УДК 78.03+782.1/781.43
DOI https://doi.org/10.31723/2524-0447-2025-46-13

***Лінь Фенцзя***
*ORCID: 0009-0001-7886-9238*
*здобувач кафедри історії музики та музичної етнографії*
*Одеської національної музичної академії імені А. В. Нежданової*
*a763615590@gmail.com*

# ОПЕРНА ТЕМБРОЛОГІЯ ЯК ГАЛУЗЬ МУЗИЧНОЇ СЕМІОЛОГІЇ: АКТУАЛЬНІ ДЕФІНІЦІЇ

***Мета статті*** *– визначити дискурсивну основу теорії музичного тембру, розвинути семіологічні критерії виокремлення сфери оперної тембрології та явища оперного вокального тембру.* ***Методологія*** *статті вибудовується як розвиток семіологічного методу у сфері оперознавства, у бік виокремлення тембрологічного підходу.* ***Наукова новизна*** *статті полягає у визначенні зв'язків між тембротектонічною стороною організації форми та її іншими аспектами (ритмічна форма, тематичні та тональні площини), між тембром і гармонією та між тембром і тематизмом. Оновлено підхід до оперної драматургії, який передбачає вивчення сюжетно-драматургічних відносин в їх узгодженні з конструктивно-композиційними конекціями (з розподілом семантичних функцій за багатопараметровими образними зв'язками та тембровими модальностями) та композиційно-колористичними регламентаціями, заснованими на проявах масивності звучання (традиційні лінійні, «колористичні» сонорні, фоново-сонористичні тощо).* ***Висновки.*** *Взаємозв'язок між тембром і формою безсумнівно проявляється у всіх музичних жанрах. Значення загальної тембротектонічної системи музичного формотворення визначається зв'язком тембрової організації з іншими системними мовними засобами (фактурно-гармонічними, мелодично-контрапунктичними, темпо-ритмічними). Внаслідок дії спеціальних формуючих функцій тембру утворюються особливі тембрально організовані жанрові форми. Вони проявляються у різних композиційно-текстових умовах – у бароковому концерті гросо (стара концертна форма), у романтичній техніці лейттематизму, у темброваріаційних формах XX століття, у сонористиці та інструментальному театрі, у джазовому аранжуванні та імпровізації тощо. Такою тембротектонічною за основними композиційно-тематичними умовами жанровою формою постає опера, що розвиває власні принципи музичної, зокрема вокальної, тембрології.*

***Ключові слова:*** *музичний тембр, вокальний тембр, оперна тембрологія, тембротектонічна система, темброва архітектоніка, тембрально організовані жанрові форми, темброва артикуляція, музичне мовлення, семантичні функції.*

© Фенцзя Лінь, 2025

***Lin Fengjia,*** *Applicant at the Department of Music History and Musical Ethnography of the Odesa National A. V. Nezhdanova Academy of Music*

***Opera thembrology as a branch of musical semiology: current definitions***

***The aim*** *of the article is to determine the discursive basis of the theory of musical timbre, to develop semiological criteria for distinguishing the sphere of opera tembrology and the phenomenon of opera vocal timbre.* ***The methodology*** *of the article is built as a development of the semiological method in the field of opera studies, towards distinguishing the tembrological approach.* ***The scientific novelty*** *of the article lies in determining the connections between the tembrotectonic side of the organization of form and its other aspects (rhythmic form, thematic and tonal planes), between timbre and harmony and between timbre and thematism. The approach to opera dramaturgy has been updated, which involves the study of plot-drama relations in their coordination with constructive-compositional connections (with the distribution of semantic functions according to multi-parameter figurative connections and timbre modalities) and compositional-coloristic regulations based on manifestations of massiveness of sound (traditional linear, "coloristic" sonorous, background-sonoristic, etc.).* ***Conclusions.*** *The relationship between timbre and form is undoubtedly manifested in all musical genres. The value of the general timbre tectonic system of musical form formation is determined by the connection of timbre organization with other systemic language means (textural-harmonic, melodic-contrapuntal, tempo-rhythmic). As a result of the action of special forming functions of timbre, special timbre-organized genre forms are formed. They are manifested in various compositional and textual conditions − in the Baroque concerto grosso (old concert form), in the romantic technique of leitthematism, in the 20th century timbre-variation forms, in sonoristics and instrumental theater, in jazz arrangement and improvisation, etc. Opera is such a timbre-tectonic genre form according to the main compositional and thematic conditions, which develops its own principles of musical, in particular vocal, timbreology.*

***Key words:*** *musical timbre, vocal timbre, operatic timbreology, timbre-tectonic system, timbre architectonics, timbre-organized genre forms, timbre articulation, musical speech, semantic functions.*

**Актуальність теми** та проблемних аспектів даної статті обумовлюється необхідністю створення теорії музичного тембру, з врахуванням специфіки музичної знакової системи та відмінностей жанрових форм музичної творчості. До сьогодні у музикознавстві відсутній єдиний системний підхід до явища музичного тембру, залишаються нерозробленими поняття тембротектоніки (взаємозалежності тембрової природи звуку та формотворення), темброартикуляції (створення тембрових характеристик підчас звуковидобування), тембрології (значення тембрових якостей звучання у логіці музичного твору, у виникненні музичного смислу) [1].

У загальному дисциплінарному полі явище тембру найчастіше розглядають в сфері акустики, у зв'язку з природою звуку; але навіть *музична* акустика не в змозі відповісти на питання про знакові функції звуку як такого. Більшою мірою семантичний підхід розвинений у філології, зокрема у лінгвістиці, котра обирає предметом вивчення походження та комунікативне призначення усного мовлення, також намагається виявити вплив музичних чинників на словесність, на літературні форми тощо [2; 3].

Музикознавча теорія тембру ще не має чітких методичних координат, але зрозуміло, що вона повинна спиратися на дослідження тембрових умов та властивостей, також специфічних художніх якостей музичного тембру у контексті певних жанрових та композиційних структур, у зв'язку з логікою музичного тексту – що відображує логіку музичного мислення.

**Мета статті** – визначити дискурсивну основу теорії музичного тембру, розвинути семіологічні критерії виокремлення сфери оперної тембрології та явища оперного вокального тембру.

**Виклад основного матеріалу.** Оперний твір базується на сукупності різноманітних вокальних та інструментально-оркестрових тембрів, кожен з яких має визначену композиційно-драматургічну функцію, відповідну до цілісного образного задуму оперного тексту, тобто таку, що межує з семантичною функцією, включається до загальної логіки твору. Особливим семантичним навантаженням відзначені вокальні тембри, зумовлені актантним розподілом вокальних партій та персоніфікованим характером провідного музичного тематизму. Семіологічні показники оперного тексту значною мірою залежать від тембрових якостей музичного матеріалу, особливо від взаємодії тембрів, їх індивідуального рольового розподілу, також єднання у групових тембрових сполученнях за принципом подібності або контрасту тощо. Але до сих пір досить важко впевнено відповісти на запитання, що таке тембр музичного звучання, які його якості є іманентним, незалежними від конкретних композиційних умов, а які народжуються у процесі виконавського здійснення музичного твору, зумовлюються образно-смисловим задумом та отримують комплементарні виразові функції.

З сумісного філологічного та музикознавчого дослідницького досвіду можна дізнатись, що роль тембру у передачі семантичних відтінків настільки велика, що в низці випадків цей термін використовують замість широко прийнятого терміну «інтонація», і він насправді постає термінологічним двійником поняття інтонування, адже будь яке осмислене висловлення має темброве забарвлення; звук мовлення завжди має темброве призначення, яке виступає його сутнісною характеристикою [3]. Звідси виникає потреба розрізнювати два опорні підходи до тембру: в суто фонологічному значенні, як до характерного забарвлення, що надається звуку його гармонічними обертонами та резонаторними тонами, накладеними на основний тон; в розширеному мовознавчому розумінні, як до специфічного комплементарного означення мовленнєвого матеріалу, що надає йому конкретизованої емоційної експресії, власне емотивності. Основний наголос при підсилення семіологічного підходу, котрий поєднує обидві оцінні іпостасі тембру, виникає тому, що саме тембр (голосу, інструменту, джерела звуку) значною мірою передбачає взаємодію інших параметрів інтонації – висловлення у передачі смислових значень, що особливо підсилене й важливе у музичному звучанні [6].

У сфері філології дослідники зазначають, що тембр не слід плутати з поняттям тембру голосу; варто визначати його як певний комплекс семантичних самодостатніх властивостей, які надають мовленню певних ціннісно-смислових рис. У музикознавчому контексті, зокрема в оперному, голос постає носієм мистецького начала, тобто провідником художнього смислу, тому відразу репрезентує певну темброву семантику, котра викликає широкий спектр асоціацій, як музичних, так і відвернено характерологічних.

На відміну від літературної сфери (сфери художньої словесності), у якій домінують письмові форми, а усні тексті існують в опозиції до них та як, скоріше, додатковий план осмислення, в музичній творчості основний художній зміст, головні комунікативні завдання здійснюються суто усним шляхом, а музична писемність відіграє допоміжну, хоча й принципово важливу у професійному сенсі роль.

Для музикознавчої теорії тембру також є суттєвим вивчення взаємодії письмово-візуальних і мовленнєво-слухових елементів у структурі текстів. Але вона зосереджена на вивченні експресивної природи мовлення, що не виражена (або слабко виражена) письмово, проявляється у виконавсько-інтерпретативному процесі, розкриває множинність семантичних функцій тембру в умовах музичної композиції [1; 5].

Сучасна тембрологія, як одна з сучасних дисциплін, присвячених вивченню функціонального аспекту звукової мови, вивчення якої зосереджується на стилістичних і суб'єктно-логічних характеристиках текстів і їх звукових (або слухових) корелятах, рівною мірою цікавиться письмовими та усними текстами. Вона має зв'язки з дослідженнями, котрі допомагають краще зрозуміти суть поняття «слухового образу», одного з ключових у тембрологічних дослідженнях, і, перш за все, з психологією мовленнєвої активності. психофізіологією, психоакустикою, психолінгвістикою, звісно із функціональними та когнітивними дослідженнями, а також з семіотикою.

У світовій лінгвістичній науці мовознавчі дослідження зазвичай не виділяються як окрема дисципліна, а вивчення мовлення в лінгвістиці часто є підпорядкованим і допоміжним, найчастіше спрямованим на опис онтології власне лінгвістичних одиниць, їх функціонального значення, коли експресія і динаміка мовлення розглядаються як явища, що супроводжують реалізацію можливостей, притаманних мовній одиниці. Але залишаються відкритим питання, які явища становлять основу виразності в мові, а також – як рухливе і нестабільне, чим, власне, і є тембр, стає важливою частиною мовлення і вступає до нього як необхідний і навіть ключовий компонент. З таким підходом цілком природно звертатися до інтегральних синтетичних мовленнєвих формацій, які завдяки цілісності своїх складових одиниць і асоціацій з певними значеннями, смисловими позиціями, постають стилями мовлення або когнітивними стилями. Найбільшої сталості подібні стильові феномени набувають у мистецькій галузі, зокрема можна казати про *оперний стиль мовлення та емпатичного мислення* [3].

Будь-яку усну форму мовлення слід розуміти не формально однобічно, як суму мовно-моторних і акустичних явищ, а, перш за все, як певне слухове уявлення, що в процесі мовного аналізу переноситься з вертикальної площини синтезованого слухового образу, що існує у *внутрішній мові*, у горизонтальну площину – розширений мовленнєвий комплекс, у якому матеріалізуються слухові уявлення. У процесі філологічної розробки теорії тембру дослідники стикаються з питанням, чи належать явища, що досліджуються, до сфери мови. Довгий час вважалося, що серед усіх різноманітних комплементарних явищ лише інтонація (мелодія) може «претендувати» на певне місце в системі власне мовних категорій. Усі інші явища належали до сфери парамови, що свідчить про відсутність усталеної відповідності між мовною формою та смисловим змістом.

Тембрологія передбачає залучення понять внутрішньої мови та мовного мислення, що вказують на закони прихованого узагальнення, підсвідомого піднесення до загального, й це передвизначає основний метод психосеміотичного (семіологічного) аналізу, що полягає у розкладі складних психологічних смислових цілих на елементи. Суттєвим результатом такого аналізу є доведення факту, що саме внутрішня мова, внаслідок тривалого процесу сходження комплексу мовно-моторних рухів у зв'язку з певними значеннями до недиференційованого слухового образу, є механізмом, який допомагає відчути, прийняти, відокремити важливе від неважливого в русі думки, відіграє роль чинника, що сприяє переходу від думки до звучного мовлення.

Одним із найочевидніших прикладів порушення цього найважливішого принципу є відокремлення звуку від значення; звук, відірваний від думки, втрачає усі *специфічні властивості, які самі по собі робили його звучанням людської мовної свідомості*. Так само значення, відірване від звукової сторони слова, перетворюється на чисте уявлення, що живе незалежно від свого матеріального носія. Стосовно музичного мовлення, цей розрив між звуком і смисловим змістом є неможливим з усіх точок зору, бо музичний звук є єдиним інструментом породження музичних значень,

музично-образної системи, невід'ємним знаком якої є тембровість, а необхідним компонентом – конститутивні функції тембру.

Деякі аспекти сучасної акустики та фонетики зазвичай враховують цей важливий момент, коли у центрі уваги постають питання розпізнаваності та значущості звуків людської мови, які, власне, можна звести до двох основних: як інформація, що міститься в мовному повідомленні, передається *мовними звуками*, з одного боку; що утворює *семантичне ядро* потоку звуків, сприйнятих учасником мовленнєвої комунікації, з іншого. Мовний звук розглядається з чотирьох сторін: як функціонально-лінгвістичний, артикуляційний, акустичний і перцептивний. У контексті тембрології останні три аспекти підпорядковані першому, функціональному, який сьогодні набуває дедалі більшого значення. Даний досвід філології варто залучити до вивчення музично-мовного звуку, адже його семантичне ядро утворюється саме тембрової артикуляцією, а композиція музичного твору може визначатися як темброва архітектоніка [2; 3; 6].

Щодо музичної тембрології, яка базується на специфічному розумінні мовно-мовленнєвої діяльності, провідними виявляються два завдання, без розв'язання яких неможливо дати відповідь на головне питання – чим є музичний тембр у його семантичному призначенні та головній семіологічнй функції: це завдання визначення смисло- та мовоутворюючого призначення конкретних музичних творів; і це завдання виявлення композиційних та семантичних (образних) функцій окремих музично-мовленнєвих актів, тобто характеристика *набору* елементів, *відповідального* за виконання основної функції певного способу мовлення.

Мовленнєві акти, у цілому, передбачають конститутивну, експресивну, об'єднуючу та семіотичну функції. Конститутивна функція є однією з найважливіших, оскільки людська мова в її усній формі складається зі звуків, які потім відображаються у письмі та стають основою мовлення й мовленнєвої комунікації. Експресивна функція передбачає здатність мовних звуків передавати певний емоційно-експресивний ціннісний зміст, коли структурні елементи, що виконують цю функцію, відповідають за виразність мовлення на метасеміотичному естетико-психологічному рівні.

Об'єднуюча або холістична функція перетворює мовлення на цілісний творчий акт. Так само, як у музиці низка обертонів звучить навколо основного тону з різною інтенсивністю, так і в усній мові завжди існує один або кілька звукових параметрів, які слугують основою для взаємодії з іншими, менш яскравими та інтенсивними, звуковими параметрами. Семіотична функція пов'язана з вибором певного мовного знаку, який об'єднує решту звуків певного акту мовлення в єдиний комплекс. Крім того, ці комплекси самі по собі функціонують як певні знаки, що мають певні семантичні культурні конотації, тобто пов'язані з конкретними способами створення концептуальної картини світу (наприклад, в західноєвропейській культурі низький густий бас може бути пов'язаним з трагічним сприйняттям навколишнього світу, а низький рівень звукового діапазону, повільний темп звучання – з урочистістю церковної служби тощо), також як жанри і стилі мовлення, відомі певній мовній культурі. Усі дані функціональні особливості притаманні музичному тембру, можуть бути врахованими при формуванні оперної тембрології.

Семіотична функція мовленнєвої дії, включаючи її темброві складові, також має певний з'єднуючий ефект, передбачає рефлексію в свідомості різних відносин, якостей і процесів реальності, встановлення тих культурно-історичних та предметно-лінгвістичних зв'язків, які забезпечують даний мовний комплекс.

Однак мета музичної тембрології полягає не лише в тому, щоб пояснити, як окремі одиниці музичного (комплексного інтегрованого) мовлення проходять шлях до мовної системи, а й в тому, щоб досягти розуміння тексту, який, окрім власне музично-лінгвістичних елементів, передбачає низку компонентів, які ніколи не були і ніколи не будуть частиною мови, але відсилають до необхідної для осмисленого мовлення системи понять.

Слухові явища різного походження та їх художнє втілення у музичних текстах впливають на формування знакових функцій тембру. Проявом знаково-індексального, тобто найбільш буквально-емблематичного, значення тембру є ті усталені звукові аналогії, що породжують темброві стереотипи, сформувалися в музиці історично-еволюційним шляхом, як сигнальні

звуки труби (за певних теситуро-динамічних умов), пасторальні звучання гобою, мисливські валторнові ходи тощо. Знакові характеристика інструментального тембру породжують в музичних текстах непрямі посилання на його звучання – через реконструкцію типової інтонації та ритмічної формули. Музичний тембр здатен не лише пробуджувати ідеї про реальність явищ навколишнього світу, а також бути «провідником» для колективної слухової пам'яті. Такою здатністю володіє і *вокальний тембр*, який відрізняє унікальна обертонова природа людського голосу, що відображає ментальну та фізичну індивідуальність конкретної особистості, є її характерологічним знаком. Водночас, володіючи іманентними здатностями типізувати схожі звукові об'єкти, тембр синтезує основні риси та характеристики природних явищ та особистісних проявів, коли людина корелює власні висловлення зі звуками того чи іншого акустичного спектру.

Володіючи менш вираженими об'єктними властивостями, вокальний тембр не так явно залучений до пробудження ідей і думок про явища навколишнього світу, але він надає поглибленого знання про внутрішній світ людини, про притаманні лише їй способи переживання та усвідомлення, дозволяє створювати широку панораму людських емоцій та інтенцій, також встановлює відповідність між голосом і природно-біологічним типом особистості, дозволяє створювати колективні типологічні людські характеристики [4]. Найяскравіше семіологічні функції вокального тембру проявляються у виконавсько-інтерпретативному процесу, у якому відбуваються зміни гармонічного спектра звучання, що безпосередньо пов'язані з фізіологічними проявами ментальних рухів, є вираженням емоційного ставлення до музичного матеріалу, коли темброві модуляції стають індексальними ознаками емоцій. Отже, інструментальний або вокальний тембр в музиці, зокрема в оперній творчості, це не лише комплементарне естетичне явище, що підсилює художню виразність музичного звучання. Вокальний тембр утворює власний акустичний код, який зрозумілий реципієнту та обумовлює успіх музичної комунікації.

Вокальний тембровий компонент є частиною багаторівневого «повідомлення», переданого сукупністю всіх музично-виразових засобів, входить до системи загальної композиційної логіки тексту. Вивчаючи взаємозв'язок між тембром і формою, зазначимо, що універсальність тембротектонічних принципів не суперечить індивідуальності їх проявів. У кожному оперному творі проявляється унікальність стилю автора, творче втілення ідеї у певній формі разом із її тембровими компонентами, вокальним та інструментальним.

Стиль окремого композитора характеризується лише йому притаманними рисами формування та інструментування, так само як кожна національна традиція вирізняється оригінальністю тембротектонічного мислення. Кожна історична епоха підкреслює різні аспекти «тембротектонічної організації» музично-текстової (у тому числі, синтетичної) цілісності. Так, у бароковій музиці, зокрема у творчості Й.С. Баха, функціональна сторона тембрової форми виражається у взаємозв'язку різних частин форми, тоді як процесуально-динамічна сторона проявляється дуже стримано. Навпаки, у музиці початку XIX століття (у творчості Бетховена, а також Вебера, Шуберта, інших) саме процесуально-динамічний розвиток тембрів у формі був чинником як еволюції форм, так і оновлення великої вокально-симфонічної композиції. В епоху пізнього романтизму відбувається активний пошук нових тембротектонічних засобів, що веде до справжньої революції тембру та форми в авангардну добу.

Але, з історично обумовленими відмінностями, стилістичними межами, встановленими епохою, національною традицією, творчістю композитора, де б не існували музичні форми та інструменти, увага до об'єднуючої тембротектонічної системи є необхідним чинником узгодженості всіх музично-виразових засобів, спрямованих на досягнення органічності музичної мовленнєвої системи, а отже й досконалості здійснення її експресивно-семантичних, конструктивних та комунікативних функцій.

Універсальність принципів тембрології, перш за все, базується на системній фундаментальності тембрової форми, тобто на її присутності у всіх формах, жанрах і тембрових умовах.

Репрезентуючи музичну форму в єдності її трьох сторін (структури, функціональності, процесу), які складають архітектоніку (темпоральну систему), можна вказувати на низку особливих тембротектонічних регулярностей, що є специфічними саме для музичного мовлення та мислення.

**Наукова новизна** статті полягає у визначенні зв'язків між тембротектонічною стороною організації форми та її іншими аспектами (ритмічна форма, тематичні та тональні площини), між тембром і гармонією та між тембром і тематизмом. Оновлено підхід до оперної драматургії, який передбачає вивчення сюжетно-драматургічних відносин в їх узгодженні з конструктивно-композиційними конекціями (з розподілом семантичних функцій за багатопараметровими образними зв'язками та тембровими модальностями) та композиційно-колористичними регламентаціями, заснованими на проявах масивності звучання (традиційні лінійні, «колористичні» сонорні, фоново-сонористичні тощо).

**Висновки.** Взаємозв'язок між тембром і формою безсумнівно проявляється у всіх музичних жанрах. Значення загальної тембротектонічної системи музичного формотворення визначається зв'язком тембрової організації з іншими системними мовними засобами (фактурно-гармонічними, мелодично-контрапунктичними, темпо-ритмічними). Внаслідок дії спеціальних формуючих функцій тембру утворюються особливі тембрально організовані жанрові форми. Вони проявляються у різних композиційно-текстових умовах – у бароковому концерті гросо (стара концертна форма), у романтичній техніці лейттематизму, у тембро-варіаційних формах XX століття, у сонористиці та інструментальному театрі, у джазовому аранжуванні та імпровізації тощо. Такою тембротектонічною за основними композиційно-тематичними умовами жанровою формою постає опера, що розвиває власні принципи музичної, зокрема вокальної, тембрології.

### *СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ*

1. Решетник Д. Тембр в музиці: проблеми визначення поняття. *«Молодий вчений»*. № 11 (87). Листопад. 2020. С. 76-78.
2. Apel W. Harvard dictionary of music. 2nd ed., rev. and enl. Cambridge, Mass.: Belknap press of Harvard univ. press, 1969. 935 p.
3. Chan, S.W.-C. Linguistic experience in the perception of pitch. Ph.D. Dissertation, Stanford Univ. Ann Arbor. Michigan: University Microfilms International, 1980. 187 p.
4. Fang MingJie, Samsonova T. Georg Fridrich Handel's music: From the Baroque Era to the Present. *Athens Institute for Education and Research*. 2020. P. 1. URL: https://www.atiner.gr/presentations/HUM2020-0172.pdf (date of application: 12.01.2020).
5. Gebhard H. Praktische Anleitung fur die Auffьhrung der Vokalmusik des 16. bis 18 Jahrhunderts. Frankfurt; Leipzig; London; New York: Peters, 1998. 74 s.
6. Lieberman P. Intonation, Perception and Language. Cambridge: MIT Press, 1967. 254 p.

### *REFERENCES*

1. Reshetnyk, D. (2020). Timbre in music: problems of defining the concept. "Young Scientist". No. 11 (87). November. Pp. 76–78 [in Ukrainian].
2. Apel, W. (1969). Harvard dictionary of music. 2nd ed., rev. and enl. Cambridge, Mass.: Belknap press of Harvard univ. press [in English].
3. Chan, S.W.-C. (1980). Linguistic experience in the perception of pitch. Ph.D. Dissertation, Stanford Univ. Ann Arbor. Michigan: University Microfilms International [in English].
4. Fang, MingJie, Samsonova, T. (2020). Georg Fridrich Handel's music: From the Baroque Era to the Present. *Athens Institute for Education and Research*. P. 1. URL: https://www.atiner.gr/presentations/HUM2020-0172.pdf (date of application: 12.01.2020) [in English].
5. Gebhard, H. (1998). Praktische Anleitung fur die Auffьhrung der Vokalmusik des 16. bis 18 Jahrhunderts. Frankfurt; Leipzig; London; New York: Peters [in German].
6. Lieberman, P. (1967). Intonation, Perception and Language. Cambridge: MIT Press [in English].


Дата першого надходження статті до видання: 26.10.2025
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 02.12.2025
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.12.2025