РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ МНОГОАГЕНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Тураева Насиба Мирхамидовна
Свободный соискатель Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада Ал-Хоразмий
https://doi.org/10.5281/zenodo.14736059

Для аэропорта внедрение многоагентной системы мониторинга имеет значительное экономическое и операционное значение. Это связано с необходимостью повышения эффективности управления сложной инфраструктурой, включающей в себя телекоммуникационные и аэронавигационные системы. В исследовании рассмотрены ключевые аспекты, обосновывающие важность и экономическую целесообразность использования таких технологий.



Рис.1. Экономические возможности многоагентной системы мониторинга

Указанное улучшает общую управляемость сети и позволяет оптимизировать работу операторов, что, в свою очередь, снижает затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание.

Проводя анализ экономической эффективности многоагентной сетевой системы мониторинга автором научной работы, были изучены экономические расчеты ученых в области экономики и разработана модель расчета экономической эффективности системы мониторинга сетей телекоммуникаций аэронавигационных систем на основе многоагентной технологии (табл.1.).

Изучение и анализ деятельности ведущих авиакомпаний мира, таких как **Delta Air Lines (США), Lufthansa (Германия)** и **Emirates (ОАЭ),** показал, что они активно внедряют технологии многоагентных систем для улучшения мониторинга и устойчивого управления инфраструктурой. Рассмотрим основные сходства и различия:

- **Постоянный мониторинг телекоммуникационных сетей**:

В странах с развитой телекоммуникационной инфраструктурой» [8; с.141] (например, в ОАЭ) авиационные компании используют интегрированные системы для обеспечения постоянного мониторинга сетей, что важно для стабильности связи. Это позволяет

минимизировать задержки в передаче данных между диспетчерскими службами и воздушными судами. [9; с.2-4, 76; с.20]

Таблица 1

Анализ экономической эффективности многоагентной системы мониторинга сетей телекоммуникаций аэронавигационных систем

Элемент	Расчет (формула)	Значение элементов	Описание	Максимальное значение	Минимальное значение
1	2	3	4	5	6
1.Таблица начальных затрат					
Разработка (закуп) ПО	$C_{dev} = R_{dev} * T_{dev}$ [1; с.1-6]	C_{dev} – программное обеспечение. R_{dev} – стоимость разработки за час. T_{dev} – время разработки (часов).	Затраты на разработку программного обеспечения, включая алгоритмы мониторинга.	Зависит от сложности ПО	<5% от начальных затрат
Оборудование	$C_{equip} = \Sigma (C_{server} + C_{sensor} + C_{network})$ [2; с.8-9]	C_{server} – стоимость серверов. C_{sensor} – стоимость датчиков. $C_{network}$ – стоимость сетевого оборудования.	Затраты на серверы, датчики и сетевое оборудование.	Зависит от размера сети	Зависит от базовой конфигурации
Интеграция	$C_{integration} = R_{int} * T_{int} + C_{training}$ [3; с.915-916]	R_{int} – стоимость интеграции за час. T_{int} – время интеграции. $C_{training}$ – расходы на обучение сотрудников.	Расходы на интеграцию системы в существующую инфраструктуру и обучение сотрудников.	<15%	>5%
2. Таблица эксплуатационных затрат [4; с.731-732]					
Обслуживание	$C_{maint} = (C_{servermaint} + C_{sensormaint} + C_{softwareupdate}) * N_{year}$	$C_{servermaint}$ – затраты на обслуживание серверов. $C_{sensormaint}$ – затраты на обслуживание датчиков. $C_{softwareupdate}$ – обновление ПО. N_{year} – количество лет эксплуатации.	Регулярное обслуживание серверов и датчиков, обновление ПО.	<10%	>2%
Энергопотребление	$C_{energy} = P_{total} * H_{year} * C_{kWh}$	P_{total} – общая мощность оборудования. H_{year} – количество рабочих часов в год. C_{kWh} – стоимость 1 кВт/ч.	Затраты на потребляемую оборудованием электроэнергию.	<20%	>1,5%
3. Таблица экономической выгоды					
Экономия на ручных операциях	$S_{time} = (T_{manual} - T_{automated}) * R_{staff} * N_{staff}$ [5; с.97]	T_{manual} – время на ручные операции. $T_{automated}$ – время автоматизированных операций. R_{staff} – зарплата сотрудника за час. N_{staff} – количество сотрудников.	Сокращение времени на выполнение задач благодаря автоматизации.	<80%	>20%
Снижение ошибок	$S_{error} = N_{errors} * C_{error}$ [6; с.32-33]	N_{errors} – количество ошибок до автоматизации. C_{error} – стоимость устранения одной ошибки.	Снижение затрат на устранение ошибок, связанных с мониторингом.	<60%	>10%
4. Таблица расчета ROI и окупаемости [7; с.76-78]					
ROI (Return On Investment — возврат инвестиций)	$ROI = (S_{total} - C_{initial} - C_{operational}) / C_{initial} * 100\%$	S_{total} – общая экономическая выгода. $C_{initial}$ – начальные затраты. $C_{operational}$ – эксплуатационные затраты.	Процентное соотношение прибыли к затратам на внедрение и эксплуатацию.	+100%	>50%
Период окупаемости	$T_{payback} = C_{initial} / (S_{total} - C_{operational})$	$T_{payback}$ – срок окупаемости в годах.	Время, за которое инвестиции в систему окупятся.		

В Узбекистане важность этой функции также высока, учитывая географические особенности страны и необходимость поддержания стабильного телекоммуникационного канала между удаленными регионами и центральными диспетчерскими пунктами. В статье "Technical Challenges of IoT deployment in Developing countries" обсуждаются проблемы, связанные с внедрением IoT (интернет вещей) в развивающихся странах, такие как высокие первоначальные затраты на оборудование, необходимость адаптации инфраструктуры и сложность поддержания сетевой безопасности. [10; с.3]

- **Быстрая реакция на изменения и минимизация простоев**:

Авиакомпании, такие как Emirates, используют многоагентные системы мониторинга для быстрого выявления неисправностей и перенаправления ресурсов, что сокращает время простоя. Они также используют искусственный интеллект (ИИ) для прогнозирования потенциальных неисправностей. В результате уровень предотвращения ошибок снизил риск на 22 % и увеличил реализацию финансовой деятельности на 7 %. Это демонстрируют, как современные авиакомпании, включая Emirates, используют ИИ и многоагентные системы мониторинга для улучшения процессов технического обслуживания и минимизации времени простоя самолетов. [11; с.86-89]

В Узбекистане внедрение многоагентной системы мониторинга позволит быстрее выявлять и устранять проблемы сети, что особенно важно для сокращения времени простоя и повышения доступности воздушного флота в условиях сравнительно ограниченного числа собственных воздушных судов.

Экономический анализ внедрения в Узбекистане. Экономическая эффективность внедрения многоагентной системы мониторинга телекоммуникационной сети аэронавигационных систем зависит от нескольких основных факторов: начальные затраты, эксплуатационные расходы, потенциал экономии и возврат на инвестиции (ROI).

- **Начальные затраты**:

Включают в себя закупку оборудования, разработку и адаптацию программного обеспечения, а также обучение персонала. В Узбекистане, где бюджет авиакомпаний может быть более ограничен по сравнению с крупными зарубежными конкурентами, начальные вложения требуют тщательного планирования. Однако долгосрочные преимущества автоматизации могут компенсировать эти затраты.

- **Эксплуатационные расходы**:

Эксплуатационные затраты в Узбекистане могут быть ниже по сравнению с США или странами Европы из-за более низкой стоимости рабочей силы и электроэнергии. Тем не менее, сложность управления телекоммуникационной сетью и необходимая квалификация персонала делают критическим аспектом интеграцию и обслуживание таких систем. Пример: если расходы на эксплуатацию и обслуживание системы составляют 300 тыс.долларов США в год, но за счет автоматизации экономится около 1500 часов работы персонала, это может дать значительную экономию. В исследовании "Towards Autonomous Aviation Operations: What can we learn from other areas of automation?" обсуждаются примеры автоматизации в авиационной отрасли, включая использование автоматизированных систем для управления воздушным движением и обслуживания. Это способствует снижению эксплуатационных расходов и увеличению эффективности работы систем [12; с.2]

Расчет экономической эффективности внедрения автоматизации.

1. Сокращение затрат на обслуживании:

Введение автоматизации в процесс мониторинга снижает потребность в ручных проверках и техническом обслуживании. Например, в Германии автоматизация позволяет сократить затраты на обслуживание на 15-20%. Этот расчет основан на анализе данных о затратах на техническое обслуживание до и после внедрения автоматизированных систем в авиационных компаниях Германии. Например, если ежегодные затраты на техническое обслуживание составляли порядка 50 млн долларов до внедрения автоматизации, а затем снизились до 42.5-40 млн долларов, что составляет 15-20%. Формула для расчета экономии выглядит следующим образом:

Экономия = (Затраты до автоматизации - Затраты после автоматизации) / Затраты до автоматизации × 100% (1) [13].

(50 - 42.5) / 50 × 100% = 15%

2. Внедрение автоматизации в Узбекистане

В условиях Узбекистана автоматизация также может снизить затраты на проверку технического состояния телекоммуникационного оборудования, что особенно важно в условиях увеличивающегося воздушного трафика и необходимости поддержания стабильной работы. Для оценки сокращения затрат в Узбекистане можно использовать аналогичный метод. Предположим, что текущие затраты на проверки и техническое обслуживание составляют 1 млн долларов в год. Внедрение автоматизации позволяет сократить эти расходы на 10-15%. Тогда ожидаемая экономия будет составлять:

Экономия = 1 млн долларов × 10% = 0.1 млн долларов в год (при 10%)

или 1 млн долларов × 15% = 0.15 млн долларов в год (при 15%)

3. Экономия при внедрении многоагентной системы мониторинга (в Узаэронавигации)

Принимая во внимание, что годовой оборот составляет порядка 100 млн долларов, а внедрение многоагентной системы мониторинга позволяет сократить эксплуатационные затраты на 10-15%, то расчет ожидаемой экономии выглядит следующим образом:

Экономия = Годовой оборот × Процент снижения затрат (2)

100 млн долларов × 10% = 10 млн долларов в год (при 10%)

или 100 млн долларов × 15% = 15 млн долларов в год (при 15%)

Прогнозируется, что внедрение многоагентной системы мониторинга телекоммуникационной сети аэронавигационных систем может сократить эксплуатационные затраты на 10-15%, что для компании с годовым оборотом в 100 млн долларов даст экономию в размере 10-15 млн долларов в год.

Выводы и научное обоснование необходимости.

- **Укрепление позиций на рынке**: В условиях глобальной конкуренции внедрение современных технологий позволит повысить свою конкурентоспособность и предложить своим клиентам более надежную связь и безопасные полеты.
- **Снижение операционных затрат**: Автоматизация и интеграция систем мониторинга позволяют сократить расходы на обслуживание и повысить эффективность использования ресурсов.
- **Повышение надежности и безопасности**: Стабильный мониторинг телекоммуникационной и аэронавигационной инфраструктуры снижает риски сбоев и повышает надежность всей системы, что имеет критическое значение для безопасности пассажиров и персонала.
- **Экономическая выгода для страны**: Повышение эффективности авиакомпании положительно сказывается на экономике Узбекистана в целом, так как улучшение воздушного сообщения способствует увеличению пассажиропотока за счет развития туризма и деловой активности, что приводит к росту ВВП и созданию новых рабочих мест.

Экономическое обоснование внедрения многоагентных систем мониторинга телекоммуникационной сети заключается в сокращении операционных затрат и повышении эффективности использования ресурсов. Ожидаемая сумма экономии составляет 1485 млрд сумов в год, что делает проект окупаемым в течение 2-3 лет (табл.2).

Таблица 2.

Экономические показатели на 2023 год и ожидаемые значения после внедрения.

Показатель	**Значение на 2023 год (млрд. сумов)**	**Ожидаемое значение после внедрения (млрд. сумов)**	**Экономический эффект (млрд. сумов)**
Затраты на обслуживание оборудования	660	330	330
Затраты на устранение ошибок	1260	380	880
Экономия за счет снижения времени простоя	0	220	220
Снижение затрат на электроэнергию	0	55	55
Общая экономия	-	-	1485

Таким образом, внедрение многоагентной системы мониторинга телекоммуникационной сети аэронавигационных систем в авиации является стратегически важным шагом для повышения эффективности и надежности работы компании. Этот переход позволит оптимизировать процессы, сократить операционные затраты и повысить качество обслуживания телекоммуникационной сети. Внедрение таких технологий представляет собой не только, как средства повышения операционной эффективности, но и способствует росту конкурентоспособности Узбекистана на мировом рынке авиаперевозок. Высокий уровень автоматизации и оптимизация расходов делают систему мониторинга экономически целесообразным, а также обеспечивают стабильность и развитие транспортной инфраструктуры страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Braun V., Clarke V. Toward good practice in thematic analysis: Avoiding common problems and be (com) ing a knowing researcher //International journal of transgender health. – 2023. – Т. 24. №.1. – С. 1-6.
2. Webster K. et al. Measuring and reducing gendered correlations in pre-trained models //arXiv preprint arXiv:2010.06032. – 2020. P.12.
3. Tomin N. et al. Design and optimal energy management of community microgrids with flexible renewable energy sources //Renewable Energy. – 2022. – Т. 183. – С. 903-921.
4. Stamelos, I., Angelis, L., Morisio, M., Sakellaris, E., & Bleris, G. (2011). Estimating the development cost of custom software. Inf. Manag., 40, 729-741.
5. Arifoglu A.A. methodology for software cost estimation //ACM SIGSOFT Software Engineering Notes. – 2013. – Т. 18. – №. 2. – С. 96-105.
6. Shekhar, S., & Kumar, U. (2016). Review of Various Software Cost Estimation Techniques. International Journal of Computer Applications, 141, 31-34.
7. Zhao Z. et al. Remaining useful life prediction of aircraft engine based on degradation pattern learning //Reliability Engineering & System Safety. – 2017. – Т. 164. – С. 74-83.

8. Высочина О. С., Шматков, Мухсин Салман Амер Анализ систем мониторинга телекоммуникационных сетей // Радіоелектроніка, інформатика, управління. 2010. №2 (23). С.139-141.
9. Duncan, K., Hoenigmann, D., & Guyah, T. (2023). Network Communications Evolution's Effects on Air Traffic Systems – Nuisance or National Risk. 2023 Integrated Communication, Navigation and Surveillance Conference (ICNS), 1-8.
10. Twabi, A., & Mikeka, C. (2021). Technical Challenges of IoT deployment in Developing countries: Case of Waste Management System Using Particle Electron in Malawi. 2021 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET), 1-6.
11. Alberg, D., & Tessler, N. (2022). Predicting aircraft maintenance timetofailure using the interval gradient regression tree algorithm. Intell. Decis. Technol., 16, 85-92.
12. Sridhar, B., & Kopardekar, P. (2016). Towards Autonomous Aviation Operations: What can we learn from other areas of automation? https://doi.org/10.2514/6.2016-3148.
13. А.Поддубный. Расчет экономического эффекта от внедрения системы автоматизации.