

УДК 78.072:004ю04] – 047.37
DOI 10.32782/2224-0926-2024-2-49-14

Сиротинська Наталія Ігорівна
доктор мистецтвознавства,
професор кафедри музикознавства та хорового мистецтва,
Львівський національний університет імені Івана Франка
<https://orcid.org/0000-0001-9524-4574>

Рябінець Христина Ярославівна
аспірантка кафедри музикознавства та хорового мистецтва,
Львівський національний університет імені Івана Франка
<https://orcid.org/0009-0005-0835-8597>

Шестакевич Тетяна Валеріївна
кандидат технічних наук,
доцент кафедри інформаційних систем та мереж,
Національний університет «Львівська політехніка»
<https://orcid.org/0000-0002-4898-6927>

МОДЕЛЮВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОГО КОРПУСУ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ВИВЧЕННЯ УКРАЇНСЬКОЇ САКРАЛЬНОЇ МОНОДІЇ

Актуальність статті обумовлена потребою технологічного підходу до аналізу української сакральної монодії XVI–XVIII століть. Можливості сучасних комп'ютерних технологій сприяють розробці новітніх програм для увиразнення структурних елементів середньовічних піснеспівів. Мета – визначення елементів форми української сакральної монодії XVI–XVIII століть завдяки використанню комп'ютерних обчислювань. Завданнями статті, відповідно до мети, постають: виявлення новітніх підходів в інформаційних технологіях, що сприяють збереженню і вивченню важливих мистецьких артефактів, а також застосування технічних розробок лінгвістичних комп'ютерних проєктів для аналізу монодійного музичного корпусу. Методологію дослідження визначають системний і структурний методи наукового пізнання. Зокрема, історико-хронологічний і джерелознавчий методи використані для розгляду цифрових проєктів збереження артефактів старовинної музики; системна класифікація допомогла комплексно проаналізувати функціонування методів оптичного розпізнавання музики в аналізі структури монодійного корпусу. Джерельною базою дослідження є матеріал української сакральної монодії XVI–XVIII століть і сучасні комп'ютерні лінгвістичні програми. Наукову новизну роботи визначає застосування в науковому музикознавчому обігу спектра комп'ютерних форматів та особливих процесів оптичного розпізнавання музики. Висновки. Створення та дослідження музичних корпусів XVI–XVII століть є актуальним завданням, спрямованим на дослідження інтонаційного фонду української музичної культури. Цифрові копії таких музичних артефактів як нотолінійні ірмологіони XVI–XVII століть дають змогу застосовувати аналітичні чи обчислювальні методи до таких музичних текстів, а їх розробка поряд із відповідним програмним забезпеченням є багатоетапним і перспективним завданням. На етапі моделювання слід враховувати спектр комп'ютерних музичних форматів та особливості процесу оптичного розпізнавання музики. Це уможливить музичний корпус для таких подальших досліджень, як пошук музичної інформації, діахронічний аналіз, аналіз варіабельності, інтелектуальний аналіз даних, а також функціонування елементів форми української сакральної монодії

XVI–XVIII століть. Усе це свідчить про потребу в мультидисциплінарному підході в дослідженні середньовічної музики.

Ключові слова: українська сакральна монодія, стовпові ірмоси, комп'ютерна музикологія, MusicXML, оптичне розпізнання музики, корпусно-кероване дослідження.

Syrotynska Nataliya, Ryabinets Khrystyna, Shestakevych Tetiana. Modeling of the research corpus for the computational study of Ukrainian sacred monody

The relevance of the article is due to the need for a technological approach to the analysis of the Ukrainian sacred monody of the XVI–XVIII centuries. The possibilities of modern computer technologies contribute to the development of new programs to emphasize the structural elements of medieval chants. The goal is to determine the elements of the form of the Ukrainian sacred monody of the XVI–XVIII centuries through the use of computer calculations. The objectives of the article, in accordance with the goal, are: to identify the latest approaches in information technologies that contribute to the preservation and study of important artistic artifacts, as well as the application of technical developments of linguistic computer projects for the analysis of the monodic musical corpus. The research methodology is determined by the systematic and structural methods of scientific research. In particular, historical, chronological and source study methods were used as the basis of digital projects for the preservation of artifacts of ancient music; The system classification helped to comprehensively analyze the functioning of optical music recognition methods in the analysis of the structure of a monody corpus. The source base of the research is the collected material of the Ukrainian sacred monody of the XVI–XVIII centuries and modern computer linguistic programs. The scientific novelty of the work is determined by the use of the spectrum of computer formats and special processes of optical recognition of music in the scientific musicological circulation. Conclusions. The creation and research of musical corpora of the XVI–XVII centuries is an urgent task aimed at researching the intonation fund of Ukrainian musical culture. Digital compilations of musical artifacts such as notolinear irmologions XVI–XVII allow the application of analytical or computational methods to such musical texts, and their development, along with appropriate software, is a multi-stage and promising task. At the modeling stage, the spectrum of computer music formats and the peculiarities of the process of optical music recognition should be taken into account. This will enable the musical corpus for such further research as the search for musical information, diachronic analysis, analysis of variability, data mining, as well as the functioning the elements of the form in the Ukrainian sacred monody of the XVI–XVIII centuries. All this testifies to the need for a multidisciplinary approach in the study of medieval music.

Key words: Ukrainian sacral monody, irmologions, pillar irmoses, computer musicology, corpus musicology, MusicXML, optical recognition of music, corpus-controlled research.

Новітні можливості інформаційних технологій дають змогу зберігати й вивчати важливі мистецькі артефакти, у тому числі й репертуар середньовічних нотованих літургійних книг. Особливість цього сакрального співаного репертуару полягає в монодійному (унісонному) виконанні, а також у тісному зв'язку мелодії з текстом. У майбутньому це зумовить міждисциплінарний пріоритет дослідження сакральної монодії, зокрема, у необхідності узгодження музикознавчого та лінгвістичного підходів. Отже, технічні розробки лінгвістичних комп'ютерних проєктів можуть застосовуватися і до вивчення сакральної монодії. На прикладі представленого комп'ютерного проєкту пропонуємо проаналізувати вибрані жанри української сакральної монодії, зафіксовані в українських нотолінійних ірмологіонах XVI–XVII ст., зокрема стовпові ірмоси на 8 гласів. Це підтвердить актуальність міждисциплінарного підходу у вивченні середньовічного

музичного мистецтва, а також перспективність новітніх дослідницьких методів. У цьому контексті комп'ютерне музикознавство є новим міждисциплінарним дослідницьким напрямом, що потребує методів і підходів із царини як музикознавства, так і комп'ютерних наук [10].

Дослідження в ділянці комп'ютерного музикознавства зазвичай здійснюються у трьох основних напрямках, пов'язаних із трьома способами представлення музики в комп'ютері: нотними даними, символічними даними й аудіоданими. Нотні дані стосуються зручного для людини читання графічного представлення музики. До досягнень комп'ютерного музикознавства у цій галузі належать оцифровані музичні партитури середньовічних збірок із невменною і пізнішою лінійною нотаціями, зокрема західними. Тож для збереження артефактів старовинної музики були започатковані різноманітні мультидисциплінарні проєкти. Серед них можна відзначити такі: Early Music Online, Electronic Corpus of Lute Music, DIAMM, які надають онлайн-доступ музичних артефактів. Зокрема, проєкт Early Music Online представляє оцифровані зображення музичних книг XV століття з Британської бібліотеки у понад 300 томах [4].



Приклад 1. Вікно «Старовинна музика онлайн»

Невіддільність музичного й поетичного текстів у сакральній монодії апелює до перспективності застосування певних лінгвістичних підходів у музикознавстві [7, с. 62]. Тож нотні бази даних можуть стати надійною основою для різноманітних досліджень, подібно до лінгвістики, де текстові корпуси є як ресурсом, так і інструментом для аналізу лінгвістичних гіпотез. Такий підхід уможливить процес моделювання дослідницького корпусу для застосування комп'ютерних технологій у вивченні української сакральної монодії. Це допоможе визначити елементи форми середньовічної монодії та їх функціонування завдяки використанню обчислювального підходу. Така модель обчислювального дослідження розроблятиметься на основі музичного корпусу, укладеного з вибраного монодійного репертуару українських літургійних ірмологіонів XVI–XVIII ст. Для її розробки слід врахувати деякі особливості взаємодії музики з комп'ютером, такі як комп'ютерні музичні формати, оптичне розпізнавання музики й пошук музичної інформації.

Під час створення корпусу української сакральної монодії слід розглянути різні підходи трансформації сакральної монодії в прийнятну комп'ютерну форму. Музика може

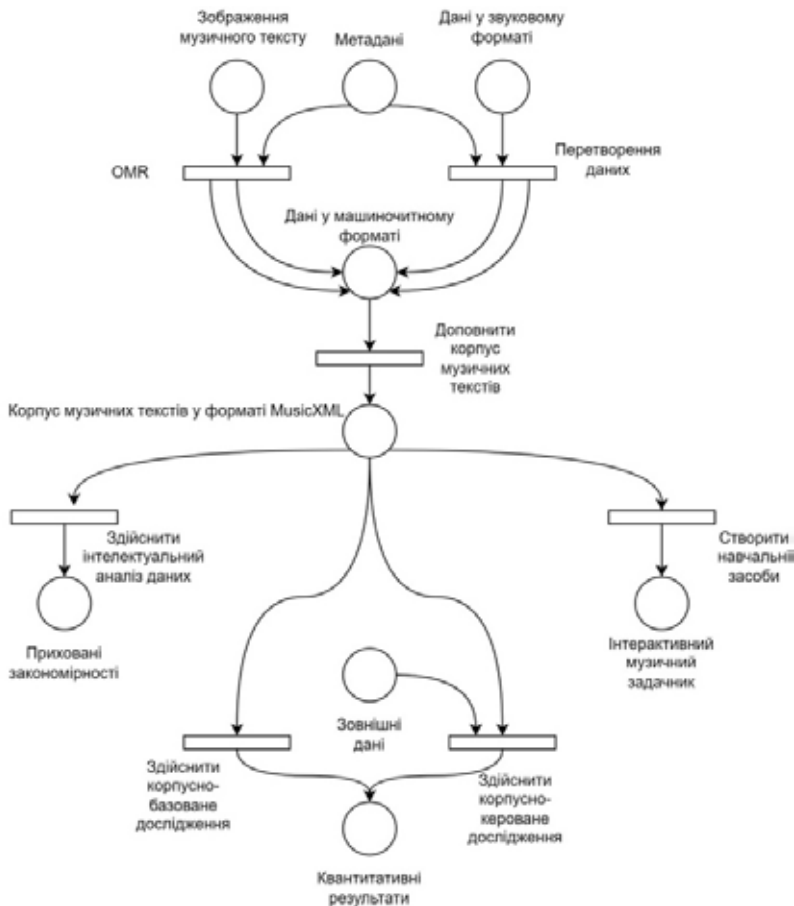
Більш формальний тип моделі обчислювального дослідження, базованого на корпусі сакральної монодії, представлено у вигляді мережі Петрі (приклад 4). Мережа Петрі використовується в процесах моделювання, особливо в разі потреби у візуалізації як одночасних, так і послідовних завдань. У цій мережі Петрі $N = (I, O, P, T, W)$ знаходяться:

– 9 позицій, $P = \{ \text{Нотні дані, Метадані, Аудіодані, Дані у машиночитному форматі, Машиночитний музичний корпус, Приховані залежності, Інтерактивний задачник, Зовнішні дані, Квантитативні результати} \}$, що визначає деякі проміжні результати в рамках модельованого процесу.

– 7 переходів, $T = \{ \text{Оптичне розпізнавання музики, Обробка даних, Оновлення музичних корпусів, Пошук музичної інформації, Розробка освітніх інструментів, Виконання корпусно-базованих досліджень, Виконання корпусно-керованих досліджень} \}$, що визначає деякі функції в рамках змодельованого процесу.

– Вхідні I і вихідні функції O можна побачити на прикладі 4.

У подальшому невеликі об'єднані групи нот / мотиви визначаємо як сузір'я, що становлять елементи інтонаційної архітекtonіки пісенспіву. Надалі виявляємо частоту використання кожного сузір'я. У цьому випадку ми заздалегідь визначаємо структуру

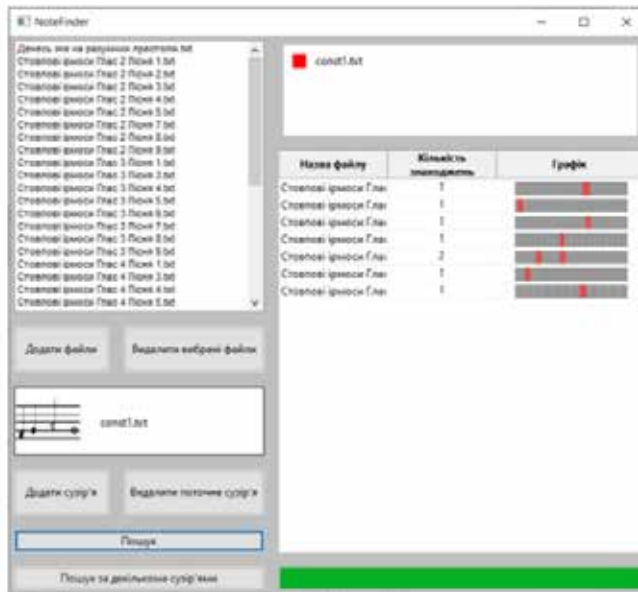


Приклад 4. Мережа Петрі як модель обчислювального дослідження на основі корпусу нот сакральної монодії

сузір'я, натомість наступні дослідження полягатимуть у автоматизованому визначенні повторності таких мотивів / сузір'їв.

Процес виявлення розміщення мотивів / сузір'їв у формі піснеспіву передбачає такі основні етапи: *Оптичне розпізнавання музики, Оновлення музичних корпусів, Виконання корпусно-керованих досліджень*. Оптичне розпізнавання музики можливе за допомогою програмного забезпечення Capella-scan, а для проведення будь-яких досліджень корпусу нотного матеріалу повинен бути розроблений і використаний корпус-менеджер.

Для проведення інтонаційних досліджень монодійних піснеспівів, у нашому випадку стовпових ірмосів, розроблено програмне забезпечення NoteFinder (мовою програмування Python). Як вхідну інформацію він приймає файли сакральної монодії у форматі MusicXML. Сузір'я попередньо визначені у форматі MusicXML. Програмне забезпечення NoteFinder обчислює частоту використання вибраного одного сузір'я.



Приклад 5. Частота Const1 у завантажених файлах корпусу

Також можна розрахувати частоту [5] деяких сузір'їв (приклад 6) і візуалізувати результати в межах всього корпусу (приклад 7). Для зручності ми замаркували сузір'я різними кольорами.

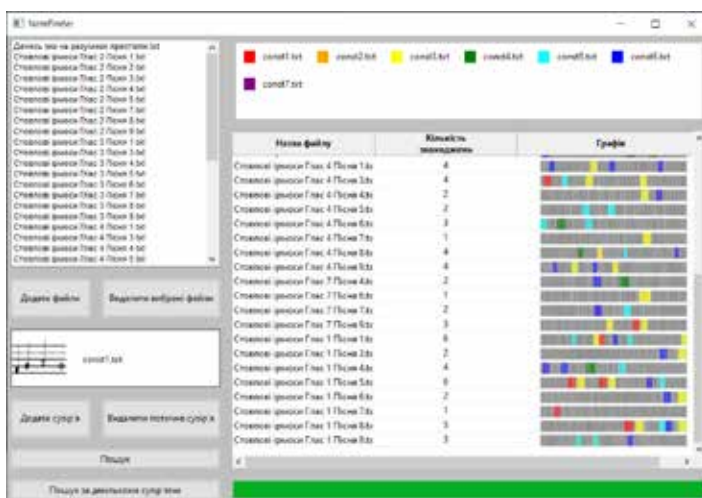
Усі розрахунки були зібрано й візуалізовано для аналізу. На прикладі 8 представлена частина числових результатів з візуалізацією на прикладі 9.

Отримані результати показують, що Constellation6 (33 %) зустрічається найчастіше, а Constellation1 має менший відсоток входження (7) після Constellation2 і Constellation7 (по 0).

Створення та дослідження музичних корпусів сакральної монодії XVI–XVIII століть є актуальним завданням, спрямованим на дослідження інтонаційного фонду української музичної культури. Цифрові компіляції репертуару нотолінійних ірмологонів XVI–XVIII століть дають змогу застосовувати аналітичні й обчислювальні методи до таких



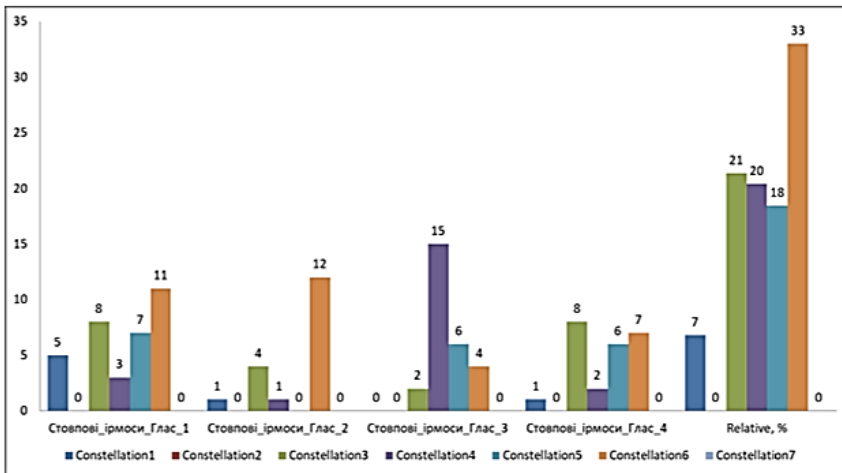
Приклад 6. Вікно NoteFinder для вибору сузір'я для аналізу



Приклад 7. Результати роботи NoteFinder

Music piece	Constellation 1	Constellation 2	Constellation 3	Constellation 4	Constellation 5	Constellation 6	Constellation 7
Денесь інє на разумних престолах	0	0	0	2	0	3	0
Стовпові_ірмоси_Глас_1_Пісня_1	1	0	2	0	2	1	0
Стовпові_ірмоси_Глас_1_Пісня_2	0	0	0	0	0	0	0
Стовпові_ірмоси_Глас_1_Пісня_3	0	0	1	0	0	1	0
Стовпові_ірмоси_Глас_1_Пісня_4	0	0	0	1	1	2	0
Стовпові_ірмоси_Глас_1_Пісня_5	2	0	2	0	1	1	0
Стовпові_ірмоси_Глас_1_Пісня_6	0	0	1	0	0	1	0
Стовпові_ірмоси_Глас_1_Пісня_7	1	0	0	0	0	0	0
Стовпові_ірмоси_Глас_1_Пісня_8	1	0	2	0	1	1	0
Стовпові_ірмоси_Глас_1_Пісня_9	0	0	0	0	2	1	0
Стовпові_ірмоси_Глас_2_Пісня_1	0	0	0	0	0	2	0
Стовпові_ірмоси_Глас_2_Пісня_2	0	0	0	1	0	1	0
Стовпові_ірмоси_Глас_2_Пісня_3	0	0	0	0	0	1	0
Стовпові_ірмоси_Глас_2_Пісня_4	1	0	0	0	0	2	0
Стовпові_ірмоси_Глас_2_Пісня_5	0	0	0	0	0	1	0
Стовпові_ірмоси_Глас_2_Пісня_6	0	0	0	0	0	0	0
Стовпові_ірмоси_Глас_2_Пісня_7	0	0	1	0	0	0	0

Приклад 8. Числові результати для дослідження частотності сузір'їв



Приклад 9. Візуалізація результатів досліджень

музичних текстів, а їх розробка поряд із відповідним програмним забезпеченням є багатоступінним і перспективним завданням. На етапі моделювання слід враховувати спектр комп'ютерних музичних форматів та особливості процесу оптичного розпізнавання музики. Це увиразнить музичний корпус для таких подальших досліджень, як пошук музичної інформації, діахронічний аналіз, аналіз варіабельності, інтелектуальний аналіз даних, а також функціонування елементів у формі піснеспівів української сакральної монодії XVI–XVIII століть. А водночас перспективним для подальших досліджень є укладання лінгвістичного словника українських ірмологіонів. Усе це свідчить про потребу в мультидисциплінарному підході в дослідженні української сакральної монодії.

Література

1. Alfaro-Contreras M., Ríos-Vila A., Valero-Mas J.J., Iñesta J.M., Calvo-Zaragoza J. Decoupling music notation to improve end-to-end Optical Music Recognition. *Pattern Recognition Letters*. 2022, Vol. 158. P. 157–163.
2. Baró A., Riba P., Calvo-Zaragoza J., Fornés A. From Optical Music Recognition to Handwritten Music Recognition: A baseline. *Pattern Recognition Letters*. 2019. Vol. 123. P. 1–8.
3. Calvo-Zaragoza J., Hajic H., Pacha A. Understanding Optical Music Recognition. *ACM Computing Surveys*. 2020. Vol. 53. P. 1–35.
4. Early Music Online. URL: <https://repository.royalholloway.ac.uk/hierarchy.do?topic=52facdbd-19ce-2b92-dbd5-434289d29e8b>.
5. Hrytsiv N., Shestakevych T., Shyyka J. Quantitative parameters of Lucy Montgomery's literary style. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. P. 670–684.
6. Hrytsiv N., Bekhta I., Sofianyuk N., Shestakevych T., Byalyk V. TEI Advances for Concordance Compiling: a case study of Erich Fromm's novel "The Art of Loving". *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. P. 212–229.
7. McCollum J., Hebert D. *Theory and Method in Historical Ethnomusicology*. Lexington Books / Rowman & Littlefield, 2014. 435 p.
8. Müller M. *Fundamentals of Music Processing. Audio, Analysis, Algorithms. Applications* Springer. 2015. 487 p.
9. Syrotynska N. *Intellectual context of medieval monody*. Lviv, 2024. 176 p.
10. Volk F., Wiering P. Van Kranenburg. Unfolding the potential of computational musicology. *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations: Problems and Possibilities of Computational Humanities*. 2011. P. 137–144.