УДК 781.68:004.94
DOI https://doi.org/10.32782/3083-6069/2026/1.5

ЧИСЛЕННЯ МУЗИЧНИХ ВИСЛОВЛЮВАНЬ

Мазур А. К.
кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри теоретичної та прикладної культурології
Одеської національної музичної академії імені А. В. Нежданової
ORCID ID: 0000-0002-1572-4234
E-mail: alfred850@gmail.com

***Мета** дослідження – обґрунтувати поняття числення музичних висловлювань як можливого напряму дослідження переходу від структури нотного тексту до її конкретного інтонаційного втілення та визначити принципові рівні такого числення. **Методологія основа** ґрунтується на системному, структурно-функціональному та порівняльному підходах, зіставленні закономірностей вербального й музичного висловлювання, а також узагальненні результатів досліджень виконавської виразності, просодії та комп'ютерного моделювання музичного виконання. Традиційний музикознавчий аналіз розглядається як вихідний структурний рівень, після якого можливе дослідження висотного, часового, ритмічного, динамічного, агогічного, артикуляційного й інших планів конкретного інтонування. **Наукова новизна** полягає в порушенні проблеми числення не окремих параметрів музичного виконання, а музичного висловлювання як багаторівневої системи функціонально й ієрархічно взаємопов'язаних інтонаційних планів. Запропоновано розмежування вимірювання і числення: вимірювання встановлює величину окремого параметра, тоді як числення має виявляти його відношення до інших величин, музичної структури та цілого. **Висновки.** Окреме числове значення не є одиницею художнього смислу. Перспектива числення музичних висловлювань пов'язана з переходом від параметра до його градацій, від градацій – до відношень, від окремих відношень – до їх багаторівневої взаємодії. Висунуто гіпотезу, що межа між механістичним і людським відтворенням музики може визначатися не протиставленням числового і принципово нечислового, а різною глибиною опису функціональних взаємозалежностей виконавського інтонування. Такий підхід відкриває можливість глибшого дослідження природи музичного висловлювання та принципів моделювання людської виконавської діяльності.*

***Ключові слова:** музичне висловлювання, музичне виконавство, інтонування, числення, виконавська інтерпретація, агогіка, виконавська виразність, моделювання.*

Calculus of musical utterances

Mazur A. K.
PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Theoretical and Applied Cultural Studies
A.V. Nezhdanova Odesa National Academy of Music

***The purpose** of the study is to substantiate the concept of the calculus of musical utterances as a possible approach to investigating the transition from the structure of a musical score to its concrete intonational realization and to identify the principal levels of such a calculus. **The methodological basis** is based on systemic, structural-functional and comparative approaches, a comparison between verbal and musical utterances, and a synthesis of research on expressive music performance, prosody and computational modelling of musical performance. Traditional musicological analysis is regarded as the initial structural level, followed by the investigation of pitch, temporal, rhythmic, dynamic, agogic, articulatory and other dimensions of concrete musical intonation. **Scientific novelty** consists in posing the problem of calculating not merely individual parameters of musical performance but the musical utterance as a multilevel system of functionally and hierarchically interconnected intonational dimensions. A distinction between measurement and calculus is proposed: measurement determines the magnitude of an individual parameter, whereas calculus should reveal its relations to other quantities, to musical structure and to the whole. **Conclusions.** An isolated numerical value is not a unit of artistic meaning. The prospect of a calculus of musical utterances involves a transition from a parameter to its gradations, from gradations to relations, and from individual relations to their multilevel interaction. The article proposes the hypothesis that the boundary between mechanical and human musical reproduction may be determined not by an opposition between what is numerical and what is inherently non-numerical, but by different depths of description of the functional interdependencies involved in performance intonation. This approach provides a basis for a deeper investigation of the nature of musical utterance and of the principles underlying the modelling of human musical performance.*

***Key words:** musical utterance, music performance, intonation, calculus, performance interpretation, agogics, performance expression, modelling.*

Актуальність дослідження. Музика належить до тих форм людської діяльності, в яких за зовнішньою визначеністю матеріалу приховується практично невичерпна варіативність його смислового втілення. Нотний текст фіксує висоту звуків, їхню тривалість, метроритмічну організацію, значну частину динамічних, артикуляційних і темпових характеристик. Теорія музики виробила розвинену систему аналізу ладових, гармонічних, мелодичних, ритмічних, фактурних і композиційних закономірностей. Проте навіть максимально докладний опис нотного тексту ще не пояснює, яким чином зафіксована структура перетворюється на музичне висловлювання.

Ця відмінність особливо виразно виявляється у виконавстві. Той самий нотний текст допускає значну кількість інтерпретацій, кожна з яких формально залишається в межах авторського запису, але може істотно різнитися за характером інтонування, внутрішнім рухом, мірою напруження, співвідношенням окремих елементів і загальною спрямованістю музичної думки. Виконавець не змінює нотний склад твору, однак результат його діяльності може сприйматися як переконливе людське висловлювання або, навпаки, як правильне, точне, професійне, але механістичне відтворення.

Мета дослідження – обґрунтувати поняття числення музичних висловлювань як можливого напряму дослідження переходу від структури нотного тексту до її конкретного інтонаційного втілення та визначити принципові рівні такого числення.

Виклад основного матеріалу. Проблема співвідношення нотного тексту, структури музичного твору та його конкретного виконавського втілення давно перебуває в полі музичної психології та емпіричного музикознавства. Дослідження музичного виконання охоплюють вимірювання часових, динамічних, артикуляційних характеристик, закономірності планування виконання, вираження емоцій та способи передачі слухачеві структурних особливостей твору [1–4]. А. Габріельссон, узагальнюючи близько двохсот досліджень музичного виконавства, відзначав поряд із накопиченням результатів вимірювання швидке зростання кількості робіт, спрямованих на моделювання виконання, його планування та механізмів формування [1]. У моделі П. Юсліна, А. Фріберга та Р. Брезіна виконавська виразність розглядається як результат взаємодії різних джерел варіативності, що потребує їх інтеграції в єдиній моделі [2].

Подальший розвиток обчислювальних методів значно розширив можливості такого аналізу. Сучасний напрям computational expressive music performance виходить із того, що виконавець систематично варіює часові, динамічні, артикуляційні й інші параметри, перетворює нотний запис на виразне звучання [5]. Створення великих цифрових корпусів зробило можливим зіставлення тисяч реальних виконань. База ATEPP містить приблизно тисячу годин виконань стандартного фортепіанного репертуару 49 піаністами й організована таким чином, щоб уможливити порівняння різних інтерпретацій тих самих творів [6]. Новітні моделі працюють уже не тільки з окремими величинами, а з безперервними змінами expressive timing і dynamics, асинхронністю, артикуляцією та їх розвитком у часі [7]. Дослідження великих масивів фортепіанних виконань виявляють також статистичні зв'язки між часовою гнучкістю та динамічною виразністю [8].

Отже, можливість числового опису значної частини виконавських процесів уже не становить суто теоретичного припущення. Проблема зміщується в іншу площину: чи досить виміряти окремі параметри для розуміння музичного висловлювання і де проходить межа між кількісним описом звучання та описом його людської інтонаційної організації?

Певну аналогію дає вербальне висловлювання. Його словесний склад і синтаксична конструкція можуть залишатися незмінними, тоді як інтонаційне втілення істотно змінює характер повідомлення. Дослідження просодії розглядають висоту голосу, тривалість, інтенсивність та інші характеристики як взаємодіючу систему засобів, через які утворюється смислова виразність мовлення [11]. Та сама комунікативна функція може реалізовуватися різними конфігураціями параметрів, а між окремими мовцями виявляється значна варіативність способів їх використання [10].

Показовою є проста словесна конструкція «Бути чи не бути?». Її лексичний склад і синтаксична структура задані, однак сценічне існування фрази принципово не вичерпується словниковим значенням слів або логічним зв'язком між ними. Варіативність виникає в тому, як вимовляється фраза: де утворюється смислове тяжіння, якої тривалості набуває пауза, як співвідносяться два протиставлені елементи, куди спрямовується інтонаційний рух. Текст задає конструкцію висловлювання, але не вичерпує самого акту висловлювання.

Подібне співвідношення існує між нотним текстом і музичним виконанням. Традиційний музикознавчий аналіз у цьому сенсі можна розглядати як перший рівень упорядкування музичного висловлювання. Він установлює одиниці музичного тексту та зв'язки між ними, виявляє мотиви, фрази, тематичні утворення, ладогармонічні функції, метроритмічні закономірності, принципи розвитку і формотворення. Він відповідає передусім на питання про те, що і як побудовано. Однак між установленою структурою і конкретним звучанням залишається простір, у якому здійснюється виконавське інтонування.

Саме цей простір становить предмет пропонованого розгляду. Поняття *числення музичних*

висловлювань використовується на позначення можливого способу дослідження музичного висловлювання через систему параметрів, їх градацій, співвідношень і взаємозалежностей. Ідеться не про зведення музики до числа і не про заміну музикознавчого аналізу математичним описом. Структурний аналіз музичного тексту є необхідним початковим рівнем. Наступним стає дослідження того, як виявлена структура реалізується в конкретному інтонаційному процесі.

Першим і найбільш очевидним для кількісного представлення є висотний план. Висота музичного звуку має фізичний відповідник – частоту коливань, а інтервальні співвідношення можуть бути представлені числовими величинами. На рівні нотного тексту висотна організація описується ладовими функціями, інтервальними зв'язками, напрямом мелодичного руху, гармонічними тяжіннями. Проте виконавське інтонування не зводиться до точного відтворення номінально заданих висот. Навіть на інструменті з фіксованим строєм виконавець здатний змінювати інтонаційне значення звуку через тривалість, динаміку, артикуляцію, його співвідношення з попередньою і наступною подіями. Уже тут окремий план виявляється залежним від інших.

Ще виразніше ця закономірність проявляється в часовому плані. Нотний запис задає пропорції тривалостей і метричну організацію, але реальний виконавський час значно складніший за записану схему. Дві восьмі, позначені однаковими нотними тривалостями, не обов'язково мають абсолютно однакову фізичну тривалість. Виконання, у якому всі часові співвідношення відтворюються з математичною незмінністю, за деяких стильових і художніх умов може сприйматися як механічне саме через надмірну правильність.

Це не означає, що людське виконання є неточним. Ідеться про інший тип точності. Виконавець співвідносить локальний час із метричною пульсацією, структурою фрази, гармонічним розвитком, артикуляцією, динамічним процесом. Незначне подовження одного звуку може потребувати скорочення іншого; локальне уповільнення – подальшого відновлення руху. Фізичний час перетворюється на музичний завдяки системі таких відхилень і компенсацій.

Особливий інтерес становить агогічний план. Традиційні позначення ritardando, accelerando, rubato, a tempo визначають загальний напрям часової зміни, але майже нічого не повідомляють про її внутрішню траєкторію. Два виконавці можуть реалізувати ritardando принципово по-різному: один розпочне сповільнення раніше, інший пізніше; один розподілить його майже рівномірно, інший сконцентрує зміну біля завершення фрази. Назва процесу залишається однаковою, його числова конфігурація – різною.

Якщо умовно прийняти початковий темп за визначену величину, можна встановлювати відхилення від неї в кожній наступній часовій точці. Замість загального словесного визначення виникне послідовність числових відношень, здатна значно точніше характеризувати конкретне виконання. Проте й така послідовність ще не пояснює музичного висловлювання. Вона показує, як змінювався час, але не пояснює, чому саме тут відбулася зміна і з якими іншими процесами вона пов'язана.

Аналогічна проблема виникає з динамікою. Нотний текст використовує систему відносних позначень -p, mp, mf, f, *crescendo, diminuendo,* акценти. Вони визначають напрям і приблизну міру динамічної організації, але не задають абсолютної величини кожного звуку. Динамічне наростання може бути рівномірним або нерівномірним, безперервним або ступінчастим, спрямованим до найближчої інтонаційної вершини або підпорядкованим віддаленішій кульмінації. Окремий звук може бути гучнішим за сусідній, але виконувати не кульмінаційну, а підготовчу функцію. Тому числове значення інтенсивності саме собою ще не характеризує динамічної логіки висловлювання.

Це дозволяє провести межу між вимірюванням і численням. Вимірювання відповідає на питання «скільки?». Числення музичного висловлювання має додати питання: «у якому відношенні?». Величина набуває музичного значення не ізольовано, а через її місце в послідовності, співвідношення з іншими величинами та функцією у структурі.

Аналогічно може бути розглянутий артикуляційний план. Позначення legato, non legato, staccato визначають загальні типи звукового зв'язку, але реальне виконання містить значно більше градацій. Між максимально зв'язним і максимально розділеним звучанням існує широкий діапазон проміжних станів. Тривалість фактичного звучання ноти щодо часу, відведеного їй метроритмічною схемою, характер атаки, величина проміжку між звуками допускають кількісне представлення. Дослідження expressive performance використовують timing, dynamics, articulation та інші параметри кількісного аналізу й комп'ютерного моделювання [5–8; 12–14]. Однак і тут окрема величина отримує музичне значення лише у співвідношенні із фразуванням, темпом, динамікою та функцією конкретного елемента.

Виникає принципова обставина. Кожен із планів можна деталізувати дедалі глибше. Можна точніше вимірювати час, інтенсивність, частоту, тривалість атаки, паузу між звуками. Але збільшення кількості вимірювань саме собою не гарантує наближення до сутності музичного висловлювання. Надзвичайно точний акустичний портрет виконання ще не тотожний опису принципу його художньої організації.

Тому наступним кроком стає перехід від числення окремих планів до числення їхньої взаємодії.

Під час наближення до кульмінації у найпростішій схемі можна зафіксувати динамічне наростання. У реальному виконанні одночасно можуть відбуватися незначне прискорення або, навпаки, розширення часу, зміна артикуляційної зв'язності, перерозподіл фактурних голосів, зміна співвідношення мелодії та супроводу. Жоден із цих процесів окремо не є кульмінацією. Кульмінаційність виникає як результат їх координації.

Різні виконавці можуть створити переконливу кульмінацію за допомогою різних співвідношень тих самих параметрів. Збільшення динамічного напруження в одному виконанні може поєднуватися із прискоренням, в іншому – з розширенням часу. Отже, немає підстав шукати єдину числову формулу «правильної» кульмінації. Предметом дослідження стає інше: яким чином різні числововизначувані зміни утворюють функціонально цілісне музичне висловлювання.

Дослідження вербальної просодії дають для цього суттєву аналогію. Просодична виразність є багатовимірною: тривалість, основна частота, інтенсивність та інші акустичні ознаки діють спільно, а способи їх використання можуть істотно варіюватися [9; 11]. Отже, навіть у вербальному висловлюванні числове визначення окремої характеристики не вичерпує інтонаційного смислу.

У музиці ця залежність набуває особливої ваги, оскільки інтонаційна організація не просто супроводжує готовий вербальний зміст, а значною мірою сама бере участь у формуванні висловлювання. Традиційний структурний аналіз і числення інтонаційних планів тому не є такими, що конкурують, способами пізнання. Перший установлює систему музичних функцій, друге має досліджувати міру та характер їх звукового втілення.

Саме поняття міри тут може виявитися принциповим. Музичне виконання складається не тільки з рішень зробити crescendo, уповільнити, відокремити звук або підкреслити вершину. Художній результат визначається тим, наскільки це зроблено. Надмірна зміна здатна зруйнувати природність фрази; недостатня – залишити структурне відношення невиявленим. Між цими крайнощами існує велика кількість градацій, і виконавська майстерність значною мірою полягає у володінні їхньою мірою.

На цьому рівні деталь перестає бути дрібницею. Мале часове, динамічне або артикуляційне відхилення може залишатися майже непомітним як окрема подія, але бути необхідним для цілісного інтонаційного результату. Те, що слухач сприймає як природність, свободу, спрямованість або переконливість виконання, може формуватися великою кількістю таких малих співвідношень.

Отже, глибина числення музичного висловлювання визначається не кількістю врахованих параметрів і навіть не точністю їх вимірювання. Вона визначається здатністю простежити ієрархію відношень: від окремого звуку до мотиву, від мотиву до фрази, від локальної зміни до великого процесу, від одного інтонаційного плану до взаємодії планів. На кожному наступному рівні те саме числове відхилення може отримувати інше функціональне значення.

Саме тут виявляється наукова відмінність пропонованого підходу від уже сформованої практики кількісного аналізу виконання. Дослідження переконливо демонструють можливість числового представлення tempo, timing, dynamics, articulation, pedalling та інших характеристик, створення великих корпусів виконавських даних і побудови моделей, здатних генерувати або переносити окремі ознаки виконавської виразності [5–8; 12–14]. Проблема числення музичних висловлювань переносить центр уваги з параметра як такого на багаторівневу систему функціонально й ієрархічно взаємопов'язаних інтонаційних планів.

Це змінює і можливу одиницю числення. Нею може бути не окремий звук і не абсолютна величина його тривалості чи інтенсивності, а відношення. Наступним рівнем стає відношення між відношеннями: наприклад, залежність часового розширення від динамічного розвитку в окремому структурному положенні. Подальше поглиблення веде до системи таких залежностей, розгорнутої на різних масштабних рівнях музичної форми.

Звідси постає і прикладна проблема. Механізм може надзвичайно точно відтворити задану висоту, тривалість, силу звуку й темп. Сучасні комп'ютерні системи здатні моделювати expressive timing і dynamics та генерувати різні варіанти виконавської інтерпретації [5; 7]. Проте підвищення точності окремого параметра не обов'язково наближає результат до переконливого людського інтонування.

Причина може полягати не у принциповій непіддатливості музичного виконання числовому опису, а в недостатній глибині самого опису, коли враховуються величини, але не враховується багаторівнева система їхніх функціональних залежностей. Машина, яка точно виконує номінальні величини, відтворює схему. Машина, якій задано окремі відхилення від неї, відтворює складнішу схему. Для наближення до людського висловлювання необхідно моделювати не тільки величини й відхилення, а їхню залежність від музичної структури й одне від одного.

Це дозволяє сформулювати принципову гіпотезу: межа між механістичним і людським відтворенням може проходити не між числом і тим, що принципово не піддається числу, а між різними рівнями глибини опису. Те, що на одному рівні здається невловимою виконавською свободою, на глибшому може виявитися складною системою малих, взаємозалежних і функціонально зумовлених відхилень.

Така гіпотеза не означає, що необмежене поглиблення кількісного аналізу неминуче приведе до повного відтворення людської інтерпретації. Тут проходить межа, яку необхідно залишити відкритою. Можна вимірювати результат виконавської дії, встановлювати зв'язки між параметрами, порівнювати інтерпретації, виявляти повторювані моделі. Значно складніше відповісти, яким чином художній задум породжує саме таку, а не іншу систему мікрорішень і чому певна їх конфігурація сприймається людиною як смислово переконлива.

Проте неможливість одразу відповісти на останнє питання не позбавляє сенсу попередні рівні дослідження. Перш ніж говорити про невимірюваність людського начала у виконанні, необхідно встановити межі того, що ще не було виміряне з достатньою структурною глибиною.

У цьому сенсі поняття числення музичних висловлювань позначає не готовий математичний апарат, а постановку наукового завдання. Його перспективою є пошук способу опису, здатного рухатися від нотної схеми через музикознавчо встановлену структуру до дедалі тонших градацій конкретного інтонування, не втрачаючи їхнього функціонального зв'язку із цілим.

Науковий сенс такого руху полягає в можливості глибшого розуміння внутрішньої природи музичного висловлювання. Прикладний – у можливості інакше поставити проблему відтворення людської виконавської діяльності. Питання полягає вже не в тому, чи можна змусити механізм зіграти повільніше, голосніше або з rubato. Питання полягає в тому, чи можна описати систему тонких взаємозалежностей, завдяки якій окремі зміни перестають бути сукупністю команд і набувають властивостей цілісного музичного висловлювання.

Висновки. Числення музичних висловлювань пропонується розглядати не як спосіб числового заміщення музики, а як можливий напрям поглиблення аналізу її інтонаційного існування. Вихідним рівнем такого дослідження залишається традиційний музикознавчий аналіз, який установлює структурні одиниці твору, їхні функції та зв'язки. Наступний рівень пов'язаний із дослідженням конкретного звукового втілення цієї структури у висотному, часовому, ритмічному, динамічному, агогічному, артикуляційному й інших планах.

Дослідження expressive music performance підтверджують принципову можливість кількісного аналізу цих характеристик і дедалі активніше переходять від вимірювання окремих параметрів до моделювання їх змін і взаємодії [5; 8]. Дослідження вербальної просодії, своєю чергою, демонструють, що смислова виразність мовлення формується взаємодією кількох акустичних параметрів і допускає значну варіативність їх поєднання [9]. Це дає підстави розглядати вербальне висловлювання як продуктивну аналогію, але не як модель, що може бути безпосередньо перенесена на музику.

Окреме числове значення не є одиницею художнього смислу. Значущими стають відношення між величинами, характер їх зміни, взаємодія різних інтонаційних планів і підпорядкування локальних процесів структурі цілого. Тому рух углиб музичного висловлювання передбачає послідовний перехід від параметра до градації, від градації до відношення, від окремого відношення – до багаторівневої системи відношень.

Пропонований підхід не дає підстав стверджувати, що людська музична інтерпретація може бути повністю обчислена. Він дозволяє поставити інше питання: наскільки далеко може просунутися числення, якщо його предметом зробити не зовнішні параметри звучання, а тонкість їхніх взаємних відношень?

Відповідь потребує подальшого дослідження конкретних виконань, зіставлення їхніх кількісних характеристик із музичною структурою та пошуку способів представлення взаємодії різних інтонаційних планів. Уже сама постановка такого завдання змінює напрям пошуку: від вимірювання звуку – до числення висловлювання, від точності відтворення – до структури людського інтонування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Gabrielsson A. Music Performance Research at the Millennium. *Psychology of Music.* 2003. Vol. 31, № 3. P. 221–272. https://doi.org/10.1177/03057356030313002
2. Juslin P. N., Friberg A., Bresin R. Toward a Computational Model of Expression in Music Performance: The GERM Model. *Musicae Scientiae.* 2001. Vol. 5, № 1_suppl. P. 63–122. https://doi.org/10.1177/10298649020050S104
3. Palmer C. Music Performance. *Annual Review of Psychology.* 1997. Vol. 48. P. 115–138. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.48.1.115
4. Repp B. H. Diversity and Commonality in Music Performance: An Analysis of Timing Microstructure in Schumann's "Träumerei". *The Journal of the Acoustical Society of America.* 1992. Vol. 92, № 5. P. 2546–2568. https://doi.org/10.1121/1.404425
5. Bontempi P., Canazza S., Carnovalini F., Rodà A. Research in Computational Expressive Music Performance and Popular Music Production: A Potential Field of Application? *Multimodal Technologies and Interaction.* 2023. Vol. 7, № 2. Art. 15. https://doi.org/10.3390/mti7020015
6. Zhang H., Tang J., Rafee S. R. M., Dixon S., Fazekas G., Wiggins G. A. ATEPP: A Dataset of Automatically Transcribed Expressive Piano Performance. *Proceedings of the 23rd International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2022).* Bengaluru, India, 2022.

7. Zhang H., Chowdhury S., Cancino-Chacón C. E., Liang J., Dixon S., Widmer G. DExter: Learning and Controlling Performance Expression with Diffusion Models. *Applied Sciences.* 2024. Vol. 14, № 15. Art. 6543. https://doi.org/10.3390/app14156543
8. Yan M. Expressive Coupling and Textural Dissociation in Classical Piano Performance: Evidence from the ASAP Dataset. *Frontiers in Psychology.* 2026. Vol. 17. Art. 1882570. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2026.1882570
9. Jiménez-Bravo M., Marrero-Aguiar V. Multimodal Prosody: Gestures and Speech in the Perception of Prominence in Spanish. *Frontiers in Communication.* 2024. Vol. 9. Art. 1287363. https://doi.org/10.3389/fcomm.2024.1287363
10. Lorenzen J., Roessig S., Baumann S. Paradigmatic and Syntagmatic Effects of Information Status on Prosodic Prominence – Evidence from an Interactive Web-Based Production Experiment in German. *Frontiers in Psychology.* 2024. Vol. 15. Art. 1296933. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1296933
11. Ladd D. R. Intonational Phonology. 2nd ed. Cambridge : Cambridge University Press, 2008.
12. Widmer G., Tobudic A. Playing Mozart by Analogy: Learning Multi-level Timing and Dynamics Strategies. *Journal of New Music Research.* 2003. Vol. 32. № 3. P. 259–268. https://doi.org/10.1076/jnmr.32.3.259.16860
13. Widmer G. Machine Discoveries: A Few Simple, Robust Local Expression Principles. *Journal of New Music Research.* 2002. Vol. 31, № 1. P. 37–50.
14. Juslin P. N. Five Facets of Musical Expression: A Psychologist's Perspective on Music Performance. *Psychology of Music.* 2003. Vol. 31, № 3. P. 273–302. https://doi.org/10.1177/03057356030313003

REFERENCES

1. Gabrielsson, A. (2003). Music performance research at the millennium. *Psychology of Music,* 31(3), 221–272. https://doi.org/10.1177/03057356030313002
2. Juslin, P. N., Friberg, A., & Bresin, R. (2001). Toward a computational model of expression in music performance: The GERM model. *Musicae Scientiae,* 5(1_suppl), 63–122. https://doi.org/10.1177/10298649020050S104
3. Palmer, C. (1997). Music performance. *Annual Review of Psychology,* 48, 115–138. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.48.1.115
4. Repp, B.H. (1992). Diversity and commonality in music performance: An analysis of timing microstructure in Schumann's "Träumerei". *The Journal of the Acoustical Society of America,* 92(5), 2546–2568. https://doi.org/10.1121/1.404425
5. Bontempi, P., Canazza, S., Carnovalini, F., & Rodà, A. (2023). Research in computational expressive music performance and popular music production: A potential field of application? *Multimodal Technologies and Interaction,* 7(2), 15. https://doi.org/10.3390/mti7020015
6. Zhang, H., Tang, J., Rafee, S.R.M., Dixon, S., Fazekas, G., & Wiggins, G.A. (2022). ATEPP: A dataset of automatically transcribed expressive piano performance. *Proceedings of the 23rd International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2022).* Bengaluru, India.
7. Zhang, H., Chowdhury, S., Cancino-Chacón, C.E., Liang, J., Dixon, S., & Widmer, G. (2024). DExter: Learning and controlling performance expression with diffusion models. *Applied Sciences,* 14(15), 6543. https://doi.org/10.3390/app14156543
8. Yan, M. (2026). Expressive coupling and textural dissociation in classical piano performance: Evidence from the ASAP dataset. *Frontiers in Psychology,* 17, 1882570. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2026.1882570
9. Jiménez-Bravo, M., & Marrero-Aguiar, V. (2024). Multimodal prosody: Gestures and speech in the perception of prominence in Spanish. *Frontiers in Communication,* 9, 1287363. https://doi.org/10.3389/fcomm.2024.1287363
10. Lorenzen, J., Roessig, S., & Baumann, S. (2024). Paradigmatic and syntagmatic effects of information status on prosodic prominence – Evidence from an interactive web-based production experiment in German. *Frontiers in Psychology,* 15, 1296933. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1296933
11. Ladd, D. R. (2008). Intonational phonology (2nd ed.). Cambridge University Press.
12. Widmer, G., & Tobudic, A. (2003). Playing Mozart by analogy: Learning multi-level timing and dynamics strategies. *Journal of New Music Research,* 32(3), 259–268. https://doi.org/10.1076/jnmr.32.3.259.16860
13. Widmer, G. (2002). Machine discoveries: A few simple, robust local expression principles. *Journal of New Music Research,* 31(1), 37–50.
14. Juslin, P. N. (2003). Five facets of musical expression: A psychologist's perspective on music performance. *Psychology of Music,* 31(3), 273–302. https://doi.org/10.1177/03057356030313003

Дата надходження статті: 10.08.2026
Дата прийняття статті: 15.09.2026
Опубліковано: 25.11.2026