Данный текст является русскоязычной версией опубликованной на английском языке статьи и представлен в авторской редакции только на данном сайте!

UDC 004.9
Doi: 10.31772/2587-6066-2020-21-3-323-332

For citation: Pozharkova I. N. Efficiency improving of emergency monitoring and forecasting based on the information system. *Siberian Journal of Science and Technology.* 2020, Vol. 21, No. 3, P. 323–332. Doi: 10.31772/2587-6066-2020-21-3-323-332

Для цитирования: Пожаркова И. Н. Повышение эффективности решения задач мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций на основе информационной системы // Сибирский журнал науки и технологий. 2020. Т. 21, № 3. С. 323–332. Doi: 10.31772/2587-6066-2020-21-3-323-332

EFFICIENCY IMPROVING OF EMERGENCY MONITORING AND FORECASTING BASED ON THE INFORMATION SYSTEM

I. N. Pozharkova

Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia
1, Severnaya St., Zheleznogorsk, 662972, Russian Federation
E-mail: pozharkova@mail.ru

The article is devoted to the automated information system modification to solve monitoring and forecasting problems of natural and man-made emergencies in order to increase the efficiency of its functioning, namely, to increase the execution speed of the main operations, to reduce the error probability. Monitoring and forecasting of emergencies are among the priorities in the field of population from emergencies protection, as the prevention and elimination of their consequences are carried out on the basis of these tasks. At the same time, the data collection speed, processing and analysis largely determine the efficiency of the obtained results. The existing system of monitoring and forecasting of natural and man-made emergencies, its functional model in IDEF0 notation, characteristic features, advantages and disadvantages are considered. The existing system can be improved by automating a number of tasks related to the processing, transmission and storage of large data amounts, including real time data, as well as the generation of consolidated reports on the results of monitoring and forecasting of various objects. The information architecture of the solution reviewed and the corresponding database model form the basis of the proposed solution. The IDEF0 model of emergency monitoring and forecasting has been introduced taking into account the proposed modification of the automated information system. The main operation execution time comparative analysis based on the initial and modified automated information system (AIS) using the existing hardware confirms the effectiveness of the proposed solution. Data exchange and generation automation of consolidated reports on multiple monitoring objects will simplify analysis of the obtained results and solutions development based on them aimed at prevention of natural and man-made emergencies, as well as elimination of their consequences.

Keywords: automated information system (AIS), emergency monitoring and forecasting, automation, data conversion.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

И. Н. Пожаркова

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
Российская Федерация, 662972, г. Железногорск, ул. Северная, 1
E-mail: pozharkova@mail.ru

Статья посвящена модификации автоматизированной информационной системы решения задач мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера с целью повышения эффективности ее функционирования, а именно: повышения скорости выполнения основных операций, снижения вероятности возникновения ошибок. Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций являются одними из приоритетных направлений в сфере обеспечения защиты населения от ЧС, так как предотвращение и ликвидация их последствий осуществляются на основе решения данных задач. При этом, скорость сбора, обработки и анализа данных во многом определяют эффективность полученных результатов. В статье рассматривается существующая система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, ее функциональная модель в нотации IDEF0, характерные особенности, достоинства и недостатки. Предлагается совершенствование системы путем автоматизации ряда задач, связанных с обработкой, передачей и хранением больших объемов данных, поступающих, в том числе, и в режиме реального времени, а также с формированием сводных отчетов по результатам мониторинга и прогнозирования для различных объектов. Рассмотрена информационная архитектура предлагаемого решения, соответствующая модель базы данных. Представлена модель решения задач мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций с учетом предлагаемой модификации автоматизированной информационной системы. Проводится сравнительный анализ времени выполнения основных операций на основе исходной и модифицированной АИС при использовании существующего аппаратного обеспечения, подтверждающий эффективность предлагаемого решения. Предлагаемая автоматизация обмена данными и генерации сводных отчетов по множеству объектов мониторинга позволит упростить анализ полученных результатов и выработку на их основе решений, направленных на предотвращение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также ликвидацию их последствий.

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций, автоматизация, конвертация данных

Введение. Основное назначение систем мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций заключается в наблюдении, контроле и предвидении опасных явлений и процессов, которые происходят в технологической сфере и природе, а также динамики их развития. Прогнозирование позволяет предупредить возникновение чрезвычайных ситуаций, определить их масштабы и организовать эффективные мероприятия по их ликвидации. В Российской Федерации общий порядок функционирования систем мониторинга и прогнозирования ЧС определяется Положением, утвержденном Приказом МЧС России №94 от 04.03.2011 г. [1].

Физико-географические характеристики России во многом определяют большое многообразие чрезвычайных ситуаций, происходящих на ее территории. Поэтому требуется постоянное наблюдение за значительным количеством объектов. На основе данных, полученных в результате такого мониторинга, решаются задачи прогнозирования чрезвычайных ситуаций, а также их предупреждения и ликвидации [2]. Для этого используется различное техническое, программное и информационное обеспечение. Основу

технического обеспечения задачи мониторинга составляет оборудование станций, систем наблюдения, компьютерное и сетевое оборудование, линии связи и т.д. Данные мониторинга по каждому из объектов наблюдения поступают из различных автоматизированных информационных систем, каждая из которых имеет свой формат хранения и вывода данных, что значительно затрудняет их обработку для дальнейшего использования: решение задач прогнозирования, принятия решений, составления сводок и т.д. В то же время, количество различных информационных систем для прогнозирования по каждому типу чрезвычайных ситуаций небольшое, при этом многие из них реализованы на базе ВЦМП (Всероссийский центр мониторинга и прогнозирования) «Антистихия», а потому имеют унифицированный формат входных и выходных данных, что несколько упрощает их последующую обработку.

Описание исходной системы. На рис. 1 представлена IDEF0-модель [3] решения задач мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, которые реализованы на базе решения с частичной автоматизацией [2] в виде отдельных приложений и систем для обработки и анализа данных.

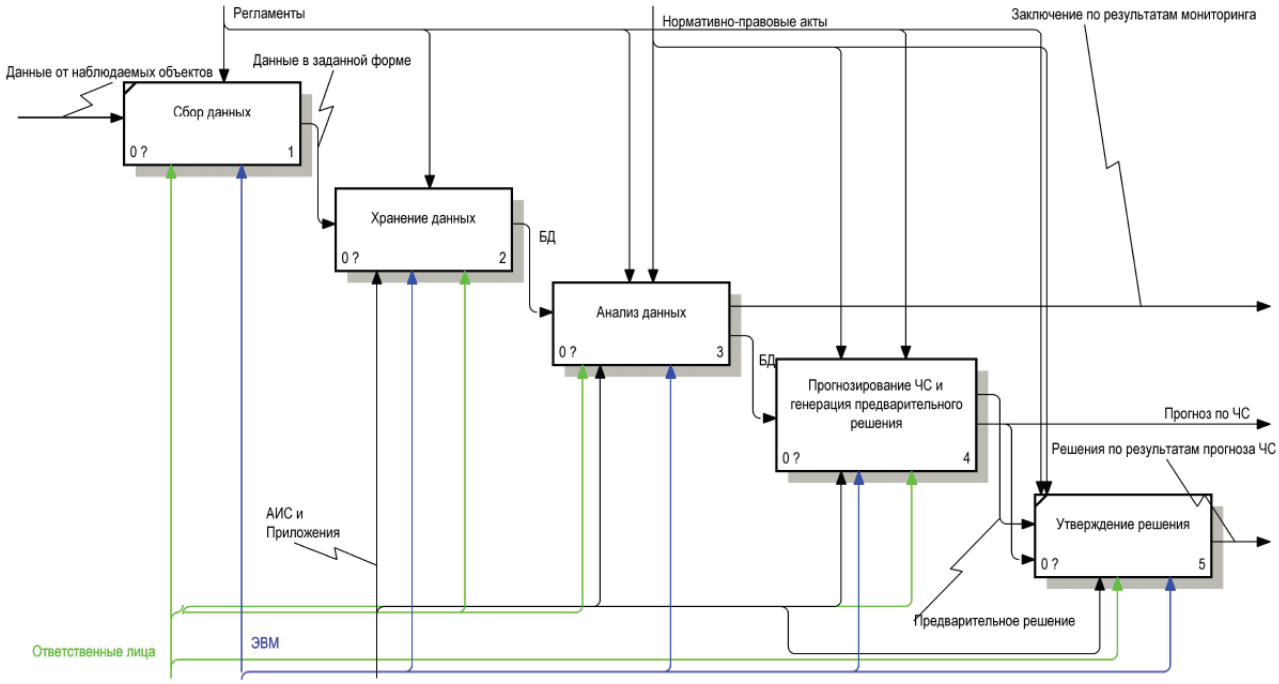

Рис. 1. Модель решения задачи мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций

Fig. 1. Emergency monitoring and forecasting model

Сбор данных происходит в автоматизированном режиме, однако задачи хранения, анализа данных и прогнозирования ЧС с генерацией предварительного решения реализуются частично вручную (рис. 2–4).

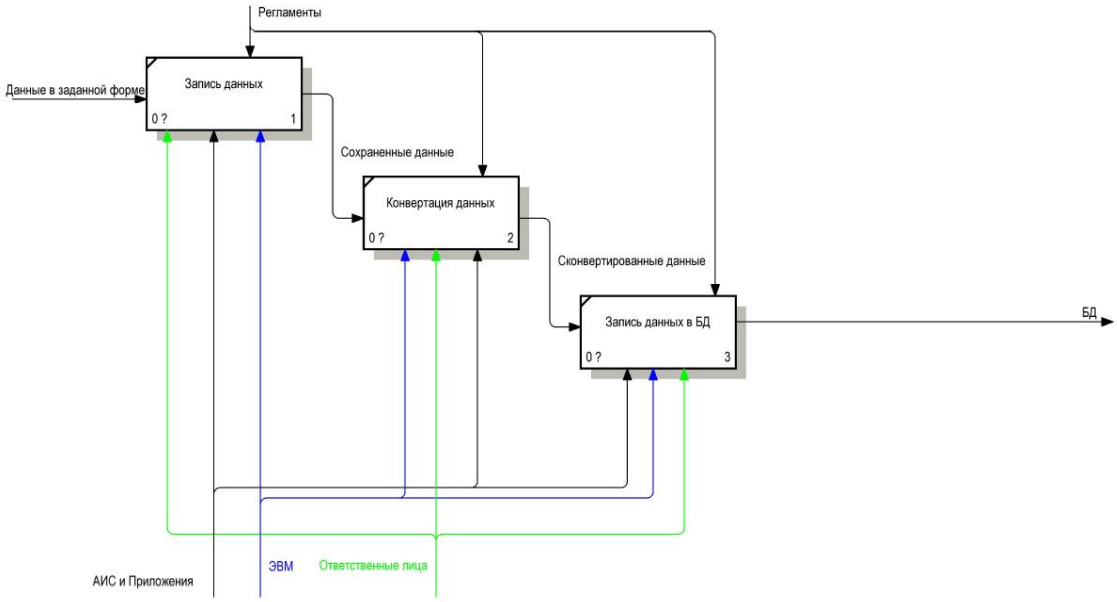

Рис. 2. Декомпозиция модели решения задачи хранения данных

Fig. 2. Decomposing the storage solution model

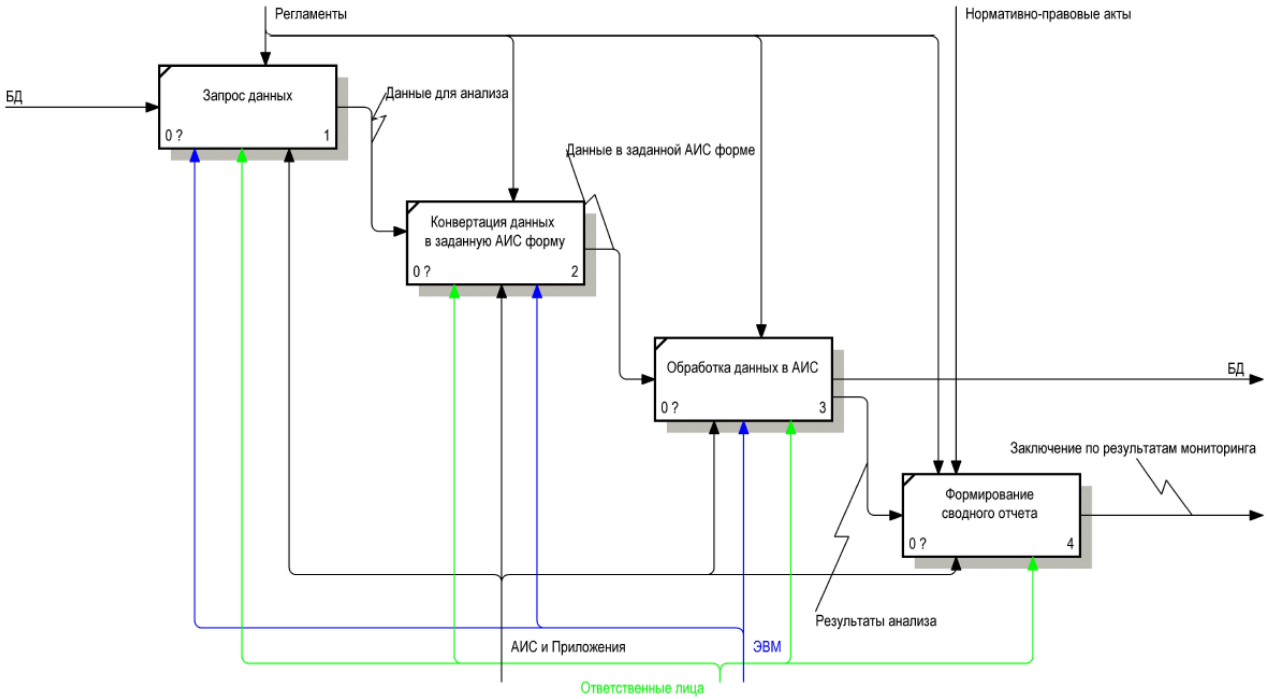

Рис. 3. Декомпозиция модели решения задачи анализа данных

Fig. 3. Data analysis solution model decomposition

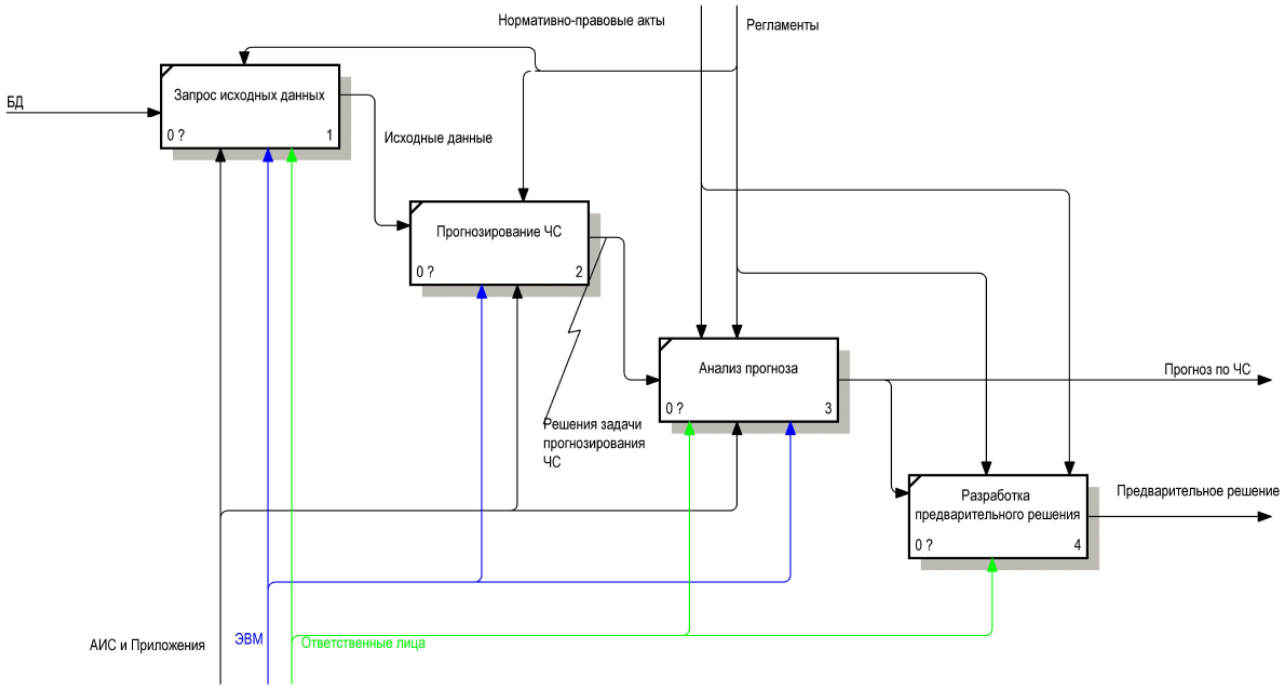

Рис. 4. Декомпозиция модели решения задачи прогнозирования ЧС и генерации предварительного решения

Fig. 4. Decomposition of the problem solution model for emergency forecasting and generation of preliminary solution

Вручную частично или полностью решаются следующие подзадачи, представленные на рис. 2–4:

– запись данных. Показания некоторых датчиков с объектов мониторинга представлены в виде графических или звуковых данных, перенос их в память ЭВМ для последующей обработки при этом осуществляется вручную;

– конвертация данных. Для хранения в базе данных имеющуюся информацию необходимо привести к единому формату, соответствующему заданной структуре, что также частично осуществляется вручную;

– конвертация данных в заданную АИС форму. Для решения задач мониторинга и прогнозирования на базе автоматизированных информационных систем необходимо привести входные данные к заданному формату, который у различных приложений может быть разным. Соответствующая операция также осуществляется частично вручную;

– формирование сводного отчета. Отчеты, полученные на основе обработки данных в различных АИС, представлены в виде отдельных документов различного формата. Синтез сводного отчета заданной формы и заключение на базе проведенного анализа производится также вручную;

– разработка предварительного решения. Эта задача решается вручную ответственными лицами на основе полученных прогнозов, а также существующих регламентов.

Как видно, значительная часть задач, решаемых вручную, связана с обработкой большого количества данных (запись, конвертация, объединение и т.д.), поступающих, в том числе, и в режиме реального времени. Это сказывается на скорости, точности и, как следствие, эффективности реализации перечисленных и сопутствующих операций, что в случае быстроразвивающихся чрезвычайных ситуаций, требующих экстренного решения, может носить критический характер. Поэтому целесообразно повысить качество имеющейся информационной системы путем автоматизации выполнения перечисленных выше функций.

Основные цели модификации информационной системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций заключаются в следующем:

– повышение скорости решения задач мониторинга и прогнозирования ЧС;

– снижение вероятности возникновения ошибок, связанных с человеческим фактором, при решении задачи мониторинга и прогнозирования ЧС;

– повышение эффективности решения задач мониторинга и прогнозирования ЧС.

Для этого автоматизируются следующие задачи:

– конвертация данных: приведение к единому формату, соответствующему определенной структуре данных [4–5], поступающих от различных объектов мониторинга, для дальнейшего их хранения в базе [6];

– конвертация данных в предусмотренную АИС форму: приведение к необходимому формату, который определяется требованиями АИС к структуре входной информации [7-8], данных, хранимых в базе;

– формирование сводного отчета: синтез отчета заданной формы [9-11] на основе выходной информации от различных АИС, представленных в виде отдельных документов разного формата.

Модификация существующей системы. Существующее решение задач мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, несмотря на выявленные недостатки, довольно эффективно, т.е. внесение значительных изменений в его структуру нецелесообразно. Кроме того, такой подход может потребовать частичной приостановки функционирования действующей системы, что является недопустимым. Поэтому целесообразно развивать имеющуюся АИС путем интеграции [12] в нее подсистемы, автоматизирующей указанные выше задачи.

На рис. 5 представлена информационная структура [13] соответствующего фрагмента АИС.

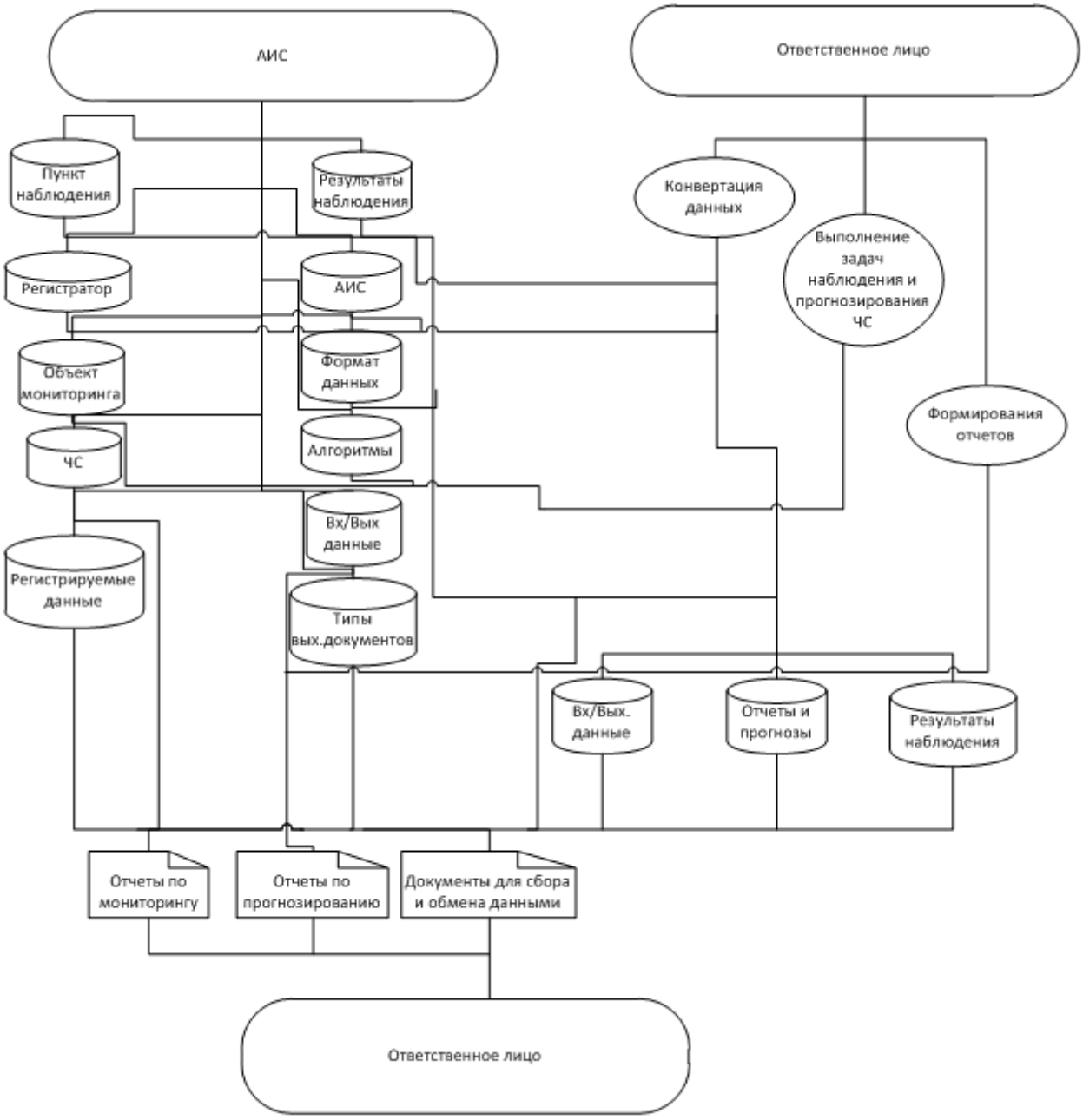

Рис. 5. Информационная структура модифицированной АИС мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций

Fig. 5. Information structure of the modified AIS for emergency monitoring and forecasting

Основу автоматизированной системы представляет собой база данных, в которой хранится информация, необходимая для решения задач мониторинга и прогнозирования ЧС, а также модули, реализующие основные функции: конвертацию данных, построение отчетов. Модель базы данных [14] представлена на рис. 6.

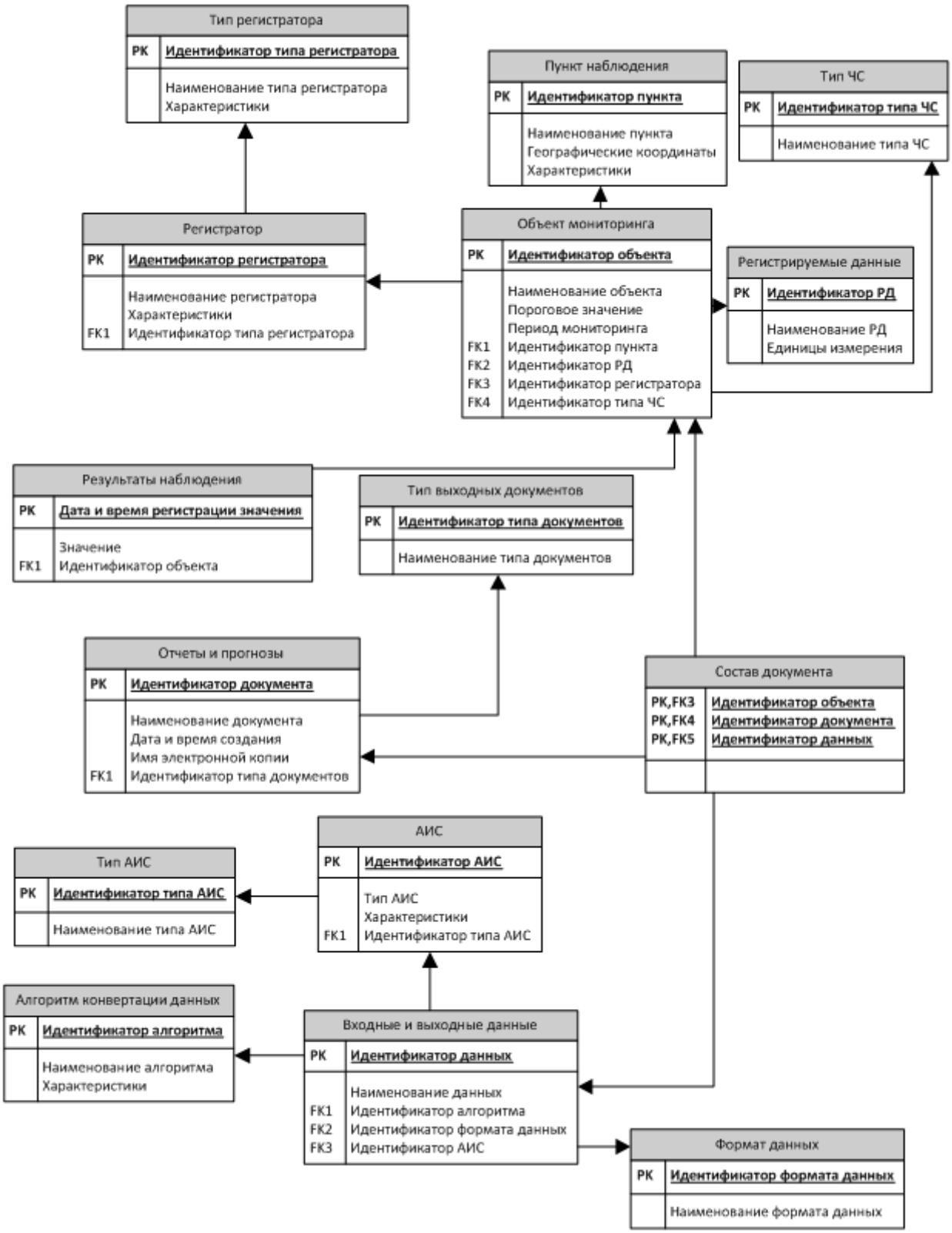

Рис. 6. Модель базы данных автоматизированной системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций

Fig. 6. Database model for the automated emergency monitoring and forecasting system

Форма и периодичность формирования основных документов определяются [15].

На рис. 7 представлена функциональная модель решения задач мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций с использованием модифицированной системы.

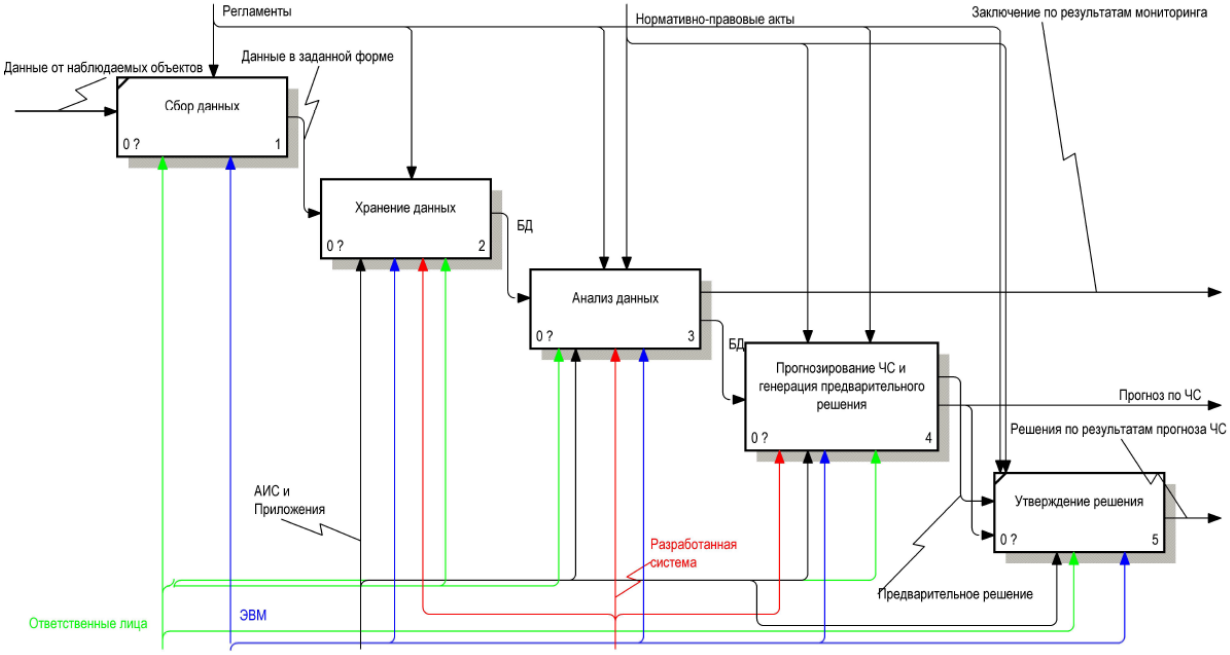

Рис. 7. Модель решения задачи мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций с использованием модифицированной системы

Fig. 7. Model for emergency monitoring and forecasting using a modified system

Решение задач сбора данных и утверждения решения не изменились, однако степень автоматизации задач хранения, анализа данных и прогнозирования ЧС с генерацией предварительного решения значительно повысилась (рис. 8–10).

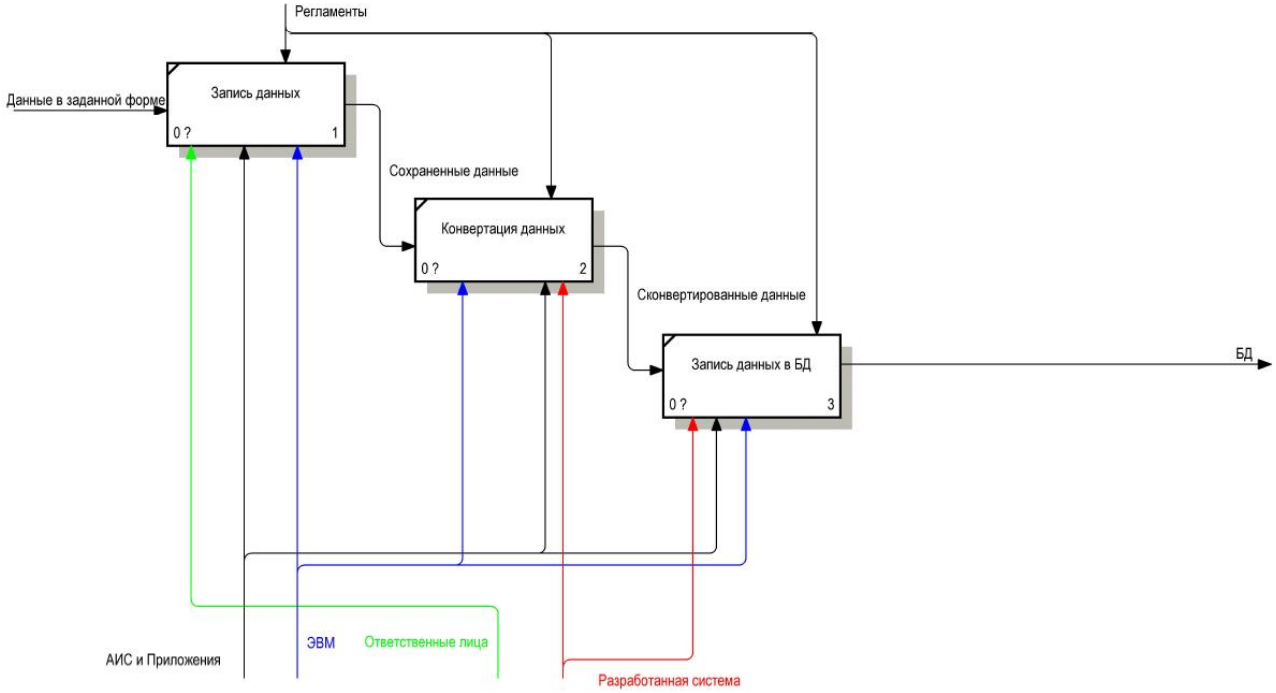

Рис. 8. Декомпозиция модели решения задачи хранения данных с использованием модифицированной системы

Fig. 8. Decomposing the storage solution model using an modified system

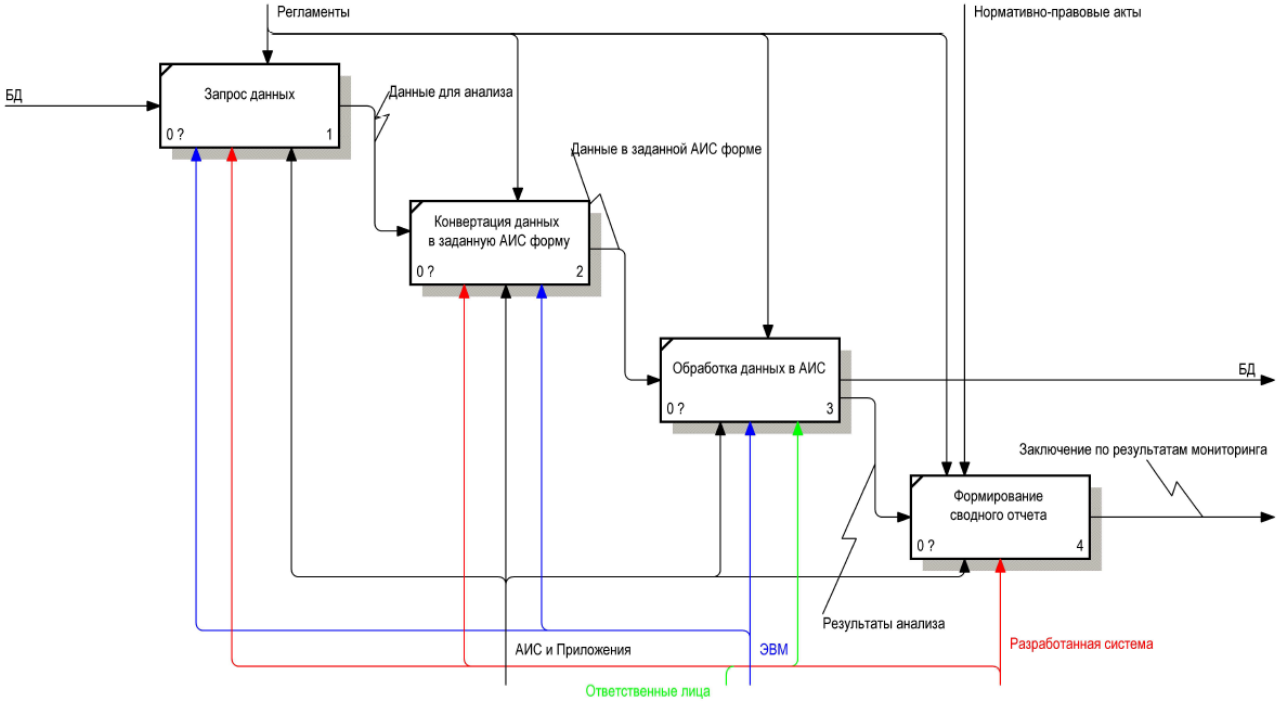

Рис. 9. Декомпозиция модели решения задачи анализа данных с использованием модифицированной системы

Fig. 9. Decomposition of the data analysis solution model using an modified system

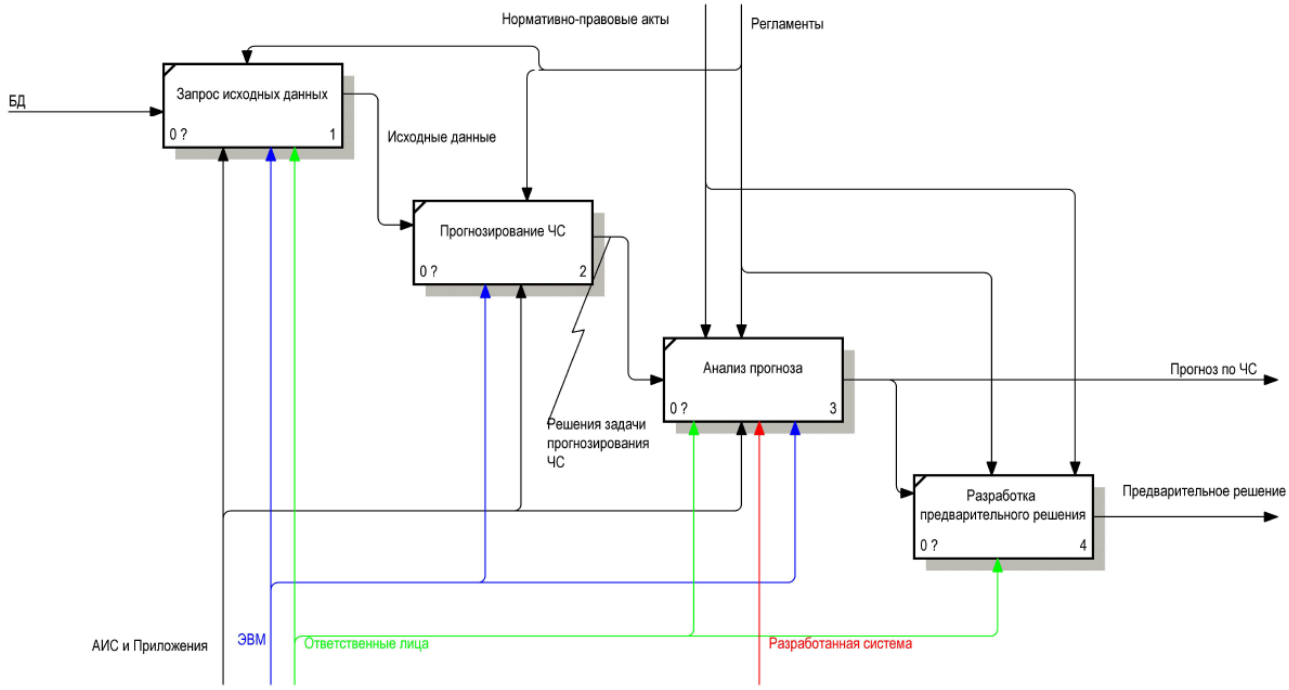

Рис. 10. Декомпозиция модели решения задачи прогнозирования ЧС и генерации предварительного решения с использованием модифицированной системы

Fig. 10. Decomposition of the solution model of the problem of emergency prediction and generation of a preliminary solution using a modified system

Вручную частично или полностью по-прежнему решаются следующие подзадачи, представленные на рис. 8–10:

– запись данных;
– разработка предварительного решения.

Автоматизировано, с незначительным участием человека, решаются при использовании модифицированной системы решаются следующие задачи:
– конвертация данных;
– конвертация данных в заданную АИС форму;
– формирование сводного отчета.

Сравнительный анализ исходной и модифицированной систем. Значительная часть задач, связанных с обработкой большого количества данных (запись, конвертация, объединение и т.д.), поступающих, в том числе, и в режиме реального времени, может быть автоматизирована на базе модифицированной информационной системы. Это положительно сказывается на скорости, точности реализации данных и сопутствующих операций. В таблице представлены данные по времени выполнения основных операций на основе исходной и модифицированной автоматизированной системы при использовании существующего аппаратного обеспечения.

Сравнительный анализ времени выполнения различных операций при решении задач мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций

№ п/п	Наименование операции	Среднее время выполнения с использованием исходной системы, с	Среднее время выполнения с использованием модифицированной системы, с
1	Конвертация данных по одному параметру с записью в БД	12,4	Менее 0,001
2	Конвертация данных для АИС по одному параметру	6,8	Менее 0,001
3	Формирование сводного отчета по мониторингу ЧС	312,8	Менее 0,001
4	Формирование сводного отчета по прогнозированию ЧС	248,2	Менее 0,001
5	Заполнение одного документа для сбора и обмена информацией по ЧС	141,6	Менее 0,001

Использование модифицированной автоматизированной системы позволяет значительно повысить скорость выполнения основных операций, связанных с хранением, обработкой и анализом данных. При большом количестве операций, особенно в условиях быстроразвивающихся ЧС применение автоматизации может значительно повысить эффективность решения поставленных задач.

Заключение. На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

Задача мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций является одной из приоритетных в сфере обеспечения безопасности, при этом ее решение связано со сбором и обработкой очень больших объемов информации. Соответственно, для повышения эффективности реализации данных процессов целесообразно использовать автоматизированные информационные системы, которые позволят значительно повысить скорость обработки данных, их анализа и принятия решений на их основе.

Проведенный анализ реализации мониторинга и прогнозирования ЧС показал, что значительная часть задач, решаемых вручную, связана с обработкой большого количества данных (запись, конвертация, объединение и т.д.), поступающих, в том числе, и в режиме реального времени. Это сказывается на скорости, точности и, как следствие, эффективности реализации данных и сопутствующих операций, что в случае быстроразвивающихся

чрезвычайных ситуаций, требующих экстренного решения может носить критический характер. Поэтому был сделан вывод о целесообразности автоматизации выполнения перечисленных выше функций.

На основе модифицированной системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций может быть автоматизирована значительная часть задач, что положительно сказывается на скорости, точности реализации соответствующих функций. Проведенный сравнительный анализ времени выполнения основных операций вручную и на основе модифицированной системы при использовании существующего аппаратного обеспечения показал значительное увеличение скорости решения задач, связанных с хранением, обработкой и анализом данных. Это говорит о высокой эффективности предлагаемого решения.

References

1. Order No. 94 of the Ministry of Civil Defence, Emergency Situations and Natural Disaster Response of 4 March 2011 approving the Regulations on the Functional Subsystem for Monitoring, Laboratory Control and Forecasting of Emergencies of the Unified State Emergency Management System.

2. Pozharkova I. N., Ziablicki A. M. Analysis of the system of monitoring and forecasting of emergency situations of the Republic of Altai as an object of automation. *Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference "Monitoring, modeling and forecasting of natural hazards and emergencies*". Zheleznogorsk, 2019. P. 156–160.

3. Systems engineering fundamentals. Available at: https://ocw.mit.edu/courses/aeronautics-and-astronautics/16-885j-aircraft-systems-engineering-fall-2005/readings/sefguide_01_01.pdf (accessed: 14.1.2020).

4. Mineharu S., Hiroko N. Raw-to-repository characterization data conversion for repeatable, replicable, and reproducible measurements. *Journal of Vacuum Science & Technology*. 2019, Vol. 12, P. 125–144.

5. Lei Zh., Li-Gang S. Research on data preprocess in data mining. *Computer science and engineering*. 2018, Vol. 7, P. 314–328.

6. Marz N., Warren D. Big Data. Principles and practices for building scalable real-time data processing systems. Moscow, Williams Publ., 2018, 582 p.

7. Malik K., Farhan M. Big-data: transformation from heterogeneous data to semantically-enriched simplified data. *Multimedia Tools and Applications*. 2016, Vol. 75, P. 12727–12747.

8. Yong-Min L., Won-Bog L. The Development of Protocol for Construction of Smart Factory. *Journal of IKEEE*. 2019, Vol. 23, P. 1096–1099.

9. Perry D., Parsons N., Costa M. 'Big data' reporting guidelines how to answer big questions, yet avoid big problems. *The Bone & Joint Journal*. 2014, Vol. 96-B, P. 7–32.

10. Taleb I., Dssouli R. Big Data Pre-processing: A Quality Framework. *IEEE International Congress on Big Data*. 2015, P. 737–751.

11. Alberti-Alhtaybat L. Big Data and corporate reporting: impacts and paradoxes. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*. 2015, Vol. 5, P. 85–102.

12. Henningsson S., Yetton P., Wynne P. A review of information system integration in mergers and acquisi tions. *Journal of Information Technology*. 2018, Vol. 33, P. 255–303.

13. Dughmi S. Algorithmic information structure design. *ACM SIGecom Exchanges*. 2017, Vol. 2, P. 244–252.

14. Teorey T., Lightstone S., Nadeau T. Database Modeling and Design: Logical Design. Morgan Kaufmann, 2011. 333 p.

15. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 334 24 March 1997, 2017 On the Procedure for the Collection and Exchange in the Russian Federation of Information in the Field of Protection of the Population and Territories from Natural and Manmade Emergencies.

Библиографические ссылки

1. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 4 марта 2011 г. № 94 «Об утверждении Положения о функциональной подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

2. Пожаркова И. Н., Зяблицкий А. М. Анализ системы мониторинга и прогнозирования ЧС Республики Алтай как объекта автоматизации // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Железногорск, 2019. С. 156–160.

3. Systems engineering fundamentals. [Электронный ресурс]. URL: https://ocw.mit.edu/courses/aeronauticsandastronautics/16-885j-aircraft-systems-engineeringfall-2005/readings/sefguide_01_01.pdf (дата обращения: 14.1.2020).

4. Mineharu S., Hiroko N. Raw-to-repository characterization data conversion for repeatable, replicable, and reproducible measurements // Journal of Vacuum Science & Technology. 2019. Vol. 12. P. 125–144.

5. Lei Zh., Li-Gang S. Research on data preprocess in data mining // Computer science and engineering, 2018. Vol. 7. P. 314–328.

6. Марц Н., Уоррен Д. Большие данные. Принципы и практика построения масштабируемых систем обработки данных в реальном времени. М. : Вильямс, 2018. 582 с.

7. Malik K., Farhan M. Big-data: transformation from heterogeneous data to semantically-enriched simplified data // Multimedia Tools and Applications. 2016. Vol. 75. P. 12727–12747.

8. Yong-Min L., Won-Bog L. The Development of Protocol for Construction of Smart Factory // Journal of IKEEE. 2019. Vol. 23. P. 1096–1099.

9. Perry D., Parsons N., Costa M. ‘Big data’ reporting guidelines how to answer big questions, yet avoid big problems // The Bone & Joint Journal. 2014. Vol. 96-B, P. 7–32.

10. Taleb I., Dssouli R. Big Data Pre-processing: A Quality Framework // IEEE International Congress on Big Data. 2015. P. 737–751.

11. Alberti-Alhtaybat L. Big Data and corporate reporting: impacts and paradoxes // Accounting, Auditing & Accountability Journal. 2015. Vol. 5. P. 85–102.

12. Henningsson S., Yetton P., Wynne P. A review of information system integration in mergers and acquisitions // Journal of Information Technology. 2018. Vol. 33. P. 255–303

13. Dughmi S. Algorithmic information structure design // ACM SIGecom Exchanges. 2017. Vol. 2. P. 244–252.

14. Teorey T., Lightstone S., Nadeau T. Database Modeling and Design: Logical Design. Morgan Kaufmann. 2011. 333 p.

15. Постановление Правительства РФ от 24 марта 1997 г. №334 «О Порядке сбора и обмена в Российской Федерации информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

© Пожаркова И. Н., 2020

Pozharkova Irina Nikolaevna – Cand. Sc., the associate professor, professor of department of technical examinations and criminalistics; Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia. E-mail: pozharkova@mail.ru.

Пожаркова Ирина Николаевна – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры инженерно-технических экспертиз и криминалистики; Сибирская пожарно-спасательная академия» Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. E-mail: pozharkova@mail.ru.