

UDK 338.48:502.131.1

Qilichov Muhiddin Husniddin o'g'li

Turizm va mehmonxona xo'jaligi kafedrası doktoranti

m.h.gilichov@buxdu.uz<https://orcid.org/0000-0001-5107-4876>

ME'MORIY MEROS OBYEKTLARIDA TURIZM SIG'IMINI BAHOLASH: METODOLOGIYALAR, OMILLAR VA HISOB-KITOB FORMULARINING QIYOSIY TAHLILI

Annotatsiya. Ushbu maqolada me'moriy meros obyektlarida turizm sig'imini baholash metodologiyalari qiyosiy tahlil qilingan. Tadqiqot tizimli adabiyotlar sharhi usulida olib borildi. 1964-2025-yillar oralig'ida nashr etilgan 29 ta ilmiy manba tahlili natijasida oltita asosiy metodologik yondashuv aniqlandi: Cifuentes uch bosqichli modeli (PCC-RCC-ECC), Shelby-Heberlein ijtimoiy sig'im modeli, Maqbul o'zgarishlar chegarasi (LAC), Coccossis kompleks indikator tizimi, HBIM-sensor texnologiyalariga asoslangan raqamli monitoring hamda GIS-agentlik modellari. Har bir metodologiyaning formulalari, tuzatish koeffitsientlari va qo'llanilish doirasi batafsil yoritilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, me'moriy meros obyektlari uchun mavjud modellarning integratsiyalashgan qo'llanilishi zarur bo'lib, yopiq fazolardagi CO₂ kontsentratsiyasi, konstruktiv yuklamaga bardoshlilik va madaniy qiymatni saqlash kabi o'ziga xos omillar alohida inobatga olinishi lozim.

Kalit so'zlar: turizm sig'imi, me'moriy meros, sig'imni baholash, Cifuentes modeli, jismoniy sig'im (PCC), real sig'im (RCC), samarali sig'im (ECC), tuzatish koeffitsientlari, HBIM

Abstract. This article presents a comparative analysis of methodologies for assessing tourism carrying capacity at architectural heritage sites. A systematic literature review of 29 scientific sources published between 1964 and 2025 identified six principal methodological approaches: Cifuentes' three-level model (PCC–RCC–ECC), Shelby–Heberlein's social carrying capacity framework (C-CAP), Limits of Acceptable Change (LAC), Coccossis' composite indicator system, HBIM-sensor-based digital monitoring, and GIS-agent-based modeling. The study systematizes formulas, correction factors, and application domains of each methodology. Findings indicate that no single model fully addresses the specificities of heritage buildings, including CO₂ concentration dynamics in enclosed spaces, structural load tolerance, and cultural value preservation. An integrated approach combining quantitative frameworks with digital monitoring technologies is recommended.

Keywords: tourism carrying capacity, architectural heritage, carrying capacity assessment, Cifuentes model, physical carrying capacity (PCC), real carrying capacity (RCC), effective carrying capacity (ECC), correction factors, HBIM

Аннотация. В данной статье проведён сравнительный анализ методологий оценки туристической ёмкости объектов архитектурного наследия. Систематический обзор 29 научных источников, опубликованных в период с 1964 по 2025 год, позволил выявить шесть основных методологических подходов: трёхуровневая модель Сифуэнтеса (PCC–RCC–ECC), модель социальной ёмкости Шелби–Хеберляйна (C-CAP), модель пределов допустимых изменений (LAC), комплексная индикаторная система Коккоссиса, цифровой мониторинг на основе HBIM и сенсорных технологий, а также ГИС-агентное моделирование. Систематизированы формулы, корректирующие коэффициенты и области применения каждой методологии. Результаты показали, что для объектов архитектурного наследия необходим интегрированный подход, учитывающий специфические факторы: динамику концентрации CO₂ в замкнутых пространствах, конструктивную устойчивость к нагрузкам и сохранение культурной ценности.

Ключевые слова: туристическая ёмкость, архитектурное наследие, оценка ёмкости, модель Сифуэнтеса, физическая ёмкость (PCC), реальная ёмкость (RCC), эффективная ёмкость (ECC), корректирующие коэффициенты, HBIM

Kirish

Madaniy turizm XXI asrda jahon turizmining eng dinamik rivojlanayotgan yoʻnalishlaridan biriga aylandi. Jahon turizm tashkiloti (UN tourism) maʼlumotlariga koʻra, sayyohlarning deyarli 47 foizi madaniy qiziqish asosida sayohat qiladi, bu esa madaniy meros obyektlariga boʻlgan talabning barqaror oʻsishini koʻrsatadi [1]. Xususan, UNESCO Jahon merosi roʻyxatiga kiritilgan obyektlar jahon miqyosida sayyohlarni jalb etishning eng kuchli omillaridan biri hisoblanadi - har bir yangi UNESCO obyekti turistlar oqimining oʻrtacha 0,22 foizga oshishiga olib keladi [2]. Biroq, bu ijobiy tendentsiya oʻz ichiga jiddiy muammolarni ham qamrab oladi: turist oqimining haddan tashqari koʻpayishi meʼmoriy meros obyektlarining jismoniy yemirilishiga, ekologik muvozanatning buzilishiga va mahalliy aholining hayot sifati pasayishiga sabab boʻlmoqda [3, 4].

Haddan tashqari turizm (overtourism) hodisasi - bu maʼlum bir manzilda tashrif buyuruvchilar sonining barqaror sigʻim chegarasidan oshishi natijasida yuzaga keladigan salbiy jarayonlar majmuasidir [5]. Bu muammo ayniqsa yopiq va cheklangan meʼmoriy fazolarda, tarixiy bino ichki qismlarida, muzey va saroy majmualarida oʻtkir namoyon boʻladi. Masalan, Venetsiyada yiliga 30 millionga yaqin sayyoh tashrif buyuradi, holbuki shaharning doimiy aholisi 55 ming kishidan iborat [6]. Machu Picchu, Kolizey, Toj Mahal kabi dunyo merosxonalari ham xuddi shu muammoga duch kelmoqda. Jahon yodgorliklar jamgʻarmasi (WMF) maʼlumotlariga koʻra, Osiyo tarixiy obyektlari uchun urbanizatsiya va rivojlanish, Lotin Amerikasi va Karib dengizi mintaqasi uchun esa haddan tashqari turizm asosiy tahdid hisoblanadi [7].

Haddan tashqari turizm nafaqat meʼmoriy meros obyektlarining jismoniy holatiga, balki tashrif buyuruvchilarning sogʻligʻi va xavfsizligiga ham bevosita taʼsir koʻrsatadi. Tarixiy binolardagi tashrif buyuruvchilar soni oshganda, ayniqsa shamollatish tizimi yetarli boʻlmagan yopiq fazolarda, karbonat angidrid (CO₂) konsentratsiyasi keskin ortadi, bu esa meros materiallarining yemirilish jarayonlarini tezlashtiradi hamda tashrif buyuruvchilarning salomatligi uchun xavf tugʻdiradi [8]. Shuningdek, ortiqcha piyoda yuki tarixiy pol qoplamalariga, pogʻonalarga va devor boʻyoqlariga mexanik shikast yetkazadi, vibratsion yuklamalar esa bino konstruksiyalarining mustahkamligiga salbiy taʼsir koʻrsatadi [9].

Ushbu muammolarni hal qilishda sigʻim (carrying capacity) tushunchasi markaziy oʻrinni egallaydi. Sigʻim tushunchasi dastlab ekologiya fanida populyatsiya dinamikasi kontekstida shakllangan boʻlib, maʼlum bir muhitning cheksiz vaqt davomida taʼminlay oladigan organizmlarning maksimal sonini anglatgan [10]. XX asrning 60-yillarida amerikalik olim J. Alan Wagar ushbu tushunchani birinchi marta rekreatsion boshqaruvga tatbiq etdi va sigʻimni "rekreatsion tajriba sifatini maqbul darajada saqlab qolgan holda, maʼlum bir hududda amalga oshirilishi mumkin boʻlgan rekreatsion foydalanish hajmi" deb taʼrifladi [11]. Keyinchalik Jahon turizm tashkiloti 1978-1979-yillardagi hisobotlarida "turizm sigʻimi" iborasini birinchi marta rasman qoʻlladi va bu tushunchani xalqaro ilmiy jamoatchilik eʼtiboriga havola qildi [12].

Turizm sigʻimi sohasidagi tadqiqotlar rivoji bir necha muhim bosqichlarni bosib oʻtdi. OʻReilly turizm sigʻimini "maʼlum bir manzilda joylashishi mumkin boʻlgan turistlarning maksimal soni" deb aniqladi va bu taʼrif sohaning klassik asoslaridan biriga aylandi [13]. Shelby va Heberlein sigʻim tushunchasiga ijtimoiy oʻlchamni kiritib, tashrif buyuruvchilarning gavjodlik haqidagi subʼektiv baholari va kutishlarini hisobga olish zarurligini asoslab berdilar [14, 15]. Cifuentes (1992) esa himoyalangan hududlar uchun jismoniy sigʻim (PCC), real sigʻim (RCC) va samarali sigʻim (ECC) tushunchalariga asoslangan uch bosqichli miqdoriy modelni taklif qildi [16]. Mazkur model oʻzining aniq matematik apparati va bosqichma-bosqich yondashuvi tufayli dunyoda eng keng qoʻllaniladigan sigʻim baholash metodologiyasiga aylandi. Coccossis va Mexa esa Yevropa turizm manzillari kontekstida sigʻim baholashning kompleks konseptual ramkasini ishlab chiqdilar, bunda jismoniy-ekologik, ijtimoiy-demografik va siyosiy-iqtisodiy komponentlarni birlashtirgan yondashuvni taklif etdilar [17, 18].

Biroq, me'moriy meros obyektlarida sig'imni baholash tabiiy hududlardagidan tubdan farq qiladi. Tarixiy binolar cheklangan va o'zgaras fazoviy parametrlarga ega, ularning konstruktiv elementlari turli darajadagi eskirishga uchraydi, ichki mikro-iqlim sharoitlari (harorat, namlik, havo sifati) tashrif buyuruvchilar soniga bevosita bog'liq bo'ladi. Bundan tashqari, me'moriy meros obyektlarining madaniy qiymati ulardan foydalanish rejimiga qo'shimcha cheklovlar qo'yadi - ommaviy foydalanish bilan saqlash o'rtasidagi muvozanatni ta'minlash zaruriyati doimo mavjud [19]. So'nggi yillarda raqamli texnologiyalar - Heritage Building Information Modelling (HBIM), sensor texnologiyalari, sun'iy intellekt va raqamli egizak (Digital Twin) tizimlari - sig'imni real vaqtda monitoring qilish va dinamik boshqarishning yangi imkoniyatlarini ochmoqda [8, 20].

Shunday bo'lsa-da, me'moriy meros obyektlari uchun yagona universal sig'im baholash metodologiyasi hali shakllanmagan. Mavjud modellar turli obyektlarga turlicha moslashtiriladi, tuzatish koeffitsientlarining tanlovi ko'p hollarda sub'ektiv xarakterga ega, ijtimoiy sig'imni miqdoriy o'lchash esa alohida qiyinchilik tug'diradi [21, 22]. Shu munosabat bilan, ushbu tadqiqotning maqsadi me'moriy meros obyektlarida sig'imni baholash bo'yicha mavjud metodologiyalarni qiyosiy tahlil qilish, ularning asosiy formulalari va inobatga olinadigan omillarini tizimlashtirish hamda har bir yondashuvning kuchli va zaif tomonlarini aniqlashdan iborat.

Tadqiqot doirasida quyidagi asosiy savollar ko'rib chiqiladi: (1) me'moriy meros obyektlarida sig'imni baholashda qaysi metodologik yondashuvlar ko'proq qo'llaniladi? (2) turli modellar qanday omillar (tuzatish koeffitsientlari)ni inobatga oladi va ularning hisob-kitob formulalari qay tarzda tuzilgan? (3) yopiq va cheklangan me'moriy fazolarda sig'imni o'lchashning o'ziga xos xususiyatlari nimalardan iborat?

Metodlar

2.1. Tadqiqot dizayni

Ushbu tadqiqot tizimli adabiyotlar sharhi (systematic literature review) usulida amalga oshirildi. Tizimli sharh - bu ma'lum bir tadqiqot savoliga javob berish maqsadida mavjud ilmiy adabiyotlarni oldindan belgilangan mezonlar asosida izchil ravishda aniqlash, tanlash, baholash va sintezlash jarayonidir [23]. Tadqiqotda PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) ko'rsatmalari asos qilib olindi [24], bu esa manbalarni tanlash, saralash va tahlil qilish jarayonining shaffofligini ta'minladi. PRISMA protokoli dastlab tibbiyot sohasida ishlab chiqilgan bo'lib, keyinchalik turizm va meros boshqaruvi bo'yicha tadqiqotlarda ham keng qo'llanila boshlandi [25, 26].

Tizimli sharh yondashuvi tanlangan sabab shundaki, me'moriy merosda sig'im baholash sohasida turli fanlararo metodologiyalar (ekologiya, shaharsozlik, me'morchilik, turizm boshqaruvi, sensor texnologiyalari) mavjud bo'lib, ularni yagona analitik ramkada qiyosiy tahlil qilish uchun tizimli yondashuvning sistematik xususiyati zarurdir. Tadqiqot maqsadi yangi empirik ma'lumotlar to'plash emas, balki mavjud ilmiy bilimlarni sintezlash va tizimlashtirish bo'lganligi sababli, ushbu metod eng maqbul variant hisoblanadi.

2.2. Ma'lumotlar bazalari va qidiruv strategiyasi

Manbalarni aniqlash uchun quyidagi xalqaro ilmiy ma'lumotlar bazalari va platformalari qidiruv manbalari sifatida tanlandi:

(a) Scopus - ko'p fanli, retsenziyalangan jurnallarni qamrab oluvchi eng yirik bibliografik baza sifatida; (b) Web of Science (WoS) - yuqori impakt faktorli jurnallarni o'z ichiga oluvchi baza sifatida; (c) Google Scholar - ochiq manbalarni keng qamrab oluvchi qidiruv tizimi sifatida; (d) MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute) - ochiq kirish (Open Access) jurnallarining yetakchi platformasi sifatida; (e) ResearchGate - tadqiqotchilar tomonidan to'liq matnlar joylashtirilgan akademik tarmoq sifatida.

Qidiruvda quyidagi kalit so'zlar va ularning kombinatsiyalari (Boolean operatorlari yordamida) ishlatildi: "carrying capacity" AND ("heritage building" OR "architectural heritage" OR "historic building" OR "cultural heritage site"); "tourism carrying capacity" AND ("PCC" OR

"RCC" OR "ECC"); "visitor management" AND "heritage"; "Cifuentes" AND "carrying capacity"; "HBIM" AND "visitor capacity". Qidiruv faqat ingliz tilida nashr etilgan manbalar bo'yicha olib borildi, chunki bu sohadagi asosiy ilmiy diskurs ingliz tilida yoritilgan.

2.3. Manbalarni tanlash mezonlari

Manbalarni saralashda quyidagi kiritish (inclusion) va chiqarish (exclusion) mezonlari qo'llanildi:

Kiritish mezonlari: (a) 1964-2025-yillar oralig'ida nashr etilgan manbalar - Wagar tomonidan sig'im tushunchasining rekreatsion boshqaruvga birinchi tatbiq etilgan yilidan boshlab zamonaviy tadqiqotlarga bo'lgan davrni qamrab olish maqsadida; (b) retsenziyalangan (peer-reviewed) ilmiy jurnallarda yoki e'tirof etilgan xalqaro konferensiya materiallari, monografiya va hisobotlarda nashr etilgan ishlar; (c) sig'imni baholashning aniq metodologiyasi, formulasi yoki konseptual ramkasini taqdim etgan tadqiqotlar; (d) me'moriy meros, madaniy meros obyektlari yoki tarixiy binolar kontekstida olib borilgan ishlar, shuningdek himoyalangan tabiiy hududlar uchun ishlab chiqilgan, ammo me'moriy merosga tatbiq etilishi mumkin bo'lgan metodologiyalar; (e) to'liq matni ochiq manbada (Open Access) mavjud bo'lgan yoki muallif tomonidan akademik tarmoqlarda (ResearchGate, Academia.edu) joylashtirilgan ishlar.

Chiqarish mezonlari: (a) faqat nazariy muhokamaga bag'ishlangan, aniq metodologiya yoki formula taqdim etmagan manbalar; (b) dissertatsiyalar, magistrlik ishlari va boshqa "kulrang adabiyot" (gray literature) - bular ikkilamchi manbalar sifatida foydalanildi, ammo asosiy tahlilga kiritilmadi; (c) to'liq matni mavjud bo'lmagan, faqat annotatsiya bilan cheklangan manbalar; (d) sig'im tushunchasini turizm yoki meros kontekstidan tashqarida - masalan, faqat ekologik yoki demografik ma'noda - ishlatgan manbalar.

2.4. Manbalarni saralash jarayoni

Saralash uch bosqichda amalga oshirildi. Birinchi bosqichda kalit so'zlar bo'yicha qidiruv natijasida aniqlangan barcha manbalarning sarlavhalari ko'rib chiqildi va mavzuga aloqasi bo'lmagan ishlar chiqarib tashlandi. Ikkinchi bosqichda qolgan manbalarning annotatsiyalari (abstrakt) o'qib chiqildi va kiritish mezonlariga mosligi baholandi. Uchinchi bosqichda mezonlarga mos kelgan manbalarning to'liq matnlari batafsil o'rganildi. Saralash jarayoni natijasida yakuniy tahlilga kiritilgan manbalar soni aniqlandi.

Saralash jarayonining umumiy sxemasi quyidagicha: dastlabki qidiruv natijasida taxminan 120 dan ortiq manba aniqlandi; sarlavha bo'yicha saralashdan keyin 68 ta manba qoldi; annotatsiya bo'yicha saralashdan keyin 41 ta manba ajratildi; to'liq matn asosida yakuniy tahlilga 22 ta asosiy manba kiritildi. Qo'shimcha ravishda, tanlangan manbalarning adabiyotlar ro'yxatlari ham tekshirilib, "qor bo'roni" (snowball) usuli orqali yana 7 ta tegishli manba aniqlandi, natijada umumiy manbalar soni 29 taga yetdi.

2.5. Ma'lumotlarni ajratish va tahlil usuli

Tanlangan manbalardan quyidagi ma'lumotlar tizimli ravishda ajratildi: (a) mualliflar va nashr yili; (b) tadqiqot obyekti (tabiiy hudud, shahar manzili, tarixiy bino, serial obyekt va h.k.); (c) qo'llangan metodologik yondashuv (Cifuentes modeli, Shelby-Heberlein modeli, LAC, HBIM+sensor, GIS-asosidagi model va h.k.); (d) sig'imni hisoblash formulalari (PCC, RCC, ECC va boshqa ko'rsatkichlar); (e) inobatga olingan omillar - tuzatish koeffitsientlari (jismoniy, ekologik, ijtimoiy, boshqaruv va h.k.); (f) asosiy natijalar va xulosalar.

Tahlil ikki bosqichda olib borildi. Birinchi bosqichda har bir metodologiya alohida tavsiflanib, uning formulalari, tuzatish koeffitsientlari va qo'llanilish doirasi batafsil yoritildi. Ikkinchi bosqichda barcha metodologiyalar bir qator mezonlar bo'yicha qiyosiy jadvalga kiritildi. Qiyoslash uchun quyidagi mezonlar tanlandi:

(a) yondashuv turi - miqdoriy (quantitative), sifat (qualitative) yoki aralash (mixed); (b) formulalar tuzilishi - bosqichli (ketma-ket), parallel yoki indikator-asosidagi; (c) inobatga olingan sig'im o'lchamlari - jismoniy, ekologik, ijtimoiy, iqtisodiy, boshqaruv; (d) tuzatish koeffitsientlari soni va turi; (e) qo'llanilish sohasi - tabiiy hududlar, ochiq madaniy manzillar yoki yopiq me'moriy fazolar; (f) dinamiklik darajasi - statik (bir martalik hisob-kitob), yarim-dinamik (davriy qayta baholash) yoki dinamik (real vaqt monitoringi); (g) raqamli texnologiyalar integratsiyasi -

an'anaviy yoki zamonaviy texnologiyalar (HBIM, sensor, GIS, agentlik modellari) bilan birlashtirilganligi.

Natijalar

3.1. Tizimli sharhning umumiy natijalari

Tizimli adabiyotlar sharhida yakuniy tahlilga kiritilgan 29 ta manbaning kontentanalizi natijasida me'moriy meros va madaniy turizm obyektlarida sig'imni baholash bo'yicha oltita asosiy metodologik yondashuv aniqlandi. Bular quyidagilardir: (1) Cifuentes uch bosqichli miqdoriy modeli (PCC-RCC-ECC); (2) Shelby va Heberlein ijtimoiy sig'imni baholash jarayoni (C-CAP); (3) Stankey va hamkasblarining Maqbul o'zgarishlar chegarasi modeli (LAC); (4) Coccossis va Mexa tomonidan ishlab chiqilgan Yevropa turizm manzillari uchun kompleks indikator tizimi; (5) HBIM va sensor texnologiyalariga asoslangan raqamli monitoring yondashuvi; (6) GIS va agentlik modellashtirish (ABM) asosidagi fazoviy tahlil usullari. Tahlil natijalarini quyida har bir metodologiya bo'yicha batafsil keltiramiz.

3.2. Cifuentes uch bosqichli modeli (1992)

Cifuentes tomonidan 1992-yilda ishlab chiqilgan model sig'im tadqiqotlari sohasida eng ko'p havola qilingan va eng keng tatbiq etilgan metodologiya hisoblanadi [16]. Dastlab Kosta-Rikadagi himoyalangan tabiiy hududlar uchun yaratilgan ushbu model keyinchalik turli mamlakatlardagi madaniy meros obyektlari, tarixiy binolar, arxeologik yodgorliklar va shahar manzillariga moslashtirildi [27, 28]. Modelning asosiy xususiyati - sig'imni uch ketma-ket bosqichda baholash bo'lib, har bir keyingi bosqich avvalgisining qiymatini pasaytiruvchi tuzatish koeffitsientlarini qo'llash orqali tobora realroq natijaga yaqinlashadi.

Birinchi bosqich: Jismoniy sig'im (Physical Carrying Capacity - PCC). Jismoniy sig'im ma'lum bir hududda ma'lum vaqt davomida jismonan joylashishi mumkin bo'lgan tashrif buyuruvchilarning maksimal sonini ifodalaydi. PCC quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi [16, 29]:

$$PCC = \frac{A}{A_u} \times R_f$$

bu yerda: A - tashrif buyuruvchilar uchun mavjud bo'lgan umumiy maydon (m^2); A_u - har bir tashrif buyuruvchi uchun zarur bo'lgan minimal maydon (m^2 /kishi), bu ko'rsatkich obyekt turiga qarab o'zgaradi - masalan, ochiq hududlar uchun 4-65 m^2 , yopiq muzey zallari uchun 2-4 m^2 , piyoda yo'laklari uchun esa 1-2 m^2 qabul qilinishi mumkin [30]; R_f - aylanish koeffitsienti (Rotation factor), ya'ni bir kunda hudud necha marta to'liq yangilanishi mumkinligini ko'rsatuvchi ko'rsatkich:

$$R_f = \frac{H}{t}$$

bu yerda H - obyektning kunlik ochiq soatlari, t - o'rtacha tashrif vaqti (soatlarda). Masalan, agar muzey kuniga 10 soat ochiq bo'lsa va o'rtacha tashrif 2 soat davom etsa, $R_f = 10/2 = 5$ bo'ladi.

PCC - bu nazariy maksimumni ifodalaydi va hech qanday cheklovchi omillarni hisobga olmaydi. Shuning uchun uning qiymati doimo keyingi bosqichlardagi qiymatlardan yuqori bo'ladi: $PCC \geq RCC \geq ECC$ [16].

Ikkinchi bosqich: Real sig'im (Real Carrying Capacity - RCC). Real sig'im jismoniy sig'imga obyektning real sharoitlarini aks ettiruvchi tuzatish koeffitsientlarini qo'llash orqali hisoblanadi. Bu koeffitsientlar obyektning ekologik, iqlimiy, jismoniy va boshqa cheklovchi xususiyatlarini inobatga oladi [16, 31]:

$$RCC = PCC \times Cf_1 \times Cf_2 \times \dots \times Cf_n$$

bu yerda Cf_1, Cf_2, \dots, Cf_n - turli cheklovchi omillar uchun tuzatish koeffitsientlari. Har bir tuzatish koeffitsienti quyidagi umumiy formula bo'yicha hisoblanadi:

$$Cf_i = 1 - \frac{Ml_i}{Mt_i}$$

bu yerda: M_i - i-omil bo'yicha hududda o'lgangan cheklovchi qiymat (masalan, yog'ingarchilik soatlari soni); M_t - i-omilning maksimal ruxsat etilgan qiymati (masalan, umumiy kunlik soatlar soni). Koeffitsient qiymati 0 dan 1 gacha bo'lib, 1 ga yaqin qiymat omilning ta'siri kam ekanligini, 0 ga yaqin qiymat esa jiddiy cheklov borligini bildiradi.

Cifuentes modeli va uning keyingi moslashtirilgan versiyalarida qo'llaniladigan asosiy tuzatish koeffitsientlari quyidagi jadvalda keltirilgan:

1-jadval. Cifuentes modelida qo'llaniladigan asosiy tuzatish koeffitsientlari

Koeffitsient	Belgilanishi	Mazmuni	Hisoblash tartibi
Yog'ingarchilik omili	Cf_rain	Yog'ingarchilik tufayli tashrif buyurish imkoniyati cheklangan kunlar	1 - (yog'inli soatlar / umumiy soatlar)
Quyosh nuri omili	Cf_sun	Kuchli quyosh nurlanishi tashrif buyuruvchilar faolligiga ta'siri	1 - (kuchli nurlanish soatlari / umumiy soatlar)
Eroziya omili	Cf_ero	Tuproq yoki sirt yemirilish darajasi	1 - (eroziyalangan maydon / umumiy maydon)
Qiyalik omili	Cf_slope	Piyoda harakatlanish qiyinligiga ta'sir	1 - (10% dan ortiq qiyalik uzunligi / umumiy yo'l uzunligi)
Vaqtinchalik yopilish	Cf_close	Ta'mirlash, texnik xizmat, mavsumiy yopilish	1 - (yopiq kunlar / umumiy kunlar)
Suv bosishi	Cf_flood	Suv toshqini xavfi ostidagi davrlar	1 - (suv bosgan kunlar / umumiy kunlar)
O'simlik qoplami	Cf_veg	Vegetatsiyaning zaiflik darajasi va turist ta'siriga sezgirligi	1 - (zaif o'simlik maydoni / umumiy maydon)

Har bir tadqiqotda qo'llaniladigan koeffitsientlar tarkibi obyektning o'ziga xos xususiyatlariga qarab tanlanadi. Masalan, Tour Hassan tarixiy binosi (Marokash) uchun olib borilgan tadqiqotda asosiy tuzatish omillari sifatida quyosh nuri, shamol kuchi va maydon cheklovlari tanlangan [32], Amasya qoyatosh qabrlari (Turkiya) uchun esa eroziya, qiyalik, suv bosishi va vaqtinchalik yopilish omillari qo'llanilgan [28].

Uchinchi bosqich: Samarali sig'im (Effective Carrying Capacity - ECC). Samarali sig'im obyektning haqiqiy boshqaruv imkoniyatlarini hisobga olib, real sig'imni yanada moslashtiradigan yakuniy ko'rsatkichdir [16, 33]:

$$ECC = RCC \times MC$$

bu yerda MC - boshqaruv sig'imi (Management Capacity), 0 dan 1 gacha qiymat oladi. Boshqaruv sig'imi obyektning mavjud resurslari va ideal resurslar o'rtasidagi nisbatni ifodalaydi. Cifuentes va hamkasblarining (1999) kengaytirilgan versiyasida MC uchta asosiy komponent bo'yicha baholanadi [34, 35]:

$$MC = \frac{\text{Infratuzilma} + \text{Jihozlar} + \text{Xodimlar}}{3}$$

bu yerda har bir komponent quyidagicha hisoblanadi:

$$K_i = \frac{R_{\text{mavjud}}}{R_{\text{zarur}}}$$

Masalan, agar obyektida 15 ta xodim ishlayotgan bo'lib, ideal holatda 25 ta xodim zarur bo'lsa, xodimlar komponenti $15/25 = 0,60$ ga teng bo'ladi. Agar infratuzilma komponenti 0,70 va jihozlar komponenti 0,80 bo'lsa, $MC = (0,70 + 0,80 + 0,60)/3 = 0,70$ bo'ladi. Bu holda $ECC = RCC \times 0,70$ natijasini beradi, ya'ni boshqaruv cheklovlari tufayli real sig'imning 70 foizigina haqiqatda amalga oshirilishi mumkin [35].

Cifuentes modelining amaliy tatbiqlari uni me'moriy meros obyektlariga moslashtirish imkoniyatini ko'rsatdi. Masalan, Goa Kiskendo o'rmon turizmida $PCC = 3930$, $RCC = 276$, $ECC = 184$ tashrif/kun natijasi olindi, ya'ni jismoniy sig'imdan samarali sig'imgacha 95 foizdan ortiq qisqarish kuzatildi [36]. Shunga o'xshash, Batukaras mangrova ekoturizm hududida ECC atigi 7 kishi/kunga teng bo'lib, real tashrif buyuruvchilar soni (25 kishi/kun) hisoblangan sig'imdan 3,5 baravar ortiq ekanligi aniqlandi [37].

3.3. Shelby va Heberlein ijtimoiy sig'im modeli (C-CAP)

Shelby va Heberlein (1984, 1986) tomonidan ishlab chiqilgan sig'imni baholash jarayoni (Carrying Capacity Assessment Process - C-CAP) Cifuentes modelidan tubdan farqlanuvchi yondashuvni taklif qildi [14, 15]. Agar Cifuentes modeli asosan jismoniy-ekologik parametrlarga tayanib, miqdoriy natija bersa, C-CAP modeli sig'imning ijtimoiy o'lchamiga - ya'ni tashrif buyuruvchilarning tajribalari, kutishlari va gavjodlikka munosabatiga e'tibor qaratadi.

C-CAP modelining nazariy asosida sig'im tushunchasi ikki o'lchamga bo'linadi [14, 38]: (a) deskriptiv (tasviriy) o'lcham - bu foydalanish darajasi va uning obyektiv ta'sirlarini aks ettiruvchi parametrlardir, masalan, bir soatda bitta piyoda yo'lagidan o'tgan odamlar soni, shovqin darajasi, chiqindilar hajmi va shunga o'xshash o'lchanadigan ko'rsatkichlar; (b) evaluativ (baholovchi) o'lcham - bu tashrif buyuruvchilarning gavjodlik haqidagi sub'ektiv baholariga asoslanadi, masalan, "hududda odamlar juda ko'p", "tajribam sifatsiz bo'ldi" kabi shaxsiy qabul qilish.

Shelby va Heberlein fikricha, gavjodlik (crowding) hissi qoniqishga (satisfaction) qaraganda sig'imni baholashda yaxshiroq mezon hisoblanadi, chunki gavjodlik bevosita hududda mavjud odamlar soniga bog'liq bo'lsa, qoniqish ko'plab boshqa omillarga ham ta'sir qiladi [14, 39]. Model ishlashi uchun uch shart zarur: (1) obyektidan foydalanish rejimi va maqsadi bo'yicha konsensus mavjudligi; (2) tashrif buyuruvchilar tajribasini baholash parametrlari bo'yicha kelishuv; (3) manfaatdor tomonlar (mahalliy aholi, boshqaruvchilar, sayyohlar) o'rtasida maqbul darajalar bo'yicha muzokaralar [15, 38].

C-CAP modeli aniq raqamli formula bermaydi, balki qaror qabul qilish jarayonini tuzilmalashtiradi. Biroq, uning natijalarini miqdoriy ifodalash mumkin - masalan, tashrif buyuruvchilar so'rovi natijalari asosida "qabul qilinadigan gavjodlik darajasi" (Acceptable Crowding Level) aniqlangandan so'ng, bunga mos keladigan tashrif buyuruvchilar soni hisoblanadi. Madaniy meros obyektlari uchun ijtimoiy sig'imning ahamiyati ayniqsa kattadir, chunki tashrif buyuruvchilarning madaniy tajribasi va estetik qabul qilishi gavjodlikka juda sezgir [19, 40].

3.4. Maqbul o'zgarishlar chegarasi modeli (LAC)

Stankey va hamkasblar (1985) tomonidan ishlab chiqilgan Maqbul o'zgarishlar chegarasi (Limits of Acceptable Change - LAC) modeli sig'im tushunchasiga mutlaqo boshqacha nuqtayi nazardan yondashadi [41]. LAC modeli "necha kishi sig'adi?" savolini emas, balki "qancha o'zgarish qabul qilinadi?" savolini qo'yadi. Ya'ni, bu model ruxsat etilgan tashrif buyuruvchilar sonini bevosita hisoblashga emas, balki obyektning resurs holatida yuz berishi mumkin bo'lgan o'zgarishlarning qabul qilinadigan chegaralarini aniqlashga qaratilgan [41, 42].

LAC modeli to'rt asosiy bosqichdan iborat: (1) resurslar va ijtimoiy sharoitlarning mavjud holatini aniqlash; (2) maqbul o'zgarish chegaralarini belgilash - bu bosqichda manfaatdor tomonlar ishtiroki bilan sezgir ko'rsatkichlar (indikatorlar) va ularning chegaraviy qiymatlari belgilanadi; (3) hududning resurslari va foydalanish sharoitlarini zonalash (zoning); (4) monitoring va boshqaruv choralarini amalga oshirish [41]. LAC modelining afzalligi shundaki, u sig'imni bitta raqamga keltirmasdan, dinamik boshqaruv tizimini yaratadi. Biroq, uning kamchiligi - "qabul qilinadigan o'zgarish" chegarasini aniqlash jarayonining sub'ektivligi va vaqt talab qilishidir [42, 43].

3.5. Coccossis va Mexa kompleks indikator tizimi (2002, 2004)

Coccossis va hamkasblar (2002) Yevropa Komissiyasi buyurtmasi bilan ishlab chiqqan metodologiya Shelby-Heberlein konseptual ramkasiga asoslanadi, ammo uni ancha kengaytiradi

[17, 18]. Bu yondashuv sig'imi uch asosiy komponent bo'yicha baholaydi: (a) jismoniy-ekologik komponent - tabiat va qurilma muhitining yuklamaga bardoshliligi; (b) ijtimoiy-demografik komponent - mahalliy aholi va tashrif buyuruvchilar munosabatlari; (c) siyosiy-iqtisodiy komponent - boshqaruv resurslari va iqtisodiy imkoniyatlar.

Coccosis modeli aniq formulalar berish o'rniga, har bir komponent uchun ko'rsatkichlar (indikatorlar) to'plamini aniqlaydi va ularni monitoring qilish tizimini taklif qiladi. Asosiy indikatorlar qatoriga turistlar zichligi (kishi/km²), chiqindilar hajmi (kg/kishi/kun), shovqin darajasi (dB), suv sarfi (litr/kishi/kun), mahalliy aholi qoniqish indeksi, meros obyektlarining fizik holati reytingi kiradi [17]. Muhim jihat shundaki, Coccosis modeli sig'imi qat'iy va o'zgarimas son sifatida emas, balki boshqaruv choralari va texnologiyalar orqali o'zgartirilishi mumkin bo'lgan dinamik ko'rsatkich sifatida ko'radi [18, 43].

3.6. HBIM va sensor texnologiyalariga asoslangan raqamli yondashuv (2025)

Valensiya Politehnika Universiteti tadqiqotchilari (2025) tomonidan taklif etilgan zamonaviy metodologiya yopiq va cheklangan me'moriy fazolardagi sig'im muammosiga tubdan yangicha yondashuvni taqdim etadi [8]. Tadqiqotchilar ikkita an'anaviy maydon-asosidagi hisoblash vositasini - Foydalanish maydoni ko'rsatkichi (Usable Space per Visitor - USV) va Bir vaqtda joylashadigan odamlar soni (People At One Time - PAOT) - tanqid qilib, yopiq tarixiy fazolarda ularning yetarli emasligini ko'rsatdilar.

USV ko'rsatkichi quyidagicha hisoblanadi:

$$USV = \frac{A_f}{N_v}$$

bu yerda A_f - foydalanish uchun yaroqli pol maydoni (m²), N_v - tashrif buyuruvchilar soni. PAOT esa teskari hisob orqali - mavjud maydonni har bir kishiga ajratilgan normativ maydonga bo'lish orqali aniqlanadi:

$$PAOT = \frac{A_f}{A_{pp}}$$

bu yerda A_{pp} - har bir kishiga ajratilgan normativ maydon (odatda 2,5-5 m²/kishi).

Biroq, tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, yopiq fazolarda CO₂ kontsentratsiyasining ortishi maydon-asosidagi hisob-kitoblardan ko'ra ancha oldinroq kritik chegaraga yetadi va tashrif buyuruvchilar sonini cheklash zaruratini belgilaydi [8]. Shu sababli, tadqiqotchilar CO₂ kontsentratsiyasini sig'imi aniqlashning asosiy ko'rsatkichi sifatida taklif qildilar. CO₂ bilan tashrif buyuruvchilar soni o'rtasidagi chiziqli bog'liqlik quyidagicha ifodalanadi:

$$C(t) = C_0 + \frac{n \times q \times t}{V}$$

bu yerda: $C(t)$ - t vaqtdagi CO₂ kontsentratsiyasi (ppm); C_0 - boshlang'ich CO₂ kontsentratsiyasi (tashqi havo); n - xonadagi odamlar soni; q - har bir kishining o'rtacha CO₂ chiqarish tezligi (litr/soat/kishi); V - xonaning havo hajmi (m³); t - vaqt (soatlarda).

Ruxsat etilgan CO₂ chegarasi (odatda 1000 ppm) va xonaning parametrlarini bilgan holda, maksimal tashrif buyuruvchilar sonini hisoblash mumkin. Ushbu yondashuv Heritage Building Information Modelling (HBIM) bilan birlashtirilganda, tarixiy bino fazosining aniq 3D modeli yaratiladi, sensorlar orqali real vaqtda CO₂, harorat va namlik ma'lumotlari to'planadi, va sun'iy intellekt algoritmlarining yordamida tashrif buyuruvchilar oqimi dinamik boshqariladi [8]. Tadqiqotchilar kelgusida Digital Twin (raqamli egizak) texnologiyasi asosida barcha mumkin bo'lgan tashrif stsenariylarini simulyatsiya qilish va sig'imi proaktiv boshqarish mumkinligini ta'kidladilar.

3.7. Geografik-hududiy kengaytirilgan model: Via Appia misolida (2025)

Italiya olimlari (2025) UNESCO Jahon merosi ro'yxatiga 2024-yilda kiritilgan "Via Appia. Regina Viarum" serial madaniy meros obyekti uchun Cifuentes modelining geografik-hududiy moslashtirilgan versiyasini ishlab chiqdilar [44]. Bu model serial obyektlarning o'ziga xos xususiyatlarini - ya'ni, bir nechta geografik jihatdan tarqoq komponentlardan iboratligi, har bir komponentning o'ziga xos ekologik va infratuzilma xarakteristikalariga egaligini - hisobga oladi.

Modelda RCC Cifuentes formulasiga Ekologik ta'minot kompozit indeksini (EEI) qo'llash orqali hisoblanadi:

$$RCC = PCC \times EEI$$

bu yerda EEI beshta ekologik tuzatish koeffitsientining vaznli yig'indisi:

$$EEI = \sum_{i=1}^5 (w_i \times Ecf_i)$$

Ecf_1 - aholi zichligi (bir hudud ustidagi demografik bosim); Ecf_2 - ekologik samaradorlik (hududning ekotizim sog'lomligi); Ecf_3 - ekologik bosim (antropogen ta'sir darajasi); Ecf_4 - atrof-muhit ta'minoti (yashil hududlar, tabiiy resurslar); Ecf_5 - iste'mol qilinmagan yer (urbanizatsiyadan holi maydonlar ulushi).

Samarali sig'im esa Infratuzilma ta'minot kompozit indeksi (IEI) orqali aniqlanadi:

$$ECC = RCC \times IEI$$

bu yerda:

$$IEI = \sum_{j=1}^5 (w_j \times Icf_j)$$

Icf_1 - turizm ta'minoti ustunligi (turizm xizmatlari hajmi); Icf_2 - turar-joy taklifi intensivligi (mehmonxonalar sig'imi); Icf_3 - moddiy madaniy meros ta'minoti (muzeylar, yodgorliklar soni); Icf_4 - yo'lovchi transporti stansiyalari intensivligi; Icf_5 - mahalliy jamoat transporti taklifi.

Bu modelning muhim xususiyati - vaqtinchalik o'zgarish koeffitsientlarini qo'llash imkoniyatidir. Tadqiqotchilar 2024-2034-yillar oralig'i uchun turistlar soni va turar-joy sig'imidagi o'sish prognozlarini modelga kiritib, turli stsenariylar bo'yicha ECC qiymatlarining o'zgarishini hisoblashdi [44]. Bu yondashuv sig'im baholashni bir martalik hisob-kitobdan istiqbol rejalashtirishning strategik vositasiga aylantiradi.

3.8. GIS va agentlik modellashtirish (ABM) yondashuvlari

Bai va hamkasblar (2020) Pekin Taqiqlangan Shahar (Gugong) muzey-saroy majmuasida agentlik modellashtirish (Agent-Based Model - ABM) usulini qo'llab, sig'imni baholashga yangicha yondashuvni namoyish etdilar [20]. An'anaviy usullardan farqli o'laroq, ABM har bir tashrif buyuruvchini mustaqil "agent" sifatida modellashtirib, uning fazoviy harakati, boshqa agentlar bilan o'zaro ta'siri va muhit bilan aloqasini simulyatsiya qiladi. Bu usul hududning turli nuqtalarida gavjodlik darajasini prognozlash, "qaynoq nuqtalar" (hotspots) ni aniqlash va tashrif buyuruvchilar oqimini optimallashtirish imkonini beradi.

GIS-asosidagi yondashuv, shuningdek, Tour Hassan (Marokash) tarixiy binosi uchun ham qo'llanildi [32]. Bu tadqiqotda GIS tashrif buyuruvchilar oqimi tahlili, infratuzilma baholash va fazoviy cheklovlarni vizualizatsiya qilish uchun ishlatildi. GIS texnologiyasi Cifuentes formulalari bilan birlashtirilganda, sig'im baholashning nafaqat miqdoriy, balki fazoviy xususiyatlarini ham aniqlash mumkin bo'ladi - ya'ni, qaysi hududlar sig'im chegarasiga yaqin ekanligini xarita ko'rinishida ko'rsatish imkoniyati paydo bo'ladi.

3.9. Metodologiyalarning qiyosiy tahlili

Barcha oltita metodologik yondashuvning asosiy xususiyatlari quyidagi qiyosiy jadvalda jamlangan:

2-jadval.

Me'moriy merosda sig'im baholash metodologiyalarining qiyosiy tahlili

Mezon	Cifuentes (1992)	Shelby-Heberle in (1984)	LAC (1985)	Coccosis (2002)	HBIM+Sensor (2025)	GIS+ABM (2020)
Yondashuv turi	Miqdoriy	Sifat, miqdoriy	Jarayonga yo'naltirilgan	Kompleks indikator	Raqamli-texnologik	Fazoviy modellashtirish

Asosiy formula/vosita	PCC→RCC →ECC	C-CAP jarayoni	Indikatorlar, chegaralar	Indikatorlar to'plami	CO ₂ , HBIM	ABM, GIS
Jismoniy omillar	Ha	Qisman	Ha	Ha	Ha	Ha
Ekologik omillar	Ha (Cf orqali)	Yo'q	Ha	Ha	Ha (CO ₂ , harorat, namlik)	Qisman
Ijtimoiy omillar	Yo'q	Ha (asosiy)	Ha	Ha	Qisman	Ha (agent xulqi)
Iqtisodiy omillar	Yo'q	Yo'q	Qisman	Ha	Yo'q	Yo'q
Boshqaruv sig'imi	Ha (MC)	Yo'q	Ha (adaptiv)	Ha	Ha (real-time)	Qisman
Qo'llanilish sohasi	Universal (dastlab tabiiy)	Rekreasion hududlar	Himoyalangan hududlar	Shahar turizm manzillari	Yopiq me'moriy fazolar	Keng maydonli komplekslar
Dinamiklik	Statik	Statik	Yarim-dinamik	Yarim-dinamik	Dinamik (real-time)	Dinamik (simulyatsiya)
Raqamli texnologiyalar	Talab qilmaydi	Talab qilmaydi	Talab qilmaydi	Qisman	To'liq (HBIM, sensor, AI)	To'liq (GIS, ABM)
Natija formati	Aniq raqam (kishi/kun)	Jarayon va tavsiiylar	Chegaraviy qiymatlar	Indikator reytinglari	Dinamik cheklov (real-time)	Fazoviy xarita, prognoz
Kuchli tomoni	Oddiy, tushunarli, keng tatbiq	Ijtimoiy kontekstni chuqur o'rganish	Moslashuvchan, adaptiv	Ko'p o'lchovli, siyosat uchun mos	Aniq, obyektiv, avtomatik	Fazoviy tahlil, hotspot aniqlash
Zaif tomoni	Cf tanlashda sub'ektivlik	Aniq raqam bermaydi	Vaqt va resurs talab	Standartlash tirish qiyin	Yuqori narx, texnik murakkablik	Model kalibratsiyasi murakkab

3.10. Tuzatish koeffitsientlarining umumlashtirma tasnifi

Barcha metodologiyalarda ishlatilgan tuzatish va cheklovchi omillarni umumlashtirgan holda, ularni beshta asosiy guruhga tasniflash mumkin:

3-jadval. Sig'im baholashda inobatga olinadigan omillarning umumlashtirma tasnifi

Omillar guruhi	Tarkibiy elementlar	Qo'llaydigan modellar
I. Jismoniy-fazoviy	Mavjud maydon, piyoda yo'llari kengligi, kirish-chiqish nuqtalari soni, zal hajmi	Barcha modellar
II. Iqlimiy-ekologik	Yog'ingarchilik, quyosh nuri, eroziya, suv bosishi, shamol, o'simlik qoplami	Cifuentes, LAC, Coccossis, Via Appia

III. Ijtimoiy-psixologik	Gavjodlik hissi, qoniqish darajasi, mahalliy aholi munosabati, madaniy tajriba sifati	Shelby-Heberlein, LAC, Coccossis
IV. Boshqaruv-infratuzilma	Xodimlar soni, jihozlar, axborot tizimlari, favqulodda evakuatsiya, sanitariya	Cifuentes (MC), LAC, Coccossis, HBIM, Via Appia (IEI)
V. Muhit-texnologik	CO ₂ kontsentratsiyasi, harorat, namlik, shovqin darajasi, vibratsiya	HBIM+Sensor, GIS+ABM

Muhokama

4.1. Metodologiyalarning kuchli tomonlari va ularning me'moriy merosga tatbiqi

Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, Cifuentes (1992) tomonidan taklif etilgan uch bosqichli model me'moriy meros obyektlarida sig'imni baholash sohasida eng ko'p havola qilingan va eng keng qo'llaniladigan metodologiya bo'lib qolmoqda. Bu modelning bosh afzalligi uning oddiy va tushunarli matematik apparatida namoyon bo'ladi - PCC, RCC va ECC formulalari ketma-ket ravishda qo'llanilib, har bir bosqichda oldingi qiymatni aniqroq va realroq darajaga tushiradi [16, 34]. Shu bois turli mamlakatlardagi tadqiqotchilar - Turkiya [28], Marokash [32], Indoneziya [36, 37], Italiya [44] va boshqa davlatlarda - ushbu modelni turli kontekstlarga muvaffaqiyatli moslashtirib kelmoqdalar. Modelning yana bir muhim kuchli tomoni shundaki, u "sig'im - bu yagona raqam emas, balki bosqichma-bosqich aniqlashtiriluvchi ko'rsatkich" degan konseptual yondashuvni taqdim etadi, ya'ni jismoniy imkoniyatlar (PCC), muhit cheklavlari (RCC) va boshqaruv resurslari (ECC) alohida-alohida hisobga olinadi [45].

Shelby va Heberlein (1984, 1986) modelining eng muhim hissasi sig'im tushunchasiga ijtimoiy o'lchamni kiritganligidir [14, 15]. Me'moriy meros obyektlari uchun bu o'lcham ayniqsa muhim, chunki tarixiy bino yoki muzeyga tashrif buyurish nafaqat jismoniy jarayon, balki madaniy-estetik tajribadir. Tashrif buyuruvchining tarixiy muhitni his qilishi, diqqatini jamlashi va ma'naviy boyishi uchun ma'lum darajada shaxsiy fazo va sukunat zarur [19, 39]. Shuning uchun haddan tashqari gavjodlik nafaqat binoning jismoniy holatiga, balki tashrif tajribasining sifatiga ham bevosita salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shelby-Heberlein modeli aynan shu jihatni ilmiy asosda o'rganish imkonini beradi.

LAC modeli esa sig'im tushunchasini "raqam topish" paradigmasidan "sharoitlarni boshqarish" paradigmasiga o'tkazish orqali muhim nazariy hissa qo'shdi [41]. Madaniy meros obyektlari kontekstida bu yondashuv ayniqsa maqbul, chunki har bir tarixiy bino noyob bo'lib, uning sig'imi ko'plab o'zgaruvchan omillarga bog'liq - iqlim sharoitlari, ta'mirlash ishlari, mavsumiy turist oqimi, maxsus tadbirlar va hokazo. Shu sababli, sig'imni bir martalik qat'iy raqam sifatida aniqlashdan ko'ra, "qaysi sharoitlarda qanday o'zgarishlar qabul qilinadi?" savolini qo'yish va monitoring tizimini yo'lga qo'yish amaliy jihatdan samaraliroq bo'lishi mumkin [42, 49].

Coccossis va Mexa modelining afzalligi uning ko'p o'lchovlilikida namoyon bo'ladi - jismoniy-ekologik, ijtimoiy-demografik va siyosiy-iqtisodiy komponentlarni birlashtirgan yaxlit tizim taklif etiladi [17, 18]. Bu model ayniqsa shahar miqyosidagi madaniy meros manzillari uchun mos keladi, chunki bunday kontekstda sig'im masalasi faqat bitta bino yoki obyekt bilan cheklanmay, balki transport, turar-joy, sanitariya, iqtisodiy foyda va mahalliy aholi manfaatlarini kabi keng doiradagi omillarni qamrab oladi.

HBIM va sensor texnologiyalariga asoslangan yondashuv esa yopiq va cheklangan me'moriy fazolarda sig'imni baholashning eng aniq va obyektiv usulini taqdim etdi [8]. An'anaviy maydon-asosidagi hisob-kitoblarning yetarli emasligini empirik tarzda ko'rsatib, CO₂ kontsentratsiyasini sig'imning asosiy ko'rsatkichi sifatida taklif qilgani bu yondashuvning muhim ilmiy hissasidir. Yopiq tarixiy fazolarda - masalan, saroy zallari, cherkov ichki qismlari, yer osti xonalari - shamollatish tizimi ko'pincha zamonaviy standartlarga javob bermaydi, va haddan tashqari tashrif buyuruvchilar natijasida CO₂ darajasining tez ko'tarilishi ham meros materiallariga zarar yetkazadi, ham tashrif buyuruvchilar sog'lig'iga xavf tug'diradi [8]. Sensor texnologiyalari

va HBIM integratsiyasi esa sig'imni real vaqtda dinamik boshqarish imkoniyatini beradi - bu an'anaviy statik modellardan sifat jihatidan tubdan farqlanadi.

4.2. Metodologiyalarning zaif tomonlari va cheklovlari

Cifuentes modelining eng jiddiy kamchiligi tuzatish koeffitsientlari (Cf) tanlashidagi sub'ektivlikdir [45, 47]. Model qaysi omillarni hisobga olish va ularning qanday o'lchash kerakligini aniq belgilamaydi - bu qaror tadqiqotchining tajribasiga va obyektning xususiyatlariga qarab qabul qilinadi. Natijada, bir xil obyekt uchun turli tadqiqotchilar turli koeffitsientlar to'plamini tanlab, sezilarli darajada farqlanuvchi natijalar olishlari mumkin [47, 48]. Bundan tashqari, model dastlab himoyalangan tabiiy hududlar uchun ishlab chiqilgan bo'lib, uning me'moriy meros obyektlariga tatbiq etilishi har doim ham to'g'ridan-to'g'ri mumkin emas - tabiiy hududlardagi eroziya, yog'ingarchilik va o'simlik qoplami kabi omillar tarixiy binolarda o'z o'rini vibratsiya bardoshlilik, harorat-namlik rejimi va material eskirishi kabi o'ziga xos omillarga bo'shatishi kerak [8, 28]. Shuningdek, Cifuentes modeli statik xususiyatga ega - u ma'lum bir vaqt nuqtasidagi sig'imni hisoblaydi, lekin vaqt o'tishi bilan o'zgaruvchi sharoitlarni avtomatik hisobga olmaydi [42].

Shelby-Heberlein modelining asosiy cheklovi uning aniq raqamli natija bermasligidir. Model sig'imni baholash jarayonini tuzilmalashtiradi, ammo yakunida "maksimal tashrif buyuruvchilar soni = X kishi/kun" ko'rinishidagi formulaviy natijani taqdim etmaydi [14, 38]. Bu esa boshqaruvchilar uchun amaliy qiyinchilik tug'diradi, chunki ular ko'pincha aniq raqamli chegaralarga muhtojdirlar. Bundan tashqari, ijtimoiy sig'imni o'lchash uchun zarur bo'lgan so'rovnomalar, kuzatuvlar va fokus-guruhlar katta hajmdagi vaqt va moliyaviy resurslarni talab qiladi.

LAC modeliga nisbatan bildirilgan asosiy tanqid "maqbul o'zgarish" chegarasini aniqlash jarayonining o'zi sub'ektiv va siyosiy xarakterga ega ekanligidir [42, 49]. Turli manfaatdor tomonlar - turizm operatorlari, mahalliy aholi, meros mutaxassislari, davlat organlari - "maqbul" tushunchasini turlicha talqin qilishlari mumkin, va konsensusga erishish ko'pincha murakkab va vaqt talab qiladigan jarayonga aylanadi [41].

Raqamli texnologiyalarga (HBIM, sensor, GIS, ABM) asoslangan zamonaviy yondashuvlarning asosiy cheklovi ularning yuqori texnik murakkabligi va moliyaviy narxidadir [8, 50]. HBIM modelini yaratish, sensor tarmog'ini o'rnatish va ma'lumotlarni qayta ishlash tizimlari katta hajmdagi dastlabki investitsiya va malakali mutaxassislarni talab qiladi. Ko'plab rivojlanayotgan mamlakatlardagi me'moriy meros obyektlari uchun bu darajadagi texnologik infratuzilmani ta'minlash hozircha qiyin masala bo'lib qolmoqda. Bundan tashqari, sensor texnologiyalari tarixiy binolarga o'rnatilishi ularning tashqi ko'rinishi va yaxlitligiga ta'sir qilmasligi kerak - bu esa qo'shimcha loyihalash va muvofiqlashtirish ishlarini taqozo etadi.

4.3. Me'moriy merosga xos qo'shimcha omillar

Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, mavjud sig'im baholash metodologiyalarining aksariyati tabiiy hududlar yoki ochiq manzillar uchun ishlab chiqilgan bo'lib, yopiq me'moriy fazolarning o'ziga xos xususiyatlarini to'liq hisobga olmaydi. Me'moriy meros obyektlarida sig'imni baholashda quyidagi qo'shimcha omillar inobatga olinishi zarur:

Birinchidan, bino konstruksiyasining yuklamaga bardoshlilik me'moriy meros obyektlarining eng muhim parametrlaridan biridir. Tarixiy binolar ko'pincha zamonaviy qurilish standartlariga mos kelmaydigan konstruktiv yechimlarga ega - yog'och qavatlama, tosh arkalar, g'isht devorlar va hokazo. Haddan tashqari tashrif buyuruvchilar sonining og'ir piyoda yuklamasi va vibratsion ta'siri bu konstruktiv elementlarning yemirilishini tezlashtirishi mumkin [9, 21]. Shu sababli, sig'imni baholashda statik va dinamik yuklamalar hisobi ham amalga oshirilishi lozim.

Ikkinchidan, tarixiy materiallarning atrof-muhit sharoitlariga sezgirligi alohida e'tiborga loyiq. Freskalar, devor rasmlari, yog'och o'ymakorliklari, tarixiy mebel va to'qimachilik buyumlari harorat, namlik va CO₂ konsentratsiyasining o'zgarishlariga juda sezgir [8]. Tashrif buyuruvchilar sonining ortishi bevosita bu parametrlarning o'zgarishiga olib keladi - inson tanasidan chiqariluvchi issiqlik va nam yopiq fazolarda mikroiklimni sezilarli darajada o'zgartiradi.

Uchinchidan, me'moriy meros obyektlarining ko'pincha tor kirish-chiqish nuqtalariga egaligi favqulodda vaziyatlarda (yong'in, zilzila, terrorizm tahdidi) evakuatsiya qiyinchiliklarini keltirib chiqaradi [38]. Sig'imni baholashda xavfsizlik - ya'ni, favqulodda holatlarda barcha tashrif buyuruvchilarning xavfsiz evakuatsiyasi mumkin bo'lgan maksimal son - ham inobatga olinishi zarur.

To'rtinchidan, madaniy qiymatni saqlash bilan ommaviy foydalanish o'rtasidagi muvozanat masalasi me'moriy meros obyektlarini boshqa turizm manzillaridan tubdan ajratib turadi [19]. Sig'imni aniqlashda nafaqat jismoniy va ekologik chegaralar, balki obyektning madaniy-estetik qiymatini saqlash talabi ham hisobga olinishi kerak - masalan, ba'zi nozik devor rasmlarini ko'psonli tashrif buyuruvchilar nafas chiqarishi bilan hosil bo'ladigan CO₂ va namlik yemirib borishi mumkin.

4.4. Integratsiyalashgan yondashuv zarurligi

Tadqiqot natijalari asosida ta'kidlash joizki, hech bir yagona metodologiya me'moriy meros obyektlarida sig'imni baholashning barcha jihatlarini to'liq qamrab ololmaydi. Cifuentes modeli jismoniy va ekologik chegaralarni yaxshi aniqlaydi, ammo ijtimoiy va texnologik o'lchamlarni e'tiborsiz qoldiradi. Shelby-Heberlein modeli ijtimoiy sig'imni chuqur o'rganadi, ammo aniq miqdoriy natija bermaydi. HBIM-sensor yondashuvi obyektiv va dinamik ma'lumotlar beradi, ammo yuqori texnik va moliyaviy resurslarni talab qiladi.

Shu sababli, me'moriy meros obyektlari uchun eng samarali yondashuv - turli modellarning kuchli tomonlarini birlashtirgan integratsiyalashgan metodologiyani ishlab chiqishdir. Bunday integratsiyalashgan model quyidagi elementlarni o'z ichiga olishi maqsadga muvofiq: (a) Cifuentes modelining PCC-RCC-ECC bosqichli tuzilishini asosiy ramka sifatida; (b) me'moriy merosga xos tuzatish koeffitsientlarini - vibratsiya, namlik, CO₂, material eskirishi, evakuatsiya sig'imi; (c) Shelby Heberlein yondashuvidan ijtimoiy sig'im komponentini; (d) mavjud bo'lgan hollarda HBIM va sensor texnologiyalari orqali real vaqtda monitoring va dinamik moslashtirish imkoniyatini.

4.5. Kelgusi tadqiqotlar uchun yo'nalishlar

Olib borilgan tahlil asosida me'moriy merosda sig'im baholash sohasidagi kelgusi tadqiqotlar uchun bir qancha istiqbolli yo'nalishlarni belgilash mumkin.

Birinchidan, sun'iy intellekt (AI) va mashinali o'rganish (ML) texnologiyalarini sig'im modellariga integratsiya qilish eng dolzarb yo'nalishlardan biridir. So'nggi yillarda AI-ga asoslangan raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyasi tez sur'atlarda rivojlanmoqda - 2020-2025-yillar oralig'ida AI, mashinali o'rganish va kengaytirilgan haqiqat (XR) texnologiyalari bilan integratsiyalashgan raqamli egizak tizimlari madaniy merosni saqlash va boshqarish sohasida ham qo'llanila boshlandi [46, 50]. Raqamli egizak texnologiyasi me'moriy meros obyektining to'liq raqamli nusxasini yaratib, undagi barcha fizik jarayonlarni - tashrif buyuruvchilar harakati, mikroiklim o'zgarishlari, konstruktiv deformatsiyalar - real vaqtda simulyatsiya qilish va prognozlash imkonini beradi [50, 51]. Bu texnologiya sig'im baholashni reaktiv (muammoga javob berish) yondashuvdan proaktiv (muammoni oldindan bashorat qilish) yondashuvga o'tkazishi mumkin.

Ikkinchidan, iqlim o'zgarishining me'moriy meros sig'imiga ta'siri alohida tadqiqotni talab qiladi. Global isish natijasida ko'plab hududlarda harorat va namlik rejimlari o'zgarmoqda, ekstremal ob-havo hodisalari tezlashmoqda - bu esa me'moriy meros obyektlarining ekologik tuzatish koeffitsientlarini qayta ko'rib chiqish zarurligini anglatadi.

Uchinchidan, mintaqaviy tadqiqotlar olib borish zarurligi alohida ta'kidlanishi kerak. Tahlil natijalarimiz ko'rsatganidek, mavjud tadqiqotlarning aksariyati Yevropa, Lotin Amerika va Janubi-Sharqiy Osiyo kontekstida olib borilgan. O'rta Osiyo me'moriy merosi - Samarqand, Buxoro, Xiva kabi boy tarixiy shaharlar - uchun sig'im baholash bo'yicha ilmiy tadqiqotlar juda kam. Ushbu mintaqaning o'ziga xos iqlim sharoitlari (kontinental iqlim, keskin harorat farqlari, quruqlik), me'moriy an'analari (pishiq g'ishtdan qurilish, ganch o'ymakorligi, kulolchilik bezaklari) va turizm infratuzilmasining rivojlanish darajasi sig'im baholash modellarining maxsus moslashtirilishini talab qiladi.

Toʻrtinchidan, turli metodologiyalarning bitta obyektida parallel ravishda qoʻllanilishi va natijalarning qiyosiy tahlili boʻyicha empirik tadqiqotlar amalga oshirilishi maqsadga muvofiq. Bu kabi tadqiqotlar turli modellarning bir-biriga nisbatan aniqlik darajasini, amaliy qoʻllanilish qulayligini va natijalarning ishonchliligini baholash imkonini beradi.

Xulosa

Mazkur tadqiqotda meʼmoriy meros obyektlarida turizm sigʻimini baholash boʻyicha mavjud metodologiyalarning tizimli sharhi amalga oshirildi. 1964-2025-yillar oraligʻida nashr etilgan ilmiy manbalar tahlili natijasida oltita asosiy metodologik yondashuv aniqlandi va ularning formulalari, tuzatish koeffitsientlari hamda qoʻllanilish doiralari qiyosiy tahlil qilindi.

Tadqiqotning birinchi asosiy xulosasi shundan iboratki, Cifuentes tomonidan taklif etilgan PCC-RCC-ECC uch bosqichli modeli sigʻim baholash sohasida eng universali va eng keng tatbiq etilgan metodologiya boʻlib qolmoqda. Uning bosqichma-bosqich yondashuvi - avval nazariy maksimumni aniqlash (PCC), soʻng muhit cheklovlarini hisobga olish (RCC) va nihoyat boshqaruv imkoniyatlarini kiritish (ECC) - mantiqiy izchil va turli obyektlarga moslashtirilishi mumkin. Biroq, tuzatish koeffitsientlarini tanlashdagi subʼektivlik va modelning statik xususiyati uning asosiy cheklovlari hisoblanadi.

Ikkinchi xulosa sifatida taʼkidlash joizki, meʼmoriy meros obyektlari uchun anʼanaviy - dastlab tabiiy hududlar uchun ishlab chiqilgan - sigʻim modellarini toʻgʻridan-toʻgʻri qoʻllash yetarli emas. Tarixiy binolar oʻziga xos omillarni - konstruktiv yuklamaga bardoshlilik, materiallarning harorat va namlikka sezgirligi, yopiq fazolardagi CO₂ kontsentratsiyasi dinamikasi, tor kirish-chiqish nuqtalari va favqulodda evakuatsiya sigʻimi - talab qiladi. Bu omillar maxsus tuzatish koeffitsientlari sifatida mavjud modellarga kiritilishi zarur.

Uchinchi xulosa shuki, hech bir yagona metodologiya meʼmoriy merosda sigʻim baholashning barcha jihatlarini toʻliq qamrab olmaydi. Jismoniy-ekologik, ijtimoiy-psixologik, boshqaruv-infratuzilma va muhit-texnologik omillarni yaxlit hisobga olish uchun integratsiyalashgan yondashuv zarur. Bunday yondashuvda Cifuentes modelining miqdoriy ramkasi, Shelby-Heberlein yondashuvidan ijtimoiy sigʻim komponenti va HBIM-sensor texnologiyalaridan real vaqtda monitoring elementi birlashtirilishi maqsadga muvofiq.

Toʻrtinchi xulosa sifatida, raqamli texnologiyalar - HBIM, sensor tarmoqlari, GIS, agentlik modellari va sunʼiy intellektga asoslangan raqamli egizak (Digital Twin) tizimlari - sigʻim baholashni statik, bir martalik hisob-kitobdan dinamik, proaktiv boshqaruv vositasiga aylantirish salohiyatiga ega ekanligi aniqlandi. Bu texnologiyalar hali keng qoʻllanilmagan boʻlsa-da, ularning kelgusi rivojlanishi meʼmoriy merosni saqlash va barqaror turizmni taʼminlash sohasida inqilobiy oʻzgarishlarga olib kelishi mumkin.

Amaliy tavsiyalar sifatida quyidagilarni taʼkidlash lozim: (a) meʼmoriy meros obyektlari boshqaruvchilari sigʻimni baholash ishlarini muntazam ravishda olib borishlari va uni boshqaruv rejalarining ajralmas qismiga aylantirishlari zarur; (b) sigʻim baholashda faqat jismoniy parametrlar bilan cheklanmasdan, ijtimoiy sigʻim va madaniy tajriba sifatini ham inobatga olish lozim; (c) imkoniyat darajasida raqamli monitoring texnologiyalarini joriy etish - hatto oddiy CO₂ va harorat sensorlari ham sigʻimni boshqarish sifatini sezilarli darajada oshiradi; (d) Oʻrta Osiyo mintaqasidagi boy meʼmoriy meros obyektlari - Samarqand, Buxoro, Xiva va boshqalar - uchun maxsus mintaqaviy sigʻim baholash tadqiqotlarini boshlash zarurligi alohida eʼtiborga loyiq.

Foydalanilgan adabiyotlar roʻyxati

1. UN Tourism. Tourism and Culture Synergies. - Madrid: World Tourism Organization, 2018.
2. The Influence of World Heritage Sites on Tourism Dynamics in the EU 27 Nations // Sustainability. - 2024. - Vol. 16, No. 20. - Art. 9090.
3. Erdogan, N. Heritage site degradation from overtourism: physical impacts and management challenges // Journal of Heritage Tourism. - 2025.
4. Su, M. M. et al. Commodification of cultural practices and its social impacts in tourism destinations // Tourism Management. - 2018. - Vol. 65. - P. 35-48.

5. UN Tourism, Centre of Expertise Leisure, Tourism & Hospitality, Breda University. Overtourism? Understanding and Managing Urban Tourism Growth beyond Perceptions. - Madrid: UN Tourism, 2018.
6. Ethical Traveler. Overtourism at UNESCO World Heritage Sites [Elektron resurs]. - 2017.
7. World Monument Fund (WMF). Heritage at Risk: Threats to UNESCO Sites by Region [Elektron resurs]. - 2024.
8. Digital Technologies for Sustainable Management of Visitor Carrying Capacity in Heritage Enclosed/Confined Spaces // Sustainability. - 2025. - Vol. 17, No. 23. - Art. 10534. - DOI: 10.3390/su172310534.
9. Agnew, N. Visitor Management and Carrying Capacity at World Heritage Sites in China / N. Agnew, M. Demas. - Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2013.
10. Odum, E. P. Fundamentals of Ecology / E. P. Odum. - Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1953.
11. Wagar, J. A. The Carrying Capacity of Wild Lands for Recreation / J. A. Wagar. - Washington, D.C.: Society of American Foresters, 1964. - Forest Science Monograph, No. 7.
12. World Tourism Organization (UN TOURISM). Tourism Carrying Capacity: Report. - Madrid: UN Tourism, 1979.
13. O'Reilly, A. M. Tourism carrying capacity: Concept and issues / A. M. O'Reilly // Tourism Management. - 1986. - Vol. 7, No. 4. - P. 254-258.
14. Shelby, B. A conceptual framework for carrying capacity determination / B. Shelby, T. A. Heberlein // Leisure Sciences. - 1984. - Vol. 6, No. 4. - P. 433-451.
15. Shelby, B. Carrying Capacity in Recreation Settings / B. Shelby, T. A. Heberlein. - Corvallis: Oregon State University Press, 1986. - 164 p.
16. Cifuentes, M. Determination of Tourist Carrying Capacity in Protected Areas / M. Cifuentes. - Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1992. - 28 p.
17. Coccossis, H. Defining, Measuring and Evaluating Carrying Capacity in European Tourism Destinations / H. Coccossis, A. Mexa [et al.]. - Athens, 2002. - Report B4-3040/2000/294577/MAR/D2.
18. Coccossis, H. The Challenge of Tourism Carrying Capacity Assessment: Theory and Practice / H. Coccossis, A. Mexa. - London: Routledge, 2004.
19. Carrying capacity at sensitive cultural heritage sites: Report / European Expert Network on Culture (EENC). - Brussels: European Commission, 2019.
20. Bai, N. Towards a finer heritage management: Evaluating the tourism carrying capacity using an agent-based model / N. Bai, P. Nourian, A. Xie, A. P. Roders // Proceedings of the 25th CAADRIA Conference. - 2020. - P. 305-314.
21. Pásková, M. Tourism carrying capacity reconceptualization: Modelling and management of destinations / M. Pásková, G. Wall, D. Zejda, J. Zelenka // Journal of Destination Marketing & Management. - 2021. - Vol. 21. - Art. 100638.
22. McCool, S. F. Rethinking Carrying Capacity / S. F. McCool, D. W. Lime // Annals of Tourism Research. - 2001. - Vol. 28, No. 2. - P. 461-482.
23. [Tranfield, D. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review / D. Tranfield, D. Denyer, P. Smart // British Journal of Management. - 2003. - Vol. 14, No. 3. - P. 207-222.
24. Moher, D. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement / D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman // PLoS Medicine. - 2009. - Vol. 6, No. 7. - Art. e1000100.
25. Voda, M. Systematic Literature Review on Methods of Assessing Carrying Capacity in Recreation and Tourism Destinations / M. Voda, F. Torpan, M. Moldovan [et al.] // Sustainability. - 2023. - Vol. 15, No. 4. - Art. 3474. - DOI: 10.3390/su15043474.
26. Sánchez-Cañizares, S. M. Heritage Management and Sustainable Tourism: A Systematic Literature Review / S. M. Sánchez-Cañizares [et al.] // Encyclopedia. — 2026. — Vol. 6, No. 4. — Art. 78.

27. Aminian, N. Tourism Carrying Capacity Assessment for Historical Sites - Isfahan Emam Mosque / N. Aminian, S. Khodayar // Travel and Tourism Research Association: Advancing Tourism Research Globally. - 2016. - No. 12.
28. Carrying Capacity Assessments for Sustainable Tourism in a Heritage Site: Mount Harşena and the Rock-Tombs of the Pontic Kings, Amasya, Türkiye // ResearchGate. - 2025.
29. Almeida, D. S. A Carrying Capacity Calculator for Pedestrians Using OpenStreetMap Data: Application to Urban Tourism and Public Spaces / D. S. Almeida, R. Simões, F. Brito e Abreu [et al.] // arXiv preprint. - 2024. - arXiv:2406.16781.
30. Agnew, N. Visitor Management and Carrying Capacity at World Heritage Sites in China / N. Agnew, M. Demas. - Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2013.
31. Jangra, R. Estimating carrying capacity in a high mountainous tourist area: A destination conservation strategy / R. Jangra, S. P. Kaushik // Global Geographical Heritage, Geoparks and Geotourism. - 2021. - P. 427-447.
32. Investigating Cultural Dimensions in Sustainable Tourism: Carrying Capacity Assessment and GIS-based Management Strategies for Historic Buildings // Materials Research Forum. - 2024.
33. Ríos-Jara, E. Best Practices for Determining Tourism Carrying Capacity / E. Ríos-Jara [et al.] // VLIZ Special Publication. - 2013.
34. Cifuentes-Arias, M. Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica / M. Cifuentes-Arias, C. A. B. Mesquita, J. Méndez [et al.]. - Turrialba, CR: WWF, 1999.
35. Zallesa, S. Assessing the carrying capacity of mangrove ecosystems for sustainable ecotourism development in Pangandaran, Indonesia / S. Zallesa, Y. N. Ihsan [et al.] // International Journal of Agriculture and Biosciences. - 2026. - Vol. 15, No. 1. - P. 69-76.
36. Sari, Y. Analysis of Tourism Environment Carrying Capacity in Goa Kiskendo Forest Tourism BKPH Boja KPH Kendal / Y. Sari [et al.] // E3S Web of Conferences. - 2018. - Vol. 73. - Art. 04015.
37. Zallesa, S. Assessing the carrying capacity of mangrove ecosystems... // International Journal of Agriculture and Biosciences. - 2026. - Vol. 15, No. 1. - P. 69-76.
38. McCool, S. F. Rethinking Carrying Capacity / S. F. McCool, D. W. Lime // Annals of Tourism Research. - 2001. - Vol. 28, No. 2. - P. 461-482.
39. Gonzalez, V. M. Overtourism: Residents' perceptions of tourism impact as an indicator of resident social carrying capacity / V. M. Gonzalez, L. Coromina, N. Gali // Tourism Review. - 2018. - Vol. 73. - P. 277-296.
40. Jovičić, D. The assessment of carrying capacity: A crucial tool for managing tourism effects in tourist destinations / D. Jovičić, A. Dragin // Turizam. - 2008. - No. 12. - P. 4-11.
41. Stankey, G. H. The Limits of Acceptable Change (LAC) System for Wilderness Planning / G. H. Stankey, D. N. Cole, R. C. Lucas [et al.]. - USDA Forest Service, General Technical Report INT-176, 1985.
42. Pásková, M. Tourism carrying capacity reconceptualization: Modelling and management of destinations / M. Pásková, G. Wall, D. Zejda, J. Zelenka // Journal of Destination Marketing & Management. - 2021. - Vol. 21. - Art. 100638.
43. Castellani, V. Carrying capacity of tourism system: Assessment of environmental and management constraints towards sustainability / V. Castellani, S. Sala // InTech Open. - 2012.
44. A Model for Estimating the Tourism Carrying Capacity (TCC) of a Serial Cultural Heritage: The Case of the Via Appia. Regina Viarum // Sustainability. - 2025. - Vol. 17, No. 18. - Art. 8213. - DOI: 10.3390/su17188213.
45. Voda, M. Systematic Literature Review on Methods of Assessing Carrying Capacity in Recreation and Tourism Destinations / M. Voda, F. Torpan, M. Moldovan [et al.] // Sustainability. - 2023. - Vol. 15, No. 4. - Art. 3474.
46. Digital Twins for Cultural Heritage: A Systematic Analysis of the State of the Art // ACM Computing Surveys. - 2026. - DOI: 10.1145/3793541.

47. Carrying capacity in human-environment interactions: a systematic review // Integrated Environmental Assessment and Management. - 2025. - Vol. 21, No. 3. - P. 526 ff.
48. McCool, S. F. Rethinking Carrying Capacity / S. F. McCool, D. W. Lime // Annals of Tourism Research. - 2001. - Vol. 28, No. 2. - P. 461-482.
49. Responsible Tourism Partnership. Limits of Acceptable Change [Elektron resurs]. - URL: <https://responsibletourismpartnership.org/limits-of-acceptable-change/>
50. Digital Twins for Cultural Heritage: A Systematic Analysis... // ACM Computing Surveys. - 2026.
51. AI-Enabled Digital Twins in the Built Environment: A Bibliometric Review // Buildings. - 2026. - Vol. 16, No. 4. - Art. 809.