

УДК 519.24:069.62 –047.44

DOI [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2025.46\(1\).178-187](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2025.46(1).178-187)**Н. В. Ічанська¹, М. В. Лисенко², В. О. Чурікова³**

¹ Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
доцент кафедри вищої математики,
кандидат фізико-математичних наук
itm.ichanska@nuppp.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5963-9288>

² Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
доцент кафедри комп'ютерних технологій та інформаційних систем,
кандидат фізико-математичних наук
lysenkop1@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0995-2991>

³ Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
студентка 301 – пФД
valeriacurikova5@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6364-9751>

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ МУЗЕЙНОЇ АКТИВНОСТІ

У статті розглядаються аспекти математичного моделювання динаміки музейної активності. Музейна активність є важливим показником культурного та соціального розвитку міста, її ефективність може бути оцінена за допомогою кількісних методів, зокрема інтегральної оцінки. Метою дослідження є аналіз тенденцій музейної діяльності та розробка математичної моделі для прогнозування її динаміки.

У роботі побудовано кількісні моделі для оцінки ефективності музейної діяльності. Для цього застосовані математичні підходи, включаючи елементи теорії ймовірностей і статистичного аналізу, апарат лінійної алгебри, методику комплексного інтегрального оцінювання.

Авторами визначено інтегральну оцінку музейної активності на прикладі міста Львова. Для знаходження коефіцієнтів даної оцінки застосовано метод, заснований на використанні коваріаційної матриці, її власних значень та власних векторів. Перевагами цього методу є його об'єктивність та врахування в оцінці реально існуючих зв'язків між використаними статистичними показниками.

Авторами розроблено методику для інтегрального оцінювання музейної активності, що дозволяє здійснити комплексний аналіз і сформулювати прогнози щодо її подальшого розвитку. Прогнозування ефективності музейної діяльності на основі кількісних оцінок є важливим для планування та оптимізації ресурсів, зокрема для визначення найбільш ефективних стратегій роботи музеїв у різні періоди року, прийняття та реалізації науково-обґрунтованих управлінських рішень у даній галузі.

Результати дослідження можуть бути використані для подальших розробок в області математичного моделювання культурних процесів, що сприятиме точнішій оцінці музейної діяльності. Дана методика може бути використана для вдосконалення стратегій розвитку музеїв та їх адаптації до змін у соціально-економічному середовищі.

Ключові слова: моделювання, музейна активність, оцінка, показники, прогнозування.

1. Вступ. Музеї, як основні осередки культурної спадщини, відіграють важливу роль у розвитку суспільства, зокрема в аспектах освіти, збереження історії та культурної пам'яті. Сучасні музеї є не лише сховищами культурної спадщини, але й активними учасниками соціального та освітнього життя суспільства.

Визначення ефективності їхньої роботи є актуальною задачею, яка дозволяє оцінити внесок музеїв у культурний розвиток міста. Кількісні методи аналізу, зокрема інтегральна оцінка, дають можливість об'єктивно порівняти діяльність музеїв за низкою критеріїв.

Музейна активність є значущим показником культурного та соціального розвитку міста, тому дослідження її динаміки має особливе значення для розуміння еволюції місцевої ідентичності та традицій.

Музейна активність — це комплекс заходів і процесів, пов'язаних з функціонуванням музеїв, що включає відвідуваність музеїв, проведення виставок, екскурсій, освітніх програм, культурних подій, а також соціальну взаємодію, яка відбувається між музеєм і його відвідувачами.

Метою цієї роботи є застосування математичних методів для моделювання динаміки музейної активності, аналізу тенденцій і розробки інтегральної оцінки ефективності роботи музеїв, на прикладі міста Львова.

Актуальність теми обумовлена необхідністю більш точного розуміння та оцінки факторів, що впливають на розвиток музейної діяльності, а також пошуком шляхів для ефективного використання ресурсів музеїв і покращення їх соціальної та культурної функції.

2. Огляд літератури. Застосування математичних моделей для аналізу музейної активності є перспективним напрямом сучасних досліджень у галузі культурної аналітики. Одним із ключових інструментів є моделі прогнозування відвідуваності культурних установ, що базуються на регресійному аналізі та аналізі часових рядів.

У роботі [8] автори наголошують на важливості використання технологій відстеження й аналізу поведінки відвідувачів у туристичному та культурному секторах. Це дозволяє отримувати точні дані для подальшого моделювання та прогнозування.

У [10] запропоновано методологію для оцінки внеску туризму в економічне зростання, що корисно для аналізу впливу культурних заходів на розвиток міста.

Інтеграція цифрових технологій у музейну сферу детально розглядається у монографії [2], де автори акцентують увагу на нових формах представлення культурної спадщини через мультимедійні й віртуальні засоби. Це значно змінює динаміку взаємодії музеїв з аудиторією.

У дослідженні [15] використано методи багатовимірної аналізу для вивчення мотивацій і частоти відвідування музеїв у Китаї, що дозволяє глибше зрозуміти поведінкові аспекти культурної участі.

У роботі [7] проаналізовано ефективність культурних установ в Іспанії з регіональної точки зору, використовуючи моделі Data Envelopment Analysis (DEA) та усічені регресії для оцінки зовнішніх впливів. Авторами показано, що ефективність культурних установ залежить більше від рівня освіти та демографічної структури регіону, ніж від економічного добробуту.

Значну увагу в сучасних дослідженнях приділяється управлінню потоками відвідувачів у музеях, що є важливою складовою ефективної організації музейної діяльності так у роботі [13] розглянуто математичні моделі вимірювання та оптимізації потоків відвідувачів, зокрема використання методів обчислювальної науки для аналізу руху в музеях. Авторами запропоновано підходи до збору та

обробки даних про переміщення людей у просторі музею, моделювання щільності натовпу та виявлення вузьких місць.

Ключовим чинником розвитку музейної активності є ефективні маркетингові стратегії. У роботі [12] авторами доведено, що впровадження цілісної маркетингової стратегії може істотно змінити рівень відвідуваності та фінансову стійкість музею.

Документи OECD (2009) та UNESCO Institute for Statistics (2012) [14] є ключовими в розвитку стандартизованих підходів до кількісного вимірювання культурної активності. OECD у звіті підкреслює важливість впровадження уніфікованих методів збору та аналізу даних, що дають змогу оцінити соціально-економічний вплив культури. Ці методи включають кількісні показники участі населення у культурному житті, які є основою для математичного моделювання музейної активності. Аналогічно, UNESCO Institute for Statistics пропонує системний підхід до класифікації та оцінки культурної участі, що охоплює як традиційні, так і сучасні форми культурних практик.

Використання таких стандартизованих даних відкриває можливості для застосування математичних методів, зокрема багатофакторного аналізу, регресійного моделювання та аналізу часових рядів. Це сприяє більш точній оцінці ефективності культурної політики, виявленню ключових факторів, що впливають на динаміку музейної активності, та прогнозуванню її розвитку в різних соціально-економічних умовах. Таким чином, стандарти OECD та UNESCO створюють фундамент для наукового підходу до дослідження та моделювання культурних процесів, що є важливим для сучасної музейної справи.

3. Методи математичного моделювання динаміки музейної активності. Математичне моделювання є перспективним напрямком сучасних досліджень, яке знаходить широке застосування в різних галузях: наука, техніка, економіка, соціологія та інші (див., наприклад, [9], [11]).

Для моделювання динаміки музейної активності можна застосовувати різні математичні методи, що дозволяють оцінити вплив різноманітних факторів на відвідуваність музеїв та інші аспекти їх діяльності.

Лінійна регресія є найпростішим методом для встановлення залежностей між відвідуваністю музеїв і окремими змінними, такими як кількість проведених виставок або екскурсій. Цей метод дозволяє визначити, які фактори мають найбільший вплив на відвідуваність [1], [9].

Множинна регресія дозволяє враховувати кілька факторів одночасно, що особливо корисно для оцінки взаємодії між різними аспектами музейної активності. Наприклад, можна вивчити, як поєднання сезонних змін і проведених заходів впливає на відвідуваність [3], [6].

Аналіз часових рядів дозволяє вивчати зміну музейної активності за часом, виявляти циклічні та трендові компоненти. Це дозволяє виявити сезонні коливання або довгострокові тенденції, що характерні для музейної діяльності в конкретному місті [2], [5].

Статистичні моделі використовуються для обробки великих обсягів даних, що дає можливість прогнозувати музейну активність з високою точністю. Вони можуть включати моделі на основі варіацій, коефіцієнтів кореляції, тестування гіпотез [7–8].

Для кращого аналізу і більш складних взаємозв'язків між факторними змін-

ними також використовуються методи машинного навчання, такі як нейронні мережі, які дозволяють обробляти великий обсяг даних та шукати складніші закономірності в музейній діяльності.

4. Аналіз тенденцій музейної активності. Аналіз тенденцій відвідуваності музеїв є ключовим етапом у дослідженні динаміки музейної активності.

Ключовими факторами, що впливають на музейну активність, є:

Сезонність: певні періоди року можуть залучати більше відвідувачів, особливо в туристичні сезони. Наприклад, літні місяці або святкові періоди, такі як новорічні свята чи день міста, можуть збільшувати кількість відвідувань.

Культурні події: спеціальні події, такі як відкриття нових виставок, фестивалі, наукові конференції та майстер-класи, значно підвищують інтерес до музеїв. Крім того, зміна культурних тенденцій може створювати нові можливості для музеїв.

Економічні чинники: рівень доходів населення, економічна стабільність або криза можуть впливати на можливості відвідування музеїв. У періоди економічного спаду деякі категорії населення можуть зменшити витрати на культурні заходи.

Туризм: активність туристів також є важливим чинником. Музеї, які розташовані в туристичних зонах, можуть зазнавати значного зростання відвідуваності, пов'язаного з міжнародними або внутрішніми туристами.

Порівняння цих тенденцій дозволяє зрозуміти, як різні підходи до організації музейної діяльності можуть впливати на їхню популярність серед населення.

5. Інтегральна оцінка музейної активності. Інтегральна оцінка музейної активності передбачає комплексний підхід, що дозволяє оцінити не тільки кількість відвідувачів, але й інші важливі аспекти діяльності музеїв. Для цього використовуються різноманітні показники, які зводяться в єдиний інтегральний показник.

Основні компоненти інтегральної оцінки включають:

Відвідуваність музеїв: кількість відвідувачів за певний період. Це може бути розрахунок за місяць, квартал або рік, залежно від наявних даних.

Кількість виставок: виявлення кількості та різноманітності виставок, проведених музеєм. Чим більше виставок, тим більша ймовірність залучення відвідувачів.

Екскурсії та освітні програми: кількість проведених екскурсій, лекцій та інших освітніх заходів, що сприяють підвищенню інтересу до музею.

Методика інтегральної оцінки передбачає створення спеціальної формули, яка об'єднує ці показники в єдину метрику. Для цього кожен з цих показників може бути оцінений за допомогою спеціальних вагових коефіцієнтів, що відображають їх важливість для загальної активності музею. Це дозволяє створити комплексну картину стану музейної діяльності.

Для оцінювання роботи музеїв обираємо наступні показники:

- 1) x_1 — кількість виставок в музеях протягом року;
- 2) x_2 — кількість відвідувачів музеїв за рік;
- 3) x_3 — кількість проведених екскурсій в музеї протягом року.

Для дослідження динаміки даних показників вибираємо ретроспективний період тривалістю T . Значення показника x_i в t -тий рік ретроспективного періоду позначимо через $x_i(t)$. Інтегральна оцінка ефективності роботи музеїв визначається рівністю

$$W(t) = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \frac{x_i(t) - x_i^{\min}}{x_i^{\max} - x_i^{\min}},$$

де $x_i^{\max}$ та $x_i^{\min}$ — відповідно, максимальне та мінімальне значення показника x_i , а α_i — вагові коефіцієнти показників.

Коефіцієнти α_i повинні відображати існуючі статистичні взаємозв'язки між показниками x_i . Для цього визначимо коефіцієнти коваріації

$$r_{ij} = \text{cov} \left(\frac{x_i - x_i^{\min}}{x_i^{\max} - x_i^{\min}}, \frac{x_j - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \right).$$

Ці коефіцієнти утворюють коваріаційну матрицю $R = (r_{ij})_{i,j=1}^3$

Якщо вибрати вагові коефіцієнти α_i пропорційними квадратам компонент власного вектора цієї матриці, який відповідає її максимальному власному значенню, то одержана інтегральна оцінка найкраще відображатиме динаміку показників x_i .

На основі описаної методики визначимо інтегральну оцінку ефективності роботи музеїв міста Львова. В місті діють 4 музеї: музично-меморіальний музей Соломії Крушельницької, музей народної архітектури та побуту ім. К. Шептицького, меморіальний музей тоталітарних режимів «Територія Терору» та меморіальний музей Гідності.

Таблиця 1.

Дані про діяльність музеїв міста Львова

Роки	Кількість виставок	Кількість відвідувачів	Кількість екскурсій
2010	37	362100	1642
2011	39	376600	1677
2012	38	382000	1586
2013	45	392100	1498
2014	36	413200	1354
2015	43	413500	1398
2016	24	235000	1057
2017	29	236900	1279
2018	39	251366	1152
2019	55	219486	930
2020	32	55035	238
2021	32	93107	534
2022	23	117831	487
2023	32	140143	600
2024	39	166088	647

Загальні дані про кількість виставок, екскурсій та відвідувачів цих музеїв протягом ретроспективного періоду 2010–2024 рр. наведено в таблиці 1 [4].

Коваріаційна матриця $R = (r_{ij})_{i,j=1}^3$ має такий вигляд

$$R = \begin{vmatrix} 0.0626 & 0.0344 & 0.0302 \\ 0.0344 & 0.1068 & 0.0953 \\ 0.0302 & 0.0953 & 0.0966 \end{vmatrix}.$$

Для визначення власних значень даної матриці розв'яжемо рівняння

$$\begin{vmatrix} 0.0626 - \lambda & 0.0344 & 0.0302 \\ 0.0344 & 0.1068 - \lambda & 0.0953 \\ 0.0302 & 0.0953 & 0.0966 - \lambda \end{vmatrix} = 0.$$

Корені цього рівняння $\lambda_1 = 0.2112$, $\lambda_2 = 0.0486$, $\lambda_3 = 0.0062$

Отже, максимальне власне значення коваріаційної матриці є 0.2112. Цьому значенню відповідає власний вектор $\{0.294, 0.6955, 0.6556\}$. Вибираючи вагові коефіцієнти α_i в інтегральній оцінці рівними квадратам компонент даного вектора, одержимо таку формулу для інтегрального оцінювання ефективності діяльності музеїв

$$W(t) = 0.0864 \frac{x_1(t) - x_1^{\min}}{x_1^{\max} - x_1^{\min}} + 0.4837 \frac{x_2(t) - x_2^{\min}}{x_2^{\max} - x_2^{\min}} + 0.4298 \frac{x_3(t) - x_3^{\min}}{x_3^{\max} - x_3^{\min}}.$$

Визначені за допомогою даної формули інтегральні оцінки ефективності діяльності музеїв Львова за 2010–2024 рр. наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Інтегральні оцінки ефективності діяльності музеїв Львова

Роки	Інтегральна оцінка
2010	0.871533
2011	0.906956
2012	0.884361
2013	0.890614
2014	0.851765
2015	0.884220
2016	0.490175
2017	0.572553
2018	0.581152
2019	0.515041
2020	0.024310
2021	0.164097
2022	0.159111
2023	0.247282
2024	0.315238

Для одержання прогнозів динаміки даної оцінки використаємо метод експоненційного вирівнювання. Апроксимація інтегральної оцінки виконується за допомогою квадратичної функції $Q(t) = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 \frac{t^2}{2!}$. Коефіцієнти α_0 , α_1 ,

α_2 вибираємо такими, щоб сума квадратів відхилень фактичних значень $W(t)$ інтегральної оцінки від апроксимованих значень $Q(t)$ стала мінімальною. На основі цих коефіцієнтів визначаємо вирівняні значення інтегральної оцінки

$$\begin{aligned} W_1(1) &= \alpha_0 - \frac{1-\gamma}{\gamma}\alpha_1 + \frac{(1-\gamma)(2-\gamma)}{2\gamma^2}\alpha_2, \\ W_2(1) &= \alpha_0 - \frac{2(1-\gamma)}{\gamma}\alpha_1 + \frac{2(1-\gamma)(3-2\gamma)}{2\gamma^2}\alpha_2, \\ W_3(1) &= \alpha_0 - \frac{3(1-\gamma)}{\gamma}\alpha_1 + \frac{3(1-\gamma)(4-3\gamma)}{2\gamma^2}\alpha_2, \end{aligned}$$

де γ — коефіцієнт, який відображає перевагу, що надається в процесі прогнозування недавнім значенням оцінки.

Для кожного року ретроспективного періоду, починаючи із другого, визначаємо величини $W_1(t)$, $W_2(t)$, $W_3(t)$ за формулами

$$\begin{cases} W_1(t) = (1-\gamma)W_1(t-1) + \gamma W(t), \\ W_2(t) = (1-\gamma)W_2(t-1) + \gamma W_1(t), \\ W_3(t) = (1-\gamma)W_3(t-1) + \gamma W_2(t). \end{cases}$$

Коефіцієнти α_0 , α_1 , α_2 теж змінюються при переході до кожного наступного року і визначаються за допомогою рівностей:

$$\begin{cases} \alpha_0(t) = 3W_1(t) - 3W_2(t) + W_3(t), \\ \alpha_1(t) = \frac{\gamma}{2(1-\gamma)^2} [(6-5\gamma)W_1(t) - 2(5-4\gamma)W_2(t) + (4-3\gamma)W_3(t)], \\ \alpha_2(t) = \frac{\gamma^2}{(1-\gamma)^2} (W_1(t) - 2W_2(t) + W_3(t)). \end{cases}$$

Отримані для 2024 року коефіцієнти α_0 , α_1 , α_2 , використовуються для прогнозування інтегральної оцінки ефективності діяльності музеїв на 2025 рік. Для цього скористаємося рівністю

$$W(T+\theta) = \alpha_0 + \alpha_1\theta + \alpha_2\frac{\theta^2}{2!}.$$

Для оцінювання точності прогнозу для кожного року ретроспективного періоду, починаючи із другого, визначаємо абсолютне відхилення прогнозу на один період за формулою

$$\Delta(t) = W(t) - \alpha_0(t) - \alpha_1(t)\theta - \frac{\alpha_2(t)\theta^2}{2},$$

та відповідне відносне відхилення, яка є відношенням квадрату абсолютного відхилення до квадрату одержаного на цей період прогнозного значення

$$\delta(t) = \frac{\Delta^2(t)}{(\alpha_0 + \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2})^2}.$$

Середнє відхилення за весь ретроспективний період визначається як середнє геометричне відносних відхилень за всі роки ретроспективного періоду, починаючи із другого:

$$\delta = \left(\prod_{t=2}^T \delta(t) \right)^{\frac{1}{T-1}}.$$

Точність прогнозу вважається рівною $1 - \delta$. Ця точність істотно залежить від вибраного коефіцієнта γ . Величина цього коефіцієнта визначається емпірично таким чином, щоб точність $1 - \delta$ стала найвищою. Для прогнозування інтегральної оцінки ефективності діяльності музеїв Львова нами вибрано значення $\gamma = 0.6$, що забезпечить точність $1 - \delta = 97.9\%$.

В результаті одержано прогнозоване значення інтегральної оцінки на 2025 рік $W = 0.399$, тобто очікується певне зростання даної оцінки порівняно із 2024 роком.

6. Висновки. Математичне моделювання динаміки музейної активності має значний потенціал для оптимізації роботи музеїв. Використання таких моделей дозволяє: здійснювати планування ресурсів музеїв, зокрема персоналу та матеріалів для виставок і екскурсій; підвищувати ефективність проведення культурних подій, прогножуючи їхній вплив на відвідуваність; оптимізувати маркетингові стратегії, орієнтуючи їх на прогнозовані пік відвідуваності; розробляти нові стратегії залучення відвідувачів, враховуючи всі значущі фактори.

Математичне моделювання є потужним інструментом для аналізу та оптимізації роботи музеїв, допомагаючи їм ефективно реагувати на змінювані умови та забезпечувати сталий розвиток в майбутньому.

Список використаної літератури

1. Горик А. В., Піскунов В. Г., Серов М. І. та ін. Аналітичне розв'язання задачі згину композитної балки на основі вдосконаленої моделі деформації. *Strength of Materials*. 1999. Vol. 31. P. 85–98. <https://doi.org/10.1007/BF02509745>
2. Кемерон Ф., Кендердайн С. (ред.) Теоретизація цифрової культурної спадщини: критичний дискурс. Кембридж, Массачусетс : MIT Press, 2007. Онлайн-видання : MIT Press Scholarship Online, 22 серпня 2013. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262033534.001.0001>
3. Музеї. URL: <https://opendata.city-adm.lviv.ua/dataset/zaklady-kultury-statystyka/resource/5f5099a8-d8c3-44a8-b0bc-15fe3bb5a7aa> (дата звернення: 19.03.2025).
4. Основні показники сфери культури і мистецтва. Відкриті дані Львова. Сайт Львівської міської ради. URL: <https://opendata.city-adm.lviv.ua/dataset/osnovni-pokaznyky-sfery-kultury-i-mystetstva> (дата звернення 19.05.2025).
5. Онищенко В., Ічанська Н., Скриль В., Фурманчук О. Економіко-математичне моделювання інноваційного розвитку підприємств будівельної галузі. Онищенко В., Мамедова Г., Сівицька С., Гасимов А. (ред.). *Матеріали 3-ї Міжнародної конференції з будівельних інновацій. ICBI 2020* : Конспект лекцій з цивільного будівництва. Cham: Springer, 2022. T. 181. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_65
6. Centorrino P., Corbetta A., Cristiani E., Onofri E. Managing crowded museums: Visitors flow measurement, analysis, modeling, and optimization. *Journal of Computational Science*. 2021. Vol. 53. Article 101357. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2021.101357>
7. Del Barrio-Tellado M. J., Gómez-Vega M., Herrero-Prieto L. C. Performance of cultural heritage institutions: A regional perspective. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2023. Vol. 87. Article 101593. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101593>
8. Gordon J., Beilby-Orrin H. International measurement of the economic and social importance of culture. *OECD Statistics Working Papers*. Paris : OECD Publishing, 2007. No. 2007/03. <https://doi.org/10.1787/5k92zxn7sc30-en>

9. Gorik A. V., Piskunov V. G., Serov N. I. et al. The analytical solution of the bending problem for an inhomogeneous noncircular cylindrical body. *International Applied Mechanics*. 2002. Vol. 38. P. 1261–1271. <https://doi.org/10.1023/A:1022218731489>
10. Ivanov S., Webster C. Measuring the impact of tourism on economic growth. *Tourism Economics*. 2007. Vol. 13, No. 3. P. 379–388. URL: <https://econpapers.repec.org/RePEc:eco:journ1:2017-02-18> (date of access: 19.03.2025).
11. Johnson M., Lee S. Mathematical modeling in cultural heritage: MACH2021. Springer INdAM Series. Vol. 45. Cham : Springer, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58077-3>
12. Kotler N., Kotler P., Kotler W. I. Museum marketing and strategy: Designing missions, building audiences, generating revenue and resources. 2nd ed. San Francisco : Jossey-Bass, 2008.
13. Shoval N., Ahas R. The use of tracking technologies in tourism research: The first decade. *Tourism Geographies*. 2016. Vol. 18, No. 5. P. 587–606. <https://doi.org/10.1080/14616688.2016.1214977>
14. UNESCO Institute for Statistics. *Measuring cultural participation*. UNESCO, 2012. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000219213> (date of access: 19.03.2025).
15. Zhang Y., Li X. The behavioral pattern of Chinese public cultural participation in museums. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, No. 7. Article 2890. <https://doi.org/10.3390/su12072890>

Ichanska N. V., Lysenko M. V., Churikova V. O. Mathematical Modeling of Museum Activity Dynamics.

The article examines the theoretical and practical aspects of mathematical modeling of the dynamics of museum activity. Museum activity is a significant indicator of a city's cultural and social development, and its effectiveness can be evaluated using quantitative methods, particularly through integral assessment. The purpose of this study is to analyze trends in museum operations and to develop a mathematical model for forecasting their dynamics.

The paper presents quantitative models for assessing the effectiveness of museum performance. Various mathematical approaches were applied, including elements of probability theory, statistical analysis, linear algebra, and a methodology for comprehensive integral evaluation.

The authors propose an integral assessment of museum activity, using the case of the city of Lviv as an example. To determine the coefficients for this assessment, a method based on the use of the covariance matrix, its eigenvalues, and eigenvectors was applied. The advantages of this approach lie in its objectivity and its ability to reflect the actual interdependencies between the statistical indicators involved in the evaluation process.

Furthermore, the authors developed a methodology for integral assessment that enables comprehensive analysis and the formulation of forecasts regarding the further development of museum activity. Forecasting the effectiveness of museum operations based on quantitative evaluations is crucial for resource planning and optimization. In particular, it allows for the identification of the most effective strategies for museum management across different seasons and supports the adoption and implementation of scientifically grounded managerial decisions in the field of cultural development.

The results of this study may serve as a foundation for further research in the field of mathematical modeling of cultural processes, facilitating more accurate evaluation of museum activities. The proposed methodology can be applied to enhance museum development strategies and to adapt their operations to changes in the socio-economic environment.

Keywords: modeling, museum activity, evaluation, indicators, forecasting.

References

1. Horyk, A. V., Piskunov, V. H., Serov, M. I., & et al. (1999). Analytic solution of the problem of bending of a composite beam on the basis of an improved model of deformation. *Strength of Materials*, 31, 85–98. <https://doi.org/10.1007/BF02509745>

2. Kemerón, F., & Kenderdain, S. (Ed.). (2007. August 22, 2013.). *Theorizing digital cultural heritage: a critical discourse*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press. Online edition: MIT Press Scholarship Online. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262033534.001.0001>
3. Museums. Retrieved from <https://opendata.city-adm.lviv.ua/dataset/zaklady-kultury-statystyka/resource/5f5099a8-d8c3-44a8-b0bc-15fe3bb5a7aa> [in Ukrainian].
4. Main indicators of the sphere of culture and art. Open data of Lviv. Website of the Lviv City Council. Retrieved from <https://opendata.city-adm.lviv.ua/dataset/osnovni-pokaznyky-sfery-kultury-i-mystetstva> [in Ukrainian].
5. Onyshchenko, V., Ichanska, N., Skryl, V., & Furmanchuk, O. (2022). Economic and mathematical modeling of innovative development of enterprises in the construction industry. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations (ICBI 2020)*. Lecture Notes in Civil Engineering. 181. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_65
6. Centorrino, P., Corbetta, A., Cristiani, E., & Onofri, E. (2021). Managing crowded museums: Visitors flow measurement, analysis, modeling, and optimization. *Journal of Computational Science*, 53, 101357. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2021.101357>
7. Del Barrio-Tellado, M. J., Gómez-Vega, M., & Herrero-Prieto, L. C. (2023). Performance of cultural heritage institutions: A regional perspective. *Socio-Economic Planning Sciences*, 87, 101593. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101593>
8. Gordon, J., & Beilby-Orrin, H. (2007). International measurement of the economic and social importance of culture. *OECD Statistics Working Papers*, (2007/03). Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5k92znx7sc30-en>
9. Gorik, A. V., Piskunov, V. G., Serov, N. I., & et al. (2002). The analytical solution of the bending problem for an inhomogeneous noncircular cylindrical body. *International Applied Mechanics*, 38, 1261–1271. <https://doi.org/10.1023/A:1022218731489>
10. Ivanov, S., & Webster, C. (2007). Measuring the impact of tourism on economic growth. *Tourism Economics*, 13(3), 379–388. Retrieved from <https://econpapers.repec.org/RePEc:eco:journ1:2017-02-18>
11. Johnson, M., & Lee, S. (2021). *Mathematical modeling in cultural heritage: MACH2021*. Springer INdAM Series. (Vol. 45). Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58077-3>
12. Kotler, N., Kotler, P., & Kotler, W. I. (2008). *Museum marketing and strategy: Designing missions, building audiences, generating revenue and resources (2nd ed.)*. San Francisco: Jossey-Bass.
13. Shoval, N., & Ahas, R. (2016). The use of tracking technologies in tourism research: The first decade. *Tourism Geographies*, 18(5), 587–606. <https://doi.org/10.1080/14616688.2016.1214977>
14. UNESCO Institute for Statistics. (2012). *Measuring cultural participation*. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000219213>
15. Zhang, Y., & Li, X. (2020). The behavioral pattern of Chinese public cultural participation in museums. *Sustainability*, 12(7), 2890. <https://doi.org/10.3390/su12072890>

Одержано 14.04.2025