

*Березовський С.О., доцент,
Одеський державний аграрний університет*

ДИДЖИТАЛІЗАЦІЯ: ВИТКИ СПІРАЛІ РОЗВИТКУ

На тлі швидкоплинної та стрімкої зміни технологій, прогрес цифровізації усіх аспектів життєдіяльності людства зумовлює перманентну актуальність освітянської проблеми: розробка нового унікального контенту освіти, мобільного, зручного, що забезпечуватиме можливості різних технологій, тому актуальним залишається подальше осмислення самого процесу розвитку цифрових обчислювальних засобів.

Мета даної роботи полягає у тому, щоб простежити витки спіралі еволюційного розвитку цифрових обчислювальних засобів, комп'ютерів, а також позначити ключові «ділянки» спіралі переходу комп'ютера з розряду «помічник» до категорії «інтелектуальний», що, враховуючи новий етап цифровізації суспільства, має сприяти розв'язанню освітянського завдання щодо підготовки кадрів з цифровими компетенціями.

У 1642 р відомий французький вчений у сфері гідравліки Блез Паскаль (1623-1662 р.ж.) представив свою нову розробку, але вже у галузі обчислювальної техніки - механічний цифровий обчислювальний пристрій – машину "Паскаліна" – у вигляді звичайної скриньки, що має безліч шестерень, за допомогою яких можна було легко скласти шестизначні числа. Режим розрахунків був напівавтоматичним. Пристрій широко використовувався моряками, артилеристами та вченими для арифметичних складень. Закладений в основу «Паскаліни» принцип пов'язаних коліс майже на три століття став основою більшості створюваних обчислювальних пристроїв.

Наступним витком у спіралі розвитку та вдосконалення функціональних можливостей обчислювальних машин стала машина відомого німецького філософа та математика Готфріда Вільгельма Лейбніца (1679), яка вже була здатна проводити операції множення, поділу, складання та віднімання у десятковій системі числення. Додані до конструкції рухома частина і спеціальна рукоятка (для обертання ступінчастого колеса, а в наступних варіантах машини - циліндрів) дозволяли прискорити повторювані операції додавання, за допомогою яких виконувалося поділ і перемноження чисел. Необхідна кількість повторних додавань виконувалася автоматично. Механізм, винайдений Лейбніцем («крокуючий циліндр» чи «колесо Лейбніца») використовувався винахідниками у багатьох наступних обчислювальних машинах – арифмометрах протягом 300 років, до 1970-х років. Крім того, Лейбніц також винайшов двоїчну арифметику. Відкриття навело його на думку, що існують абсолютно нові закони математики. Він намагався застосувати двоїчий код у механіці і, навіть, зробив

креслення обчислювальної машини, що працювала на основі його нової математики, але зрозумів, що технологічні можливості його часу не дозволяють створити таку машину.

Друга промислова революція «відчинила вікно» можливостей нового витка спіралі розвитку обчислювальних машин. Відкриття та розробки геніїв Белла, Едісона, Тесла, Фарадея заклали фундамент для довгоочікуваних технічних рішень.

Новий обчислювальний пристрій винахідника Германа Холлеріта (засновник компанії International Business Machines Corporation (IBM), 1896 р.) був наступним етапом у розвитку комп'ютерів: реалізував ідею використання у роботі перфокарт, що зумовило появу в 1897 році в Оксфордському словнику англійської мови трактування словаком, його (комп'ютер) укладачі тоді розуміли, як механічний обчислювальний пристрій.

І новий етап у спіралі розвитку – електронні комп'ютери першого покоління – це вже програмовані цифрові комп'ютери, в яких логічні ланцюги побудовані на основі електронних ламп. Перша електронна обчислювальна машина без рухомих частин (комп'ютер Атанасова-Беррі (Atanasoff-Berry Computer, ABC)) була не програмованою і створювалася тільки для вирішення систем лінійних рівнянь (1942).

У ABC уперше з'явилися деякі елементи, близькі сучасним комп'ютерам, такі, як двоїчна арифметика і тригери, але істотною відмінністю була особлива спеціалізація машини і нездатність до змін обчислень через відсутність комп'ютерної програми, що зберігається у пам'яті. І ще один перший програмований електронний комп'ютер, але вже загального призначення ЕНІАК (ENIAC, скор. від Electronic Numerical Integrator and Computer) (1946) [1].

Звернімо увагу на одну важливу для нас особливість перших/початкових творів людини – спроби універсальності на початковому етапі даються важко. Обчислювальна потужність – 357 операцій множення або 5000 операцій складання за секунду. Всього комплекс включав 17 468 ламп 16 різних типів, 7200 кремнієвих діодів, 1500 реле, 70 000 резисторів і 10 000 конденсаторів. Вага – 30 т.. Об'єм пам'яті – 20 число-слів. Тактова частота – 100 кГц. ЕНІАК представляв конструкцію зі стійок/шафів з комплектами плоских конструкцій – плат, на яких розміщувалися елементи електронних схем. Незважаючи на свої обчислювальні переваги, ЕНІАК мав і цілу низку недоліків. Наприклад, якщо згоряла хоча б одна лампа, з ладу виходив повністю весь комп'ютер. Крім низької надійності, він ще й споживав потужність — 174 кВт., а також мав проблеми із тепловідведенням.

У 1946 році словник поповнився доповненнями, що дозволяють розділити поняття цифрового, аналогового та електронного комп'ютера, що було викликано пошуком можливих варіантів прискорити, удосконалити, підвищити, розвинути обчислювальні можливості

людини. Особлива увага приділялася розширенню функціональних можливостей комп'ютерів та логічної конструкції електронного обчислювального пристрою.

Особлива заслуга Джона фон Неймана в тому, що він абстрагувався від електронних ламп та електричних схем та представив нову формальну організацію логічної конструкції електронного обчислювального пристрою: основні засади побудови та компоненти сучасного комп'ютера. "по фон Нейману" чільне місце серед функцій, що виконуються системою, займали арифметичні та логічні операції, які виконуються в арифметико-логічному пристрої.

Управління роботою всього пристрою здійснювалося за допомогою пристрою управління. Інформація зберігалася в оперативній пам'яті: дані – для арифметико-логічного пристрою та команди для пристрою управління. Надалі запропонована розробка – як комп'ютер була визнана об'єктом, що становить науковий інтерес, а комп'ютери, побудовані відповідно до цієї архітектури, стали називати "машинами фон Неймана".Архітектурні принципи організації ЕОМ, розроблені Джоном фон Нейманом, залишалися майже незмінними до кінця 1970-х років.

Третя промислова революція – симбіоз математики, розуму, наукових методів та нових кремнієвих технологій визначила стрімкий розвиток електронних комп'ютерів.

Еволюційний розвиток комп'ютерної техніки передбачав: зменшення габаритів, перехід на більш досконалі комплектуючі, збільшення обчислювальної потужності, збільшення обсягів оперативної пам'яті та постійного пристрою, можливість повсюдного застосування в різних галузях, а також можливість персоналізації комп'ютера.

У 50-60-х роках ХХ століття на заміну ламповим прийшли комп'ютери другого покоління на основі дискретних транзисторів. Як основний елемент використані напівпровідникові діоди та транзистори. Друга відмінність цього покоління комп'ютерів: з'явилася можливість програмування алгоритмічними мовами. Було розроблено перші мови високого рівня (Фортран, Алгол, Кобол). Обидва важливі вдосконалення дозволили значно спростити та прискорити написання програм для комп'ютерів. Програмування, залишаючись наукою, стає прикладним. Все це призвело до зменшення габаритів та суттєвого зниження вартості комп'ютерів, які тоді вперше почали надходити у продаж. Лише кілька років знадобилося розробникам, щоб зробити комп'ютер із новими комплектуючими. Як транзистори прийшли на зміну електронним лампам (а ті замінили механічні реле), так і мікросхеми зайняли свій еволюційний осередок.

Кінець 60-х років ХХ століття приносить ЕОМ такі метаморфози: розроблені інтегральні схеми, що складаються з ланцюга транзисторів, об'єднаних під одним

напівпровідником; з'являється напівпровідникова пам'ять, яка стає основним елементом оперативної пам'яті комп'ютера.

За кілька десятків років електроніка не лише обігнала, а й багато в чому витіснила механіку. Зі зростанням ступеня інтеграції з'явилася можливість розмістити всі складові системи на одному кристалі і, таким чином: збільшити швидкість та зменшити споживання завдяки відсутності необхідності прокачувати ємності доріжок на друкованій платі; збільшити точність завдяки покращенню узгодження елементів; збільшити надійність за рахунок зменшення кількості точок паяння.

Проте, кремнієві технології згодом стали підносити свої «сюрпризи». Зменшення розмірів кремнієвих транзисторів підійшло до фізичних меж, виявилось, що продовжувати доводити до розуму КМОП вигідніше, при забезпеченні наступності напрацювань, ніж шукати щось принципово нове, а щільність упаковки продовжує зростати, хоч і дуже повільно, але це все ще кремнієвий КМОП. Прогрес кремнієвої технології вже точно себе вичерпав. Вартість одного транзистора на кристалі пройшла і почала зростати, і найголовніше – цільові ринки змінилися.

Новий лідер виробників мікросхем - IoT (Інтернет речей). Ринок великий, швидкозростаючий та з хорошими довгостроковими перспективами. А головне — для IoT продуктивність та кількість елементів на кристалі не є критичними конкурентними перевагами, натомість мале енергоспоживання та низька ціна. Це означає, що основна причина зменшувати проектні норми зникла, проте з'явилися резони оптимізувати технологію під специфічні завдання. Крім того, подорожчання нових технологій у поєднанні з жорсткою ціновою конкуренцією призвело до того, що виробники мікросхем не поспішають переходити на нові проектні норми просто тому, що можуть, а залишаються на старих так довго, як це розумно робити, а також об'єднують у системі різномірні чіпи — але тепер не на платі, а всередині корпусу. «Систему на кристалі» змінила «система в корпусі».

Інновація «системи в корпусі + інтернет речей», крім іншого, дає новий шанс складним напівпровідникам, адже помістити арсенідгаллієвий чіп в один корпус із кремнієвим більше нічого не заважає, а необхідність радіотракту в системі для інтернету речей є очевидною. Те ж саме стосується різноманітних оптичних приладів, МЕМС, сенсорів — і взагалі всього, що існує в мікроелектроніці, крім КМОП на кремнії. І це вся дія застарілої площинної парадигми, яка «розслаблює» мислителів/теоретиків щодо розробки нових багатовимірних (просторових) моделей базових елементів для нових об'ємних інтегральних технологій, які мають спонукати/зацікавлювати/стимулювати дослідників/практиків у розробці нових

напівпровідникових об'ємних технологій. Вирішення цього питання поки що замінено розробкою та виробництвом складних багатошарових (кількість шарів перевищує 50) та комбінованих структур. Найбільш складним і слаборозвиненим застосуванням комп'ютерів є штучний інтелект — застосування комп'ютерів у вирішенні таких завдань, де немає чітко визначеного більш-менш простого алгоритму. Прикладами таких завдань є ігри, машинний переклад тексту, експертні системи. Штучний інтелект пов'язаний із подібним завданням використання комп'ютерів для розуміння людського інтелекту, але не обов'язково обмежується біологічно правдоподібними методами.

Існуючі на сьогодні інтелектуальні системи мають досить вузькі сфери застосування. Наприклад, програми, здатні обіграти людину в шахи, але не можуть відповідати на запитання.

Отже, поява та розвиток комп'ютерів – це необхідний складник процесу диджиталізації сучасного суспільства. Поданий вище аналіз демонструє значне зростання різноманіття функціональних можливостей цифрових обчислювальних засобів, систем, архітектур. Особливо відзначимо, що всі досягнення реалізовані переважно за рахунок застосування електронних елементів, які виконані на основі кремнієвих матеріалів. Конструктивною особливістю цієї технології є розміщення електронних компонентів кремнієвих пластинах (рис 0) у площині у вигляді мікросхем, великих мікросхем, різного призначення процесорів. Умовні графічні позначення базових електронних елементів (УГП) – транзисторів, мікросхем, процесорів тощо; а також схеми їх з'єднань у вигляді плат, модулів, блоків тощо, – все виконувалося у площині столу проектувальника або екрана монітора та представлялося площинними рішеннями. Новинкою видавалася інформація про нову розробку 3 DMS, але з використанням виробів на пластиковій основі та з використанням комутаційних виробів.

Компоненти розміщуються на платах за «плоскою» технологією, з яких конструюються блоки, модулі; плати, які у свою чергу конструктивно поєднуються в стійки, стойки в шафи. Шафи розміщуються в «машинних» залах (на основі «плоскої» технології) та є складником реалізованих проектів сучасних комплексів, архітектур, мереж (рис.0).

Прогрес не стоїть на місці, і робота з дослідження когнітивних властивостей мозку біологічних об'єктів дала цікаву інформацію про рівень зв'язку нейронів між собою. Вузлові точки зв'язку – це «кліки». Чим їх більше — тим вища розмірність. У процесі досліджень було «виявлено» мережеві архітектури з кількістю вимірів, що сягає 11 (але не йдеться про просторові виміри).

Сформована в період 3-ї промислової революції «ера» - середовище «плоских» моделей в Евклідовому просторі з нульовою кривизною, визначило деякий «застій» у

розробників/математиків у плані розробки/моделювання нових 3D/просторових моделей виробів напівпровідникової електроніки, які пов'язані між собою через деяке просторове комунікаційне середовище/архітектуру (високошвидкісна мережа, комутатор тощо) [2].

Комп'ютери нової ери відрізняються від існуючих за кількома основними ознаками. Центром уваги в нинішніх комп'ютерах є процеси та процесори, а в майбутніх – дані. Нові архітектури обробляють символічні, графічні дані, аналізують їх, адаптують та пропонують рішення, що базуються на даних. При цьому вони не замінюють людину, а розширюють її можливості, взявши на себе рутинну роботу з переробки даних і залишивши за людиною можливість робити висновки та ухвалювати рішення.

Найсуттєвіша характеристика нової архітектури – тип комунікаційного обладнання (КО). Саме від розробки нового обладнання з використанням нових 3D/просторових ноон-моделей КО залежать три найбільш важливі показники роботи супер структури/архітектури («мозку» того ж комп'ютера) її розмірність (багатомірність), можливість реконфігурації та швидкість передачі між її складовими компонентами (зокрема і процесорами).

Ще в середині 1950-х років піонери штучного інтелекту поставили собі неймовірно сміливу, але чітку мету відтворити людський інтелект у машині. Найбільш складним та слаборозвиненим застосуванням комп'ютерів є штучний інтелект. Існуючі на сьогодні інтелектуальні системи мають досить вузькі сфери застосування. Світова спільнота стрімко наближається до створення «II загального призначення». В інтелектуальних системах, у переважній більшості випадків (як уже зазначалося вище), доводиться мати справу не з числовою, а з символічною інформацією (наприклад, текстами природною мовою або зоровими зображеннями-образами). Крім того, залишається ще відкритим питання про різноманітність образів просторової «упаковки» — контейнеризації нових 3D/просторових архітектур на базі перспективних технологій складових КО з використанням 3D/nD ноон-моделей.

Ще в середині 1950-х років піонери штучного інтелекту поставили собі неймовірно сміливу, але чітку мету: відтворити людський інтелект у машині.

Найбільш складним та слаборозвиненим застосуванням комп'ютерів є штучний інтелект. Існуючі на сьогодні інтелектуальні системи мають досить вузькі сфери застосування. Світова спільнота стрімко наближається до створення «II загального призначення».

В інтелектуальних системах, у переважній більшості випадків (як уже зазначалося вище), доводиться мати справу не з числовою, а з символічною інформацією (наприклад, текстами природною мовою або зоровими зображеннями – образами). Крім того, залишається

ще відкритим питання про різноманітність образів просторової «упаковки» — контейнеризації нових 3D/просторових архітектур на базі перспективних технологій складових КО з використанням 3D/nD ноон-моделей.

Тільки *Деміург (D)* здатний побачити речі такими, якими вони є насправді – з цілком об'єктивної точки зору, вільної від часу та простору.

*D*представив «контейнер/сховище» середовища-носія «уму/розуму» у вигляді черепної коробки черепа *Homo* – результату свого твору «за образом та подобою».

Спираючись на інформацію, що «людина далеко не самотня у своїй відсутності предка», дозволимо припустити, що *D*"ввів" дивергенцію розміру і форми черепної коробки черепа двом близьким видам (проблема різноманіття об'ємної контейнеризації мозку) і надала можливість еволюції вирішити проблему відбору.

У дорослих представників *Homo neanderthalensis* та *H. sapiens* - двох видів людей – форма мозку значно відрізняється.

У статті французьких та німецьких антропологів, опублікованій у журналі *Current Biology*, зазначається, що за обсягом мозок двох видів людей був практично таким же, але помітно відрізнявся формою: у сапієнів мозок більш округлий, у неандертальців — подовжений [2]. Сам мозок майже ніколи не зберігається в викопному стані, але про його розмір, форму і частково структуру (відносний розвиток різних ділянок) можна судити по ендокрану - зліпку внутрішньої частини черепної коробки.

Методика математичного опису форми мозку, заснована на аналізі взаємного розташування *N* «опорних точок», які можна знайти на ендокрані людиноподібних. Ця методика дозволяє порівнювати форму ендокрану різних видів, абстрагуючись від абсолютного розміру мозку. Результатом дослідження став висновок, що ключова відмінність форми мозку зумовлена «глоболяризацією» (округленістю) у сучасної людини за рахунок прискореного розростання тім'яних та скроневих ділянок, а також мозочка. У результаті склепіння людський череп набуває характерної опуклої, куполоподібної форми.

У процесі «глоболяризації» сформувалася перспективна куполоподібна модель черепа, з якою пов'язані суттєві функціональні зміни мозку, наприклад, з ускладненням механізмів інтеграції сенсорної інформації та формування уявних моделей навколишнього світу. Як відомо, неандертальці опинилися у програті у прямій конкуренції із сапієнсами на території Європи, то можливе припущення, що моделі світу, створювані мозком сапієнів, були більш практичними.

З представленого різноманіття у біологічному світі форм/образів контейнеризації мозку пропонується запровадити нову дефініцію - *фасція* для представлення образних моделей багатоманіття конструкторських форм нових технічних рішень суперсистем/архітектур.

D «підказав» дослідникам про можливість пошуку/розробки, а також використання інших рішень і на нових фізичних базисах.

Введення нової дефініції *фасція* може посприяти відмові від двох діставшихся нам від третьої промислової революції застарілих ПАРАДИГМ. Кремнієва парадигма, що бурхливо розвивалася, за своїми можливостям досягла технологічних меж. Зумовлена цією парадигмою планарна парадигма стала стримуючим фактором для розробників/математиків у плані розробки/створення об'ємних/просторових архітектур.

Нові досягнення математиків - The Fields Medal лауреатів надають розробникам нове поле творчості - багатобразні графічні ноон-моделі нових востребуваних когнітивних архітектур, а технологам нові образи/моделі для перетворення творчих рішень у реальність.

Список використаних джерел:

1. Moye, William T. (1996). "ENIAC: The Army-Sponsored Revolution". US Army Research Laboratory. Archived from the original on May 21, 2017. Retrieved March 29, 2015.
2. Berezovsky, S. (2021). Ontology 3d noon-models of switching patterns on elements by Berezovsky. DOI: 10.1109/AICT52120.2021.9628895
3. Синельников, Р. Д., Синельников, Я. Р., & Синельников, А. Я. (2009). Атлас анатомии человека. Том 1: Учение о костях, соединении костей и мышцах. Москва: Новая волна. ISBN 978-5-7864-0199-9.
4. Nbaeuuer, S., Gunz, Ph., & Hublin, J.-J. (2010). Endocranial shape changes during growth in chimpanzees and humans: A morphometric analysis of unique and shared aspects. *Journal of Human Evolution*. V. 59. P. 555–566.