ru/ru/data/Applications_ScanEx_p49-71.pdf (дата обращения 01.07.2014)
4. Shields B. Ships Use Sea-Ice and Iceberg Maps to Navigate in Polar Regions. URL: <http://www.esri.com/esri-news/arcwatch/0213/ships-use-sea-ice-and-iceberg-maps-to-navigate-in-polar-regions> (дата обращения 01.07.2014)

5. Интеллектуальные географические информационные системы для мониторинга морской обстановки / под общ. ред. чл.-кор. РАН Юсупова Р. М. и д-ра техн. наук Поповича В.В. СПб.: Наука. 2013. 284 с.
6. *Popovich V.* Intelligent GIS Conceptualization // Proceedings of the Sixth International Workshop “Information Fusion and Geographic Information Systems” (IF&GIS 2013). 2014. pp. 17–44.
7. Концепция развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года. URL: www.gisa.ru/file/file766.doc (дата обращения 01.07.2014)
8. *Galiano F., Kharinov M., Vanurin S.* Application of Sleator-Tarjan Dynamic Trees in a Monitoring System for the Arctic Region Based on Remote Sensing Data // Proceedings of the Sixth International Workshop “Information Fusion and Geographic Information Systems” (IF&GIS 2013). 2014. pp. 137–147.
9. *Sorokin R.* Advantages of Intelligent Geographic Information System Research Prototype // Proceedings of the Fourth International Workshop “Information Fusion and Geographic Information Systems: Towards the Digital Ocean”. 2011. pp 33–44.

References

1. Official'nyj sajt Administracii Severnogo morskogo puti [Official web site of the Northern sea route administration]. Available at: <http://www.nsra.ru> (accessed 24.06.2014) (In Russ.).
2. Official'nyj sajt Arkticheskogo i Antarkticheskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta [Official web site of the Arctic and Antarctic Research Institute]. Available at: <http://www.aari.nw.ru> (accessed 01.07.2014) (In Russ.).
3. *Monitoring ledovoj obstanovki* [Ice situation monitoring]. Available at: http://www.scanex.ru/ru/data/Applications_ScanEx_p49-71.pdf (accessed 01.07.2014) (In Russ.).
4. Shields B. Ships Use Sea-Ice and Iceberg Maps to Navigate in Polar Regions. Available at: <http://www.esri.com/esri-news/arcwatch/0213/ships-use-sea-ice-and-iceberg-maps-to-navigate-in-polar-regions> (accessed 01.07.2014).
5. *Intellektual'nye geograficheskie informacionnye sistemy dlja monitoringa morskoy obstanovki. pod obshh. red. chl.-kor. RAN Jusupova R. M. i d-ra tehn. nauk Popovicha V.V.* [Intelligent geographic information system for maritime monitoring]. edited by Jusupov R. M., Popovich V.V. St.Petersburg: Nauka. 2013. 284 p. (In Russ.).
6. Popovich V. Intelligent GIS Conceptualization. Proceedings of the Sixth International Workshop “Information Fusion and Geographic Information Systems” (IF&GIS 2013). 2014. pp. 17–44.
7. *Koncepcija razvitija rossijskoj kosmicheskoy sistemy distancionnogo zondirovanija Zemli na period do 2025 goda* [The concept of the Russian space system of the Earth's remote sensing development for the period till 2025]. Available at: www.gisa.ru/file/file766.doc (accessed 01.07.2014) (In Russ.).
8. Galiano F., Kharinov M., Vanurin S. Application of Sleator-Tarjan Dynamic Trees in a Monitoring System for the Arctic Region Based on Remote Sensing Data. Proceedings of the Sixth International Workshop “Information Fusion and Geographic Information Systems” (IF&GIS 2013). 2014. pp. 137–147.
9. Sorokin R. Advantages of Intelligent Geographic Information System Research Prototype. Proceedings of the Fourth International Workshop “Information Fusion and Geographic Information Systems: Towards the Digital Ocean”. 2011. pp 33–44.

Цветков Михаил Владимирович — к-т техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории объектно-ориентированных географических информационных систем (НИЛ ООГИС) Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН). Область научных интересов: географические информационные системы, методы и технологии искусственного интеллекта, обработка геопространственных данных. Число научных публикаций — 37. tmv@oogis.ru, www.oogis.ru; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)355-9682, факс +7(812)355-9674.

Tsvetkov Mikhail Vladimirovich — Ph.D., senior researcher of Research laboratory of object-oriented geoinformation systems (OOGIS RL), St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of Russian Academy of Sciences (SPIIRAS), Russia. Research interests: geographic information systems, artificial intelligence, geospatial data processing. The number of publications — 37. tmv@oogis.ru, www.oogis.ru; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)355-9682, fax +7(812)355-9674.

Смирнова Оксана Вячеславовна — к-т техн. наук, старший научный сотрудник базовой кафедры КТЭА Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ). Область научных интересов: математическое моделирование сложных процессов, геоинформационные технологии. Число научных публикаций — 42. sov@oogis.ru; ул. Профессора Попова, д.5, 197376, Санкт-Петербург, РФ; р.т. +7(812)355-9682, факс +7(812)355-9674

Smirnova Oksana Vjacheslavovna — Ph.D., senior researcher of St.Petersburg Electrotechnical University "LETI". Research interests: mathematical modeling of complex process, geoinformation technology. The number of publications — 42. sov@oogis.ru; 5, str. prof. Popova, St.Petersburg, Russia; office phone +7(812)355-968, fax +7(812)355-9674.

Гальяно Филипп Робертович — к-т техн. наук, сотрудник ЗАО СПИИРАН-НТБВТ. Область научных интересов: обработка изображений и распознавание образов. Число научных публикаций — 14. galiano@oogis.ru; СПИИРАН-НТБВТ, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р. тел.: +7 911 835-26-59.

Galiano Philip Robertovich — Ph.D., specialist, "Hi Tech Research and Development Office Ltd." (HTR&DO). Research interests: image processing and pattern recognition. The number of publications — 14. galiano@oogis.ru; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St.Petersburg, 199178, Russia; office phone +7 911 835-26-59.

Поддержка исследований. Работа выполнена в СПбГЭТУ при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках договора № 02.G25.31.0058 от 12.02.2013 г.

Acknowledgements. This research is supported by Ministry of Education and Science of the Russian Federation (№ 02.G25.31.0058 from 12.02.2013).

РЕФЕРАТ

Цветков М.В., Смирнова О.В., Гальяно Ф.Р. Система мониторинга ледовой обстановки и обеспечения безопасного судоходства по Северному морскому пути на базе интеллектуальной ГИС.

Арктический регион является одной из наиболее перспективных территорий составе РФ. В последние годы в Арктике происходит интенсивное освоение нефтяных и газовых месторождений, развивается судоходство в акваториях арктических морей, решаются различные задачи, связанные с обороноспособностью страны. Северный морской путь является одной из крупнейших морских транспортных магистралей Арктики и активно используется для перевозки полезных ископаемых, добываемых российскими компаниями за полярным кругом, снабжения удаленных населенных пунктов Крайнего Севера, а также решения других важных задач.

Целью данной статьи является анализ возможностей использования интеллектуальной ГИС для мониторинга ледовой обстановки в Арктике и обеспечения безопасности судоходства по Северному морскому пути. Такая система способна обеспечить интеллектуальный анализ данных (в том числе, данных дистанционного зондирования Земли), визуализировать в удобном для пользователя виде результаты анализа, и, что более важно, осуществить поддержку принятия сложных решений, связанных с возникновением опасных ситуаций на Северном морском пути.

Основой построения системы мониторинга ледовой обстановки и обеспечения безопасного судоходства служит интеллектуальная геоинформационная система. Ядром этой системы является база знаний, включающая онтологию. Экспертная система в составе системы мониторинга применяется для разработки, наглядного представления и реализации сценариев обработки данных в целях распознавания и прогнозирования ледовой обстановки в регионе, а также интеллектуального сопровождения решения задач безопасного судоходства. Основными источниками информации системы мониторинга являются специальные системы наблюдения, в том числе и космические системы дистанционного зондирования Земли, использующие различные принципы сбора и первичной обработки данных.

Возможности разработанной системы мониторинга демонстрируются на примере корректировки маршрута движения судов по участку Северного морского пути с учетом ледовой обстановки в районе.

SUMMARY

Tsvetkov M.V., Smirnova O.V., Galiano P.R. **Ice situation and safe navigation monitoring system on the Northern Sea Route based on intelligent GIS.**

The Arctic is one of the most perspective territories in Russian Federation. In recent years there has been an intensive development of oil and gas fields in the Arctic, navigation in water areas of the Arctic seas, various problems connected with defense capability of the country. The Northern Sea Route is one of the largest Arctic sea traffic arteries. It is actively used for transportation of mineral resources extracted by Russian companies above the Arctic Circle, supply support of remote settlements in Far North, and also for solution of other important problems.

The issue of this paper is to analyze the possible application of intelligent geographic information system for ice situation monitoring in the Arctic and safe navigation on the Northern Sea Route. Such system may be able to analyze intelligent data (including remote sensing data), visualize results in a user-friendly style, and what is more important, and provide decision-making support for potentially hazardous conditions on the Northern Sea Route.

The intelligent GIS is the basis for construction of the ice situation and safe navigation monitoring system. The core of this system is knowledge base including ontology. Expert system is used for design, visualization and realization of data processing scenarios in accordance with ice situation recognition and prediction, and also for solving problems of safe navigation. The main information sources of the monitoring system are special surveillance systems including space system that is using different principles of the collecting and primary processing data.

Abilities of the developed monitoring system are shown in the example of the ship route adjustment on the part of the Northern Sea Route in accordance with the ice situation.