

5.2. Генезис та перспективи розвитку нейромереж соціально-економічних систем в Україні та світі

Ковшова І. О.,

*доктор економічних наук, професор,
професор кафедри маркетингу та управління бізнесом,
Національний університет «Києво-Могилянська Академія»,*

Заплотинський Б.А.,

*кандидат технічних наук, доцент,
Київський університет інтелектуальної власності та права,*

Кирилюк А. В.,

*асистент викладача,
Національний університет «Києво-Могилянська Академія»*

Останні 30 років у міжнародній науковій спільноті продовжується тренд дослідження нейромереж і аналізу результатів експериментів диджиталізації соціально-економічних систем підприємств і організацій. Ще 20 років тому здавалося, що світове суспільство після успішного вирішення декількох прикладних задач за допомогою нейронних мереж перейде до іншої модної тематики. Однак інтерес до математичних моделей, які імітують структуру та функціонування біологічних нейронних мереж для вирішення різноманітних задач підприємств і організацій з часом не зменшився, а навпаки зміцнішав. Сьогодні дослідники різних напрямів знаходять все більше нових способів застосування нейромереж у кінцевому продукті, зокрема і у соціально-економічних системах.

У вітчизняній літературі інформація про цей актуальний напрям розвитку цифрових технологій обмежена [4, 7]. Мета роботи – надати стислий і доступний для розуміння огляд стану нейромереж соціально-економічних систем в Україні та світі, провести класифікацію існуючих на даний час основних видів, а також визначити найбільш поширені сфери застосування та перспективи розвитку цифрових технологій.

Генезис нейросистем пов'язаний з розвитком штучного інтелекту та застосуванням традиційних методів моделювання роботи мозку людини за допомогою великих електронних обчислювальних машин (ЕОМ). Але такий підхід не давав можливості дослідникам реалізувати корисні на практиці функції мозку, зокрема асоціативне мислення, що надзвичайно важливе для формування соціально-економічних систем [3, 6, 9]. Цей недолік почав усуватися з використанням нейробіонічного підходу щодо реалізації комп'ютерної системи (звідси і назва – нейрокомп'ютер чи скорочено НК) [7, с. 87–89].

На звичайній електронній обчислювальній машині (ЕОМ) достатньо просто моделюються формально-логічні елементи мислення, але реалізувати здатність людини, підприємства чи організації адаптуватися в змінних і слабо формалізованих умовах зовнішнього середовища на сьогодні залишається складною задачею. Тому для одержання ефективних результатів, заснованих на реалізації адаптивної функції мозку, сформувався новий науково-практичний підхід з врахуванням генезису нейромереж соціально-економічних систем.

Розвиток цього підходу потребував створення іншого різновиду електронних обчислювальних машин (ЕОМ), в яких основним блоком є не системна плата з процесором, а нейронні мережі. На відміну від класичного поняття «мережа», в нейрокомп'ютерах під мережею розуміється велика кількість паралельно з'єднаних та ієрархічно організованих в кожній окремій машині адаптивних елементів (нейронів, як правило, у вигляді спеціальних мікросхем) за зразком біологічної нервової тканини. Звідси виникли назви й інших актуальних дослідницьких підходів – різновидів цифрових технологій, нейромереж і систем штучного інтелекту.

Основними відмінностями нейронного комп'ютеру від персонального є такі:

1) здатність до навчання (за допомогою адаптивного налаштування нейронів); висока заводо- і відмово- стійкість (за рахунок інформаційної надмірності нейромереж);

2) можливість вирішувати соціально-економічні задачі з неповною, фрагментарною чи суперечливою інформацією (внаслідок здатності до асоціативного мислення);

3) здатність нарощувати потужність нейронного комп'ютеру практично без обмежень та розв'язувати задачі в режимі реального часу (за рахунок внутрішнього паралелізму мереж та побудови багатосарової структури).

Структурна схема окремого нейрона з трьома сигнальними входами та входом зміщення на певну константу в спрощеному вигляді наведена на рис. 1 [7].

Технічно нейрон нагадує багатовходовий суматор (Σ), який виконує дві основні функції – складання добутку вхідних сигналів (X_i) на відповідні вагові коефіцієнти (W_i) та нелінійне перетворювання в блоці НП суми добутків (S) за певним критерієм, в якому враховується константа (W_0) і в найпростішому випадку – порівняння з певним порогом, тобто: $f(S)=1$ при $S>\theta$, $f(S)=0$ при $S\leq \theta$, θ – поріг спрацьовування.

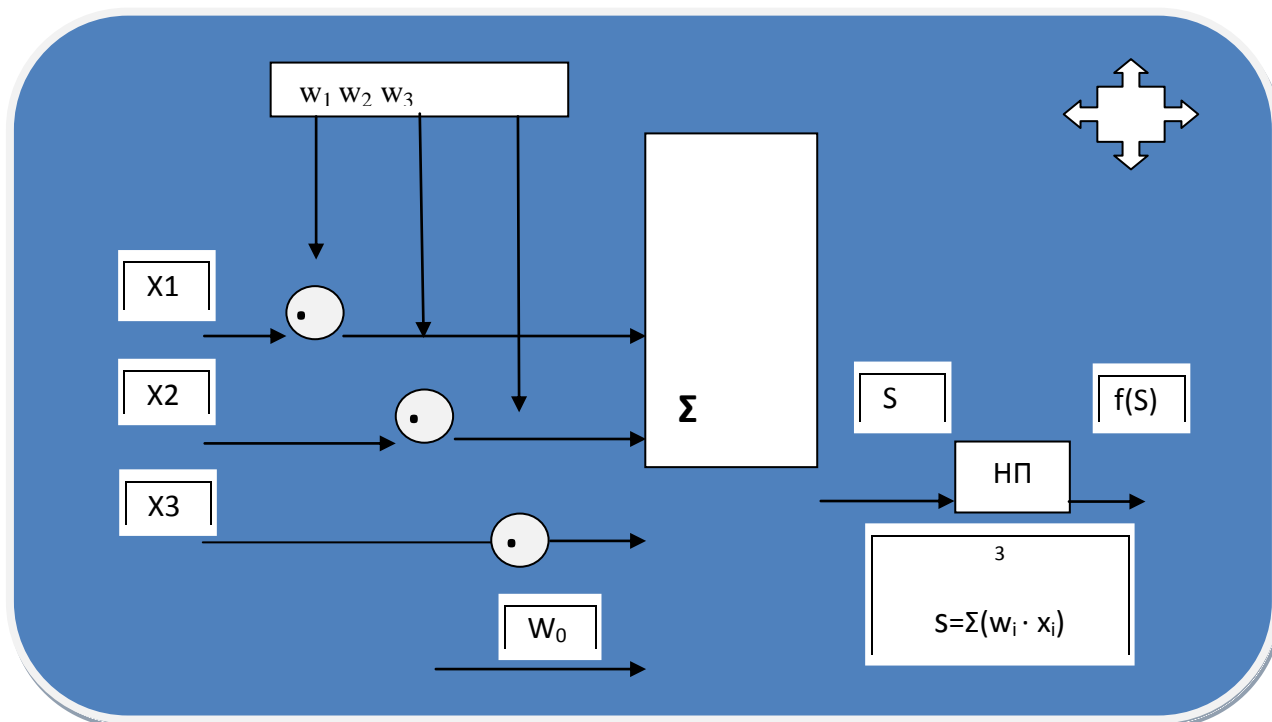


Рис. 1. – Структурна технічна схема окремого нейрона

Якщо рішення соціально-економічної задачі користувача на звичайній електронній обчислювальній машині (ЕОМ) відбувається за попередньо розробленою програмою, то нейронний комп'ютер (НК) у більшості випадків повинен попередньо себе налаштувати (на основі відомої відповіді тестової задачі того ж типу). Налаштованими параметрами є вагові коефіцієнти нейронів. Можливе налаштування «з учителем», «з підкріпленням» і «без учителя» (самоорганізація за певним алгоритмом), але в останньому випадку клас вирішуваних соціально-економічних задач для підприємств чи організацій в Україні та світі суттєво звужується.

Зазначимо, що станом на зараз вже існують та успішно працюють програмні та програмно-технічні комплекси на базі звичайних персональних комп'ютерів (ПК), які за алгоритмами обробки даних мало чим відрізняються від нейрокомп'ютерів. Такі комплекси дешевші за нейронні, але зазвичай розв'язок задач відбувається не у режимі реального часу, а асинхронно.

Серед дослідників сьогодні більш розповсюджений термін «неймережа», ніж «нейрокомп'ютер». Це пов'язано з тим, що термін «неймережа» не прив'язаний безпосередньо до програмно-технічної реалізації нейросистеми і це суттєво спрощує пояснення при описі мереж, принципів їх функціонування та сфер застосування, зокрема і для соціально-економічних систем в Україні та світі. Саме тому надалі будемо користуватися терміном «неймережа».

Загальний алгоритм роботи нейромережі соціально-економічної системи представлено на рис. 2.

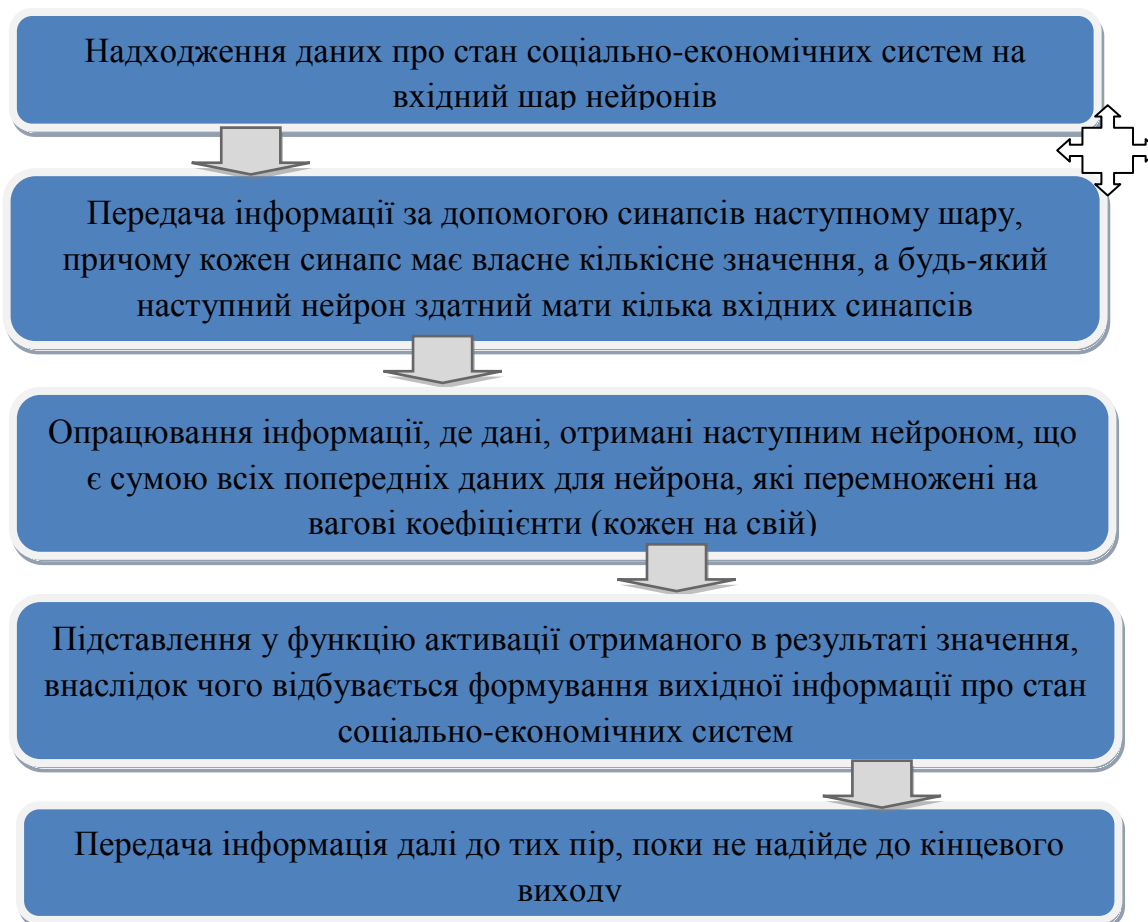


Рис. 2. – Алгоритм функціонування нейромережі соціально-економічної системи

Перший запуск нейромережі соціально-економічної системи зазвичай не дає правильних результатів, адже вона ще не налаштована на вирішення поставленого завдання (не пройшла тестування). Функція активації використовується для нормалізації вхідних даних підприємства чи організації та відіграє в тестуванні мережі важливе значення. Таких функцій існує багато, але можна назвати дві найпростіші та найбільш поширені: 1) лінійна функція $f(x) = x$ (застосовується при тестуванні створеної нейромережі або під час передачі даних без змін); 2) сигмоїд з діапазоном значень від нуля до одиниці. Якщо потрібно застосувати негативні значення синапсу, тоді використовують гіперболічний тангенс [6, 9].

У складі нейромереж соціально-економічних систем підприємств чи організацій є три види нейронів: вхідний, вихідний та прихований. В одношаровій структурі прихованих нейронів немає. Також у нейромережі є елементи, які називають нейронами усунення та контекстними нейронами. Структурна схема одношарової нейромережі без вагових коефіцієнтів

(синапсів) та нелінійного перетворювача [3, 6, 9] у спрощеному вигляді наведена на рис. 3.

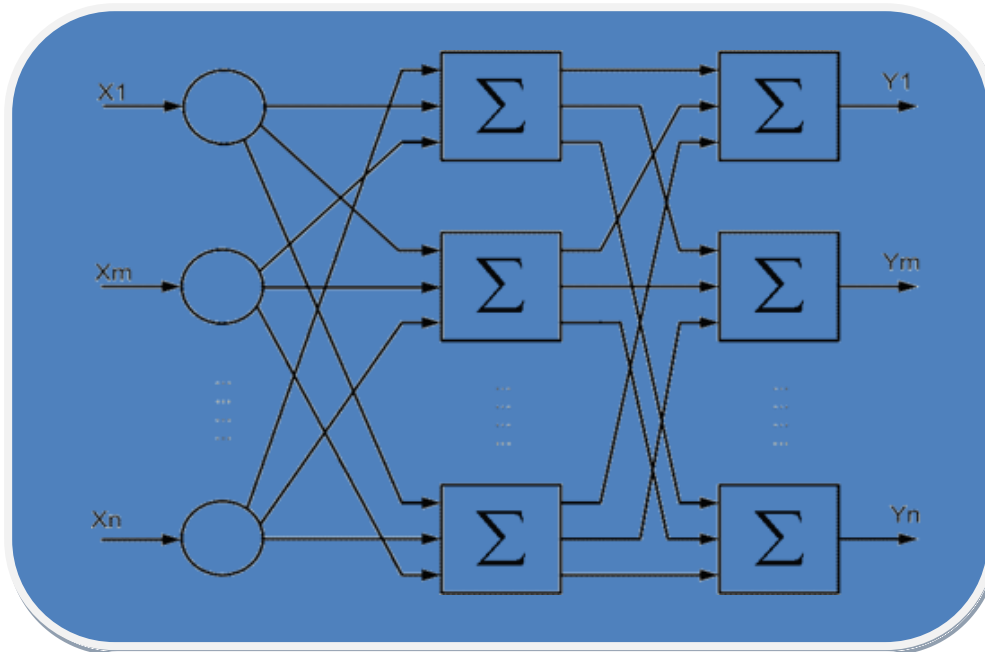


Рис. 3. – Структурна схема нейромережі соціально-економічної системи

Таким чином, у першому шарі вхідні дані дорівнюють вихідним. В інших випадках на вхід потрапляє сумарна інформація попередніх шарів, після чого вона нормалізується за допомогою функції активації. Початкове встановлення вагових коефіцієнтів здійснюється, переважно, у випадковому порядку [6, 9].

Не зважаючи на те, що перший шар нейронів не виконує математичних перетворень та обчислень, його роль в структурі нейромереж соціально-економічних систем не менш важлива: він приймає та розподіляє вхідні сигнали по решті нейронів. Цей шар є загальним для всіх типів нейромереж, а критерієм для розподілу є наявність в мережі структур, потрібних для розв'язку поставлених задач підприємств чи організацій в Україні та світі. Спрощена класифікація таких структур представлена далі.

Одношарові нейромережі соціально-економічних систем є структурами взаємодії нейронів, де сигнали з вхідного шару відразу направляються на вихідний шар, який не тільки перетворює сигнал, але й одразу видає відповідь. Як було зазначено, 1-й вхідний шар лише приймає і розподіляє сигнали, а необхідні обчислення відбуваються вже у другому шарі. Вхідні нейрони об'єднані з основним шаром за допомогою синапсів з різними вагами, що забезпечують якість зв'язків.

Багатошарові нейромережі соціально-економічних систем є структурами взаємодії нейронів, де окрім вихідного та вхідного шарів, є ще кілька прихованих проміжних шарів. Кількість цих шарів залежить від ступеня

складності нейронної мережі, яка певною мірою нагадує структуру біологічної мережі. Такі види розроблені зовсім нещодавно, раніше всі процеси реалізовувались за допомогою одношарових нейронних мереж. Можливості розв'язку задач підприємства чи організації у багатошаровій мережі суттєво більші, якщо порівнювати їх з одношаровими, адже в процесі обробки даних кожен прихований шар – це проміжний етап, на якому здійснюється обробка та розподіл інформації.

Окрім кількості шарів, нейромережі соціально-економічних систем класифікують за напрямом розподілу інформації щодо синапсів між нейронами.

Нейромережі прямого поширення (односпрямовані) є структурами, де сигнал переміщається тільки у напрямку від вхідного шару до вихідного. Рух сигналу в зворотному напрямку не здійснюється і неможливий в принципі. Сьогодні розробки цього виду нейромереж соціально-економічних систем широко поширені та успішно вирішують завдання розпізнавання образів, прогнозування та кластеризації.

Рекурентні нейронні мережі (зі зворотними зв'язками) є структурами, де сигнал рухається як в прямому, так і зворотному напрямку. У результаті вихідний сигнал залежно від значення своєї ваги та ваги вхідного сигналу може повертатись на вхід. Цим нейромережам соціально-економічних систем властива функція короткочасної пам'яті, в результаті чого сигнали відновлюються і доповнюються під час їх обробки.

Це далеко не всі варіанти класифікацій та видів нейронних мереж. Також їх поділяють: залежно від типів нейронів на однорідні та гібридні; залежно від методу нейронних мереж з навчання на навчання з вчителем, навчання без вчителя та з підкріпленням; за типом вхідної інформації на аналогові, двійкові та образні; за характером налаштування синапсів з фіксованими та динамічними зв'язками, тощо [10].

Основними задачами нейромереж соціально-економічних систем є вирішення маркетингових та економічних аспектів підприємств і організацій, розв'язок прогнозних задач з великими ризиками, моделювання під час наукових досліджень, медична та промислова діагностика, управління процесами на небезпечних підприємствах та об'єктах, діагностика надзвичайних ситуацій, розпізнавання зображень і образів (генерація образів відповідно до заданого опису), перекладання тексту з іноземних мов, кібербезпека, слідчо-розшукова та правоохоронна діяльність, системи навчання, бізнес-процеси та інші сфери діяльності [1, 2, 4].

Окремо зауважимо про використання нейромереж як перекладача з іноземних мов. Фахівці вважають, що людям скоро не потрібно буде знати

мови для спілкування з іноземцями, оскільки такий перекладач за звуками голосу буде миттєво все транслювати рідною мовою.

Кілька років тому корпорація Google оголосила, що їхній штучний інтелект навчився читати по губах краще за професіоналів. Через нейромережі пропустили п'ять тисяч годин різних записів телепрограм, в результаті програма Deep Mind навчилася читати по губах навіть у випадках, коли людина ковтає слова.

Практика довготривалого навчання нейромереж соціально-економічних систем протягом останніх років за допомогою моделей «глибинного навчання» (Deep Learning) показала, що ці моделі разом зі збільшенням потужностей електронних обчислювальних машин вже сьогодні можуть призвести до революційних проривів у прикладних аспектах. У цьому випадку доречно згадати про нейронну мережу ConvNet/CNN – алгоритм глибокого навчання, який може приймати вхідне зображення, коректно інтерпретувати дані та відрізнити одне від одного. При цьому зображення порівняно з іншими алгоритмами вимагають набагато менше попередньої обробки [9].

Ще одним цікавим моментом у розвитку сучасних нейромереж соціально-економічних систем є створення чата GPT від компанії OpenAI. ChatGPT (Generative Pre-trained Transformer – генеративний попередньо навчений трансформер) – чатбот зі штучним інтелектом, розроблений та здатний працювати в діалоговому режимі, що підтримує запити різними мовами народів світу. Система здатна відповідати на запитання, генерувати тексти до різних предметних областей, а також на запит створювати коди різними мовами програмування.

На початку лютого 2023 року інформаційна агенція Reuters із посиланням на швейцарський холдинг UBS повідомила, що за 2 місяці аудиторія активних користувачів ChatGPT досягла 100 млн осіб. Цим самим додаток встановив історичний рекорд зростання відвідувачів.

На даний момент підприємства і організації широко використовуються версії GPT-3.5 і GPT-4. Зокрема чатбот GPT-4 здатний виконувати безліч функцій, полегшуючи життя як звичайних людей, так і фахівців. Основні можливості цього чату:

- відповідати на питання (можна спілкуватися як із живою людиною, ставити будь-які питання);
- писати і редагувати тексти (можна редагувати статті, реферати, романи та інші тексти; правити граматику, виправляти стиль або синтаксис);
- перекладати з однієї мови на іншу (доступні всі основні мови світу для перекладу і редагування);

- шукати та редагувати програмний код (допомагає з написанням коду, пошуком помилок і виправленнями).

У травні 2023 року випущено офіційний додаток ChatGPT для операційної системи iOS, а в липні 2023 року – чат-бот для Android, доступний поки що тільки для обмеженої кількості країн.

На даний час відомо про існування та використання, окрім названих, ще більш двох десятків нейромереж соціально-економічних систем за різними напрямками знань як в автономному виконанні, так і вбудованих в різні програмно-технічні комплекси, інформаційні чи диджитал системи та інтернет-ресурси.

Також слід зазначити, що між нейромережою і штучним інтелектом певний час існувала відмінність: перші нейромережі не програмувалися на виконання конкретних завдань, а просто налаштовувалися на вивчення інформації з відповідними коментарями. Але на даний час ці поняття практично об'єдналися.

Існує значна кореляція між збільшенням потужності електронних обчислювальних машин і розширенням можливостей штучного інтелекту, а також інших галузей науки. Китайські вчені створили так званий квантовий комп'ютер, який може виконувати операції з даними у 180 млн разів швидше за сучасні суперкомп'ютери. Це відкриття може надати поштовх до розвитку штучного інтелекту і нейромереж соціально-економічних систем [8].

Не вдаючись у фізико-математичні складності і тонкощі, квантовий комп'ютер на даний час є громіздким пристроєм, в основі роботи якого покладено можливість стійкого короткочасного знаходження елементарних осередків пам'яті (кубітів) квантового об'єкту відразу в двох станах. Спрощено термін «кубіт» за суттю близький до терміну «біт».

Найбільш досліджені на даний момент кубіти працюють при температурах, близьких до абсолютного нуля (при цьому квантовий об'єкт перебуває у стані надпровідності). Але є відомості про певні успіхи дослідників, які працюють з квантовими об'єктами на так званих іонних пастках.

Щоб побудувати квантовий комп'ютер для формування соціально-економічних систем, треба реалізувати алгоритм для здійснення наступних двох операцій: суперпозиції станів $|0\rangle$ та $|1\rangle$ будь-якого кубіта; контролювати одним («контролюючим») кубітом потрібні перетворення в контрольованому кубіті. Структурна схема квантового комп'ютера в спрощеному вигляді представлена на рис. 4 [8].

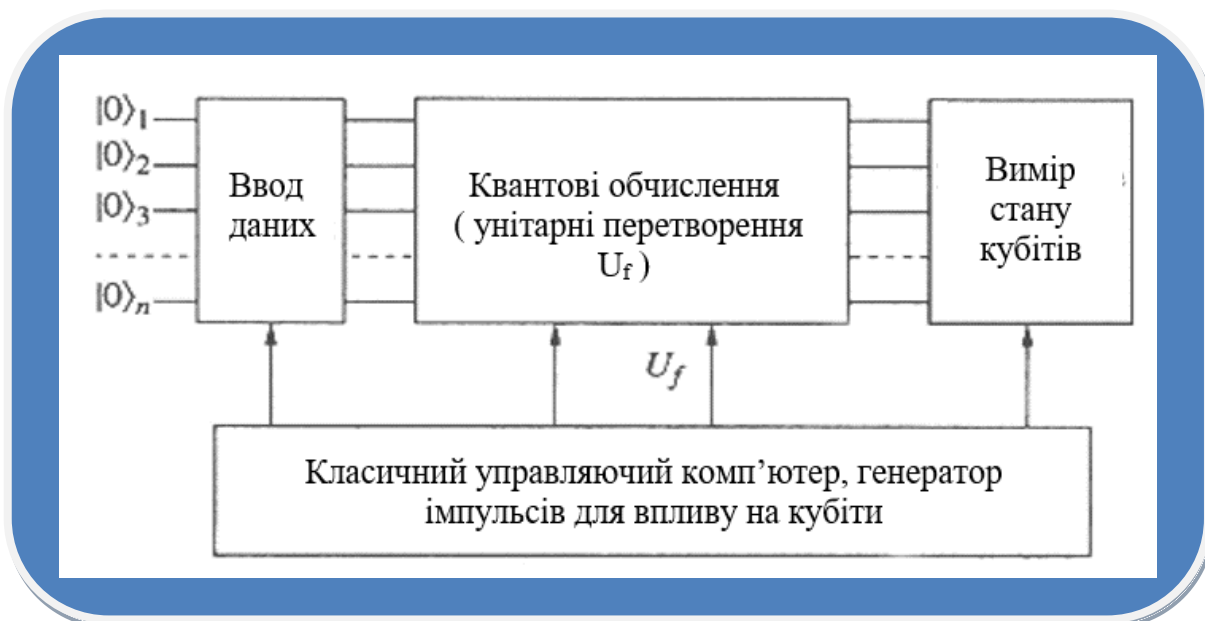


Рис. 4. – Структурна схема квантового комп'ютера у спрощеному вигляді

Частину квантового комп'ютера складають n кубітів, для проведення операцій з якими до кожного з них може бути прикладений селективний вплив імпульсами резонансного зовнішнього змінного поля. Включення генераторів полів та адресація їхнього випромінювання на даний кубіт здійснюється під керуванням звичайного комп'ютера.

До того, як «запустити» обчислювальний процес на квантовому комп'ютері, всі n кубітів повинні бути приведені в стан $|0\rangle$. Ця процедура зветься ініціалізацією і є складною операцією. Якщо в якості кубітів використовуються ядерні спини, для ініціалізації потрібно або охолодження квантового об'єкту до дуже низьких температур, або поляризація спинів накачуванням.

Введення даних та виконання алгоритму здійснюються застосуванням 1-кубітових і 2-кубітових вентилів (вузлів проведення операцій). Їх еволюція представляється як послідовність по осі часу. Після завершення алгоритму результат обчислення записується у кінцевому квантовому стані кубітів. Щоб дізнатися про результат, необхідно провести квантовий вимір стану кубітів.

Команда вчених з Університету науки і технології Китаю провела експеримент, у якому квантовий комп'ютер вирішував задачу пошуку певного елемента у великому наборі даних (задача Саймона). Він впорався з цим завданням за 1,2 с, тоді як найпотужніший класичний комп'ютер витратив би це п'ять років, а звичайний – 2,5 млрд років. Квантовий комп'ютер може стимулювати розвиток штучного інтелекту та нейромереж соціально-економічних систем, а також оптимізувати та моделювати процеси підприємств і організацій в Україні та світі на більш якісному рівні порівняно з сьогоденням.

Насамкінець зазначимо, що штучний інтелект, нейромережі, інформаційні та диджитал технології сприяють поліпшенню управління державою та зростанню її економіки [1, 2]. Сучасні інновації є загальносвітовим трендом високотехнологічних виробництв, які водночас сприяють розвитку соціально-економічних систем України та світу.

Список використаних джерел:

1. Бурлєєв, О., Василенко, О., & Іваненко, Р. (2021). Ефективність використання штучних нейронних мереж в економіці. *Економіка та суспільство*, (31). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-31-27>
2. Герус, В., & Вімрук, С. (2022). Ефективність нейронних мереж в економіці. *Scientific Collection «InterConf»*, (138), 389–394. Retrieved from <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/2101>
3. Аврунін, О. Г., Філатов, В. О., Семенець, та ін. *Інтелектуальні системи автоматизації*. <https://openarchive.nure.ua/handle/document/20504>
4. Олійник, А. О., Олейник, А. А. та ін.. *Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей*. Монографія. <http://surl.li/trrtu>
5. *Потенціал на триліони доларів* URL: <http://surl.li/trrti>.
6. Субботін, С. О., & Субботин, С. А. (2020). *Нейронні мережі: теорія та практика*. URL: <http://surl.li/trrtz>
7. Тупкало В., & Заплотинський Б. (2022). *Застосування інфокомунікаційних технологій в судовій та правоохоронній діяльності*. Монографія. К.: Lambert Academic Publishing, 2022. 92 с.
8. Ali, H., Li, M., Qiu, X., & Farooq, Q. (2023). *Global Mindset and Adaptive Marketing Capabilities in the Internationalization of Mature Chinese SMEs: International Opportunity Perspective*. *Sustainability*, 15(3), 2044.
9. Castillo, J. N., & Muñoz, J. R. (2023). *Mathematical Model for Broccoli Growth Prediction Based on Artificial Networks*. In *Computational Intelligence for Engineering and Management Applications: Select Proceedings of CIEMA 2022* (pp. 845-859).
10. Dreiseitl, S., & Ohno-Machado, L. (2002). *Logistic regression and artificial neural network classification models: a methodology review*. *Journal of biomedical informatics*, 35(5-6), 352-359.