

Перспективним видається поєднання можливостей такого цифрового двійника з можливостями LLM; останні можна використовувати, зокрема, для інтелектуального аналізу звернень громадян; для збору та аналізу постів та коментарів у соціальних мережах тощо.

Видається безумовно доцільною організація взаємодії інтелектуальних агентів та/або їх компонент, принаймні в рамках окремого вузла можливої мережі, на основі мікросервісної архітектури. При цьому слід звернути увагу на підходи до координації мікросервісів на основі машин станів, описані в [4]. Декларативний опис на основі машин станів дозволяє застосовувати математичні методи до аналізу конфігурації мережі та мір важливостей окремих вузлів – зокрема на основі PageRank-подібних методик [4, 2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

5. A comprehensive review of Digital Twin from the perspective of total process: data, models, networks and applications [Electronic resource] / Honghai Wu [et al.] // *Sensors*. – 2023. – Vol. 23, no. 19. – P. 8306. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/s23198306> (date of access: 20.10.2025). – Title from screen.

6. Author-level Eigenfactor metrics: evaluating the influence of authors, institutions, and countries within the social science research network community [Electronic resource] / Jevin D. West [et al.] // *Journal of the american society for information science and technology*. – 2013. – Vol. 64, no. 4. – P. 787–801. – Mode of access: <https://doi.org/10.1002/asi.22790> (date of access: 20.10.2025). – Title from screen.

7. Dreyling III R. Technology push in AI-enabled services: how to master technology integration in case of Bürokratt [Electronic resource] / Richard Dreyling III, Tanel Tammet, Ingrid Pappel // *SN Computer science*. – 2024. – Vol. 5, no. 6. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/s42979-024-03064-0> (date of access: 20.10.2025). – Title from screen.

8. Oletsky O. On supervising and coordinating microservices within web applications on the basis of state machines / O. Oletsky, V. Moholivskiy // *CEUR workshop proceedings*. – 2024. – Vol. 3909. – P. 442–454.

9. Oletsky O. Modeling changes of opinions as transition probabilities within one- and two-level model "State-Probability of Action" / O. Oletsky, D. Peleshko, V. Moholivskiy // *CEUR workshop proceedings*. – 2025. – Vol. 4004. – P. 52–61. Richard Dreyling III, Tanel Tammet, Ingrid Pappel. Technology Push in AI-Enabled Services: How to Master Technology Integration in Case of Bürokratt // *SN Computer Science*. – 2024.

NOWCASTING ЯК СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ВВП УКРАЇНИ: ПОРІВНЯННЯ З ТРАДИЦІЙНИМИ МОДЕЛЯМИ ПРОГНОЗУВАННЯ / NOWCASTING AS A MODERN APPROACH TO ESTIMATING UKRAINE'S GDP: COMPARISON WITH TRADITIONAL FORECASTING MODELS

Болотов Є. С., Дринь С. С. / Bolotov Y., Drin S.

Національний університет “Кієво-Могилянська Академія” / National University of Kyiv-Mohyla Academy

04655, Київ, вул. Григорія Сковороди, 2, факультет інформатики, кафедра математики
E-mail: yehor.bolotov@ukma.edu.ua, svitlana.drin@ukma.edu.ua

This study evaluates advanced forecasting models (MF-VAR and MF-FAVAR) for estimating Ukraine's GDP, which address issues associated with traditional low-frequency data. The MF-FAVAR model stands out for its effectiveness in integrating large, diverse data sets, including regional “short data” and high-frequency indicators such as nighttime lighting, Google Trends, and Twitter activity, into common factors. This approach is vital for short-term forecasting, especially during wartime. In future studies, this model will be applied to forecast the gross regional product (GRP) of the Lviv region.

У сучасному макроекономічному аналізі існує гостра потреба у швидкій оцінці ключових показників, таких як ВВП (Nowcast), до їх офіційного оприлюднення. Ця проблема ускладнюється питанням даних з різною періодичністю. Наприклад, ВВП зазвичай оприлюднюється щоквартально, тоді як інші важливі показники можуть бути доступними щомісяця або навіть щодня. Для України, особливо в умовах війни, використання класичних методів є менш ефективними. Традиційні економічні дані можуть бути недоступними або

ненадійними. Вирішення цієї проблеми вимагає використання спеціалізованих моделей, які можуть ефективно обробляти великі масиви даних з різною частотою та з різних джерел.

Метою даного дослідження є порівняльний аналіз точності прогнозів ВВП України. До таких сучасних підходів до прогнозування на основі моделей змішаної частоти належать векторної авторегресії (MF-VAR) [1] та їх факторних розширень (MF-FAVAR) з традиційними моделями прогнозування. Особливий акцент робиться на їх здатності інтегрувати багаточастотні та нетрадиційні джерела інформації. Це дослідження є особливо актуальним, оскільки, хоча в українській науці вже існують дослідження змішаних частотних моделей на національному рівні (наприклад, U-MIDAS [2]), сучасні економічні підходи, такі як MF-FAVAR, ще не застосовувалися для регіональних прогнозів.

Для досягнення цієї мети було запропоновано використовувати модель MF-FAVAR. Вона підходить для роботи з великими панелями даних та «short data» зі значно коротшими часовими інтервалами. Ця модель інтегрує інформаційний зміст багатьох регіональних предикторів, узагальнених у невелику кількість спільних факторів. MF-FAVAR ефективно вирішує проблему незбалансованих панелей даних («ragged edge»), що виникають через асинхронну публікацію статистичних даних, використовуючи фільтр Калмана. Модель можна описати системою рівнянь, що розділяє змінні за частотою. Динаміка r латентних факторів F_t описується рівнянням стану:

$$F_t = A_1 F_{t-1} + A_2 F_{t-2} + \dots + A_p F_{t-p} + u_t.$$

Рівняння вимірювання пов'язують ці фактори зі спостережуваними факторами:

$$\begin{aligned} X_t^{(H)} &= \Lambda^{(H)} F_t + \eta_t^{(H)}, \\ Y_t^{(L)} &= \Lambda^{(L)} F_t + \eta_t^{(L)}, \end{aligned}$$

де: $X_t^{(H)}$ - об'єднана панель високочастотних офіційних та альтернативних даних; $Y_t^{(L)}$ - низькочастотні показники (ВВП); F_t - вектор латентних факторів (споживчі настрої, стан ринку праці); $\Lambda^{(H)}$, $\Lambda^{(L)}$ - матриця факторних навантажень для високо- та низькочастотних даних; A_i - матриці коефіцієнтів VAR-частини. Кожна дана матриця показує, як минулі значення факторів впливають на поточні значення; $u_t, \eta_t^{(H)}, \eta_t^{(L)}$ - вектор залишків відповідних рівнянь.

Для оцінки точності прогнозування поза вибіркою будуть використовуватися стандартні показники, включаючи середньоквадратичну похибку прогнозу (RMSFE) та симетричну середню абсолютну процентну похибку (SMAPE):

$$\begin{aligned} RMSFE &= \sqrt{\frac{1}{H} \sum_{h=1}^H (\hat{Y}_{T+h|T} - Y_{T+h})^2}, \\ SMAPE &= \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|\hat{y}_t - y_t|}{(|\hat{y}_t| + |y_t|) / 2}. \end{aligned}$$

Ключовим елементом дослідження є унікальний набір даних за 1991-2025 роки, що поєднує дані різної періодичності. Цільовою змінною є ВВП Львівської області, отриманий від Головного управління статистики. Він доповнюється офіційними даними середньої частоти, включаючи економічні показники (промисловість, торгівля, сільське господарство) з порталу статистики Львівської області та дані про ринок праці від Львівської обласної служби зайнятості. Модель також інтегруватиме високочастотні альтернативні дані: ділова активність (реєстрація/ліквідація приватних підприємств та юридичних осіб) від Opendatobot, ціни на ринку нерухомості, а також пошукова активність та настрої від Google Trends та Twitter. Окремим викликом для дослідження є інтерпретація даних про нічне освітлення (NLI) [3], оскільки цей показник, ймовірно, відображав не економічну активність, а фактори обмежень безпеки (відключення електроенергії) та дефіциту енергії (відключення електроенергії), що вимагає спеціальної обробки в моделі.

Попередні результати показали, що використання факторних моделей на основі великих наборів даних має переваги над простими авторегресійними (AR) моделями. Щодо нетрадиційних даних, поєднання декількох корелятивів значно покращує точність відстеження економічної активності. Моделі, що використовують лише один показник, працюють гірше. В емпіричному дослідженні регіональної економічної активності в Україні комбінована модель, що використовує ці нетрадиційні дані, показала надзвичайно високу пояснювальну силу (R^2 у вибірці 99,60%) [3]. Водночас такий високий R^2 вимагає обережної інтерпретації через потенційний ризик перенавчання. Слід зазначити, що хоча динамічні факторні моделі мають

теоретичні переваги, емпіричні порівняння часто показують, що вони не завжди систематично перевершують надійні статичні факторні моделі (Stock & Watson) [4], які зазвичай реалізуються за допомогою аналізу головних компонент (PCA), з точки зору точності прогнозування.

Отримані результати вказують на можливість істотного поліпшення якості короткострокових економічних прогнозів (Nowcasting) для ВВП України та її регіонів. Моделі MF-VAR/MF-FAVAR мають фундаментальні переваги над традиційними моделями, оскільки вони здатні обробляти змішані частоти даних і великі незбалансовані набори даних за допомогою ефективного використання спільних факторів. Це особливо важливо для регіонального прогнозування, де для отримання своєчасних оцінок необхідна інтеграція неоднорідних і високочастотних показників.

Список джерел:

- [1] Koop G., McIntyre S., Mitchell J., Poon A., Wu P. Incorporating Short Data into Large Mixed-Frequency VARs for Regional Nowcasting // Federal Reserve Bank of Cleveland Working Paper Series. – 2023. – No. 23-09
- [2] Зомчак Л. М., Ракова А. С. U-MIDAS-модель прогнозування ВВП України на даних змішаної частоти // Східна Європа: Економіка, Бізнес та Управління. – 2020. – Вип. 2 (25). – С. 436–441.
- [3] Constantinescu M., Karpner K., Szumilo N. The Warcast Index: Estimating Economic Activity without Official Data during the Ukraine War in 2022 // NBU Working Papers. – 2024. – № 03/2024.
- [4] Stock J. H., Watson M. W. Forecasting Using Principal Components From a Large Number of Predictors // Journal of the American Statistical Association. – 2002. – Vol. 97, № 460. – P. 1167–1179.

**ФРАКТАЛЬНО-ДИFUЗІЙНІ ГЕНЕРАТИВНІ МОДЕЛІ: ІЄРАРХІЧНИЙ ПІДХІД ДО
СИНТЕЗУ ЗОБРАЖЕНЬ / FRACTAL-DIFFUSION GENERATIVE MODELS: A
HIERARCHICAL APPROACH TO IMAGE SYNTHESIS**

Шалімов А. В., Авраменко О. В. / Shalimov A., Avramenko O.

Національний університет “Києво-Могилянська Академія” / National University of Kyiv-Mohyla
Academy

04655, Київ, вул. Григорія Сковороди, 2, факультет інформатики, кафедра математики
E-mail: a.shalimov@ukma.edu.ua, o.avramenko@ukma.edu.ua

This study extends the Fractal Generative Model by replacing its autoregressive generator with a diffusion-based generator at the top level of the hierarchy. FractalGen builds images recursively: each level invokes a similar generative module on subregions, enforcing self-similar structure across scales. In the original model, this module is autoregressive, generating pixels sequentially and enabling exact likelihoods. We introduce a new generator type that uses a conditional diffusion U-Net to produce a coarse global canvas in parallel via denoising. Lower levels of the hierarchy remain unchanged and further refine local detail. This hybrid fractal-diffusion architecture preserves the recursive, self-similar assembly of FractalGen while replacing pixel-by-pixel sampling with parallel diffusion at the latent level. We evaluate a baseline DDPM against our approach on ImageNet using visual-fidelity and distributional metrics.

Сучасні методи генерації зображень ґрунтуються на масштабних авторегресійних і дифузійних моделях, здатних створювати реалістичні та семантично узгоджені зображення. Дифузійні підходи [1] формують зображення шляхом ітеративного знешумлення латентного вектора, забезпечуючи високу якість, але потребуючи значних обчислень. Авторегресійні моделі факторизують розподіл за регіонами, що забезпечує узгодженість між підобластями, проте залишаються повільними через послідовну природу генерації. Для подолання цих обмежень запропоновано фрактальні генеративні моделі (Fractal Generative Models, FGM) [2], які рекурсивно застосовують один і той самий генератор на різних масштабах, формуючи самоподібну ієрархію, що концептуально узгоджується з фрактальною природою [3]. У початковій реалізації FGM використовували авторегресійні модулі, які забезпечували узгодженість між підобластями, але зберігали низьку швидкість через послідовну генерацію.

У цьому дослідженні пропонується модифікація FGM із використанням дифузійної нейронної мережі на архітектурі U-Net як альтернативного генератора. Такий підхід підвищує паралельність процесу, скорочує час синтезу й інтегрує ієрархічний самоподібний принцип у стандартну дифузійну модель. Конфігурація працює в латентному просторі [4], що зменшує ймовірність артефактів, спричинених відсутністю явного авторегресійного обумовлення. Верхній рівень ініціалізує гаусівський шум, який знешумлюють дочірні вузли, що діють на