

І.В. Баклан, Т.В. Шулькевич

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОГНОЗУ ПРИ ВАРІАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ГІБРИДНОЇ ЛІНГВІСТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Анотація. Використання гібридного лінгвістичного підходу для моделювання числових образів у вигляді часових рядів з використанням ймовірнісних граматики на основі прихованих часових рядів та імплементувати інформаційну технологію для побудови множин лінгвістичних моделей та їх гібридів, які описують динаміку обраних часових рядів процесів різної природи.

В статті розглянуто результати проведені під час обчислювальних експериментів, була доведена якість прогнозування часових рядів різноманітної природи при різних параметрах. Метою чинного дослідження є емпіричне доведення придатності використання гібридного лінгвістичного підходу для прогнозування часових рядів.

Експериментальним шляхом виявлені оптимальні параметри алгоритму. Алгоритм було застосовано до різноманітних часових рядів (соціальних, медичних, фінансових та економічних), вираховані статистичні показники точності прогнозу. Експерименти показали, що алгоритм стабільно виконує прогноз значень ряду на 3-4 кроки вперед та прогноз зміни тренду на 3-5 кроків.

Ключові слова: часовий ряд, модель, прогнозування, гібридна лінгвістична модель, лінгвістичне моделювання.

Постановка проблеми. Стоїть задача використання гібридного лінгвістичного підходу для моделювання числових образів у вигляді часових рядів з використанням ймовірнісних граматики на основі прихованих часових рядів та імплементувати інформаційну технологію для побудови множин лінгвістичних моделей та їх гібридів, які описують динаміку обраних часових рядів процесів різної природи.

Аналіз публікацій по темі дослідження. Лінгвістичний (структурний, синтаксичний) підхід відомий ще за роботами американського науковця китайського походження Кінг Сунь Фу [1,2]. Саме він висловив можливість використання ймовірнісних формальних граматики для опису складних образів.

Елементи лінгвістичного підходу були викладені в роботах Соколова [3], Сенкевича [4], Дрождина [5], Сулимовой [6], Oscar Cerdón та Francisco Herrera [7], Gui-Wu Wei [8]. Гібридний лінгвістичний підхід запропонований у

роботах Баклана [9, 10, 11]. Практичні аспекти використання лінгвістичного моделювання приведені в [12].

Мета дослідження. Метою чинного дослідження є емпіричне доведення придатності використання гібридного лінгвістичного підходу для прогнозування часових рядів.

Основна частина. Лінгвістичне моделювання – комплекс методів, методик та алгоритмів, які використовують процес перетворення числових масивів інформації до лінгвістичних послідовностей, на основі яких відновлюється формальна граматики.

Лінгвістична модель динамічного процесу складається з наступних елементів: $\langle D, I, L, G \rangle$ де D – сукупність часових рядів динамічного процесу та рядів, похідних від вхідних даних, I – спосіб та правила інтервалізації, L – морфізм відображення інтервального представлення ряду на певний алфавіт, G – відновлена граматики динамічного процесу.

Кроки (підзадачі) побудови лінгвістичної моделі на основі чисельного часового ряду динамічного процесу:

- підзадача отримання різницевого рядів;
- підзадача інтервалізації;
- підзадача лінгвістизації;
- підзадача відновлення формальної граматики.

Детальні особливості застосування гібридного лінгвістичного моделювання [12].

На розробленому програмному забезпеченні були проведені чисельні експерименти щодо прогнозування часових рядів на різних типах інтервалізації (розподілах ймовірностей), було досліджено якість прогнозу часового ряду на різних потужностях алфавіту (кількості інтервалів).

Для експериментів були використані часові ряди [13]:

1. Авіа перельоти (airline-passengers) – соціальний.
2. Вимірювання рівня глюкози в крові (glucose measurement) – медичний.
3. Ціни Скандинавського ринку електроенергії (nordpool_svet) - економічний.
4. Ціни природного газу на NYMEX (prices_natural_gas_usd) – економічний.

На рисунках 1-5 порівнюється прогноз часового ряду авіа перельотів в США.

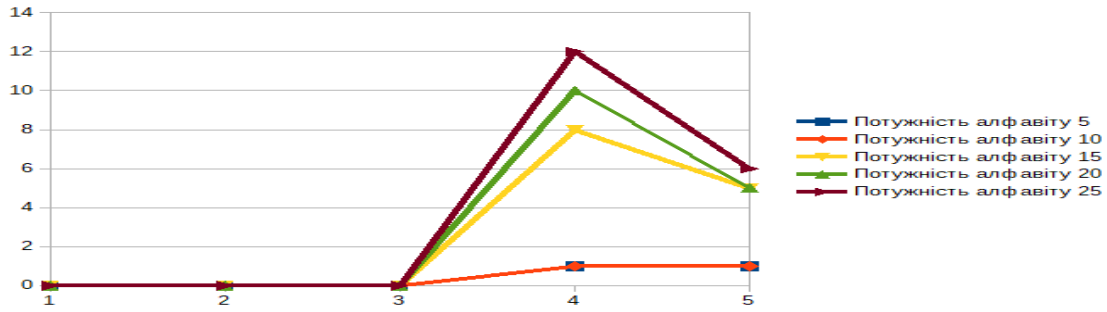


Рисунок 1 - Результати прогнозу по кроках для рівномовірного розподілу

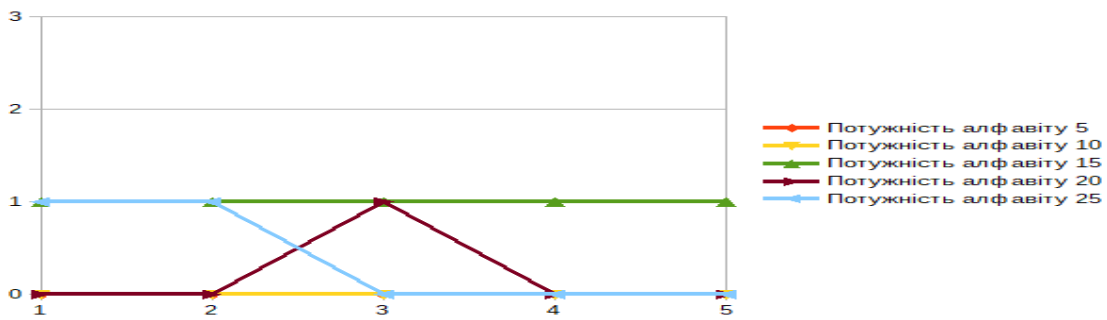


Рисунок 2 - Результати прогнозу по кроках для розподілу Лапласа

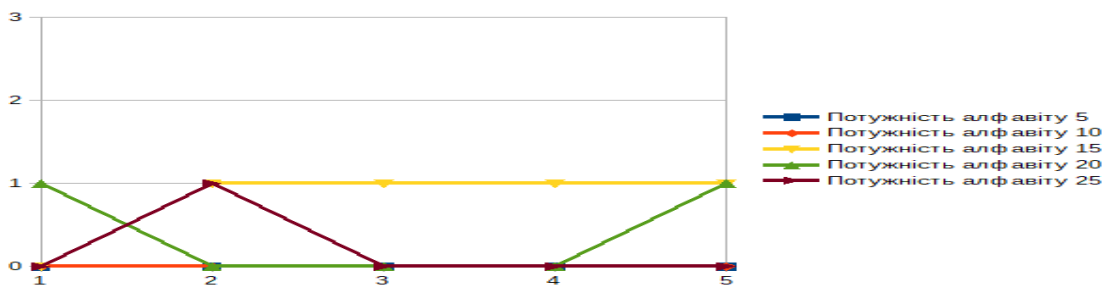


Рисунок 3 - Результати прогнозу по кроках для нормального розподілу

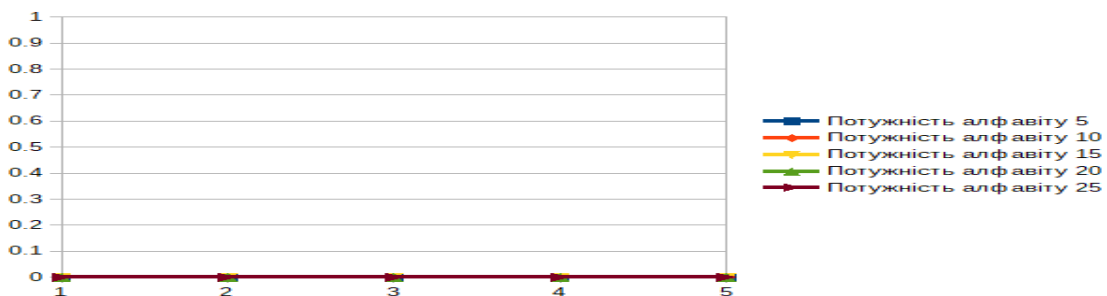


Рисунок 4- Результати прогнозу по кроках для Бета розподілу

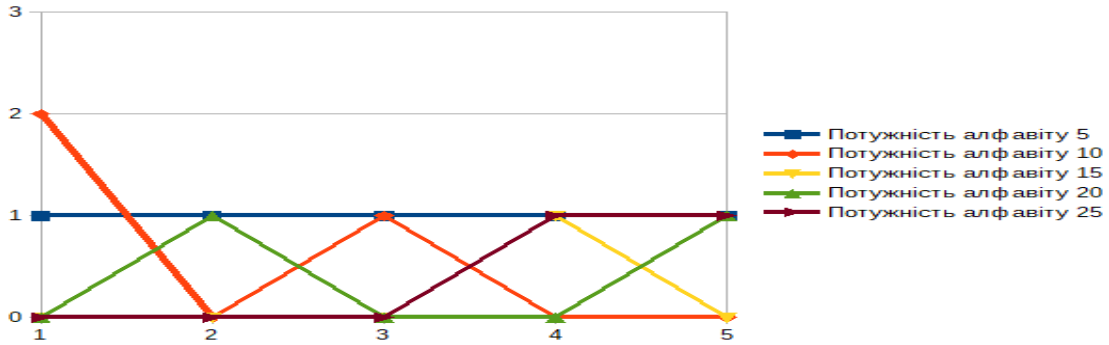


Рисунок 5 - Результати прогнозу по кроках для розподілу Ст'юдента

На рисунках 6-10 порівнюється прогноз по часовому ряду вимірювання рівня глюкози в крові.

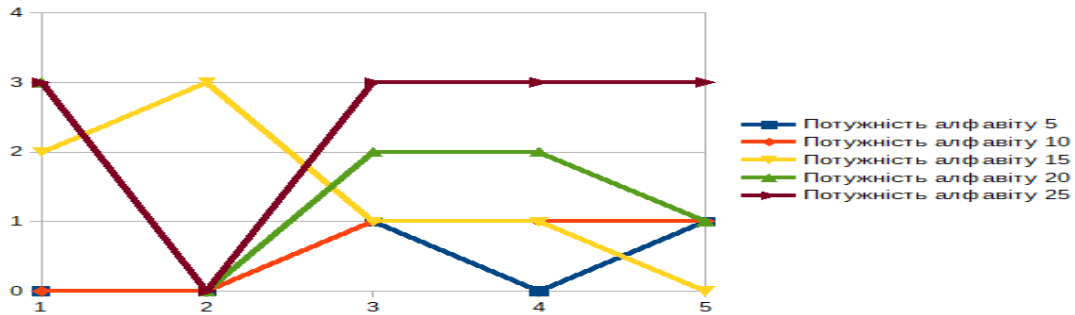


Рисунок 6 - Результати прогнозу по кроках для рівномірного розподілу

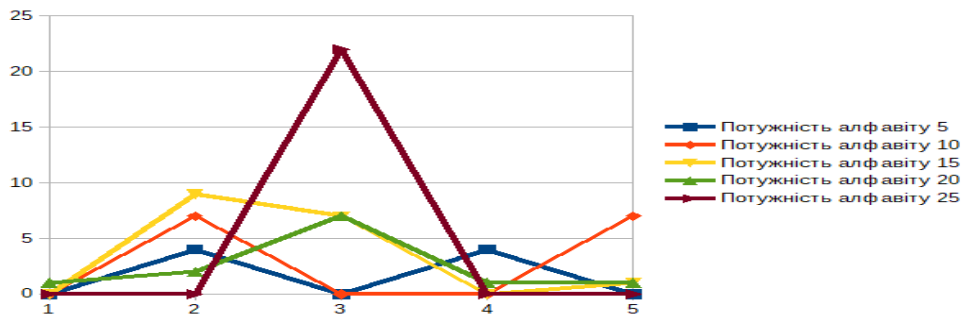


Рисунок 7 - Результати прогнозу по кроках для розподілу Лапласа

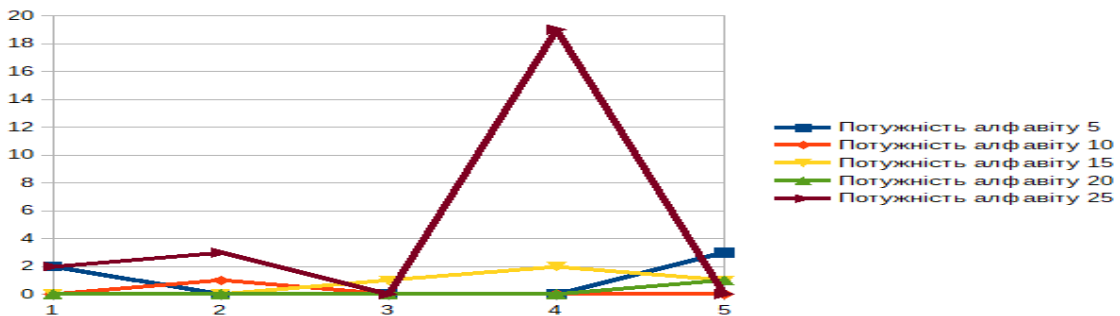


Рисунок 8 - Результати прогнозу по кроках для нормального розподілу

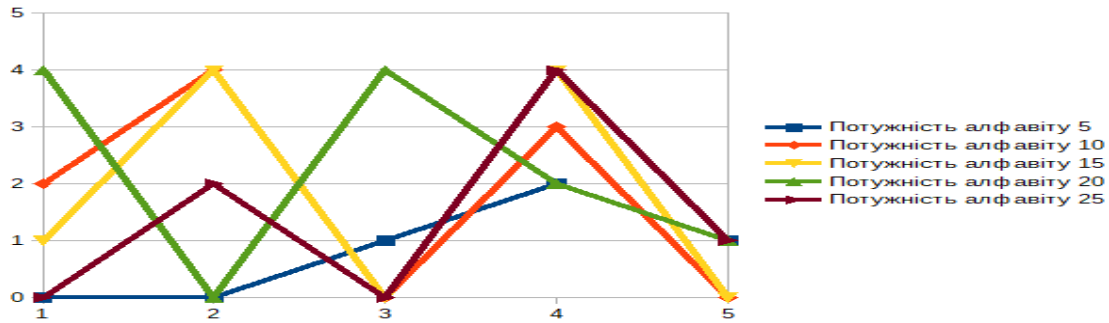


Рисунок 9- Результати прогнозу по кроках для Бета розподілу

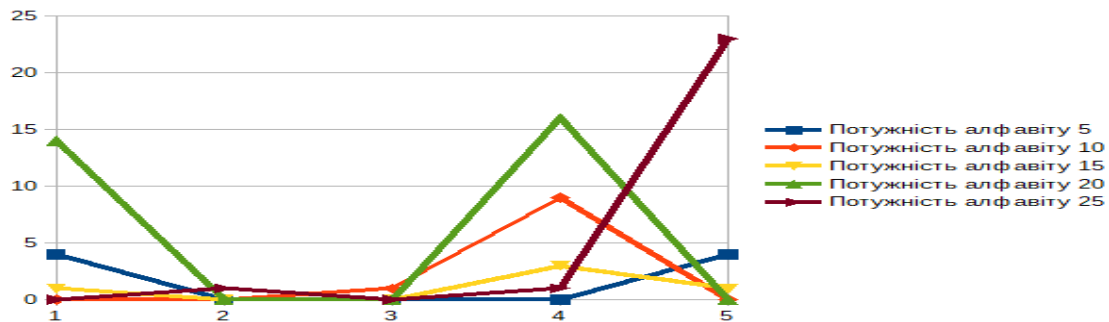


Рисунок 10 - Результати прогнозу по кроках для розподілу Ст'юдента

На рисунках 11-15 порівнюється прогноз по часовому ряду ціни Скандинавського ринку електроенергії.

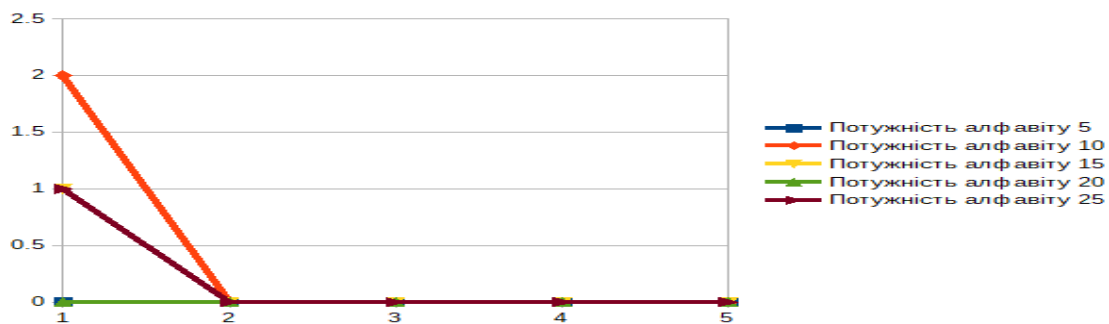


Рисунок 11 - Результати прогнозу по кроках для рівномірного розподілу

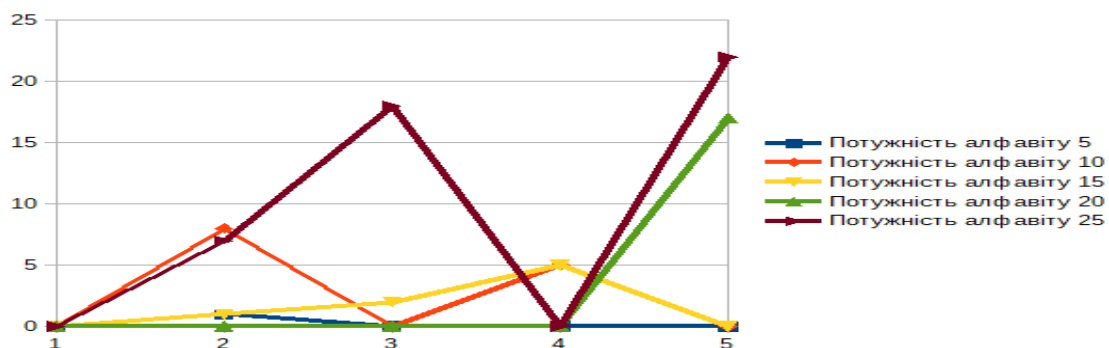


Рисунок 12 - Результати прогнозу по кроках для розподілу Лапласа

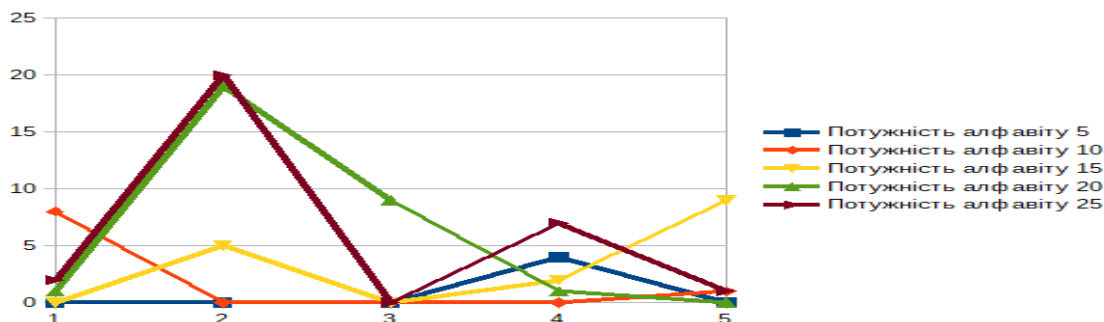


Рисунок 13 - Результати прогнозу по кроках для нормального розподілу

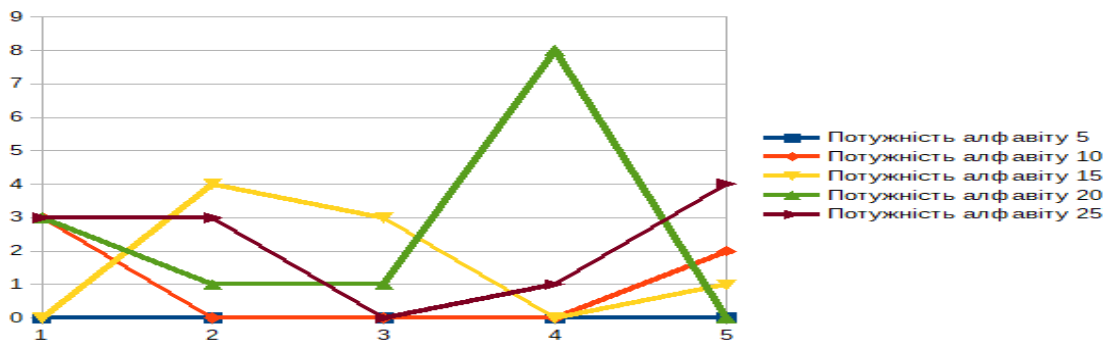


Рисунок 14- Результати прогнозу по кроках для Бета розподілу

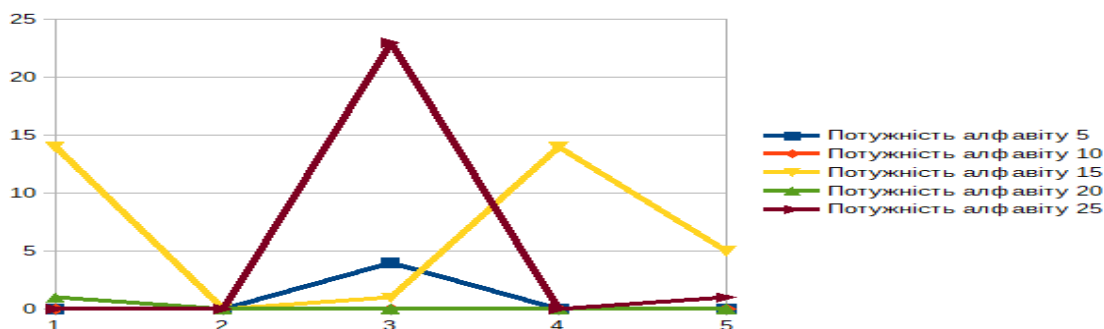


Рисунок 15 - Результати прогнозу по кроках для розподілу Ст'юдента

На рисунках 16-20 порівнюється прогноз по часовому ряду ціни природного газу на NYMEX.

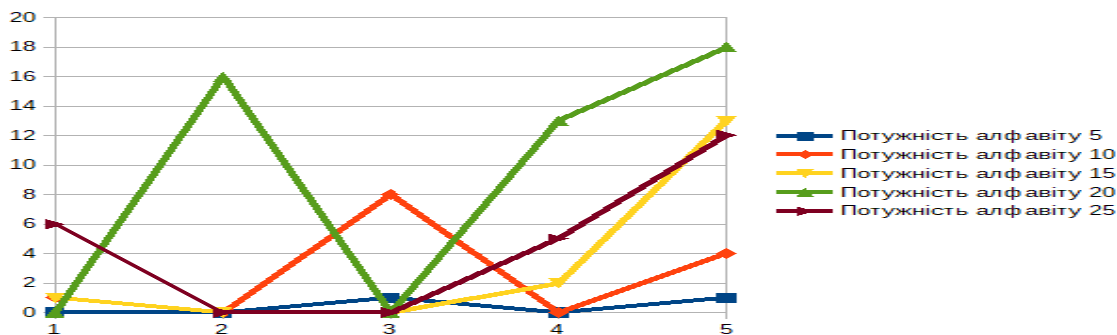


Рисунок 16 - Результати прогнозу по кроках для рівномірного розподілу

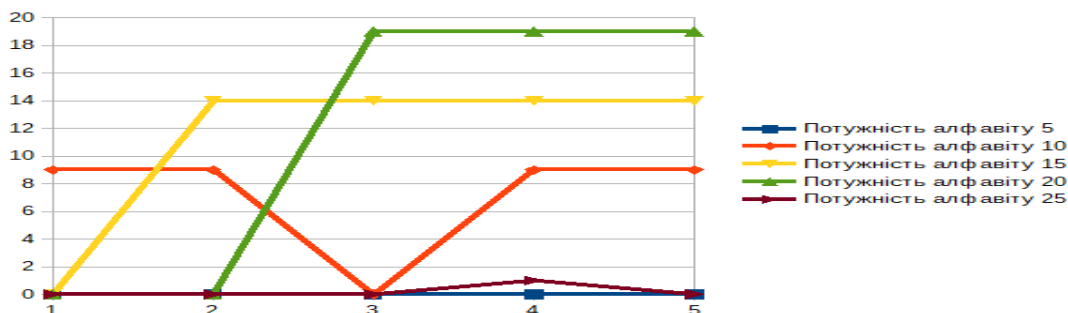


Рисунок 17 - Результати прогнозу по кроках для розподілу Лапласа

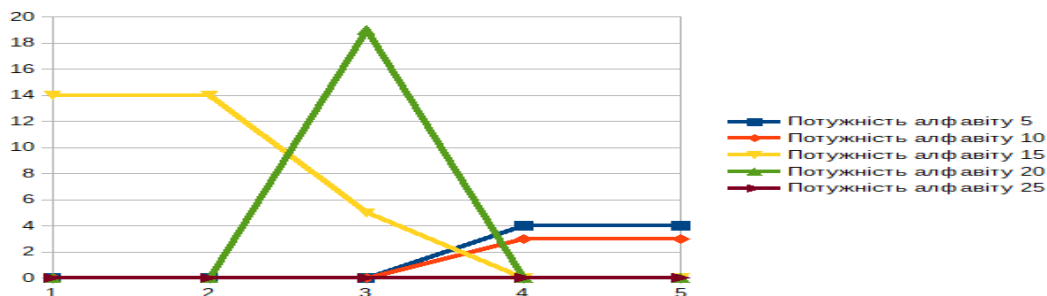


Рисунок 18 - Результати прогнозу по кроках для нормального розподілу

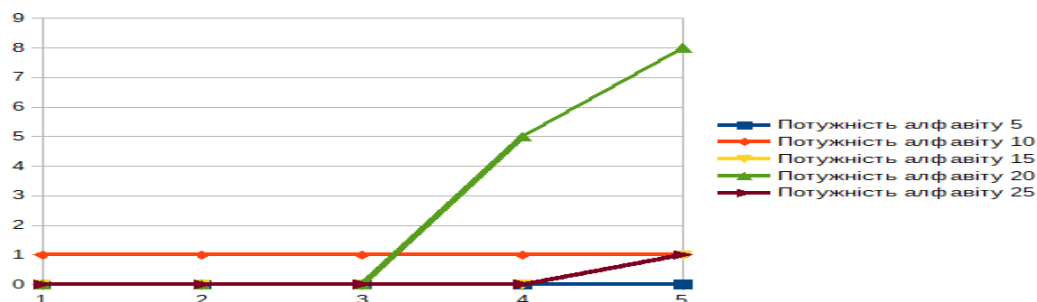


Рисунок 19- Результати прогнозу по кроках для Бета розподілу

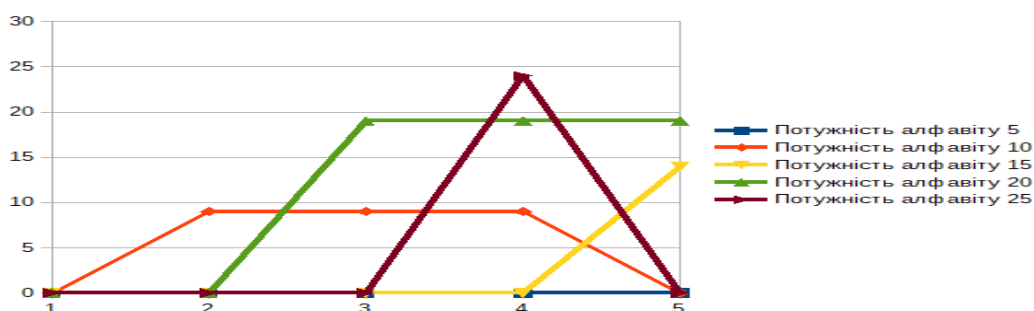


Рисунок 20 - Результати прогнозу по кроках для розподілу Ст'юдента

Робота проводилася у рамках теми “Інтелектуальні методи програмування, моделювання і прогнозування з використанням ймовірнісного і лінгвістичних підходів”. Державний реєстраційний номер 0117U000926.

Висновки. Експериментальним шляхом виявлені оптимальні параметри алгоритму. Алгоритм було застосовано до різноманітних часових рядів (соціальних, медичних, фінансових та економічних), вираховані статистичні показники точно-

сті прогнозу. Експерименти показали, що алгоритм стабільно виконує прогноз значень ряду на 3-4 кроки вперед та прогноз зміни тренду на 3-5 кроків.

ЛІТЕРАТУРА / LITERATURE

1. Фу К. Структурные методы в распознавании образов; [пер. с англ. З.В. Зава-лишина, С.В. Петрова, Р.Л. Шейнина; под ред. М.А. Айзермана]. М.: Мир, 1977. 319 с.
2. Fu K.S. Structural Methods in Pattern Recognition. Academic Press, 1969, 227p.
3. Соколов О.Ю. Алгебраїчні моделі та методи аналізу і синтезу систем керування слабо формалізованими процесами : Дис... д-ра наук: 05.13.03 [Місце захисту: Національний аерокосмічний університ ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"]. м. Харків - 2002. - 393 с.
4. Сенкевич Ю. И. Теоретические основы разработки автоматизированных инструментальных средств для телемедицинских систем полярных зон : диссертация ... доктора технических наук : 05.13.01 / Сенкевич Юрий Игоревич; [Место защиты: Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН].- Санкт-Петербург, 2008.- 271 с.
5. Дрождин В.В., Баканов А.Б. Грамматика описания домена фамилий // Вопросы радиоэлектроники. Сер.: Электронная вычислительная техника. 2007. Вып. 1. С. 77–82.
6. Моттль В.В., Сулимова В.В., Татарчук А.И. Автоматический выбор наиболее информативных фрагментов в задачах распознавания сигналов разной длительности. Таврический вестник математики и информатики – No 1, 2006, стр. 109-115.
7. Cordon O., Herrera F. A Proposal for Improving the Accuracy of Linguistic Modeling // IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS, VOL. 8, NO. – Spaine, Granada, University of Granada. 3, JUNE 2000. - P.335-344.
8. G.-W. Wei. Uncertain Linguistic Hybrid Geometric Mean Operator and Its Application to Group Decision Making Under Uncertain Linguistic Environment // International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems. Vol. 17, No. 2 (2009) 251–267.
9. Баклан И.В. Лингвистическое моделирование: основы, методы, некоторые прикладные аспекты // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Выпуск 3 (74). – Днепропетровск, 2011. – С.10 – 19.
10. Баклан И.В. Интервальный подход до побудови лінгвістичної моделі // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Выпуск 3 (86). – Днепропетровск, 2013. - С.3-8.
11. Баклан И.В. Лінгвістичне моделювання часових рядів різної природи з фрактальними властивостями // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ.–Выпуск 3(104).–Днепропетровск, 2016. -С.110-118.
12. Гібридний лінгвістичний підхід до моделювання часових рядів / І.В.Баклан, Т.В.Шулькевич // Прикладні питання математичного моделювання. - №2 (2018). - С.192-202.
13. Електронний ресурс <http://www-eio.upc.edu/~pau/cms/rdata/datasets.html>.

REFERENCES

1. Fu K. Strukturnue metodu v raspoznavanyy obrazov; [per. s anhl. Z.V. Zavalysyna, S.V. Petrova, R.L. Sheinyna; pod red. M.A. Aizermana]. M.: Myr, 1977. 319 s.
2. Fu K.S. Structural Methods in Pattern Recognition. Academic Press, 1969, 227p.
3. Sokolov O.Iu. Alhebraichni modeli ta metody analizu i syntezy system keruvannia slabo formalizovanymy protsesamy : Dys... d-ra nauk: 05.13.03 [Mistse zakhystu: Natsionalnyi aerokosmichniy universyt im. M.Ie. Zhukov-skoho "Kharkivskiy aviatsiyniy instytut"]. m. Kharkiv - 2002. - 393 s.
4. Senkevych Yu.Y. Teoretycheskye osnovy razrabotky avtomatyziro-vannykh ynstrumentalnykh sredstv dlia telemedytsynskyykh system poliar-nykh zon: dysser-tatsiya ... doktora tekhnicheskyykh nauk: 05.13.01 / Senkevych Yuriy Yhorevych; [Mesto zashchyty: Sankt-Peterburhskiy ynstitut ynformatyky y avtomatyzatsyy RAN].- Sankt-Peterburh, 2008.- 271 s.
5. Drozhdyn V.V., Bakanov A.B. Hrammatyka opysanyia domena famylyi // Voprosy radyoelektronnyky. Ser.:Elektronnaia vychyslytelnaia tekhnika. 2007. Выр.1.S.77–82.
6. Mottl V.V., Sulymova V.V., Tatarchuk A.Y. Avtomatycheskiy vybor nayboleeynformatyvnykh frahmentov v zadachakh raspoznavaniya syhnalov raznoi dlytel-nosti. Tavrycheskiy vestnyk matematyky y ynformatyky – No 1, 2006, str. 109-115.
7. Cordón O., Herrera F. A Proposal for Improving the Accuracy of Linguistic Model-ing // IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS, VOL. 8, NO. – Spane, Granada, University of Granada. 3, JUNE 2000. - P.335-344.
8. G.-W. Wei. Uncertain Linguistic Hybrid Geometric Mean Operator and Its Applica-tion to Group Decision Making Under Uncertain Linguistic Environment // Interna-tional Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems. Vol. 17, No. 2 (2009) 251–267.
9. Baklan Y.V. Lnhvystycheskoe modelyrovanye: osnovy, metody, ne-kotorye prykladnye aspekty // Systemnye tekhnolohyy. Rehyonalnyi mezhvuzovskiy sbornyk nauchnykh rabot. – Выпуск 3 (74). – Dnepropet-rovsk, 2011. – S.10 – 19.
10. Baklan I.V. Intervalnyi pidkhid do pobudovy lnhvistychnoi modeli // Systemnye tekhnolohyy. Rehyonalnyi mezhvuzovskiy sbornyk nauchnykh rabot. – Выпуск 3 (86). – Dnepropetrovsk, 2013. - S.3-8.
11. Baklan I.V. Lnhvistychno modeliuvaniia chasovykh riadiv riznoi pry-rody z fraktalnymy vlastyvostiamy // Systemnye tekhnolohyy. Rehyona-lnyi mezhvu-zovskiy sbornyk nauchnykh rabot. – Выпуск 3 (104). – Dnep-ropetrovsk, 2016. - S.110-118.
12. Hibrydnyi lnhvistychnyi pidkhid do modeliuvaniia chasovykh riadiv / I.V.Baklan, T.V.Shulkevych // Prykladni pytannia matematychnoho modeliu-vannia. - №2 (2018). - S.192-202.
13. Elektronnyi resurs <http://www-eio.upc.edu/~pau/cms/rdata/datasets.html>.

Received 14.02.2019.

Accepted 18.02.2019.

Сравнительный анализ прогноза при вариации параметров гибридной лингвистической модели

Использование гибридного лингвистического подхода для моделирования числовых образов в виде временных рядов с использованием вероятностных грамматик на основе скрытых временных рядов и имплементировать информационную технологию для построения множеств лингвистических моделей и их гибридов, которые описывают динамику избранных временных рядов процессов различной природы.

В статье рассмотрены результаты проведенных во время вычислительных экспериментов, была доказана качество прогнозирования временных рядов различной природы при различных параметрах.

Целью действующего исследования является эмпирическое доказательство пригодности использования гибридного лингвистического подхода для прогнозирования временных рядов.

Экспериментальным путем выявлены оптимальные параметры алгоритма. Алгоритм был применен к различным временным рядов (социальных, медицинских, финансовых и экономических), вычислены статистические показатели точности прогноза. Эксперименты показали, что алгоритм стабильно выполняет прогноз значений ряда на 3-4 шага вперед и прогноз изменения тренда на 3-5 шагов.

Comparative analysis of the forecast for variation of the parameters of the hybrid linguistic model

Using a hybrid linguistic approach to model numerical images in the form of time series using probabilistic grammars based on hidden time series and implement information technology to build sets of linguistic models and their hybrids that describe the dynamics of selected time series of processes of different nature.

In the article the results of computational experiments are considered, the quality of forecasting of time series of diverse nature at various parameters was proved.

The goal of the current research is to provide empirical evidence of the suitability of using a hybrid linguistic approach for predicting time series.

Experimental way to find the optimal parameters of the algorithm. The algorithm was applied to a variety of time series (social, medical, financial and economic), calculated the statistical accuracy of the forecast. Experiments have shown that the algorithm consistently performs the forecast of values in a range of 3-4 steps forward and forecasts the trend change by 3-5 steps.

Баклан И.В. - к.т.н., доцент, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им.Игоря Сикорского».

Шулькевич Т.В. - аспирант Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского».

Баклан І.В. – к.т.н., доцент, Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Шулькевич Т.В. - аспірант Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

Baklan I.V. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”.

Shulkevych T.V. - Post-graduate student of the National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”.