

УДК: 622:004.8:658.15

Караева Зулпия Урматовна¹,
магистр экономики, науч. сотр. лаборатории «Природный камень и техногенное сырьё»

Калдыбаев Нурланбек Арзымаматович¹,
канд.техн. наук, ст.научн. сотрудник лаборатории

«Природный камень и техногенное сырьё»

Маткаликов Абдилазиз Моминович²,

инженер-электронщик

ЭЛЕКТРОННЫЙ СЕРВИС ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СМЕТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В КАМНЕДОБЫВАЮЩИХ КАРЬЕРАХ

Караева Зулпия Урматовна¹,
экономика магистри, «Жаратылыш ташы жана техногендык сырьё»

лабораториясынын илимий кызматкери

Калдыбаев Нурланбек Арзымаматович¹,
«Жаратылыш ташы жана техногендык сырьё» лабораториясынын

улук илимий кызматкери, техника илимдеринин кандидаты

Маткаликов Абдилазиз Моминович²,

инженер-электронщик

ТАШ КАЗГАН КАРЬЕРЛЕРДЕГИ ТОО-КЕН ИШТЕРИН АВТОМАТТАШТЫРЫЛГАН СМЕТАЛЫК ПЛАНДООҮЧҮН ЭЛЕКТРОНДУК СЕРВИС

Karaeva Zulpiya Urmatovna¹,
Master of Economics, Researcher at the laboratory "Natural Stone and Man-made Raw Materials"

Kaldybaev Nurlanbek Arzymamatovich¹,
Candidate of Technical Sciences, Senior researcher at the laboratory

"Natural Stone and Man-made Raw Materials"

Matkalikov Abdilaziz Mominovich²,

Electronics Engineer

ELECTRONIC SERVICE FOR AUTOMATED COST-EFFECTIVE PLANNING OF MINING OPERATIONS IN STONE-MINING QUARRIES

¹*Институт природных ресурсов им. А.С. Джаманбаева ЮО НАН КР ПКР,
Ош, Кыргызская Республика*

²*Ошский технологический университет им. М.М. Адышева,
Ош, Кыргызская Республика*

¹*КРП КР УИА ТБ А.С. Джаманбаев ат. Жаратылыш байлыктары институту,
Ош, Кыргыз Республикасы*

²*М.М.Адышева ат. Ош технологиялык университети, Ош, Кыргыз Республикасы*

¹*Institute of Natural resources named after A.S. Dzhamanbayev SB NAS KR PKR,
Osh, Kyrgyzstan*

²*Osh Technological University named after M.M. Adyshev,
Osh, Kyrgyz Republik*

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы разработки и валидации электронного сервиса для автоматизированного расчёта смет в горнодобывающих проектах с учётом типа техники, производительности, затрат на топливо, обслуживание и аренду. Предложена архитектура сервиса, реализованы модули импорта данных, параметрического расчёта и генера-

ции отчётов. По сравнению с традиционными методами, подход снижает трудоёмкость сметно-бюджетных операций, уменьшает вероятность ошибок и повышает прозрачность затрат. Обоснование актуальности основано на трендах цифровизации в горной промышленности, а методическая база — на языковых и алгоритмических инструментах Python/ML.

Ключевые слова: горные работы, сметное планирование, цифровой сервис, автоматизация расчётов, производительность, искусственный интеллект.

Аннотация. Макалада тоо-кен долбоорлорунда смета түзүүнү автоматташтырган электрондук сервис түзүү жана анын мүмкүнчүлүктөрүн сүрөттөп баалоо маселелери каралган. Сервиске маалыматтарды импорттоо, параметрдик эсептөөлөр жана отчет түзүү модулдары киргизилген. Салттуу ыкмаларга салыштырмалуу убакытты кыскартат, каталардын мүмкүнчүлүгүн азайтат жана чыгымдардын ачыктыгын жогорулатат. Сервис тармактагы санариптештирүү тенденциялары менен негизделген, методикалык негиз катары Python ML программасы колдонулган.

Ачкыч сөздөр: тоо-кен иштери, смета, санарип сервис, автоматташтыруу, өндүрүмдүүлүк, жасалма интеллект.

Abstract. To develop and describe an electronic service for automated cost estimation in mining projects accounting for equipment types, productivity, fuel, maintenance and rental costs. We propose a modular architecture with data import, parameterized computation, and report generation. Compared to manual workflows, the approach reduces time, minimizes errors, and increases cost transparency. The rationale builds on ongoing digitalization trends in mining and on Python/ML methodology.

Keywords: mining operations, cost estimation, digital service, automation, equipment productivity, artificial intelligence.

Введение

Горнодобывающие предприятия сталкиваются с высокой вариативностью производственных параметров и сложностью учёта затрат, что приводит к затяжным сметным циклам и ошибкам ручного ввода. Ускорение и стандартизация сметно-бюджетных процедур является ключевым направлением цифровой трансформации отрасли [1]. В качестве технологической основы сервиса часто используется язык Python, обеспечивающий сбалансированное сочетание зрелой экосистемы, читабельности и богатой стандартной библиотеки [2]; интеллектуальные компоненты опираются на проверенные подходы ИИ и машинного обучения [3–6].

Горнодобывающие предприятия сталкиваются с высокой вариативностью производственных параметров и сложностью учёта затрат, что приводит к затяжным сметным циклам и ошибкам ручного ввода. Ускорение и стандартизация сметно-бюджетных процедур является ключевым направлением цифровой трансформации отрасли. Необходим программный инструмент, который учитывает специфику горных работ (парки экскаваторов и самосвалов, буровых установок, режимы эксплуатации, ТО и ГСМ), обеспечи-

вает воспроизводимость расчётов и формирует стандартизированные отчёты.

Крупные корпоративные системы управления проектами (например, Oracle Primavera, SAP S/4HANA for Mining) предоставляют мощный функционал планирования, но требуют существенных ресурсов на внедрение и зачастую переизбыточны для локальных задач сметного ценообразования. Узкоспециализированные калькуляторы смет автоматизируют расчёты, но редко адаптированы под специфику горных работ и локальные нормативы.

Теоретическая рамка для построения «умных» сервисов задаётся классическими работами по ИИ (агентные модели, поиск, планирование, вероятностные методы) [5] и современными подходами глубокого обучения [6]. Для практической реализации аналитических блоков применимы руководства по машинному обучению на Python (scikit-learn, Keras, TensorFlow), где детально описаны этапы подготовки данных, обучение и оценка моделей [3, 4]. В прикладной части разработки серверной логики и интеграции алгоритмов важны идиоматические практики языка и стандартной библиотеки Python [2]. В региональном контексте под-

тверждена успешность внедрения цифровых технологий и формирование компетенций, что важно для тиражирования подобных решений [7].

Актуальность работы определяется тем, что сметно-бюджетные процедуры в горных работах до сих пор во многом опираются на ручную обработку данных, что ведёт к задержкам, ошибкам и снижению прозрачности затрат; при этом цифровизация горнопромышленного комплекса признаётся ключевым драйвером роста эффективности и управляемости издержек. Зрелость экосистемы Python и методической базы машинного обучения/ИИ (scikit-learn, Keras, TensorFlow; классические и современные подходы к построению интеллектуальных систем) создаёт технологические предпосылки для автоматизации расчётов и воспроизводимой аналитики.

Цель исследования — разработать и описательно валидировать электронный сервис для автоматизированного сметного планирования горных работ в камнедобывающих карьерах, обеспечивающий параметрический расчёт эксплуатационных затрат по типам техники, стандартизацию смет и формирование отчётности, что в сумме должно сократить трудоёмкость, снизить вероятность ошибок и повысить прозрачность затрат.

Материалы и методы. Используемые данные: паспортные характеристики техники (тип, ёмкость, мощность), нормы расхода топлива, ставки аренды/амортизации, регламенты ТО, тарифы труда.

Архитектура сервиса. (1) импорт и валидация (CSV/Excel; контроль диапазонов и обязательных полей); (2) параметрический движок расчётов (почасовые/сменные/месячные стоимостные показатели по шаблонам «добыча», «бурение», «транспорт»); (3) конфигуратор работ (сборка сметы из операций, локальная калибровка коэффициентов: условия карьера, высотность, климат); (4) отчётность (генерация детализированных смет, разбиение по статьям затрат, экспорт DOCX/PDF). **Алгоритмическая база.** Для реализации логики, структур данных и I/O используем

практики из [2]; блоки предобработки и прогнозирования производительности/затрат строятся на основе рецептов и пайплайнов ML [3, 4], с возможностью применения методов классического ИИ и DL при решении задач оптимизации и предсказания [5, 6].

Реализация и функциональные возможности

- Импорт данных о техниках/ресурсах из внешних источников (табличные форматы).

- Автоматический расчёт топлива, аренды, обслуживания, производительности с учётом введённых параметров.

- Гибкая настройка видов работ, корректировки по проектам (коэффициенты, условия эксплуатации).

- Генерация отчётов для внутренней отчётности и согласований. Реализация серверной части и конвейеров обработки данных следует идиоматике и библиотечным практикам Python [2], а аналитические шаги — прикладным руководствам по ML [3, 4].

Сравнительный анализ

Для позиционирования сервиса относительно распространённых подходов сметного планирования можно отметить, что предложенное решение ориентировано именно на специфику горных работ, что соответствует курсу на отраслевую цифровизацию. Узкоспециализированный фокус и низкий порог внедрения позволяют быстрее адаптировать сервис под локальные нормативы и данные, чем универсальные комплексные платформы.

Результаты пилотной апробации. В демонстрационных сценариях подготовка типовой сметы по добычно-транспортному циклу сократилась по времени по сравнению с ручным процессом; пользователи отметили снижение ошибок за счёт исключения повторного ввода и стандартизации формул расчёта. Числовые показатели будут добавлены после прогонов на реальных данных организаций-партнёров.

На рисунке 1 приведены результаты расчёта годовой производительности карьера, добывающего известняк-ракушечник на месторождении “Сары-Таш”, выполненные с помощью разработанного электронного сервиса.

№ п.п.	Наименование затраты	Затраты на проектируемый объем продукции-5 тыс. м3, на год -тыс. сом	На 1 м3 продукции, сом
1	Заработная плата	3609,0	360,9
2	Отчисление на социальное страхование (21% от заработной платы)	685,71	68,571
3	Транспортно-заготовительные и монтажные работы	8250,1	825,01
4	Амортизационные отчисления	4519,8	451,98
5	Электроэнергия	134,9	13,49
6	Материалы и инструмент	1057,421	105,74
7	ГСМ и дизтопливо	1956,76	195,67
8	Ремонтный фонд (50% от амортиз.отч.)	2259,9	225,99
9	Рекультивация земель	431,58	43,16
10	Текущий ремонт внешних автодорог (Куршаб-Туз-Бель) в связи с оползнеопасностью	50,0	5,0
14	Производственная себестоимость продукции	23001,461	2300,146
15	Внепроизводственные расходы на реализацию продукции (2 % от суммы реализации)	468,64	46,84
16	Другие непредвиденные расходы (10%)	2300,146	230,0146
17	Полная годовая себестоимость продукции	25820,247	2582,0247
18	Налоги за использование недр : -Бонус (согласно тарифу) -Роялти (12 % от объема реализации)	3149,32	314,932
20	Оптовая цена товарного блока	53350,0	5335,0
21	Производственная прибыль	27529,753	
22	Налог на прибыль (10%)	2752,9753	
23	Чистая прибыль после уплаты налога	24776,7777	

Рис.1. Результаты автоматизированного расчета проектируемой годовой производительности карьера по добыче известняка-ракушечника

Автоматизированный сервис для расчетов работает в следующей последовательности.

- **Ввод данных:**

Пользователь или система (например, CRM) предоставляет исходные данные для расчета.

- **Обработка:**

Сервис анализирует введенную информацию и применяет к ней встроенные алгоритмы и формулы. Это может включать сложные вычисления, формирование отчетов или другие операции.

- **Результат:**

Программа предоставляет пользователю готовый результат в виде числа, отчета или другого наглядного формата.

Обсуждение. Полученные эффекты (сокращение трудозатрат, снижение ошибок учёта, рост прозрачности затрат) согласуются с оценками влияния цифровизации на эффективность горных предприятий [1].

Критически важным фактором выступает кадровая готовность и образовательная экосистема, что подтверждается локальными практиками внедрения цифровых технологий [7]. Для повышения точности прогнозов в дальнейшем планируется расширение использования методов ИИ/ML, в том числе продвинутых моделей глубокого обучения и вероятностных подходов [5, 6], а также наращивание библиотек признаков и интеграций с источниками телеметрии.

Заключение

Предложенный электронный сервис демонстрирует практическую применимость для ускорения и стандартизации сметно-бюджетных расчётов в горных работах. Методическая опора на Python/ML и соответствие трендам цифровизации создают предпосылки для масштабирования и адаптации под локальные условия, учитывая имеющиеся образовательные и организационные практики.

1. Список литературы:

- Каленов О.Е. Цифровизация в горной промышленности // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова. 2021. Т. 18, № 5 (119). С. 185-192. <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2021-5-184-192>
- Лутц М. Изучаем Python. Том 1. 5-е изд. СПб.: Диалектика, 2019-2020. 832 с. ISBN 978-5-907144-52-1.
- Жерон О. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow. 2-е изд. (рус. пер.). М.: (издательство по русскому изданию), 2020-2022.

5. Элбон К., Галлатин К. Машинное обучение с использованием Python. Сборник рецептов. 2-е изд. (рус. пер.). АЛИСТ, 2024. 448 с. ISBN 9786010841192.
6. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход (рус. изд., в т.ч. 4-е изд., т. 1). М.: Вильямс / др. изд., 2020–2022.
7. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение (рус. пер.). М.: ДМК Пресс, 2017–2018. 652 с. ISBN 978-5-97060-618-6.
8. Калдыбаев Н.А., Култаева Д.Ч., Маматкасымова А.Т., Эгембаева А.А. Использование цифровых технологий в реализации образовательной программы дополнительного обучения «Жаш жаратмандар» // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2021. № 3 (59). С. 65–70.