Международный научно-исследовательский журнал
«Прогрессивная экономика»
№ 9 / 2024 https://progressive-economy.ru/vypusk_1/metodologicheskie-osnovy-organizaczii-informaczionnyh-potokov-pri-upravlenii-proektami-geologorazvedochnyh-rabot/
Научная статья / Original article
Шифр научной специальности ВАК: 5.2.3
УДК 338.012
DOI: 10.54861/27131211_2024_9_21



МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Сальманов С.М., *кандидат экономических наук, АО «Полиметалл УК», г. Санкт–Петербург, Россия*

Аннотация. Настоящая статья посвящена исследованию актуальных вопросов в проектно-ориентированных системах управления геологоразведочными проектами с целью выявления особенностей организации информационных потоков при управлении проектами геологоразведочных работ. Выводы и научные результаты включают разработку авторской концепции интегрированных операций, которая позволяет упростить передачу данных и повысить их точность, а также создание единого информационного пространства для оптимизации процессов управления проектами в геологоразведке. Предложенный авторский подход к архитектуре системы информационных потоков, основанный на мультиагентном подходе и концепция интегрированных операций – позволяют создать единое информационное пространство, позволяющее упорядочить процессы обработки и обмена информацией между участниками проекта в сфере геологической разведки. Показано, что необходимым функционалом системы является контроль качества входящей информации, представлены качественные критерии для оценки уровня организации информационных потоков в системах управления геологоразведочными проектами. Отдельное внимание в статье уделено практической реализации предложенного подхода к управлению информационными потоками посредством использования цифровых платформ. Практическая значимость полученных научных результатов состоит в возможности применения предложенной системы информационных потоков для повышения эффективности управления геологоразведочными проектами, улучшения качества данных и сокращения времени их обработки.

Ключевые слова: геологоразведка, информационный поток, архитектура, управление проектами, архитектура систем информационных потоков.

ORGANIZATION OF INFORMATION FLOWS IN THE MANAGEMENT SYSTEMS OF PROJECT-ORIENTED WORKS OF GEOLOGICAL EXPLORATION

Salmanov S.M., *Candidate of Economic Science, JCS «Polymetal Management», Saint Petersburg, Russia*

Abstract. This article is devoted to the study of topical issues in project-oriented management systems for exploration projects in order to identify the features of the organization of information flows in the management of exploration projects. Conclusions and scientific results include the development of the author's concept of integrated operations, which makes it possible to simplify data transmission and increase their accuracy, as well as the creation of a single information space to optimize project management processes in exploration. The proposed author's approach to the architecture of the information flow system, based on a multi–agent approach and the concept of integrated operations, allow us to create a single information space that allows us to streamline the processes of processing and exchanging information between project participants in the field of geological exploration. It is shown that the necessary functionality of the system is quality control of incoming information, qualitative criteria are presented to assess the level of organization of information flows in exploration project management systems. Special attention is paid in the article to the practical implementation of the proposed approach to managing information flows through the use of digital platforms. The practical significance of the obtained scientific results lies in the possibility of using the proposed information flow system to improve the efficiency of exploration project management, improve data quality and reduce processing time.

Keywords: exploration, information flow, architecture, project management, architecture of information flow systems.

JEL classification: G28, H54, R42.

Для цитирования: Сальманов С.М. Методологические основы организации информационных потоков при управлении проектами геологоразведочных работ // Прогрессивная экономика. 2024. № 9. С. 21–32. DOI: 10.54861/27131211_2024_9_21.

Статья поступила в редакцию: 27.08.2024 г. Одобрена после рецензирования: 06.09.2024 г. Принята к публикации: 07.09.2024 г.

For citation: Salmanov S.M. Organization of information flows in the management systems of project-oriented works of geological exploration // Progressive Economy. 2024. No. 9. pp. 21–32. DOI: 10.54861/27131211_2024_9_21.

The article was submitted to the editorial office: 27/08/2024. Approved after review: 06/09/2024. Accepted for publication: 07/09/2024.

Введение

Геологическое изучение недр и их последующее использование является одним из основных путей обеспечения растущей потребности отраслей промышленности минеральными ресурсами. Однако по мере того, как научно-технологический прогресс набирает обороты, меняется и система изучения недр и поиска полезных ископаемых. В последнее десятилетие произошел стратегический сдвиг в сторону применения методов геологоразведки с использованием информационной инфраструктуры [7]. Этот сдвиг обусловлен тем, что менеджменту горнодобывающих компаний необходимо сбалансировать риски в своих портфелях геологоразведочных работ и одновременно снизить затраты на поиск, оценку и разведку недр. Благодаря тому, что геологоразведочные проекты сосредоточены в районах, которые лучше изучены с геологической точки зрения и в большей степени привязаны к действующим добывающим предприятиям, они характеризуются более достоверными геологическими данными, меньшими капитальными затратами, короткими сроками окупаемости [2].

Одна из основных задач геологических служб горнодобывающих и геологоразведочных предприятий является разработка инновационных технологий и решений, позволяющих сократить время поискового и разведочного цикла и повысить экономическую эффективность поисков. Традиционные рабочие процессы разведки и оценки часто занимают годы от первоначального открытия до принятия инвестиционного решения, в связи с этим можно отметить, что они больше не отвечают потребностям сегодняшнего дня. Сокращение времени цикла означает изменение методов использования и обработки данных, способов принятия решений и времени, которое требуется для формулировки окончательных выводов [1; 14].

Кроме того, последние технологические усовершенствования привели к ежедневному созданию огромных массивов данных в горнодобывающих и геологоразведочных отраслях. Сообщается, что управление этими массивами является одной из основных проблем добывающих компаний [5]. В отчете Brule говорится, что инженеры и геологи тратят более половины своего времени на поиск и сбор данных [17]. Эти наборы данных записываются в различных видах и генерируются в больших объемах в ходе выполнения разнообразных операций в горнодобывающей отрасли. Так, например, для принятия решений о разработке нефтяного месторождения необходимо связать полученные измерения с пониманием пласта или метриками, которые имеют решающее значение (такие факторы, как боковая и вертикальная связность, производительность скважин и связанный объем углеводородов), и одновременно количественно оценить неопределенность этих метрик. Это требует интерпретации и интеграции сведений из всех источников и предметных областей, начиная от поверхностной сейсморазведки и местных геологических знаний, до скважинных каротажей, свойств флюидов и испытаний на переходное давление.

Изучение особенностей организации информационных потоков при

управлении проектами геологоразведочных работ является *целью* настоящей статьи. Принимая во внимание вышеизложенное, очевидным является тот факт, что такая интеграция может быть осуществлена только путем построения адаптивной модели информационных потоков, которая будет эффективно наполнять все существующие системы управления данными и служить основой процесса управления информацией проекта на протяжении всего его жизненного цикла. Таким образом, актуальность и высокая практическая значимость отмеченных выше вопросов предопределили выбор темы данной статьи.

Обзор литературы

Проблемам информационного обеспечения процессов управления проектами посвятили свои публикации А.С. Белов [2], Л.А. Видовский [3], Е.В. Клецкова [7], В.М. Тютюнник [11], Cui Tingru [15], Stuvik Kjersti [14], и др. Перспективы развития проектно-ориентированных информационных систем для разведки и добычи полезных ископаемых с элементами искусственного интеллекта, которые позволяют оперативно осуществлять обмен и обработку данных, изучают М. Аль Каркхи [1], Н.И. Глухов [5], Г.А. Есенкова [6], А.В. Тебекин [10], С.М. Сальманов [9], О.В. Волчик [4], Hekkala Riitta [12], Varelmann Tim [16], Yang Xiudan [17] и др.

Несмотря на имеющиеся труды и наработки, вопросы эффективной организации информационных потоков геологоразведочных проектов, обработки больших массивов данных, интерпретации геологической информации, создания цифровых моделей месторождений требуют дополнительного изучения в связи с развитием информационных технологий.

Материалы и методы

В процессе исследования использовались общенаучные и специальные методы научного познания, а именно: анализ и синтез, сравнение, систематизация, обобщение, математического моделирования.

Результаты и обсуждение

Прежде всего, представляется целесообразным акцентировать внимание на том, что информационные потоки в геологоразведочных проектах – это подробные логические схемы и шаблоны, отображающие требуемые зависимости обмена данными об объекте поиска и ключевыми показателями отработки месторождения, последовательность передачи данных, а также необходимые преобразования, происходящие между людьми, процессами и системами [14]. Формирование информационных потоков и их движение достигается за счет всестороннего учета существующих отношений на всех этапах геологоразведочных работ, правил бизнес-политики и базовых технических связей в общей архитектуре изысканий.

Учитывая, тот факт, что системы управления проектами геологоразведочных работ охватывают широкий спектр различных заинтересованных лиц и стейкхолдеров, по мнению автора, в процессе организации информационных потоков целесообразно использовать мультиагентный подход, который объединяет достижения системного анализа

и программирования, а также искусственного интеллекта, обеспечивая при этом принятие эффективных решений и прогнозирование результатов на определенный интервал времени [13].

Основу системы информационных потоков в рамках мультиагентного подхода будет составлять концепция интегрированных операций (ИО), которая относится к появлению новых форм взаимодействия проектных команд, позволяющих в режиме реального времени обмениваться данными и поддерживать связь между многопрофильными специалистами, географическими районами и организационными структурами. Концепция ИО отходит от традиционного способа последовательного структурирования производственных операций, внедряя параллельный совместный процесс, в котором все действия и агенты являются взаимозависимыми [10].

На рис. 1 представлена архитектура системы информационных потоков в контуре управления геологоразведочными проектами. В рамках предложенной архитектуры вся поступающая информация с каждого этапа и отдельного процесса четко фиксируется и организуется в базе данных, в отличие от бумажных носителей в традиционном формате, которые разрознены по подразделениям, отделам и департаментам.

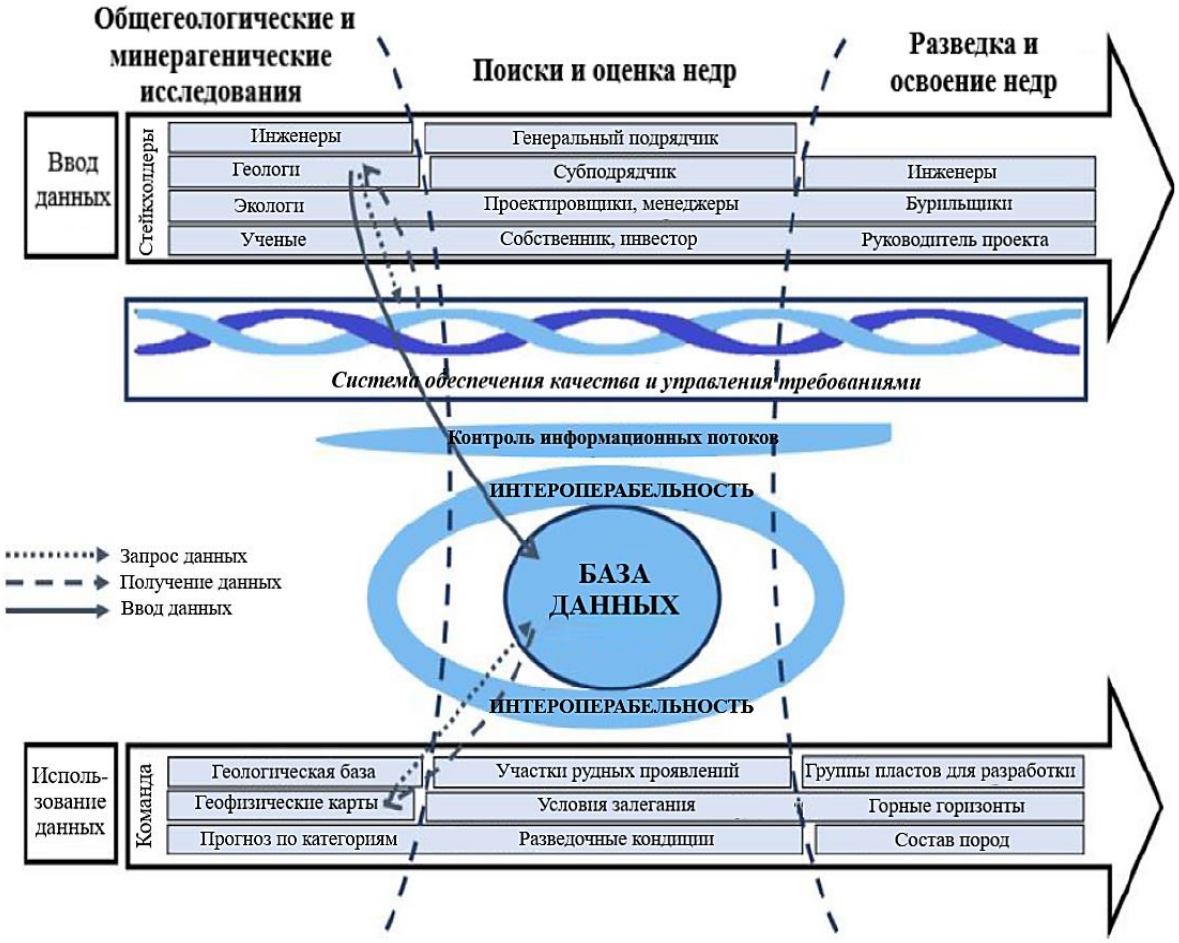


Рис. 1 Архитектура системы информационных потоков в контуре управления проектно-ориентированными работами геологоразведки

Источник: составлено автором

База данных централизовано хранит все поступающие сведения и данные в их взаимосвязи с конкретными объектами. Система передает необходимую информацию заинтересованным сторонам проекта, создавая отчеты или предоставляя доступ к базе данных. Кроме того, она проверяет информацию, анализируя ее соответствие требованиям и отслеживая историю изменений. Также, система имеет возможность автоматически передавать собранные данные на платформы, используемые для того или иного этапа геологоразведки. Наконец, она поддерживает открытые стандарты передачи данных, что позволяет интегрировать различные инструменты в жизненный цикл проекта.

Кроме того, по мнению автора, необходимым функционалом системы является организация и реализация процессов контроля качества поступающей информации. Благодаря этой функции участники геологоразведочных работ смогут получить данные, которые необходимы для прохождения того или иного этапа (т.е. по активам и их данным) и выработки решения, а также советы по обеспечению качества собираемых сведений. Как свидетельствует рис. 1 на каждом из основных этапов жизненного цикла проекта заинтересованные стороны (например, инженер или геолог) отправляют данные в информационную систему, которые были получены в ходе выполнения определенных работ (стрелка ввода данных). Полученная информация проходит через уровень контроля качества и вводится в интероперабельную базу данных. После этого другие участники могут послать запрос в базу данных и получить искомую им информацию.

С математической точки зрения мультиагентную информационную систему управления проектно-ориентированными работами геологоразведки можно представить следующим образом. Рассмотрим рабочий процесс как требование (D), выполняемое (E) агентом или группой агентов в проекте. Выполнение действий заключается в использовании информации (I) для реализации какой-либо деятельности в момент времени (T), необходимый для ее завершения. При выполнении деятельности вся информация и время будут представлять собой событие i, обрабатываемое агентом (агентами), в котором переменные влияют на выражения обработки и порождают точность (P) [12]. Для постоянного достижения 100% точности действия агентов, базовая модель элементов, составляющих рабочий процесс, и переменных информационного потока может быть определена уравнением, где вероятность точности имеет следующий вид (1):

$$P[precision = i_1, \dots, x_n = i_n] = p_{i,\dots,i_n} \quad (1)$$

при этом все события i определяются дискретной функцией вероятности, распределение m которой для I выглядит следующим образом (2):

$$\sum_{i_1=0}^{1} \dots \sum_{i_n=0}^{1} p_{i_{1,\dots,i_n}} = 1 \quad (2)$$

P концептуально представляет эргодичность, определяемую постоянными мерами от I до P и T (предельное среднее из выборок для равных промежутков времени) в любом случае i и I [5].

Пусть задано множество потоков $Y = \{y_i, i = 1, \dots, n\}$, что выражается целочисленными неотрицательными переменными, значения которых соответствуют количеству потоков, а множество переходов – изменению состояний потоков $Q = \{q_i, j = 1, \dots, d\}$. Элементарное событие может быть описано выражением $p_j = y_1^-, \dots, y_n^- \; q_i \rightarrow \; y_1^+, \dots, y_n^+$, где $y_1^-, \dots, y_n^-$ – входные потоки, $y_1^+, \dots, y_n^+$ - выходные потоки, пересечение множеств входных и выходных потоков не является пустым. При этом при выполнении перехода q_j возможно изъятие определенного количества потоков из входных потоков и их внесение в выходные потоки.

На каждом из уровней мультиагентной системы принимаются решения, для чего обрабатываются значительные объемы информационных потоков, передаваемых по межагентным каналам. На временной шкале τ = 0,1 ... динамику входных $y_{g_a}(\tau)$ и выходных $y_{h_b}(\tau)$ потоков с учетом уровней можно задать следующим образом (3 – 4):

$$y_{g_a}(\tau) = y_{g_a}(\tau - 1) - a_a, \quad a = 1, \dots, k \tag{3}$$

$$y_{h_b}(\tau) = y_{h_b}(\tau - 1) + \beta_b, b = 1, \dots, r \tag{4}$$

где показатель a_a соответствует количеству потоков, изымаемых при выполнении перехода q_j из входных потоков, показатель β_b – количество потоков, которые вносятся в выходные потоки.

С учетом отмеченного на рис. 2 представлен обобщенный процесс формирования и движения информационных потоков в рамках проектной команды, которая занята геологоразведкой, приводящий к принятию решения, с типичным взаимодействием между всеми участниками проекта в разрезе существующей иерархии.

Очевидно, что для практической реализации разработанной архитектуры необходима современная цифровая платформа. И в данном случае, по мнению автора, целесообразно использовать широко представленные на сегодняшний день цифровые исследовательские среды, которые являются выгодным решением для проектных групп, поскольку повышают эффективность и облегчают создание данных и документов для регуляторных заявок более прозрачным и проверяемым способом [15].

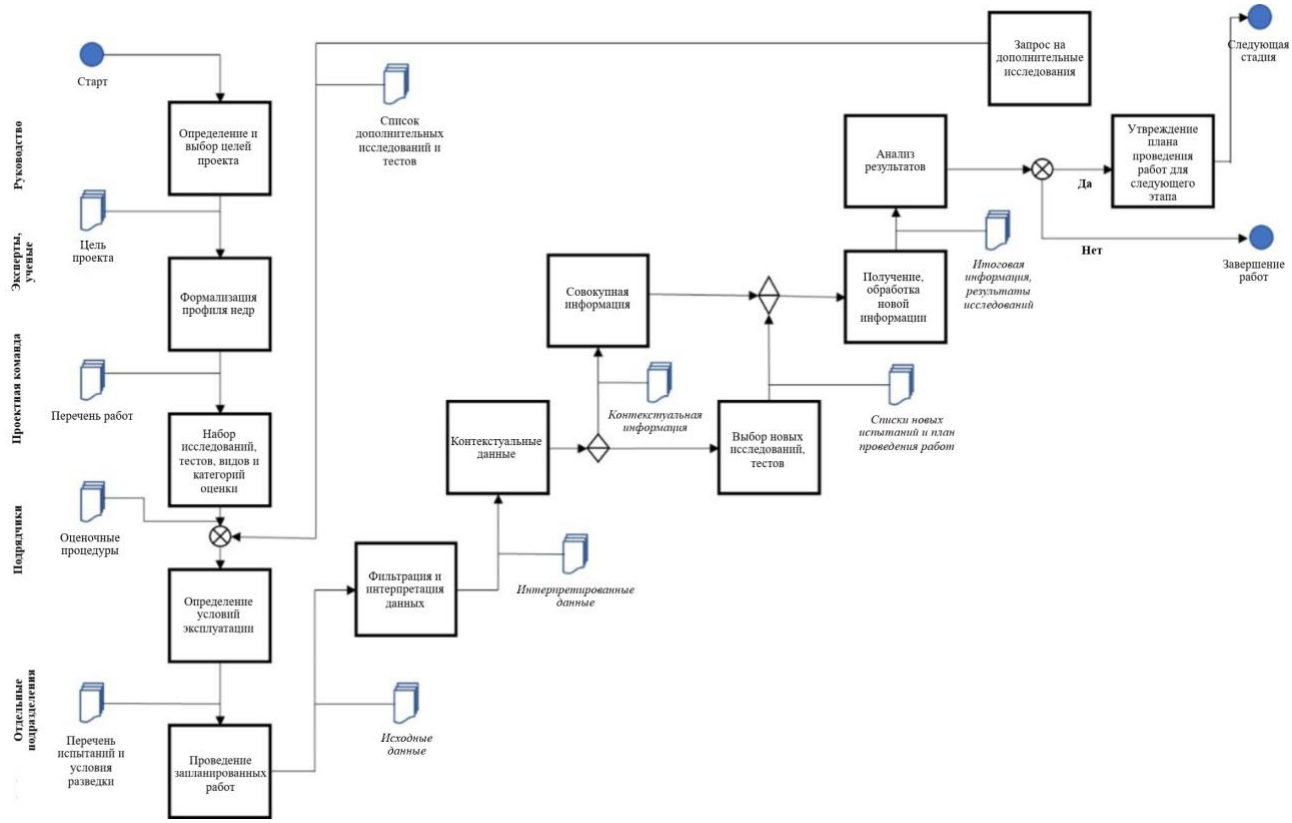


Рис. 2. Пример рабочего процесса формирования и движения информационных потоков проектной группы в геологоразведке

Источник: составлено автором

Важнейшими компонентами современных цифровых платформ являются динамически обновляемые и доступные для поиска каталоги метаданных, инструменты анализа, а также проверка достоверности данных и аудиторские следы. Данные функции облегчают не только коллективную работу, но и взаимодействие проектных групп, а также обеспечивают совместимость с нормативными требованиями [3; 16]. Кроме того, цифровые платформы имеют возможности интеграции с другими системами документооборота или вычислительными средами, что позволяет использовать преимущества уже унаследованных информационных систем, не требуя обучения новому набору инструментов.

Управление взаимодействием с подрядчиками, субподрядчиками, привлекаемыми экспертами и оценщиками также легко осуществляется в рамках такой цифровой платформы. Поскольку внешним пользователям может быть предоставлен безопасный доступ на определенный период времени с определенными правами и привилегиями, которые зависят от их контракта и роли. Доступ может быть прекращен в установленное время или отменен в любой момент, что обеспечивает руководству максимальный контроль.

Анализ особенностей и сложностей в существующих системах управления проектами геологоразведочных работ позволяет выделить области улучшения и функциональные возможности, связанные с управлением информацией и требованиями, которые можно достигнуть, используя

предложенную архитектуру системы информационных потоков. Таблица 1 обобщает полученные результаты.

Таблица 1

Выявленные проблемы и соответствующие решения

Проблема	Решения и возможности
Создание дубликатов	Структурирование информации, ее классификация и группировка
Технические спецификации представляют собой компиляцию существующих документов. Отсутствие данных, необходимых для продолжения процессов изысканий	Использование платформы для централизации знаний в шаблонах
Множество этапов передачи информации	Упрощение доступа к информации с помощью платформы
Требования, технические задания и документация по завершению проекта, представлены в бумажных документах	Интеграция платформы с техническим программным обеспечением, что позволяет облегчить экспорт информации Стейкхолдеры, участники проекта вводят данные в соответствии с едиными требованиями
Ручная проверка на основе 2D-планов и проверка на месте	Проведение автоматизированного контроля качества информации на платформе на предмет соответствия требованиям
Передача информации на основе бумажных документов	Передача информации с платформы, адаптированной к системам классификации

Источник: составлено автором

Исходя из таблицы 1, области, в которых возможности улучшения наиболее очевидны: автоматизация передачи информации между этапами; коммуникация между заинтересованными сторонами; контроль информации и вводимых данных и, наконец, поддержка единых шаблонов и форматов на протяжении всего жизненного цикла проекта.

И в завершении представляется целесообразным акцентировать внимание на качественных параметрах организации информационных потоков в системах управления проектно-ориентированными работами геологоразведки. По мнению автора, целесообразно использовать три формальных критерия: стоимость, путь и время.

Критерий стоимости показывает, сколько стоит текущая (или альтернативная) реализация информационных процессов. Стоимость реализации сети информационных потоков C в рамках проекта определяется путем сложения затрат на регистрацию C_r, хранение C_s и обработку C_a (5):

$$C = C_r + C_s + C_a \quad (5)$$

Путь дает представление о количестве элементов сети информационных потоков, через которые должна пройти информация, чтобы быть полученной

пользователем информации. Путь от момента возникновения информационного потока до его поступления к лицу, принимающему решение, представляет собой последовательность (6):

$$P = (P_1, \dots, P_{np}) \quad (6)$$

Количество элементов P $dim(P)=np$ показывает сложность пути информации к ее окончательному потребителю. Подобные задачи обычно решаются с помощью теории графов. Для поиска значений времени также могут использоваться различные методы моделирования.

Время показывает скорость передачи информации ее пользователю. Если информация поступает к лицу, принимающему решение, по одному пути (линейная структура информационных потоков), то время передачи информации можно определить следующим образом (7):

$$T = T_r + T_s + T_a \quad (7)$$

здесь T_r - регистрация, T_s – хранение, T_a - время обработки.

Чаще всего информационные потоки имеют нелинейную (сетевую) структуру. Такую сеть информационных потоков можно представить в виде направленного графа, где веса на ребрах соответствуют среднему времени (регистрации, хранения, обработки) [8]. Время передачи информации в виде материального потока лицу, принимающему решение, будет соответствовать самому длинному пути в этом направленном графе от вершины без входящих ребер до вершины без исходящих ребер.

Заключение

В статье проанализированы информационные потоки на каждой стадии реализации геологоразведочного проекта. На базе анализа предложена концепция интегрированных операций и архитектура информационных потоков при управлении проектами геологоразведочных работ, которая основана на мультиагентном подходе и концепции интегрированных операций. В рамках данной архитектуры создается единое информационное пространство, позволяющее упорядочить процессы обработки и обмена информацией между участниками проекта. Необходимым функционалом системы является контроль качества входящей информации. Отдельное внимание уделено практической реализации предложенного подхода к управлению информационными потоками через цифровую платформу.

Представлены качественные критерии для оценки уровня организации информационных потоков в системах управления геологоразведочными проектами. Практическая значимость полученных научных результатов состоит в возможности применения предложенной системы информационных потоков для повышения эффективности управления геологоразведочными проектами, улучшения качества данных и сокращения времени их обработки.

Литература

1. Аль Каркхи М. Модели информационного поиска в многофкторных потоках // Информационные процессы, системы и технологии. 2022. Т. 3. № 1 (22). С. 25–28.
2. Белов А.С. Концептуальная модель обмена информацией между органами управления, учитывающая используемые информационные технологии и качество информационных потоков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 9. С. 126–130.
3. Видовский Л.А. Оценка защищенности при формировании архитектуры единого информационного пространства на территориально распределенных объектах // Вестник ИМСИТ. 2021. № 2 (86). С. 31–34.
4. Волчик О.В. Управление качеством данных в сфере стандартизации посредством смарт-стандартов // Прогрессивная экономика. 2024. № 7. С. 106–117.
5. Глухов Н.И. Онтологическая модель управления информационными потоками на предприятии с учетом уровней конфиденциальности // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. 2021. № 3 (11). С. 59–66.
6. Есенкова Г.А., Евченко А.В. Построение и анализ матричной модели документооборота организации в системе повышения качества информационного обеспечения управления // Деловой вестник предпринимателя. 2022. № 7 (1). С. 65–72.
7. Клецкова Е.В. Координация принятия современных управленческих решений в производственных организациях // Экономика устойчивого развития. 2023. № 1 (53). С. 171–173.
8. Николаева Т.С. Представление информационных потоков с помощью теории графов // Научно–технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2008. №51
9. Сальманов С.М. Проблемы инвестиционной привлекательности геологоразведочных проектов и инструменты ее повышения // Прогрессивная экономика. 2024. № 3. С. 14–24.
10. Тебекин А.В. Оценка эффективности процессов совершенствования движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами // Журнал технических исследований. 2021. Т. 7. № 4. С. 11–22.
11. Тютюнник В.М. Новая закономерность в динамике документно–информационных потоков // Информационные процессы, системы и технологии. 2021. № 2 (20). С. 5–8.
12. Hekkala R. Power and conflict in inter–organisational information systems development // Information Systems Journal. 2021. Volume 32. P. 90–96.
13. Savolainen R., Thomson L. Assessing the theoretical potential of an expanded model for everyday information practices // Journal of the Association for Information Science and Technology. 2021. Volume 73, Issue 4. P. 65–73.
14. Stuvik K., Kokkula S. Asset Information Model to Increase Traceability

in Offshore Wind Projects // INCOSE International Symposium. 2022. Volume 32, Issue S2. P. 87–94.

15. Tingru Cui Open innovation and information technology use: Towards an operational alignment view // Information Systems Journal. 2022. № 3. P. 9–15.

16. Varelmann T. A decoupling strategy for protecting sensitive process information in cooperative optimization of power flow // AIChE Journal. 2021. Volume 68, Issue 1. P. 130–135.

17. Xiudan Yang Research on Information Flow Mechanism of Manufacturing Enterprises from the Perspective of Innovation Value Chain // Proceedings of the Association for Information Science and Technology. 2021. Volume 58, Issue 1. P. 110–114.