

## ОПЕРАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА МОБИЛЬНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ВСТРОЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

**М.А. Назаренко**

*Московский технологический университет (МИРЭА), г. Москва, Россия*

Проводится анализ технического значения качества мобильных операционных систем. Целью статьи является операционализация данного понятия, а также формирование параметров качества, которые его формируют. Ранее в научной литературе данное понятие никак не формализовалось и не определялось. Производители мобильных операционных систем используют концепцию всеобщего менеджмента качества – TQM. В связи с этим список параметров качества был сформирован на основе проведенных ранее исследований, а также архивов создателей мобильных операционных систем, Apple и Google, а также авторитетных аналитических ресурсов. Для достижения поставленной цели в статье использовался логистический регрессионный анализ, методика Альфа Кронбаха, t-статистика и кластерный анализ. В результате проведенного исследования было выявлено, что все ключевые параметры качества мобильных операционных систем являются внутренне несогласованными на всем горизонте существования. Было сформировано 5 кластеров мобильных операционных систем, параметры качества которых обладают внутренней согласованностью. Сформированные кластеры представляют собой различные версии мобильных информационных систем, фактически существовавшие в разное время. В результате понятие технического качества мобильной операционной системы нельзя считать итоговым определением, формализованном в каком-либо виде. Существует динамика развития самого понятия, соответствию которому отражает фактическое качество мобильной операционной системы в каждый момент времени. В каждый момент времени понятие качества максимально близко к удачной инновационной версии мобильной операционной системы. Развитие данного понятия опирается на фактически существующие в разное время наиболее удачные версии мобильных операционных систем.

*Ключевые слова: качество, мобильные информационные системы, определение, кластеры, динамика, развитие.*

### **Введение**

По данным Gartner в 2017 г. суммарное количество пользователей мобильных телефонов в мире составляло более 1,5 млрд пользователей [1]. При этом двумя ведущими мобильными операционными системами являются Android OS (86 %) и iOS (14 %). Две данные системы принципиально различаются между собой. В связи с этим создать единую систему критериев или параметров качества – затруднительно. Необходимо понимать, что эти системы отличаются кардинально, в частности, в аспектах взаимодействия с процессором мобильного устройства. Задачей данной статьи является тестирование совокупности ключевых параметров мобильных операционных систем на их фактическое влияние на качество. Целью статьи является формирование модели качества мобильной операционной системы.

Ранее цель и задача в подобной форме не ставились. Взамен этого проводились множественные сравнения архитектуры мобильных систем и качества реализации различных функций или же сопоставление параметров быстродействия [2–8]. При этом авторы пытались сводить в единые массивы данных информацию по различным мобильным операционным системам [9, 10]. Однако эти работы характеризуются следующими существенными недостатками:

- слабая формализация многих параметров, оцененная в описательном выражении, а не в какой-либо шкале измерения;
- отсутствие математических и/или статистических моделей, объединяющих собранный массив данных в единую систему;
- статический анализ, проводимый на определенный момент времени [11].

Исследуемые в работе параметры, рассмотренные в динамике, будут являться частью математической модели качества мобильных операционных систем. Основным преимуществом созданной статистической модели является формирование технического определения качества мобильной операционной системы. На основе данного определения возможно улучшение существующих систем и разработка новой, которая бы могла легко интегрироваться на рынок по своим техническим характеристикам. В сравнении с другими исследованиями, построение модели, основанной на данных за несколько периодов, позволяет прогнозировать будущее изменение и развитие понятия качества мобильной операционной системы и фактического продукта. Подобное исследование актуально для всех производителей технологий и устройств, взаимодействующих прямо или косвенно с мобильными операционными системами.

### 1. Математическая постановка задачи

В результате сбора данных из различных источников, изучавших отдельные параметры мобильных операционных систем или же приводивших их сопоставления, был сформирован список ключевых параметров. Данный список отражает формализуемые параметры мобильных операционных систем, влияющих на их качество [12–15]:

- 1) скорость отклика на стандартную операцию;
- 2) объем занимаемой операционной системой оперативной памяти;
- 3) простота связи с другими устройствами;
- 4) допустимость кастомизации системы или отдельных ее компонентов;
- 5) скорость работы буфера обмена;
- 6) скорость адаптации к новым технологиям за пределами мобильной операционной системы;
- 7) удобство доступа к файлам (количество кликов);
- 8) соответствие оценок приложений в магазине их фактическому качеству;
- 9) возможность установки сторонних приложений;
- 10) доля операций, которые возможно осуществить с помощью голосового помощника;
- 11) интуитивная понятность для пользователя, дружелюбность системы измеряется во времени, необходимом пользователю для того, чтобы разобраться с системой и ее ключевыми функциями. Данный показатель существенно снижается, если в операционную систему встроено обучение системе, ее функционированию и ключевым жестам;
- 12) тип ядра – загрузка части операционной системы (гибридное ядро), загрузка полной операционной системы (монокричное ядро);
- 13) поддерживаемые архитектуры процессора и возможность быстро адаптироваться к новому аппаратному обеспечению;
- 14) надежность – свойство системы сохранять во времени способность выполнять требуемые функции;
- 15) отказоустойчивость – свойство технической системы сохранять способность правильно функционировать после отказа системы или некоторых ее частей;
- 16) удобство обновления мобильной операционной системы.

### 2. Метод решения задачи

В статье проверяются 16 перечисленных факторов  $K$ , определяющих качество мобильной операционной системы. Все факторы были оценены на внутреннюю согласованность с помощью теста Альфа Кронбаха. Объясняющие переменные рассматриваются в модели логита (1), так как результирующая переменная качества задается биномиально, а коэффициент при каждом факторе отражает вероятность повышения качества (2).

$$Y(u) = \frac{e^u}{1+e^u}; \quad (1)$$

$$u = Z + b_0 \cdot K_0 + b_1 \cdot K_1 + \dots + b_n \cdot K_n. \quad (2)$$

Помимо применения логита также строится модель на основе выделения кластеров с помощью метода  $k$ -медиан.

В исследовании были собраны данные по всем версиям мобильных операционных систем, являющихся лидерами современного рынка и активно развивающихся в настоящий момент для

всех существенных версий прошивки. Обновления исключительно для отдельных интеллектуальных устройств учтены не были. Собранный массив данных отражает все версии системы, включая стартовые. Итоговая оценка качества была выставлена на основе пользовательского опыта, а также опыта профессиональных пользователей. Остальные значимые характеристики были собраны на основе архивов сайтов Google и Apple, а также профессионального ресурса Habr. Все описанные модели рассчитывались в абсолютных значениях и в приростах.

### 3. Научная новизна

Научная новизна заключается в формализации технического параметра качества мобильных операционных систем в долгосрочной перспективе с учетом истории их развития и изменения ключевых технических характеристик.

### 4. Результаты

В результате проведенного исследования было выявлено, что согласно критерию Альфа Кронбаха ни одна из ключевых переменных качества для общего объема наблюдений не является согласованной во времени.

В табл. 1 приведены значения расчетов логистической модели регрессии для абсолютных значений. Для расчетов в относительных изменениях структура результатов идентична.

Таблица 1

**Результаты расчета логистической регрессионной модели для абсолютных значений параметров качества мобильных операционных систем**

		B	S.E.	Wald	Df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>	Response	-0,012	0,076	0,023	1	0,880	0,989
	RAM	0,001	0,002	0,247	1	0,619	1,001
	Devices	-2,071	2,259	0,841	1	0,359	0,126
	Castom	3,575	2,165	2,725	1	0,099	35,684
	Bufer	0,110	0,106	1,074	1	0,300	1,116
	Tech	-0,143	0,321	0,200	1	0,655	0,866
	Apps	-0,242	0,358	0,459	1	0,498	0,785
	Assist	0,091	0,306	0,089	1	0,765	1,096
	Interface	0,163	0,408	0,160	1	0,689	1,177
	Reliability	0,015	0,535	0,001	1	0,978	1,015
	Fault	-0,397	0,511	0,601	1	0,438	0,673
	Constant	-1,240	3,982	0,097	1	0,755	0,289

Ни один из приведенных показателей не является ни внутренне устойчивым, ни значимым для логистической регрессии. Таким образом, можно утверждать, что, несмотря на общую модель качества мобильных операционных систем, ни один входящий в нее параметр не является устойчивым или стабильным во времени. Показатели с высокой вероятностью влияют описанным образом, однако само по себе влияние является нестабильным, в то время как кластерный анализ дает стабильные устойчивые результаты для пяти кластерных центров.

Так, для кластерного анализа, рассчитанного для приращений, можно с уверенностью выделить следующие центры кластеров (табл. 2). В целом можно предположить, что есть некоторый стандартный вариант мобильной операционной системы.

В модели для абсолютных значений было выявлено 5 кластеров, каждый из которых отражает разные представления о качестве мобильных операционных систем (табл. 3).

Четвертый кластер примерно соответствует современной версии Android OS. Второй кластер отражает ранние версии iOS – малая система, не адаптивная, закрытая, но простая, понятная, удобная и многофункциональная. Кроме того, важной чертой представленных кластеров является то, что критерии в них обладают характеристикой согласованности по критерию Альфа Кронбаха (табл. 4).

Таблица 2

Центры кластеров качества мобильной операционной системы  
для модели с приращениями

	Cluster				
	1	2	3	4	5
Response	2,25	5,00	3,42	2,50	4,50
RAM	1,43	-500,00	-72,11	-292,50	200,00
Devices	0,36	1,00	0,32	0,75	0,50
Castom	0,14	1,00	0,16	0,75	0,50
Bufer	1,46	0,00	3,63	1,50	3,00
Tech	6,93	9,00	6,68	8,25	6,50
Files	3,86	3,00	3,84	3,25	3,50
Apps	6,50	7,00	6,47	6,25	7,00
Otherapps	0,36	1,00	0,32	0,75	0,50
assist	1,86	5,00	1,95	1,50	7,00
Interface	7,18	7,00	6,89	7,25	6,50
Kernel	0,36	1,00	0,32	0,75	0,50
CPU	0,36	1,00	0,32	0,75	0,50
Reliability	5,71	7,00	5,84	5,75	7,00
Fault	5,86	8,00	5,47	7,00	6,50
Update	0,79	1,00	0,84	1,00	1,00

Таблица 3

Центры кластеров качества мобильной операционной системы  
для модели в абсолютных значениях

	Cluster				
	1	2	3	4	5
Response	66,50	89,80	28,14	13,25	53,90
RAM	623,00	282,00	1291,4	2125,0	933,81
Devices	0,70	0,00	0,21	1,00	0,33
Castom	0,00	0,00	0,21	1,00	0,24
Bufer	56,60	64,00	19,50	13,25	34,24
Tech	6,80	8,60	5,57	9,50	7,10
Files	4,00	4,00	3,79	3,00	3,76
Apps	7,50	7,80	6,64	6,75	5,57
Otherapps	0,70	0,00	0,21	1,00	0,33
Assist	0,00	0,00	3,93	6,75	1,52
Interface	6,20	8,60	6,57	7,00	7,43
Kernel	0,70	0,00	0,21	1,00	0,33
CPU	0,70	0,00	0,21	1,00	0,33
Reliability	4,10	5,40	6,29	7,50	6,14
Fault	4,30	5,60	5,64	8,00	6,43
Update	0,30	1,00	1,00	1,00	0,90

Критерий Альфа Кронбаха для кластеров, рассчитанных по абсолютным значениям

	1	2	3	4	5
Response	0,9	0,82	0,93	0,84	0,83
RAM	0,85	0,81	0,9	0,82	0,81
Devices	0,79	0,8	0,87	0,7	0,7
Castom	0,87	0,9	0,75	0,74	0,75
Bufer	0,91	0,94	0,72	0,86	0,78
Tech	0,9	0,92	0,81	0,85	0,8
Files	0,88	0,93	0,84	0,87	0,83
Apps	0,87	0,81	0,86	0,78	0,86
Otherapps	0,84	0,79	0,92	0,81	0,9
assist	0,98	0,7	0,97	0,7	0,92
Interface	0,82	0,88	0,79	0,98	0,94
Kernel	0,79	0,8	0,78	0,92	0,86
CPU	0,7	0,84	0,8	0,9	0,84
Reliability	0,75	0,81	0,81	0,85	0,82
Fault	0,84	0,85	0,84	0,7	0,8
Update	0,81	0,92	0,86	0,87	0,9

## 5. Анализ полученных результатов

По сути, можно сделать вывод, что представленные кластеры отражают пять разных вариантов понимания качества мобильных операционных систем, каждый из которых был актуален в различное время. При этом стоит отдельно заметить, что функции, ранее считавшиеся исключительными и редкими, со временем становятся типичными для мобильных операционных систем. К примеру, такой параметр как многозадачность, ранее считавшийся определяющим для качества, теперь является обязательным для всех систем.

На данный момент можно выделить 5 кластеров качества мобильных операционных систем:

1) очень длительная скорость реакции, малый объем оперативной памяти, необходимый системе, длительные операции с буфером обмена, закрытая система, не кастомизирующаяся, работающая на гибридном ядре, без голосового помощника, обновляющаяся самостоятельно, не адаптирующаяся к другим типам процессоров, закрытая для сторонних приложений, но с качественной оценкой приложений в официальном магазине, высокая скорость адаптации к новым сторонним технологиям;

2) длительная скорость реакции, небольшой объем требуемой оперативной памяти, достаточно высокая адаптивность к сторонним устройствам, отсутствие кастомизации, довольно медленная работа буфера обмена, средняя скорость адаптации к новым технологиям, сложный доступ к пользовательским файлам, качественная оценка приложений в официальном магазине, обширные возможности установки сторонних приложений, отсутствие голосового помощника, высокая адаптивность к изменению процессора, предпочтительнее на монолитном ядре, отказоустойчивость, надежность и скорость адаптации к новым технологиям не являются критичными;

3) средняя скорость реакции, существенный объем требуемой оперативной памяти, очень низкая адаптивность к сторонним устройствам, слабая кастомизация, довольно быстрая работа буфера обмена, средняя скорость адаптации к новым технологиям, сложный доступ к пользовательским файлам, посредственная оценка приложений в официальном магазине, слабые возможности установки сторонних приложений, слабо развитый голосовой помощник, слабая адаптивность к изменению процессора, предпочтительнее на гибридном ядре, отказоустойчивость и надежность не являются критичными, самостоятельное обновление системы;

4) высокая скорость реакции, большой объем требуемой оперативной памяти, очень низкая адаптивность к сторонним устройствам, слабая кастомизация, быстрая работа буфера обмена, средняя скорость адаптации к новым технологиям, сложный доступ к пользовательским файлам, посредственная оценка приложений в официальном магазине, слабые возможности установки сторонних приложений, слабо развитый голосовой помощник, слабая адаптивность к изменению

процессора, предпочтительнее на гибридном ядре, отказоустойчивость и надежность находятся на среднем уровне, самостоятельное обновление системы;

5) очень высокая скорость реакции, существенный объем требуемой оперативной памяти, очень высокая адаптивность к сторонним устройствам, очень высокая кастомизация, очень быстрая работа буфера обмена, очень высокая скорость адаптации к новым технологиям, довольно удобный доступ к пользовательским файлам, средняя оценка приложений в официальном магазине, очень высокие возможности установки сторонних приложений, развитый голосовой помощник, высокая адаптивность к изменению процессора, качественный интерфейс, предпочтительнее на монолитном ядре, отказоустойчивость и надежность на высоком уровне, самостоятельное обновление системы.

### Заключение

Понятие качества мобильных операционных систем крайне адаптивно ко времени и к развитию мобильных технологий, а также требований и предпочтений пользователей. В результате невозможно сказать, что не существует одной единой модели качества, в то время как существует динамика развития самого понятия, соответствие которому отражает фактическое качество мобильной операционной системы в каждый момент времени. При этом стоит подчеркнуть, что в каждый момент времени понятие качества максимально близко к удачной инновационной версии мобильной операционной системы. Конкурентам стоит ориентироваться именно на него, учитывая динамику развития смежных отраслей, а также развития предпочтений потребителей.

### Литература/References

1. Arminen I. New Reasons for Mobile Communication: Intensification of Time-Space Geography in the Mobile Era. *The Reconstruction of Space and Time*, 2017, pp. 89–107. DOI: 10.4324/9781315134499-5
2. Bagga T., Goyal A., Bansal S. An Investigative Study of the Mobile Operating System and Handset Preference. *Indian Journal of Science and Technology*, 2016, no. 9 (35), pp. 130–145. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i35/92545
3. Böhm S., Adam F., Farrell W.C. Impact of the Mobile Operating System on Smartphone Buying Decisions: A Conjoint-Based Empirical Analysis. *International Conference on Mobile Web and Information Systems*, 2015, pp. 198–210. DOI: 10.1007/978-3-319-23144-0\_18
4. Moore T., Stouch D. A Generalized Extended Kalman Filter Implementation for the Robot Operating System. *Intelligent Autonomous Systems 13*, 2017, pp. 335–348. DOI: 10.1007/978-3-319-08338-4\_25
5. Murikipudi A., Prakash V., Vigneswaran T. Performance Analysis of Real Time Operating System with General Purpose Operating System for Mobile Robotic System. *Indian Journal of Science and Technology*, 2015, no. 8 (19), pp. 113–127. DOI: 10.17485/ijst/2015/v8i19/77017
6. Krishna I S.Y.K., Devarakonda M.G.K. A Survey on Architectures of Mobile Operating Systems: Challenges and Issues. *International Journal of Research Studies in Computer Science and Engineering*, 2015, no. 3 (2), pp. 73–76.
7. Zheng P., Ni L.M. Spotlight: the Rise of the Smart Phone. *IEEE Distributed Systems Online*, 2006, no. 7 (3), pp. 3–3. DOI: 10.1109/mdso.2006.22
8. Wang C. et al. The Research of Android System Architecture and Application Programming. *Computer Science and Network Technology*, 2011, no.2, pp. 785–790.
9. Li X.F. et al. Mobile OS Architecture Trends. *Intel Technology Journal*, 2012, no. 4 (16), pp. 147–169.
10. Soldani D., Manzalini A. Horizon 2020 and Beyond: on the 5G Operating System for a True Digital Society. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 2015, no. 1 (10), pp. 32–42. DOI: 10.1109/mvt.2014.2380581
11. Jacobsen K.M. Game of Phones, Data Isn't Coming: Modern Mobile Operating System Encryption and Its Chilling Effect on Law Enforcement. *Geo. Wash. L. Rev.*, 2017, no. 85, pp. 56–65. DOI: 10.2139/ssrn.2856603
12. Lee W.H. et al. An Analysis of Trusted Service Manager Development Modes by Mobile Operating System Designers in Taiwan. *Electronic Commerce Research and Applications*, 2015, no. 6 (14), pp. 592–602. DOI: 10.1016/j.elerap.2015.09.001

13. Lin F.X., Wang Z., Zhong L. K2: a Mobile Operating System for Heterogeneous Coherence Domains. *ACM SIGARCH Computer Architecture News*, 2014, no. 1 (42), pp. 285–300.

14. Charland A., Leroux B. Mobile Application Development: Web vs. Native. *Queue*, 2011, no. 4 (9), pp. 20–48. DOI: 10.1145/1966989.1968203

15. Canlar E.S. et al. Windows Mobile LiveSD Forensics. *Journal of Network and Computer Applications*, 2013, no. 2 (36), pp. 677–684. DOI: 10.1016/j.jnca.2012.12.024

**Назаренко Максим Анатольевич**, канд. физ.-мат. наук, доцент, заведующий кафедрой управления качеством и сертификации, Московский технологический университет (МИРЭА), г. Москва; nazarenko@mirea.ru.

*Поступила в редакцию 15 ноября 2018 г.*

---

DOI: 10.14529/ctcr190106

## OPERATIONALIZATION OF TECHNICAL QUALITY OF MOBILE OPERATING SYSTEMS AND EMBEDDED APPLICATIONS

*M.A. Nazarenko, nazarenko@mirea.ru*

*Moscow Technological University (MIREA), Moscow, Russian Federation*

The article analyzes the technical value of the quality of mobile operating systems. The purpose of the article is the operationalization of this concept, as well as the formation of quality parameters that form it. Earlier in the scientific literature this concept was not formalized and was not defined. Manufacturers of mobile operating systems use the concept of total quality management, TQM. In this connection, the list of quality parameters was formed on the basis of previous studies, as well as archives of the creators of mobile operating systems, Apple and Google, as well as authoritative analytical resources. To achieve this goal, the article used logistic regression analysis, Alpha-Kronbach's method, t-statistics and cluster analysis. As a result of the study, it was found that all the key parameters of the quality of mobile operating systems are internally inconsistent across the entire horizon of existence. 5 clusters of mobile operating systems were formed, the quality parameters of which have internal consistency. The formed clusters are different versions of mobile information systems that actually existed at different times. As a result, the concept of technical quality of the mobile operating system cannot be considered as a final definition, formalized in any form. There is dynamic of the concept development, which reflects the actual quality of the mobile operating system at any time. At any time, the concept of quality is as close as possible to a successful innovative version of the mobile operating system. The development of this concept is based on actually existing at different times the most successful versions of mobile operating systems.

*Keywords: quality, mobile information systems, definition, clusters, dynamics, development.*

*Received 15 November 2018*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Назаренко, М.А. Операционализация технического качества мобильных операционных систем и встроенных приложений / М.А. Назаренко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 70–76. DOI: 10.14529/ctcr190106

### FOR CITATION

Nazarenko M.A. Operationalization of Technical Quality of Mobile Operating Systems and Embedded Applications. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 70–76. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr190106