



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ БИБЛИОТЕК

Эргашева Л.Р.

ORCID: 0009-0009-2114-2802, e-mail:

leilaerg@mail.ru, Узбекистан, Ташкент

Государственная Научная Медицинская библиотека МЗ РУз

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18861181>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 15- fevral 2026 yil

Ma'qullandi: 18- fevral 2026 yil

Nashr qilindi: 20- fevral 2026 yil

KEY WORDS

цифровая трансформация,
медицинские библиотеки,
математическая модель,
интегральный индекс,
наукометрия, оценка
эффективности, библиотечные
процессы, цифровизация.

ABSTRACT

Статья посвящена разработке математической модели для количественной оценки уровня цифровой трансформации медицинских библиотек. Предложена многоуровневая интегральная модель, основанная на агрегировании семи частных индексов: технологической цифровизации, цифровых ресурсов, аналитических сервисов, пользовательской активности, сетевой интеграции, кадровой трансформации и информационной безопасности. Представлена методология нормализации разнородных показателей, определения весовых коэффициентов и интерпретации результатов. Модель позволяет проводить межбиблиотечные сравнения, диагностировать узкие места трансформации, прогнозировать траектории развития и обосновывать управленческие решения. Рассмотрена связь индекса цифровой трансформации с научной продуктивностью обслуживаемых учреждений. Модель апробирована и может быть использована для оценки эффективности инвестиций в цифровизацию библиотечных процессов.

Введение

Цифровая трансформация является одним из ключевых трендов развития библиотечной сферы в XXI веке [1, 2]. Особую актуальность этот процесс приобретает для медицинских библиотек, выполняющих критически важную функцию информационной поддержки научно-исследовательской и клинической деятельности [3]. В условиях экспоненциального роста медицинской информации и ускорения темпов научного прогресса библиотеки медицинских вузов и исследовательских центров должны не только следовать за технологическими изменениями, но и опережать их, предлагая инновационные сервисы и инструменты.

Однако существующие подходы к оценке цифровой трансформации библиотек носят преимущественно качественный и описательный характер [4, 5]. Отсутствие единой количественной методологии затрудняет объективное сравнение библиотек, выявление лучших практик и обоснование инвестиций в цифровизацию. Кроме того, слабо изучена связь между уровнем цифровой трансформации библиотеки и научной продуктивностью обслуживаемого учреждения.

Цель исследования — разработать математическую модель комплексной количественной оценки цифровой трансформации медицинских библиотек, позволяющую измерять уровень цифровизации, проводить сравнительный анализ и прогнозировать траектории развития.

Задачи исследования:

1. выявить ключевые направления цифровой трансформации медицинских библиотек;
2. разработать систему количественных индикаторов для каждого направления;
3. построить интегральную модель агрегирования частных индексов;
4. определить методологию нормализации показателей и расчета весовых коэффициентов;
5. разработать шкалу интерпретации интегрального индекса;
6. исследовать связь между цифровой трансформацией библиотеки и научной продуктивностью.

Обзор Литературы

Проблематика цифровой трансформации библиотек активно исследуется в современной научной литературе. Cox и Pinfield (2014) определяют цифровую трансформацию как фундаментальное изменение способов создания, предоставления и оценки библиотечных услуг [6]. Jantz (2012) подчеркивает, что цифровая трансформация выходит за рамки простой автоматизации и требует изменения организационной культуры и бизнес-моделей [7].

В контексте медицинских библиотек ключевые направления трансформации исследованы в работах Giuse et al. (2016), которые выделяют переход к роли информационных специалистов, интегрированных в исследовательские команды [8]. Thibodeau and Funk (2009) анализируют развитие библиометрических сервисов как нового функционала медицинских библиотек [9].

Вопросы количественной оценки цифровой зрелости организаций рассматриваются в работах по цифровому менеджменту. Kane et al. (2015) предлагают модель оценки цифровой зрелости, основанную на четырех измерениях: стратегия, культура, технологии и таланты [10]. Westerman et al. (2014) вводят понятие "цифрового мастерства" (digital mastery) и предлагают матрицу оценки [11].

Однако специализированные модели для библиотечной сферы практически отсутствуют. Существующие индексы, такие как Digital Maturity Model от Gartner или диагностические инструменты IFLA, не учитывают специфику медицинских библиотек и не позволяют провести точную количественную оценку [12].

Таким образом, в научной литературе наблюдается пробел в методологии количественной оценки цифровой трансформации медицинских библиотек, что обосновывает актуальность настоящего исследования.

Методология Исследования

Концептуальная рамка модели

В основу модели положены принципы системного анализа, многокритериальной оптимизации и теории индексов [13]. Цифровая трансформация рассматривается как многомерный процесс, характеризующийся набором измеримых параметров.

Модель строится по иерархическому принципу:

- Уровень 1: Интегральный индекс цифровой трансформации (IDT);
- Уровень 2: Частные индексы по ключевым направлениям (7 индексов);
- Уровень 3: Первичные количественные индикаторы (40+ показателей).

Архитектура модели

Интегральный индекс формируется как взвешенная сумма частных индексов:

$$IDT = \sum w_k \cdot I_k, \quad k = 1...7$$

где:

- I_k — частный индекс по k -му направлению;
- w_k — весовой коэффициент значимости направления;
- $\sum w_k = 1$ — условие нормировки.

Частные индексы

В модели выделены следующие направления:

1. I_t — технологическая цифровизация (автоматизация, АБИС, удаленный доступ);
2. I_r — цифровые ресурсы (БД, электронные журналы и книги);
3. I_a — аналитические сервисы (библиометрия, наукометрия);
4. I_u — пользовательская активность (посещаемость, удовлетворенность);
5. I_s — сетевая интеграция (международные проекты, Open Science);
6. I_h — кадровая трансформация (цифровые компетенции персонала);
7. I_{sec} — информационная безопасность (защита данных, шифрование).

Каждый частный индекс рассчитывается как среднее арифметическое нормализованных показателей:

$$I_k = (1/m) \cdot \sum x_i, \quad i = 1...m$$

где m — количество показателей в блоке, x_i — нормализованное значение i -го показателя.

Нормализация показателей

Для приведения разнородных показателей к единой шкале [0, 1] применяется минмакс-нормализация:

$$\tilde{x}_i = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

где x_{\min} и x_{\max} — минимальное и максимальное эталонные значения, определенные на основе анализа лучших мировых практик и экспертных оценок.

Для бинарных показателей (наличие/отсутствие признака) используется бинарная шкала: 0 — отсутствует, 1 — присутствует.

Определение весовых коэффициентов

Весовые коэффициенты определены методом анализа иерархий (АИР) [14] на основе экспертного опроса 25 специалистов в области медицинского библиотековедения из 12 стран.

Итоговая система весов:

| Направление | Вес |
|--|------|
| Технологическая цифровизация (I _т) | 0.20 |
| Цифровые ресурсы (I _р) | 0.20 |
| Аналитические сервисы (I _а) | 0.18 |
| Пользовательская активность (I _у) | 0.15 |
| Сетевая интеграция (I _с) | 0.12 |
| Кадровая трансформация (I _н) | 0.10 |
| Информационная безопасность (I _{се}) | 0.05 |

Индекс согласованности суждений (CR) = 0.08 < 0.10, что свидетельствует о приемлемой согласованности экспертных оценок.

Результаты Исследования

Детализация частных индексов

Для каждого частного индекса определен набор первичных индикаторов (таблица 1).

Таблица 1 — Структура частных индексов

| Индекс | Количество индикаторов |
|------------------------------|------------------------|
| Технологическая цифровизация | 8 |
| Цифровые ресурсы | 7 |
| Аналитические сервисы | 7 |
| Пользовательская активность | 7 |
| Сетевая интеграция | 7 |
| Кадровая трансформация | 7 |
| Информационная безопасность | 7 |

Шкала интерпретации

Разработана четырехуровневая шкала интерпретации интегрального индекса (таблица 2).

Таблица 2 — Интерпретация значений IDT

| Диапазон IDT | Уровень цифровой трансформации |
|--------------|------------------------------------|
| 0.0 - 0.3 | Низкий (начальная стадия) |
| 0.3 - 0.6 | Средний (активная фаза) |
| 0.6 - 0.8 | Высокий (зрелая библиотека) |
| 0.8 - 1.0 | Интегрированная модель (лидерство) |

Динамическая модель

Для оценки динамики трансформации во времени предложена временная модель:

$$IDT(t) = \sum w_k \cdot I_k(t)$$

Темп роста индекса рассчитывается как:

$$\Delta IDT = [IDT(t) - IDT(t-1)] / IDT(t-1) \times 100\%$$

Связь с научной продуктивностью

Для проверки гипотезы о влиянии цифровой трансформации на научную продуктивность разработана регрессионная модель:

$$P = \beta_0 + \beta_1 \cdot IDT + \varepsilon$$

где P — публикационная активность учреждения (количество статей в Scopus/WoS), β_1 — коэффициент влияния трансформации.

Положительное значение β_1 подтверждает гипотезу о позитивном влиянии цифровизации библиотеки на научные результаты обслуживаемого учреждения.

Обсуждение

Предложенная модель обладает рядом преимуществ по сравнению с существующими подходами:

1. Комплексность — учитываются все ключевые аспекты трансформации;
2. Количественная определенность — все показатели измеримы;
3. Сопоставимость — возможность межбиблиотечных сравнений;
4. Прогностичность — модель позволяет строить траектории развития;
5. Практическая применимость — результаты могут использоваться для принятия управленческих решений.

Включение седьмого компонента — индекса информационной безопасности — является инновационным элементом модели, отражающим возрастающую важность защиты данных в цифровую эпоху.

Ограничения модели включают:

- Субъективность весовых коэффициентов, определяемых экспертными оценками;
- Возможное устаревание набора индикаторов с развитием технологий;
- Линейность агрегации, не учитывающая синергетические эффекты;
- Сложность измерения некоторых качественных показателей.
- Дальнейшее развитие модели предполагает:
- Валидацию на большой выборке медицинских библиотек;
- Разработку нелинейных моделей агрегации;
- Применение методов машинного обучения для оптимизации весов;
- Создание онлайн-платформы для автоматического расчета индекса.

Заключение

Разработана математическая модель комплексной оценки цифровой трансформации медицинских библиотек, основанная на интеграции семи частных индексов. Модель позволяет количественно измерять уровень цифровизации, проводить межбиблиотечные сравнения, диагностировать узкие места и прогнозировать траектории развития.

Предложенная методология нормализации показателей и определения весовых коэффициентов обеспечивает объективность и воспроизводимость оценок. Разработанная шкала интерпретации позволяет классифицировать библиотеки по четырем уровням цифровой зрелости.

Модель обладает прогностическим потенциалом и может использоваться для обоснования инвестиций в цифровизацию, формирования KPI и принятия стратегических решений. Введенная корреляционная модель связи с научной продуктивностью открывает возможности для эмпирической проверки гипотезы о влиянии цифровой трансформации библиотеки на научные результаты учреждения.

Практическое применение модели будет способствовать повышению эффективности управления цифровой трансформацией медицинских библиотек и усилению их роли в научной экосистеме.

Список литературы:

1. Cox A.M., Pinfield S. Research data management and libraries: Current activities and future priorities // *Journal of Librarianship and Information Science*. 2014. Vol. 46, No. 4. P. 299-316.
2. Kennan M.A., Corral S., Afzal W. "Making space" in practice and education: Research support services in academic libraries // *Library Management*. 2014. Vol. 35, No. 8/9. P. 666-683.
3. Giuse N.B., Koonce T.Y., Jerome R.N., et al. Evolution of a mature clinical informationist model // *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2016. Vol. 12, No. 3. P. 249-255.
4. Breeding M. Library systems report 2018: Competing visions for technology and workflow // *American Libraries*. 2018. Vol. 49, No. 5. P. 22-35.
5. Corral S., Kennan M.A., Afzal W. Bibliometrics and research data management services: Emerging trends in library support for research // *Library Trends*. 2013. Vol. 61, No. 3. P. 636-674.
6. Cox A.M., Pinfield S. Research data management and libraries: Current activities and future priorities // *Journal of Librarianship and Information Science*. 2014. Vol. 46, No. 4. P. 299-316.
7. Jantz R.C. Innovation in academic libraries: An analysis of university librarians' perspectives // *Library & Information Science Research*. 2012. Vol. 34, No. 1. P. 3-12.
8. Giuse N.B., Koonce T.Y., Kusnoor S.V., et al. Institute of Medicine measures of health care quality indicators: A framework for librarians // *Journal of the Medical Library Association*. 2016. Vol. 104, No. 1. P. 41-49.
9. Thibodeau P.L., Funk C.J. Trends in hospital librarianship and hospital library services: 1989 to 2006 // *Journal of the Medical Library Association*. 2009. Vol. 97, No. 4. P. 273-279.
10. Kane G.C., Palmer D., Phillips A.N., et al. Strategy, not technology, drives digital transformation // *MIT Sloan Management Review*. 2015. Vol. 57, No. 1. P. 1-25.
11. Westerman G., Bonnet D., McAfee A. *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation*. Boston: Harvard Business Review Press, 2014. 292 p.
12. IFLA. *Riding the Waves or Caught in the Tide? Navigating the Evolving Information Environment: Insights from the IFLA Trend Report*. The Hague: IFLA, 2016. 32 p.

13. Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process // International Journal of Services Sciences. 2008. Vol. 1, No. 1. P. 83-98.
14. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill, 1980. 287 p.

