

DOI: <https://doi.org/10.15407/usim.2018.06.025>
УДК 338.24:681.513.8

С.М. ЄФІМЕНКО, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.,
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем
НАН та МОН України, просп. Глушкова, 40, Київ 03187, Україна,
syefim@ukr.net

В.С. СТЕПАШКО, д-р техн. наук, зав. відділом,
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем
НАН та МОН України, просп. Глушкова, 40, Київ 03187, Україна,
stepashko@irtc.org.ua

ПРОГНОЗНА АНАЛІТИКА ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ У СИСТЕМАХ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ

Розглянуто деякі аспекти розвитку цифрової економіки: проаналізовано низку означень терміну та запропоновано узагальнений варіант; розглянуто підходи до моделювання економічних процесів у системах бізнес-інтелекту та сучасні інструменти прогнозної аналітики, що використовуються для прийняття ефективних бізнес-рішень.

Ключові слова: цифрова економіка, прогнозна аналітика, індуктивне моделювання, МГУА.

Вступ

В кінці 20 — на початку 21 ст. світ увійшов в інформаційну еру, яка полягає у переході від традиційної індустрії до комп'ютеризованої, що характеризується стрімким розвитком технологій. З'явилися нові терміни, які характеризують нову еру. Одним з таких термінів є *цифрова економіка*. Хоча роль впливу інформаційних технологій на трансформацію систем цифрової економіки досить очевидна, багато питань залишаються недостатньо вивченими. Тому метою цієї роботи є розгляд деяких аспектів розвитку цифрової економіки. Зокрема, проаналізовано низку означень цифрової економіки та запропоновано певний узагальнений варіант. Проаналізовано підходи до застосування систем бізнес-інтелекту в середовищі цифрової економіки. Розглянуто сучасні інструменти прогнозної аналітики, що використовуються

для прийняття ефективних бізнес-рішень. Запропоновано ідею розроблення інтелектуальної інформаційної технології індуктивного моделювання та прогнозування складних процесів у системах цифрової економіки.

Аналіз концепцій та означень цифрової економіки

Термін *цифрова економіка* у 1995 р. ввів вжиток Дон Тапскотт в своїй книзі «*The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence*». Він визначив цифрову економіку як таку, що ґрунтується на використанні інформаційних комп'ютерних технологій [1].

Окрім Тапскотта термін *цифрова економіка* в сенсі «переходу від обробки атомів до обробки бітів» одним з перших використовував також американський інформатик Ніколас Негропonte [2]. Він відзначав, що класичні товари мають та-

кі недоліки, як вага, сировина, транспорт, у той час нова економіка характеризувалася відсутністю ваги товарів, віртуальністю, непотрібністю сировини та миттєвою доставкою.

Останнім часом термін *цифрова економіка* стає все більш усталеним, хоча раніше також використовувалися *нова економіка*, *електронна економіка*, *інтернет-економіка*, *веб-економіка* тощо.

Вікіпедія визначає цифрову економіку (*Digital economy*) як економіку, що базується на цифрових комп'ютерних технологіях, коли виробництво, продаж та постачання продуктів здійснюються через комп'ютерні мережі [3].

За означенням Світового банку, цифрова економіка — це система економічних, соціальних і культурних відносин, заснованих на використанні цифрових інформаційно-комунікаційних технологій.

У 2016 р. Всесвітній банк підготував доповідь про стан цифрової економіки «Цифрові дивіденди» [4], в якій підкреслено вигоди від її розвитку:

- зростання продуктивності праці;
- підвищення конкурентоспроможності компаній;
- зниження витрат виробництва;
- створення нових робочих місць;
- більш повне задоволення потреб людей;
- подолання бідності та соціальної нерівності.

Інтернет-словник *Merriam-Webster* використовує термін *диджіноміка* як синонім цифрової економіки та визначає її як «технологічний і соціальний рівень розвитку, за якого економіка переходить у цифрову форму, де угоди між покупцями і продавцями відбуваються в електронному вигляді; це суспільство без готівки, де всі фінансові операції відбуваються в цифровому вигляді» [5].

Можна визначити кілька етапів розвитку цифрової економіки:

- 1) виробництво електронних товарів та надання послуг (економіка цифрових технологій);
- 2) використання цифрових технологій в економічному виробництві;
- 3) цифрова економіка, як найвищий рівень економіки, яка, на відміну від *аналогової*, не по-

требує проведення реальних експериментів на зразок натурних ядерних випробувань чи тестів з випробування макетів автомобілів тощо.

Згідно з [6], термін *цифрова економіка* «пов'язаний з інтенсивним розвитком інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), розвитком інформаційного суспільства та його послідовним переходом до суспільства знань». Цифрова економіка є комунікаційним середовищем економічної діяльності в мережі Інтернет, яке спрощує зв'язки між компаніями, банками, населенням, прибираючи ланцюжки посередників і прискорюючи проведення угод і операцій.

Однією з характерних ознак цифрової економіки є так звана *цифровізація*, тобто насичення фізичного світу електронно-цифровими пристроями, засобами, системами та налагодження електронно-комунікаційного обміну між ними, що фактично уможливорює інтегральну взаємодію віртуального і фізичного, тобто створює «кіберфізичний простір». З урахуванням цього в [7] вказано, що цифровою є економіка, яка застосовує і споживає цифрові технології і сервіси. Для цього необхідний розвиток галузі цифрової індустрії, яка буде створювати цифрові технології та сервіси, впроваджувати і обслуговувати їх.

Певні елементи систем цифрової економіки діють і в Україні, вживаються заходи з метою подальшого її розвитку. Зокрема, Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 січня 2018 р. № 67-р затверджено «*Концепцію розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018—2020 роки*» [8]. У ній цифрова економіка визначається як «діяльність, у якій основними засобами (факторами) виробництва є цифрові (електронні, віртуальні) дані, як числові, так і текстові. Цифрова економіка базується на інформаційно-комунікаційних та цифрових технологіях, стрімкий розвиток і поширення яких вже сьогодні впливають на традиційну (фізично-аналогову) економіку, трансформуючи її від такої, що *споживає* ресурси, до економіки, що *створює* ресурси. Саме *дані* є ключовим ресурсом цифрової економіки, вони генеруються та забезпечують електронно-комунікаційну взаємодію завдяки

функціонуванню електронно-цифрових пристроїв, засобів та систем».

Неважко переконатись, що між усіма згаданими означеннями є чимало спільного. Враховуючи це, як робоче означення пропонуємо розглядати також наступне:

Цифрова економіка — це новий економічний механізм, під яким слід розуміти сукупність програмних і технічних засобів, які забезпечують процеси виробництва, продажу і постачання продукції та послуг через комп'ютерні системи, що діють в мережі Інтернет і здатні до швидкого коригування структури та функцій за умов постійної зміни ситуацій у середовищі їх функціонування.

Системи бізнес-інтелекту в цифровій економіці

Бізнес-інтелект (БІ) охоплює стратегії та технології, що використовуються підприємствами для аналізу бізнес-інформації [9]. БІ належить до управлінської філософії та інструментарію, який використовується, щоб сприяти організаціям активно оперувати бізнес-інформацією з метою прийняття ефективних бізнес-рішень. Технології БІ забезпечують історичні, поточні та прогнозні погляди на бізнес-операції.

Класифікацію технологій, які використовуються для проведення бізнес-аналітики, подано в [10] (див. табл.).

Економічний ефект від використання засобів БІ комерційними організаціями може бути різним [11]:

- працівники можуть легко застосувати свої ділові вміння для вирішення багатьох бізнес-питань, зокрема для підвищення швидкості реагування на маркетингові кампанії, що проводяться телефоном, електронною поштою або Інтернетом;

- фірми можуть ідентифікувати своїх найприбутковіших клієнтів та основні причини їх лояльності, а також визначати потенційних клієнтів;

- можливість аналізувати дані щодо історії відвідування сайтів задля покращення стратегій електронної комерції;

- виявлення кримінальної діяльності, пов'язаної з відмиванням коштів нелегального походження;

- аналіз рентабельності потенційних клієнтів та зменшення ризику завдяки більш точній фінансовій оцінці своїх клієнтів;

- визначення комбінацій продуктів та сервісів, які покупці найімовірніше придбають;

- аналіз клінічних випробувань експериментальних медичних препаратів;

- визначення найвигідніших ставок для страхових внесків;

- скорочення часу простою обладнання шляхом застосування технічного обслуговування, що ґрунтується на прогнозуванні запасу надійності;

- визначення причин переходу клієнтів до конкуруючих організацій.

Організації різного профілю та масштабів можуть зіткнутися з певними проблемами в

Сучасні технології БІ

Технологія	Опис
Прогнозне моделювання	Прогнозування значень атрибутів
Описовий інтелектуальний аналіз даних	Розподіл, дисперсія та виключення даних
Аналіз зв'язків	Визначення взаємозв'язків між атрибутами
Класифікація	Визначення класу, до якого належать дані
Кластеризація та аналіз викидів	Розбиття множини даних на класи
Аналіз ситуацій	Тренди та відхилення, послідовні образи, періодичність
Інтерактивна аналітична обробка даних (OLAP)	Засоби OLAP дозволяють аналізувати багатовимірні дані
Візуалізація моделей	Використання графіків, діаграм, гістограм для полегшення аналізу даних
Розвідувальний аналіз даних (EDA)	Аналіз основних властивостей даних, пошук загальних закономірностей

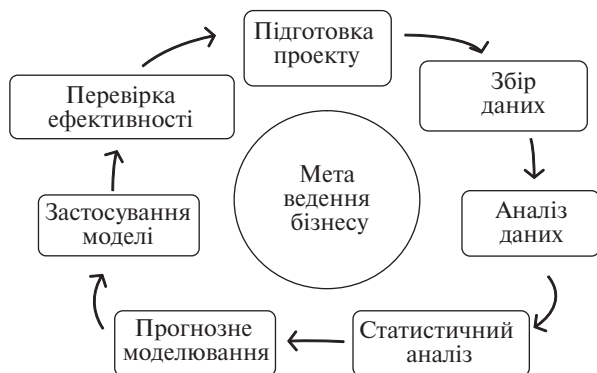


Рис. 1. Процес прогнозного аналізу

ефективності використання даних, наявних у власних системах.

У зв'язку з цим для компаній, що працюють в умовах цифрової економіки, особливого значення набуває якість і швидкість інформаційно-аналітичної підтримки бізнес-управління. Сучасні компанії для задач планування, аналізу і контролю часто використовують аналітичні додатки БІ на основі *OLAP*-систем.

Проте в нових економічних умовах класичного функціоналу таких систем уже недостатньо для розв'язання нових цифрових задач, оскільки ці системи орієнтовані на ретроспективний аналіз і обробляють інформацію про минулу ситуацію. Отже, виникає необхідність застосування прогнозної аналітики (*predictive analytics*), яка доповнює і підсилює можливості БІ у сфері прогнозування майбутніх подій.

Загалом існує три види аналітики, що співіснують та доповнюють одна одну [12]:

- *описова аналітика (descriptive analytics)* — досліджує минулі факти для того, щоб знайти причини попередніх успіхів або невдач. Вона відповідає на питання «Що сталося?» Значною мірою описова аналітика все ще використовується в наш час. Більшість управлінських звітів щодо продажів, маркетингу, фінансів використовують цей вид бізнес-аналітики;

- *прогнозна аналітика (predictive analytics)* відповідає на питання «Що ймовірно станеться?». Для цього історичні дані поєднуються з правилами, алгоритмами та зовнішніми даними для

того, щоб визначити майбутнє значення або ймовірність виникнення подій;

- *рекомендаційна аналітика (prescriptive analytics)* є наступним етапом за прогнозуванням майбутніх подій, яка пропонує послідовність дій для отримання максимальної користі з прогнозів та показує наслідок кожного прийнятого рішення. Вона відповідає на питання «Що слід робити?»

Прогнозна аналітика визначається в [13] як множина різноманітних статистичних технологій (зокрема, прогнозного моделювання, машинного навчання та інтелектуального аналізу даних), які використовуються для аналізу поточних та минулих фактів з метою прогнозування майбутніх невідомих подій. В процесі аналізу використовуються, як правило, великі масиви даних. Головним завданням прогнозної аналітики є виявлення одного або кількох чинників, які впливають на прогнозовану подію.

Процес прогнозного аналізу можна подати у такому вигляді:

Підготовка проекту. Визначення результатів проекту, складових, масштабів роботи, бізнес-мети, набору даних, що будуть використані.

Збір даних. Шляхом інтелектуального аналізу даних готуються дані з різних джерел. Відбувається це за безпосередньої участі клієнтів.

Аналіз даних. Виконання процесу перевірки, очищення та моделювання даних з метою виявлення корисної інформації.

Статистичний аналіз дозволяє підтверджувати припущення, гіпотези з використанням стандартних статистичних моделей.

Прогнозне моделювання забезпечує можливість автоматично будувати точні прогнозні моделі.

Застосування прогнозної моделі забезпечує можливість використання аналітичних результатів у процесі прийняття рішень для отримання результатів та звітів.

Перевірка ефективності моделей з метою забезпечення очікуваних результатів.

Підсумком застосування прогнозної аналітики є прийняття максимально ефективних для бізнесу рішень. Важливою вимогою

до прогносної моделі є здатність працювати максимально точно та бути статистично значущою.

До прогнозних моделей, зокрема, належать:

- моделі класифікації, що описують правила або набір правил, відповідно до яких можна віднести новий об'єкт до одного з класів. Такі правила будуються на підставі інформації про існуючі об'єкти шляхом розбиття їх на класи;

- моделі часових рядів, що описують функції, які дозволяють прогнозувати зміну неперервних числових параметрів та будуються на підставі інформації про зміну деякого параметра за минулий період часу.

Для підприємств, де необхідна обробка величезної кількості даних і є високі ризики при прийнятті рішень, прогнозна аналітика має першорядне значення, оскільки поточна інформація про технологічний процес не завжди використовується ефективно. Зрозуміло, що оптимізувати процеси прийняття рішень можна лише на виробництві з високим рівнем автоматизації, організованим збором і надійним зберіганням інформації.

Для цього використовуються інтелектуальні системи, які можуть проаналізувати стан технологічного процесу в реальному часі, спрогнозувати подальший перебіг процесу, визначити рівень оптимальності та за потреби змінити управлінські параметри або дати рекомендації з повним урахуванням ситуації, що склалася. Для розв'язання таких задач засобами машинного навчання створюється прогнозна математична модель технологічного процесу. Вона аналізує вхідні параметри, в реальному часі видає прогноз розвитку процесу і пропозиції щодо його оптимізації.

За даними *Transparency Market Research* [14], до 2019 р. ринок прогновної аналітики досягне 6,5 млрд дол., тоді як за підсумками 2015 р. він склав 3,6 млрд. Світовий ринок систем для прогнозного аналізу буде рости в середньому на 17,8 відсотків щорічно. Як показує практика, у складні економічні періоди виживають ті компанії, що продовжують інвестувати в технології та інновації — зокрема, в засоби прогновної аналітики.

Програмні засоби прогновної аналітики

У 2013 р. компанія *ForresterResearch* опублікувала звіт «*Big Data Predictive Analytics Solutions, Q1 2013*», у якому назвала лідерів на ринку засобів прогновної аналітики [15]. Згідно зі звітом найміцнішими позиціями на ринку і найкращими стратегіями серед найбільших розробників засобів прогновної аналітики володіють компанії *SAS* та *IBM SPSS*. Оцінку проведено за 51 параметром — від повноти функціональності основної аналітичної системи до розміру клієнтської бази і переваг архітектури пропонуваного розробниками рішення.

SAS (Statistical Analysis System) Enterprise Miner [16] є лідером в сегменті засобів поглибленої аналітики, займаючи близько третини ринку. Він дозволяє користувачам досліджувати і аналізувати великі обсяги даних, знаходити стійкі закономірності і, ґрунтуючись на фактах та отриманих висновках, приймати виважені рішення. Галузі ефективного застосування: банківський сектор, охорона здоров'я, нафтогазовий сектор, страхові компанії, телекомунікації, транспорт, енергетика.

До головних переваг *SAS Enterprise Miner* можна віднести:

- передові методи прогнозного моделювання;
- зручний і зрозумілий інтерфейс, що дозволяє користувачам самостійно створювати прогновні моделі;
- автоматизований процес регламентного застосування моделей;
- можливість пакетної обробки складних процесів;
- швидкий збір і підготовку даних, їх агрегацію і дослідження;
- простоту масштабування та налаштування рішення;
- високу продуктивність системи при роботі з великим масивом розрізнених даних.

IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) [17] — поширений інтелектуальний інструмент для прогновної аналітики. Прогнозна аналітика *SPSS* сприяє аналізу закономірності в історичних і поточних даних про операції або

результати опитувань для прогнозу потенційних майбутніх результатів і попереджувального реагування на основі отриманих знань з метою досягнення кращих бізнес-результатів.

Ключовим компонентом інструментарію є *SPSS Modeler* — програмне середовище аналізу даних і текстової аналітики, яке дозволяє створювати інтелектуальні прогнозні рішення, розкриваючи закономірності і взаємозв'язки в даних. *SPSS Modeler Server* підтримує інтеграцію з інструментами для аналізу даних і моделювання, що постачаються розробниками СУБД, зокрема *IBM Pure Data System for Analytics*. Використовуючи додаток *SPSS Modeler*, можна створювати, розраховувати і зберігати моделі всередині бази даних. Можна поєднувати аналітичні можливості і простоту використання *SPSS Modeler* з потужністю і продуктивністю СУБД, використовуючи вбудовані в бази даних алгоритми, що постачаються їх виробниками. Моделі будуються всередині баз даних та доступні до використання за допомогою зручного інтерфейсу користувача *SPSS Modeler*.

Платформа поглибленого аналізу даних *Dell Statistica* (з 2017 р. — *Tibco Software*) [18] орієнтована на фахівців роботи з даними і організації, які потребують обробки даних з великої кількості пристроїв Інтернету речей (ІОТ) та різноманітних джерел. Функціональність інструментарію сприятиме підготовці структурованих і неструктурованих даних, розгортанню аналітичних інструментів на пристроях незалежно від їх розташування і користуванню функціями внутрішнього аналізу на платформах *MYSQL*, *Oracle* і *Teradata*.

Завдяки *Dell Statistica* компанії зможуть впровадитися з браком традиційних аналітиків даних та зі складністю сучасних середовищ ІОТ, а також враховувати нові джерела та типи даних. Можливості *Dell Statistica*, які спрощують прогнозну аналітику:

- панелі управління з поглибленою візуалізацією, що дозволяють користувачам бачити результати аналізу на будь-якому етапі і прикріплювати візуалізацію, пов'язану з конкретними процесами, до верхнього рівня панелей;

- сучасний веб-інтерфейс дозволяє користувачам ділитися звітами, які можна відкрити в будь-якому браузері;

- ефективний контроль даних, введених ручним способом.

Крім представлених (далеко не всіх) розробників засобів прогнозної аналітики існує також велика кількість спеціалізованих фірм, які надають послуги у сфері бізнес-аналітики. Однією з таких найвідоміших фірм є *Elder Research* [19]. Вона має великий досвід застосування багатьох програмних інструментів (включаючи всі згадані вище), що використовуються для розробки аналітичних рішень, програмування та персоналізованої візуалізації даних.

Наявні засоби прогнозної аналітики на основі МГУА

Серед різноманітних засобів прогнозної аналітики можна виокремити декілька, спільною особливістю яких є застосування одного з найефективніших методів індуктивного моделювання — методу групового урахування аргументів (МГУА) [20].

1. Програмний засіб *Insights* [21] німецької компанії *Knowledge Miner Software* (створеної ще у 1993 р.), окрім МГУА, використовує для моделювання і прогнозування також метод комплексування аналогів та засоби нечіткої логіки. В процесі застосування програмного засобу є можливість побудови лінійних та нелінійних, статичних та динамічних моделей часових рядів, моделей з багатьма входами і одним виходом та багатьма входами і багатьма виходами. Виходи моделі можуть бути представлені як в аналітичній формі (у вигляді рівнянь з оціненими коефіцієнтами) так і графічно (системним графіком, що відображає взаємозв'язки структури системи).

Insights реалізує векторну обробку, багатоядерну та багатопроекторну підтримку для високопродуктивних обчислень. Вона масштабується до апаратного забезпечення комп'ютерів *Macintosh* фірми *Apple*. Незалежно від того, який процесор використовується (двоядерний

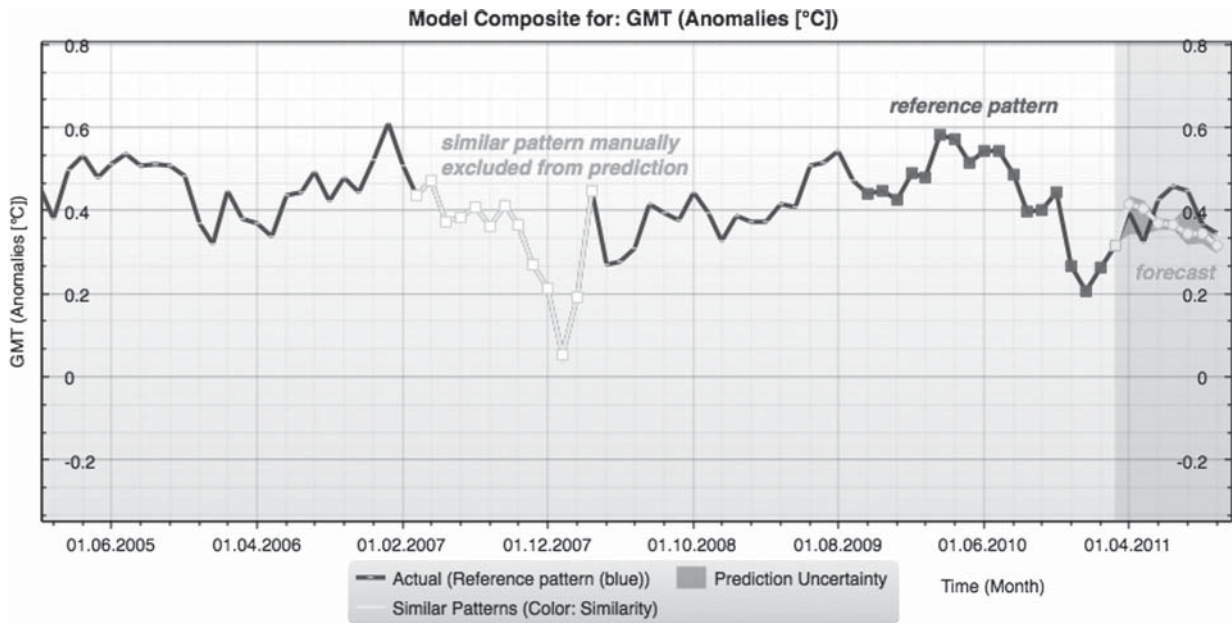


Рис. 2. Приклад використання програмного засобу *Insights* для прогнозного аналізу

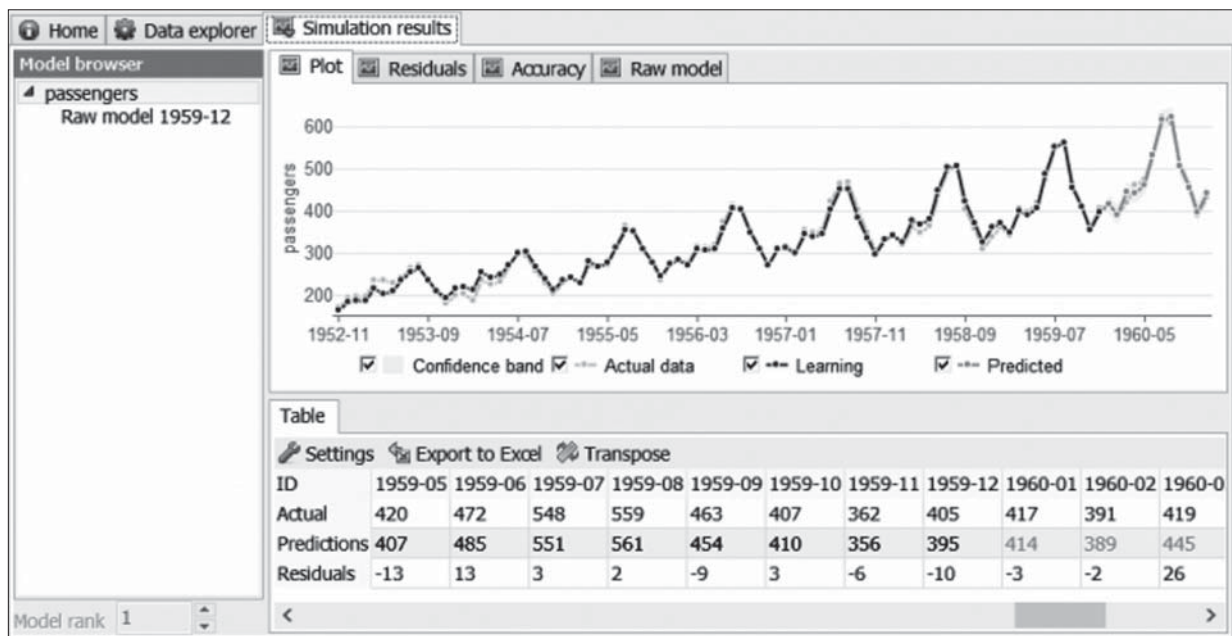


Рис. 3. Приклад використання програмного засобу *GMDH Shell* для прогнозного аналізу

чи два шестиядерних), засіб автоматично використовує усі можливості ПК.

2. *GMDH Shell* [22] — сучасний програмний засіб прогновної аналітики на базі класичного алгоритму МГУА, що виконує про-

гнозування часових рядів, розв’язання задач класифікації та кластеризації. Це потужне рішення для аналізу багатовимірних масивів даних, отриманих з різних напрямків та сфер бізнесу. Засіб пропонує алгоритми інтелек-

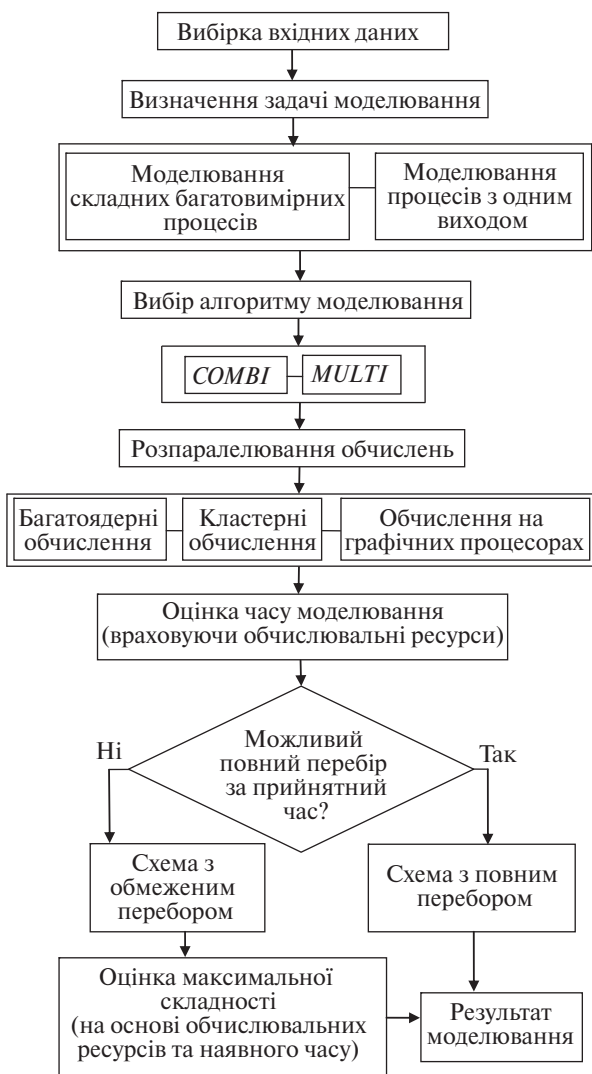


Рис. 4. Блок-схема інтелектуальної інформаційної технології

туального аналізу даних — самоорганізовані нейронні мережі та комбінаторну структурну оптимізацію моделей. Також є можливість прискорення обчислень за допомогою Linux-кластера.

Слід зазначити, що *GMDH Shell* не складає конкуренції *Insights* у тому сенсі, що він призначений для використання на операційній системі Windows.

3. Програмний засіб для моделювання та прогнозування багатовимірних взаємозв'язаних процесів у класі дискретних динамічних мо-

делей векторної авторегресії з використанням оригінальних *високопродуктивних перебірних алгоритмів* МГУА на основі *рекурентно-паралельних обчислень* [23].

Засіб реалізовано для використання на багатопроцесорних кластерних системах. Він може бути вбудований в будь-яку сучасну систему бізнес-інтелекту як аналітичний інструмент для моделювання і прогнозування динаміки процесів у системах цифрової економіки на основі виявлення і використання знань про закономірності їх розвитку.

Ідея інтелектуалізації засобів індуктивного моделювання складних процесів у системах цифрової економіки

Зазначимо, що засоби прогнозу аналітики часто є занадто складними для користувачів, або не містять усіх необхідних для них можливостей. Інтерфейс користувача розроблюваної інтелектуальної інформаційної технології індуктивного моделювання має бути дружнім та дозволяти створювати моделі без глибокої обізнаності з програмним забезпеченням, чим значно розшириться коло користувачів і підвищиться їхня впевненість при використанні програмного засобу.

На рис. 4 представлено блок-схему проекту інтелектуальної інформаційної технології індуктивного моделювання складних процесів на основі програмного засобу для моделювання багатовимірних взаємозв'язаних процесів з використанням високопродуктивних рекурентно-паралельних алгоритмів МГУА.

Інтелектуальна інформаційна технологія індуктивного моделювання повинна мати засоби інтелектуального інтерфейсу, що допомагатиме користувачеві з будь-яким рівнем кваліфікації розв'язувати задачу моделювання за даними спостережень (від попередньої обробки даних до вибору алгоритму моделювання) [24]. Такий інтерфейс має забезпечувати загальне використання процедур автоматичного аналізу даних та моделювання. Він враховуватиме побажання користувача

та апріорне знання про об'єкт моделювання, а також підтримуватиме процес прийняття рішень на кожному етапі розв'язання задач моделювання.

Висновки

Сучасні можливості та передові методи прогновної аналітики стають дієвим інструментом для збільшення продуктивності діяльності підприємства, фірми чи організації. Прогнозна аналітика стала новою тенденцією сучасності,

яка відкриває широкі перспективи для подальшого розвитку компаній.

Ефективність використання засобів прогновної аналітики залежить як від обраних технологій, так і від якості аналітичних інструментів. Перевага тут буде на боці того інструментарію, який надасть сучасні методи аналізу даних, якими, зокрема, є високопродуктивні засоби інтелектуального моделювання на основі МГУА з використанням рекурентно-паралельних обчислень.

REFERENCES

1. Tapscott, D., 1996. *The Digital Economy: Promises and Peril in the Age of Networked Intelligence*, McGraw-Hill, 342 p.
2. Bits and atoms, [online] Available at: <<https://www.wired.com/1995/01/negroponte-30/>> [Accessed 16 Jul. 2018].
3. Digital economy, [online] Available at: <<https://uk.wikipedia.org/wiki/>> [Accessed 16 Jul. 2018].
4. Digital dividends, [online] Available at: <<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/23347/210671RuSum.pdf?sequence=16>> [Accessed 16 Jul. 2018].
5. Dydzhinomika, [online] Available at: <http://nws.merriam-webster.com/opendictionary/newword_display_alpha.php?letter=Di&last=50> [Accessed 16 Jul. 2018].
6. Gritsenko, V.I., Timashova, L.A., 2016. "Smart Enterprise" as a Basic Object of the Digital Economy". *Upravlausie sistemy i masiny*, 5, pp. 54–61 (In Russian).
7. Gritsenko, V.I., Bazan, L.I., 2017. "Digital Transformation of the Economy". *Upravlausie sistemy i masiny*, 6, pp. 3–16 (In Russian).
8. Concept of the development of the digital economy and the society of Ukraine for 2018–2020, [online] Available at: <<https://www.kmu.gov.ua/storage/app/uploads/public/5a7/c21/c86/5a7c21c867bde621479479.doc>> [Accessed 16 Jul. 2018].
9. Business intelligence, [online] Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Business_intelligence> [Accessed 16 Jul. 2018].
10. Goebel, M., Gruenwald, L., 1999. "A survey of data mining and knowledge discovery software tools", *SIGKDD Explorations*, 1 (1), Publisher ACM New York, NY, USA, pp. 20–33.
11. Ranjan, J., 2009. "Business Intelligence: Concepts, Components, Techniques and Benefits". *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, pp. 60–70.
12. Business analytics, [online] Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Business_analytics> [Accessed 16 Jul. 2018].
13. Predictive analytics, [online] Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Predictive_analytics> [Accessed 16 Jul. 2018].
14. Predictive analytics industry, [online] Available at: <<https://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/predictive-analytics-industry.htm>> [Accessed 16 Jul. 2018].
15. The Forrester Wave™: Big Data Predictive Analytics Solutions, [online] Available at: <<https://www.forrester.com/report/The+Forrester+Wave+Big+Data+Predictive+Analytics+Solutions+Q1+2013/-/E-RES85601>> [Accessed 16 Jul. 2018].
16. SAS enterprise miner, [online] Available at: <https://www.sas.com/ru_ua/software/enterprise-miner.html> [Accessed 16 Jul. 2018].
17. SPSS statistical software, [online] Available at: <<https://www.ibm.com/analytics/data-science/predictive-analytics/spss-statistical-software>> [Accessed 16 Jul. 2018].
18. TIBCO Statistica is Now Part of TIBCO Data Science, [online] Available at: <<https://www.tibco.com/products/tibco-statistica>> [Accessed 16 Jul. 2018].
19. Elderresearch, [online] Available at: <<https://www.elderresearch.com>> [Accessed 16 Jul. 2018].
20. Stepashko, V.S., 2017. "The Achievements and Prospects of Inductive Modeling". *Upravlausie sistemy i masiny*, 2, pp. 58–73 (in Russian).
21. Knowledgeminer, [online] Available at: <<https://www.knowledgeminer.eu>> [Accessed 16 Jul. 2018].

22. GMDH, [online] Available at: <<https://gmdhsoftware.com>> [Accessed 16 Jul. 2018].
23. Yefimenko, S., 2018. "Building Vector Autoregressive Models Using COMBI GMDH with Recurrent-and-Parallel Computations". In: Advances in Intelligent Systems and Computing II. AISC book series, V. 689. Cham: Springer, pp. 601–613.
24. Stepashko, V., 2018. "From Inductive to Intelligent Modeling". In: Proceedings of the 13th IEEE International Conference CSIT-2018 & International Workshop on Inductive Modeling, September 11–14, 2018, Lviv, Ukraine. Lviv: Publisher "Vezha&Co", pp. XXXII–XXXV.

Received 05.12.18

В.С. Степашко, д-р техн. наук, профессор,
Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем
НАН Украины и МОН Украины, просп. Глушкова, 40, Киев 03187, Украина,
stepashko@irtc.org.ua

С.Н. Єфіменко, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем
НАН Украины и МОН Украины, просп. Глушкова, 40, Киев 03187, Украина,
syefim@ukr.net

ПРОГНОЗНАЯ АНАЛИТИКА КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Введение. В современных условиях перехода от традиционной индустрии к цифровой вопрос влияния информационных технологий на трансформацию систем цифровой экономики остается недостаточно изученным.

Цель работы состоит в том, чтобы проанализировать подходы к моделированию экономических процессов в системах бизнес-интеллекта и современные инструменты прогнозной аналитики, используемые для принятия эффективных бизнес-решений.

Результаты. Проанализирован ряд определений цифровой экономики и предложен обобщенный вариант: цифровая экономика — это новый экономический механизм, под которым следует понимать совокупность программных и технических средств, обеспечивающих процессы производства, продажи и поставки продукции и услуг через компьютерные системы, действующие в сети Интернет, способных к быстрой корректировке структуры и функций в условиях постоянного изменения ситуаций в среде их функционирования.

Проанализированы подходы к применению систем бизнес-интеллекта в среде цифровой экономики. Рассмотрены современные инструменты прогнозной аналитики, используемые для принятия эффективных бизнес-решений. Предложена идея разработки интеллектуальной информационной технологии индуктивного моделирования и прогнозирования сложных процессов в системах цифровой экономики.

Выводы. Передовые методы прогнозной аналитики позволяют существенно повысить производительность деятельности предприятия, фирмы или организации. Высокопроизводительные средства интеллектуального моделирования на основе МГУА с использованием рекуррентно-параллельных вычислений являются одними из самых эффективных средств прогнозной аналитики.

Ключевые слова: цифровая экономика, прогнозная аналитика, индуктивное моделирование, МГУА.

Volodymyr Stepashko, Doctor of Technical Sciences, Professor,
International Research and Training Center for Information Technologies and Systems
of the NAS and MES of Ukraine, Glushkov ave., 40, Kyiv, 03187, Ukraine
stepashko@irtc.org.ua

Serhiy Yefimenko, PhD in Technical Sciences, Senior Researcher,
International Research and Training Center for Information Technologies and Systems
of the NAS and MES of Ukraine, Glushkov ave., 40, Kyiv, 03187, Ukraine,
syefim@ukr.net

PREDICTIVE ANALYTICS AS AN EFFECTIVE TOOL FOR DECISION SUPPORT IN DIGITAL ECONOMICS SYSTEMS

Introduction. In the current context of transition from traditional industry to digital, insufficient research has been done on the impact of information technologies on the transformation of digital economy systems.

Purpose of the work is to analyze approaches to modeling economic processes in business intelligence systems and modern predictive analytics tools used to make effective business decisions.

Results. A series of definitions of the digital economy has been analyzed and alternative has been proposed: the digital economy is a new economic mechanism, which should be understood as a set of software and hardware tools providing production processes, sales and supply of products and services through computer's Internet systems that are capable of the structure and functions adjustment in the conditions of constant change of situations in the environment of their functioning.

The approaches to the use of business intelligence systems in the digital economy were analyzed. The modern tools of predictive analytics used for making effective business decisions are considered. The idea for developing of intelligent information technology for inductive modeling and forecasting of complex processes in digital economy systems is proposed.

Conclusion. Advanced methods of predictive analytics can significantly improve the performance of the enterprise, company or organization. High-performance GMDH-based intelligent modelling using recurrent-and-parallel computing is one of the most effective means of predictive analytics.

Keywords: digital economics, predictive analytics, inductive modeling, GMDH.