

АТАНАС ФІГОЛЬ

КІБЕРНЕТИКА
її
ВИНИКНЕННЯ ТА ЗНАЧЕННЯ

МЮНХЕН 1966

АТАНАС ФІГОЛЬ

КІБЕРНЕТИКА
її
виникнення та значення

МЮНХЕН 1966

Відбитка з журналу «Український самостійник»
чч.: 101, 103, 104, 106 і 109, — 1966 р.

1. ВИНИКНЕННЯ КІБЕРНЕТИКИ

Кібернетика — одна з наймолодших галузей науки. Вона налічує ледве кільканадцять років існування. Офіційною датою її народження вважають 1948 р., коли то появилася книга «батька автоматії», а чи основоположника кібернетики, професора математики Високої технічної школи в Бостоні (США), Норберта Вінера п. н. «Кібернетика, або контроля і зв'язок в тварині і в машині».¹⁾

Очевидно, для кібернетики, її народження і поширення мусів «виріти час»; мусіли заіснувати передумови для її виникнення і можливості для її розвитку. Тепер історики дошукуються «предтеч» цієї модерної науки, яка фасцинує невтаємничених своїми відкриттями і викликає враження, що перед нею просто необмежені можливості.

«КІБЕРНЕТЕЇ» У СТАРИННІЙ ГЕЛЛАДІ

На перший погляд видається дивним дошукуватися початків такої модерної галузі науки, як кібернетика, в старинній Греції. Але відомо, що й інші надбання нашої культури мають майже завжди своє коріння в античному світі. Також початків кібернетики можна добачати ще в легендарній епосі античного світу коло 2500 років тому. Так же, напр., і зародків сучасної теорії будови атому дошукється проф. Гайзенберг, лауреат Нобеля з фізики, вже в ідеях давніх грецьких філософів, зокрема в тому, що деякі з них вважали вогонь і воду за підставові елементи, з яких складається всесвіт.

Міт оповідає, що критський король Мінос, здобувши Аteni, наклав на місто жорстоку данину, а саме кожного року висилати по сім хлопців і сім дівчат для Мінотавра, легендарної потвори, півлюдини-півбика, що жила в лябіринті на острові Крит. Герой Тезей вбив Мінотавра і дав привід до народного свята «кібернетеї», яке відзначаevano кожного року від 6-12 жовтня, у місцевості Фалерон, біля Атен, на честь Навзітоя і Пеака, стерничих, які вміло провадили корабель Тезея, під час виправи на Крит.

Культ стерничого в старинній Греції втішався великою популярністю; напр., Гомер вихваляє Фронтія, одного з найздібніших стерничих під час виправи на Трою. Істотою цього, майже релігійного,

культу стерничого в старинній Греції була здібність досягти бажаної мети, не зважаючи на всілякі перешкоди та противенства. Поняття стерничого, поширилося взагалі на керманича і визначало кожного, хто зумів опанувати будь-яку систему. Платон у своїй «Політейі» окреслює здібність керування людьми терміном кібернетика. При тому: «опановувати якусь систему» означає здібність перетворити її (тобто збір елементів, які утворюють систему і між якими існують функціональні залежності) в згори задуманий, бажаний стан, один з можливих, в який може бути перетворена дана система.

НАЗВА І СУТЬ

Грецькі слова — «кібернетес» = керманич і «кібернан» = кермувати — перейняли римляни як «губернатор» і «губернаре» і ці слова живуть далі у французькій, англійській та інших мовах. Первісне слово — «кібернетес» — завмерло на сотні чи тисячі літ. Щойно в 1834 р. французький державний муж Андре Ампер²⁾ знову ужив старогрецької форми «кібернетика» (la cybernetique) для окреслення науки про правління державою і регулювання в сфері політики. Але цей термін не прийнявся.

Натепер слово кібернетика означає щось далеко більше; не тільки науку про кермування державою (правління), військом (стратегія), механічними спорудами тощо, але взагалі науку про системи, які здійснюють самі, або з допомогою яких ми здійснюємо певні, згори точно визначені, цілі.

В такому розумінні засяг кібернетики надзвичайно широкий; вона проникає всі ділянки людського життя, бо кожна людина виконує в житті, з допомогою таких чи таких системів, цілеспрямовані чинності. Більше того, цілеспрямовані системи завважуємо всюди в оточуючій нас природі, якої частинку становимо ми самі.

Виринає запитання, чи від Тезея до Вінера, на протязі більше ніж два з половиною тисячів років, термін «кібернан» зберіг те саме значення. А далі, що саме сполучає всі, так різnorodні, ділянки системів, які тепер розглядає наука під незвичайною назвою кібернетика.

На перше запитання відповідаємо позитивно. Від часів Тезея до тепер мореплавці завжди прагнули досягнути визначеної мети (порту), державні мужі прагнули повністю опанувати державний апарат, полководці перемогти ворога, а винахідники (від найпримітивніших сервомеханізмів, як підойма, клин, шруба, до конструювання модерних скомплікованих електронічних апаратур), завжди прагнули «панувати» над «системами», і з їх допомогою досягати згори задуманої цілі.

Але зразу кидається нам у вічі різниця в розв'язуванні подібних кібернетичних завдань, давніше і тепер. Різниця є в методі. В добу Тезея мореплавство — без бусолі, навігаційних карт тощо — було особистою вмілістю стерничого. Також ведення воєн, кермування державою, конструювання технічних винаходів, аж до наших днів, було в засаді заслугою здібних чи геніяльних вождів, державних мужів, винахідників. Це була просто особиста вмілість.

Сучасна кібернетика ставить перед собою докладне завдання: все, що і чим можна кермувати, кермувати науково. Для прикладу: донедавна причалювання літака на аеродромі було особистою вмілістю пілота; тепер з допомогою радару, «декка»-системи і т. п. літак може причалювати і вночі і в мряці, автоматично, з докладністю до 10-ти метрів. І то не завдяки особистій вмілості пілота, а на підставі чистої механіки.

Таку капітальну зміну трактування кібернетичних проблем уможливають два факти: а) розвиток математики як методи, і б) сучасний стан дослідів у фізиці, зокрема в електроніці. Не дивно, що до перших кібернетиків (не зважаючи на те, що вони самі мабуть не чули ще про таку назву) зараховують французького філософа, визначного математика і винахідника першої рахувальної машини Паскаля (1623-1662), і німецького філософа, математика, творця інфінітезимального рахунку Лейбніца (1646-1716), якого думки кружляли довкола питань універсальної символіки, так дуже потрібної тепер для розв'язок проблем кібернетики.

На друге поставлене вгорі запитання, що лучить всі ці, так різнородні системи, які розглядає кібернетика, дає відповідь Альбер Дюкрок³⁾: «Завжди, коли прагнемо досягти будь-яку ціль, стоїмо перед одним і тим самим типом проблем, в яких, завжди за такою самою схемою, маємо дослідити спосіб поступування, скерований на майбутнє. Опанувати якусь систему, означає по суті ніщо інше, як здібність у визначеному майбутньому (в певному часовому пункті) надати їй, чи перетворити її в згори визначений, бажаний стан, а при тому вилучити всі інші можливі стани. В такому розумінні поняття кермувати означає неутралізацію всіх випадкових впливів на опановану систему, отже боротьбу з випадком. Під час коли дана система під впливом випадкових сил могла б прийняти якийсь довільний стан, то керманіч прагне надати їй згори визначений стан» (підкреслення наше — А. Ф.).

СХЕМА КІБЕРНЕТИЧНОГО ПОСТУПУВАННЯ

Вже в попередньо сказаному проведено чітку межу між нерегульованим випадком, а цілеспрямованою дією людини, чи якоїсь само регулюючої системи. Це ствердження є підставовим для розуміння проблем кібернетики. Для докладнішого з'ясування цього, розглянемо ще кілька прикладів. Корабель пливе по відкритому морі

до порту, що його визначив капітан. Завданням лоцмана дбати про придержування поданого напрямку. Під час плавби, внаслідок всіляких сил (складових елементів «системи» пов'язаних між собою функціональними залежностями), таких як вітер, морські струї, швидкість оборотів корабельної шруби тощо, наступає відхилення від визначеного курсу. Відхилення від напрямку до визначеної мети (порту), лоцман сигналізує стерничому, який, за допомогою стерна, скеровує корабель у бажаному напрямку. Цей процес повторється аж до моменту причалення до порту. Коли б це все нарисувати схематично, то ми виразно побачили б т. зв. кібернетичне регулююче коло: капітан визначає напрям до мети (програма), бусоля або інші апарати сигнализують відхилення від мети (у висліді внутрішніх, а чи зовнішніх сил, елементів всієї «системи»), лоцман «вираховує» дію, а стерничий перекладає виправку на стерно, і таким чином регулює напрямок плавби корабля. На зовні або всередині є ще один, дуже важливий фактор — енергія, з допомогою якої відділюємо на зміну складових елементів-сил всієї системи (вибором диспонує капітан — моторовий погін, вітрила, весла).

В цьому прикладі маємо кібернетичне регулююче коло, в якому контролером і регулятором є людина. Але легко назвати приклади саморегулюючих систем, в яких людина вилучена (вона звичайно свідомо себе вилучує). Таким прикладом може бути відомий в паровій машині регулятор Ватта, або будь-який гомеостат.

Для прикладу уявм собі схематично регулююче коло термостату. Це пристрій, з допомогою якого маємо на меті «автоматично» вдержувати постійну, згори визначену, температуру. Такий пристрій складається з термометра (контроля температури) і споруди для допливу теплого повітря. Ця споруда є пов'язана електричними проводами з термометром, в якому, при визначеній температурі, наступає стик стовпця ртуті з наставленою нами металевою стрілкою. Внаслідок стику, автоматично вимикається дія споруди для допливу теплого повітря. Коли, по впливі деякого часу, температура обнизиться, то стовець ртуті в термометрі спадає, а через те переривається його стик з наставленою нами стрілкою для бажаної температури. Одвирається автоматично доплив теплого повітря, температура підноситься, стовець ртуті знову досягає бажаної висоти, контактує із стрілкою, і знову закриває доплив теплого повітря.

В цьому прикладі бачимо ще щось більше, ніж тільки регулююче коло. Маємо перед очима виразну схему саморегулюючої системи з допомогою т. зв. зворотного зв'язку. Принцип зворотного зв'язку є підставовим для всіх механічних автоматів, від найпростіших до дуже складованих, «мислячих» електронічних апаратів. Але ми завважуємо його не тільки в кібернетичних машинах, збудованих людиною. Ми бачимо його в безчисленних прикладах всіляких «систем» у природі: постійність складу крові, осмотичного тиснення, температури в організмах тощо. Знаємо з власного досвіду, коли, з будь-яких причин, підноситься температура нашого тіла по-

над «нормальну», то сам організм автоматично прохолоджується виділюванням поту. Через паровання поту температура тіла обнижується. Очевидний приклад автоматичного регулюючого кола при допомозі зворотного зв'язку.

Цей фундаментальний принцип зворотного зв'язку можна завважувати в різних системах біології, психології, соціології, економіки.⁴⁾ Отож кібернетика проникає в усі галузі науки, і в тому її епохальне значення, яке можна привіняти хіба до наслідків відкриття Дарвіном законів еволюції.

Вважають, що Лейбніц був останньою людиною, яка була в стані опанувати все тогочасне знання людини, в різних ділянках. Дальший розвиток окремих галузей науки пішов шляхом далекоїдучої зрізничкованости. Натепер існують поруч себе споріднені ділянки знання, між якими заіснували перегородки спеціалізації, а дослідникам трудно заглянути в «город сусіда». Кібернетика радикально перетинає в горизонтальній площині всі, вертикально скеровані, наукові спеціалізації. Але вона є не тільки інтердисциплінарною наукою, з широкими можливостями застосування, вона дає зовсім нове наукове сприймання світу.

НОРБЕРТ ВІНЕР

Авторство «відкриття», а чи точніше заснування кібернетики, як окремої науки, визнано за американським вченим, математиком Норбертом Вінером (помер в 1964 р. на 69 році життя). Вже тепер його портрет поміщують у шкільних посібниках математики, поруч Ейлера, Лейбніца та Ейнштейна, а кібернетику, як предмет, вивчають учні вищих клас середніх шкіл.

Норберт Вінер, єврейського роду; його батько емігрант з Польщі, професор європейських мов, його мати емігрантка з Німеччини. Норберт народився в США, в стейті Місурі. Норберт Вінер, 19-літнім молодцем, після студій в Кембріджі, Геттінгені та Нью-Йорку (матуру він склав, маючи 14 років), став доцентом Гарвардського університету. Деякий час він працював у редакції «Американської енциклопедії» і в газеті «Бостон Гералд». В 1919 р. його покликано на доцента математики у відомому Інституті технології в Бостоні⁵⁾. На протязі 42-ох років він був професором у цій високій школі. Але його зацікавлення виходило далеко й цілком не конвенціонально з традиційних рам діяльності професора математики. З бігом часу він став співвинахідником радару, визначно причинився до сконструювання електронічних рахувальних машин, співдіяв в автоматизованно протилетунської артилерії і багатьох інших важливих воєнних винаходів. Будучи, одначе, здекларованим космополітом-пацифістом, він каявся після війни з того приводу, подібно, як Альберт Ейнштейн.

Не чужими були для Вінера також інші ділянки знання, зокрема біологія та фізіологія. І тут він зробив ряд незвичайних відкриттів,

приспівуючи процес «математизації» природознавчих наук. Позатим він посідав надзвичайний талант до мов; говорив 13 мовами, в тому числі 6 опановував досконало в слові і у письмі.

Головною заслугою Вінера було його геніальне відкриття, що найплідніші ділянки наук, поле для нових відкриттів, становлять межові сфери між поодинокими дисциплінами. Це дало йому поштовх до відкриття, а чи радше заснування кібернетики. Про це епохальне відкриття він писав у своїй біографії: «...розглядаючи ці питання в історичній перспективі треба відвести їх до Лейбніца, Мексвелла і Джіббса. Моя участь є в тому малому, що я знаю з цієї матерії, і в способі, як я зумів творчо застосувати це знання...»

Вінер увійшов уже до історії, як геніальний конструктор мостів між окремими дисциплінами сучасної науки.

КІБЕРНЕТИКА І ЦІЛІСТЬ

Кібернетика розглядає системи — мертві, живі або лише задумані — які складаються з елементів. Між елементами існують функціональні пов'язання керівництва, регулювання і передачі інформацій. Іншими словами кібернетика має на предмет цілість. «Цілість, це щось більше, ніж сума складових частин». «Більше», це закони пов'язання елементів між собою; закони, які щойно з окремих частин утворюють цілість. Це інформації та система їхнього обміну між складовими частинами — елементами; інформації, що їх «перероблюють» частини.

Для частини, самої з себе, відірваної від інших, не може бути мови ані про зв'язок, ані про інформацію. Також для механічної суми частин немає мови про зв'язок та про інформацію між частинами тієї суми. Бо коли виникає зв'язок, отже діють закони зв'язку, і відбувається обмін інформацій між складниками суми (при чому інформації «переробляють» складові частини і «далі комунікують»), тоді «механічна сума частин» стає цілістю, цілістю, що є більше, ніж сума її частин. Те «більше» можна досліджувати, аналізувати, з'ясовувати; ним можна оперувати, його можна утворювати, зміцнювати. Це, власне, становить предмет кібернетики: проблеми керівництва, регулювання, контролю та передачі інформацій. Прикладами цього: організми, автоматія, електронічні машини, задумані системи, організації людей.

У висліді технічного та соціального розвитку, створені людьми організації досягли вже такого ступня скомплікованості, що без планування, без «комунікації», без контролю функціональних стосунків між їхніми членами, було б неможливо втримувати ці організації.

На маргінесі цих теоретичних міркувань, мимоволі насувається завваження. Мабуть українці в діаспорі (а може взагалі як нація), становлять радше механічну суму складових частин. — Це «ук-

раїнські люди», або в кращому випадку «українські установи», партії, групи тощо. Ми мабуть ще не дійшли до усвідомлення «законів зв'язку», потреби «передавання інформації», «перероблювання» їх і дальшого «комунікування». В нас ще не відновився інстинкт цілості.

МЕЖІ КІБЕРНЕТИКИ

Відкриття, що в нас і довкола нас (точніше в машинах і в фізичних та суспільних організмах) всі процеси відбуваються за одною і тою самою схемою і ревелюційні досягнення електронічних автоматів та «мислячих» машин викликають у нас, з одного боку вибухалий оптимізм про необмежені можливості кібернетики, а з другого, сприяють постанню фантастичних легенд про негативні наслідки автоматизації, про бунт «роботів» і т. п.

Тим часом межі кібернетики є точно визначені двома твердими вимогами:

1. Мусить бути відома сукупність всіх змінних величин (як теж функціональні взаємозалежності між ними), якими зумовлений стан даної системи;

2. Мусять стояти до розпорядимості відповідні засоби, з допомогою яких можна впливати на зміну тих величин, щоби могли перетворити дану систему в інший, згорі задуманий, бажаний (але можливий до здійснення) стан.

Ці дві тверді передумови є дані повністю (в певному розумінню), а чи здійсненні тільки в здетермінованих системах, отже системах придуманих людиною, технічних автоматах. Вони, однак, можуть виконувати тільки ті завдання, що їх задумала людина і передала автоматам до виконання. В усіх здетермінованих системах діє (для нас усвідомлений) закон причиновості, разом з принципом зворотного зв'язку. Цю ділянку кібернетики називають також автоматизацією.

Натомість набагато складнішими стають проблеми в т. зв. пробабільних (імовірних) системах, в яких годі визначити (здетермінувати) всі елементи та їхні функціональні взаємозалежності, зокрема в стосунку до параметру часу (а це з огляду на їх «астрономічну» скількість і на «більйонні» уламки часу, в яких наступають зміни станів системи). Це має місце в кібернетичних моделях біології і соціології. В таких випадках кібернетика застосовує статистичну методу, подібно як це є в статистичній механіці, якою послуговується з великим успіхом модерна атомова фізика.

ТЕПЕРШНІЙ СТАН

Після другої світової війни, кібернетика, як напрямок для нових наукових дослідів і в початковій стадії технічного її застосування при конструкції електронічних автоматів, т. зв. «компюторів», була майже виключно доменею англосакського світу. Передове становище в ділянці технічного застосування кібернетики зберігають США і до сьогодні, зокрема, коли брати до уваги скількість всіляких рахувальних електронічних споруд. І так в 1963 р. нараховувано їх в США 12 000, а в західній Європі 2 500, у тому числі в Західній Німеччині коло 1 000.

Процес технічної автоматизації в Західній Німеччині поступає дуже швидко. Але також в ділянці теоретичних дослідів кібернетики німці стараються надолужити втрачені роки під час і безпосередньо після другої світової війни. В кількох останніх роках постали в Західній Німеччині науково-дослідні інститути кібернетики на Високій технічній школі в Карльсруе (проф. Штайнбух), дослідча група при Інституті біології Макса Плянка (д-р Райхард), і спеціальні товариства. Крім оригінальних праць появилосся за останній рік в Західній Німеччині багато перекладів з світової кібернетичної літератури.

В ССРСР, звичайно, не подають точних даних про кількість «компюторів» в господарському, адміністративному та військовому апаратах. Але фахівці обраховують, що ССРСР, у тому відношенні, займає, після США, друге місце. Коли ж йдеться про кібернетику як науку, то її в Советському Союзі зустріла цікава доля. Найперше на неї взагалі не звертали жодної уваги. Згодом, коли вона на Заході почала швидко поширюватися, совєтська преса взяла її на глум. Ще в 1955 р. «Правда» писала про кібернетику, що це просто «буржуазна вигадка». Пізніше становище змінилося діаметрально. В ССРСР стараються з усією напругою дігнати Захід і в цій ділянці. Про кібернетику з найбільшим захопленням почала писати вся підсовєтська преса. Проблемами кібернетики, її теоретичним розробленням і практичним застосуванням, зайнялися не лише всілякі наукові установи, але й найвище партійне керівництво.

Об'єктивно треба признати, що хоча в ділянці технічного застосування кібернетики ССРСР все ще залишається на другому місці після США, то в ділянці теоретичної кібернетики ССРСР, в дуже короткому часі, висунувся на передове місце. А знова ж перше місце в рамках ССРСР займає Інститут кібернетики при Академії Наук Української РСР в Києві. В публікаціях цього Інституту, який очолює академік В. М. Глушков (його спеціальність теорія автоматів і теорія алгоритмів), беруть участь однаковою мірою підсовєтські і закордонні, зокрема американські та англійські, фахівці.



Між ученими все ще ведеться спір щодо точного окреслення, дефініції, кібернетики, про її відмежування від інших дисциплін, про її методи і власну термінологію. Але все те аж ніяк не сприяє бурхливого розвитку кібернетики і її багатогранного застосування. Ми стоїмо тепер щойно в початках розвитку кібернетики.

¹⁾ Wiener, Norbert: „Cybernetics or control and communication in the animal and the machine“, 1948 & 1961 by the Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA. 1. deutsche Aflage 1963 — „Kybernetik — Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine“, Econ-Verlag, Düsseldorf — Wien 1963.

²⁾ Ampere, Andre: „Essai sur la philosophie des sciences“.

³⁾ Ducrocq, Albert: „Decouverte de la Cybernetique“, Rene Julliard, Paris 1955. Deutsche Ausgabe: „Die Entdeckung der Kybernetik“ — Eine Einführung in die Regelungstechnik; Europäische Verlagsanstalt, Frankfurt am Main 1959.

⁴⁾ Cherry, Colin: „On human Communication“, John Wiley & Sons, Inc. New York 1956. Deutsche Ausgabe: „Kommunikationsforschung — eine neue Wissenschaft“, in der Serie „Welt im Werden“, S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main 1963.

⁵⁾ Massachusetts Institute of Technology (MIT).

2. З ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ І ПРОБЛЕМ ТЕОРІЇ КІБЕРНЕТИКИ

Науково-теоретична аналіза функціональних взаємозалежностей між складовими елементами комплексних системів — тобто пізнання законів передачі інформації, регулювання й керування в машині, в біологічних організмах і в організаціях людей — становить предмет теорії кібернетики. В кожній спробі окреслити чи здефініювати суть кібернетики повтаряються два основні поняття — *система* і *інформація*:

Кібернетика — наука про системи, які здійснюють самі, або з допомогою яких ми здійснюємо певні, згори точно визначені цілі; для цього потрібно нам постійного потоку інформації (Дюкрок).¹⁾

Кібернетика — теорія або техніка інформації, її перетворення, або теорія і техніка системів, що з їх допомогою творяться і передаються інформації (Франк).²⁾

Кібернетика — наука про загальні закони перетворення інформації в керуючих системах (Глушков).³⁾

В розділі «Кібернетика і цілість»⁴⁾ підкреслено, що обидва поняття — *система* і *інформація* — взаємозалежні, бо *система* це цілість складена з частин-елементів, упорядкованих за певними принципами чи законами зв'язку між елементами; ці закони в процесі найдальшого узагальнювання і абстракції умовно окреслюємо терміном *інформація*.

СИСТЕМИ

Системи, якими займається кібернетика можна поділити на три головні групи:

1. Технічна кібернетика розглядає здетерміновані системи технічних споруд для автоматичного керування і контролі. В цій ділянці особливого значення набувають електронно обчислювальні машини через майже необмежену можливість їхнього всестороннього застосування також в двох наступних групах.

2. Біо-кібернетика цікавиться законами контролі і зв'язку в організмах рослин і тварин, а зокрема людини. Її широким полем застосування є органічна хімія, фізіологія, медицина.

3. Гуманістична, або соціотехнічна кібернетика має за предмет своїх дослідів організації людей, тобто системи, в яких головним, осередним складником — який діє і на який посередньо чи безпосередньо спрямована дія всіх інших складових елементів системи — є людина. В цій групі особливого значення під сучасну пору досягнуло питання примінення пізнань і техніки кібернетики в ділянці економіки, як в приватному, так і народному господарстві.

Якщо абстрагувати від якості елементів і форм їхніх функціональних взаємозалежностей в поодиноких, вище наведених, системах, то бачимо, що всі вони знаходяться, під впливом різних сил і енергій, в постійному переході з одного стану в інший. Оточуючий нас світ не є статичним, він кожночасно міняє свій стан, перетворюється. Математик формулює це так: кожний елемент системи і кожна функція між елементами системи залежить від (або: є функцією) параметра часу. Сукупність всіх цих змінних величин, від яких залежить «стан» даної системи, називаємо «ступенем свободи». Визначити ступень свободи даної системи можливо тільки за передумови знехтування всіх тих елементів і всіх тих функціональних залежностей, що їх зміни у певному, в даному випадкові вистачаючому, проміжтвові часу, є так малі, що вони «практично» не відділюють на зміну стану системи. Отже, в точно визначених межах, без шкоди для функціонування системи, чи то для пізнання законів, що правлять даною системою, ми можемо їх повністю пропустити, зігнувати.

Найкращі приклади такого поступування при визначуванні ступенів свободи даної системи дає нам механіка. Тіло, що порушається вздовж простої, має тільки один ступень свободи; з допомогою скалі на простій можемо в кожній хвилині визначити його положення. Ясно, що при тому ми абстрагуємо від якості і форми тіла, його об'єму, маси, температури. Ми редукуємо це тіло до його ідеальної математичної точки тяжіння. Аналогічно — рух на площі має два ступені свободи, а в просторі три. Відомо, що будьяку дорогу тіла на площі чи в просторі можна визначити складовими рухами на координатах, тобто рухами на простій. В такому спрощенні «система плавби кораблем» на відкритому морі дається «опанувати» з допомогою двох ступенів свободи — географічної ширини і географічної довжини. При тому корабель мігби плисти до визначеної мети (при відсутності всляких перешкод) або найкоротшою дорогою, або складовими координатами — по географічній ширині і довжині.

Границя ступенів свободи для наших механічних пристроїв вагається між чотири і п'ять. Натомість організм людини надзвичайно скомплікований; обраховують, що людський організм має п'ятдесят ступенів свободи.

Кібернетична проблема — перевести дану систему з одного стану в інший, бажаний, згори задуманий (один з можливих) — коплікується наявністю кожного додаткового елемента і додаткових функцій між елементами, які через свою зміну впливають на зміну стану даної системи. Для невтралізації небажаних станів чи небажаних змін по-

трібно іноді неаби-яких заходів і дуже потужних енергій. Далекосяглість цього самозрозумілого факту стає нам ясною, з усіми консеквенціями, щойно після наступної теоретичної аналізи:

Приймаючи існування тільки одного елементу, немає мови про систему. На зовні цей елемент повністю ізольований, його відношення до оточення є нуль.

Два елементи A і B можуть творити систему. Між ними може заіснувати подвійна залежність: 1) елемент A діє на елемент B , і 2) елемент B діє на елемент A . Якщо допустимо, що ця подвійна залежність може поставати або зникати (під впливом свідомих, регулюючих сил, або через випадок), тоді маємо чотири можливі стани такої системи:

1. обидва елементи є в повній ізоляції між собою, вони на себе не діють;
2. елемент A діє на елемент B , але B не діє на A ;
3. B діє на A , але A не діє на B ;
4. A діє на B , і B діє на A рівночасно.

При трьох елементах A, B, C , кількість можливих залежностей між ними вносить шість, бо кожний з трьох має, а чи може мати, стосунк до двох інших: A — до B і C ; B — до A і C ; C — до A і B ; отже $3 \cdot 2 = 6$. Ці рахунки видаються смішно елементарними. Але напевно викличе в нас вже здивування твердження, що всіх можливих станів у системі складеній з трьох елементів (при шости залежностях між ними) є 64; отже 2^6 . Вирахувати, а чи вирисувати ці можливі 64 стани не така проста справа, як би могло видаватися на перший погляд. Пропонуємо цікаве дозвілля: зазначити на папері три вершки рівнобічного трикутника ABC ; таких «трикутників» зазначити 64; стрілкою, від одного вершка до другого, вирисовувати функціональну залежність; нпр. від A стрілка до B , від C стрілка до A ітд. Починаючи трикутником «нулевого стану», тобто трикутником без стрілок (що означає відсутність будьякої залежності між елементами-вершками A, B, C) і кінчаючи трикутником, в якому нанесені всі шість стрілок-залежностей, треба між цими двома екстремами вирисувати 62 трикутників з різною конфігурацією стрілок.

Аналогічно, при чотирьох елементах кількість залежностей між ними є $4(4-1) = 12$. Кількість можливих станів системи з чотирьох елементів (при дванадцяти залежностях між ними) вносить $2^{12} = 4096$. Для сьоми елементів аналогічні обрахунки дають наступні числа: кількість залежних стосунків між елементами $7(7-1) = 42$; кількість можливих станів вносить 2^{42} = число більше від чотирьох більйонів.

З допомогою математичної індукції можна доказати загальне твердження, що при n елементах завжди є $n(n-1)$ можливих залежностей між ними і $2^{n(n-1)}$ різних можливих станів даної системи зложеної з n елементів. Як зростають числа, що ми їх вище екземплярно вираховували, а через те надзвичайно збільшується скомплікованість систе-

мів із зростанням n , вистачає вказати, що вже при $n = 20$, $n(n-1) = 380$, а $2^{n(n-1)}$ перевищує кількість всіх електронів нашої сонячної системи.

ПРОБАВІЛЬНІ СИСТЕМИ

Для здетермінованих (технічних) системів — хочби вони склалися навіть з дуже великого числа елементів — заторкнені проблеми не відіграють більшої ролі, бо через відповідну конструкцію, кількість станів згори урегульована, а всі небажані стани згори виключені чи зведені до мінімуму відповідними заходами. Натомість у біологічних і соціотехнічних системах, що ми їх хочемо дослідити (пізнати закони, які ними кермують), вище заторкнена проблематика має першорядне значення. Тут приходить нам з допомогою статистична метода досліду, якої принцип, хоч приблизно, дозволить зрозуміти наступне розумування.

Уявімо собі найперше таку просту пробабільну систему: дуже вибоїстою дорогою їде авто, на якому поставлено великий стіл, а на нього дві одномаркові монети. Нерівність дороги спричиняє, що під час їзди монети «підскакують» і спадають на стіл раз «одинкою», а раз «орлом». Можемо передбачити, що правдоподібність — горою тільки самі одинки, або тільки орли буде по 25%, а стан — коли орел і одинка буде 50% всіх станів, занотованих на протязі відповідно довгого часу їзди.

Картина змінюється радикально, коли схочемо досліджувати те саме явище докидаючи щораз більше монет. При відповідно великій кількості — уявімо собі п'ятсот, п'ять тисяч, чи навіть п'ятдесят тисяч — легко передбачити, що стан, в якому всі монети лежалиб на столі тільки одинками (або тільки орлами) є неправдоподібний (математик каже: правдоподібність заіснування такого стану є рівна нулеві). Натомість найправдоподібнішими будуть стани, які групватимуться біля «середини», тобто половина монет лежатиме одинками, а половина орлами.

Рахунок імовірностей і математична статистика подають методи (закон великих чисел, рівняння кривої Гавса), з допомогою яких можна з бажаною точністю визначити величину відхилення від «середини». В межах цих відхилень вміщатимуться майже всі стани системи. «Майже» означає тут відхилення від 100% певности, на що ми погодилися, встановляючи «бажану» точність, напр., допускаючи 5%, 3%, а чи тільки 2% виїнтаків.

Отже оперуючи т. зв. правдоподібними (імовірними) величинами в системах пробабільних, можемо висловлювати узагальнюючі твердження й робити відповідні висновки про «майже» всі стани, чи про закономірності функціональних залежностей між елементами даної системи, враховуючи згори передбачену, для нашої мети допущенну

кількість виімків (визначену певним відсотком всіх можливих станів).

ТЕОРІЯ ІНФОРМАЦІЇ

У всіх системах, що їх розглядає кібернетика, існує між їхніми елементами функціональний зв'язок; один елемент відділює в той чи той спосіб на інший елемент. Основним відкриттям кібернетики було ствердження, що це відділювання відбувається, в принципі, за одною і тою самою схемою, в усіх системах, і становить ніщо інше, як передачу інформації по каналам зв'язку від елементу-відправника до елементу-одержувача. Зрозуміло, чому теорія інформації, як загальна теорія зв'язку, становить одну із головних складових частин теорії кібернетики.

Предметом теорії інформації є м. ін. дві основні проблеми техніки зв'язку: проблема ефективності, що полягає в передаванні максимальної кількості інформації в одиниці часу з найменшою витратою енергії, і проблема надійності, тобто забезпечення максимальної відповідності прийнятого повідомлення з переданим, які, через діяння різних перешкод, ніколи не бувають тотожними. Стисле математичне окреслення таких понять як «ефективність», «пропускна здатність», «умовна ненадійність», «ентропія» й інші, вимагають скомплікованих понять алгебри й рахунку імовірностей.

Досліди в галузі теорії інформації, зокрема її математичне формулювання, щойно розгортаються. Велике значення для цього мають праці американських математиків Гартлі (критерій оцінки можливості системи зв'язку передавати інформацію), Шеннона (теорія фізикальних знаків і правдоподібних зв'язків між ними), Макміллена, Файнштейна і ін. Сьогодні одне з перших місць у цій галузі займають советські вчені: Глушков (теорія алгоритмів, теорія автоматів), Котельников (теорема, що неперервний сигнал може бути переданий за допомогою вибраних його дискретних миттєвих значень), Хінчин (математично чітке означення ентропії та інформації) та Колмогоров (теорія передавання неперервних повідомлень).⁶⁾

Людина створила дуже різноманітні форми зв'язку, комунікації, передачі інформації, з яких найдосконалішою є мова, говорене і писане слово. Але мова, по своїй суті, є нічим іншим як тільки сукупністю звукових знаків для предметів і явищ оточуючої нас дійсності, чи різноманітних понять духового життя. Ці звукові знаки, перетворені на літери, становлять абетку даної мови, що уможливило закріпити говорене слово в письмі.

Людина послуговується ще цілим рядом інших «алфавитів», тобто впорядкованих за певною схемою сигналів, з допомогою яких вона передає інформації-повідомлення іншій людині, або іншим системам, якими вона кермує, чи стоїть з ними в зв'язку. Ці сигнали це умовні знаки — зорові, звукові, механічні, електричні й інші.

Трудність в послуговуванні різними «алфавитами» лежить в тому, що кожна система має свою питому мову, яку вона «розуміє» і на якій «відповідає». Часто повідомлення у вигляді, в якому його створив відправник, непридатне для передачі по лінії зв'язку іншої системи; напр., телеграма у вигляді говореного тексту не може бути передана по телеграфічних дротах. Тому, заки передавати повідомлення, треба його перетворити, за допомогою кодування, на ряд сигналів, які були б придатні для передачі по лінії зв'язку даної системи; на приймальному кінці інформація мусить бути декодована. Подібно й машина не зрозуміє словної команди водія, якщо наказ не буде перетворений на зрозумілу для неї мову — вимикання електричного струму, підношення відповідних підойм, зміни бітів тощо.

Проблеми кодування абетки мають свою давню історію, зокрема при всіляких шифрах для засекречення змісту передаваних повідомлень. Крім того завжди живим було намагання скорочувати зовнішню розтяглість і в одному чи в кількох сигналах-знаках давати максимум інформації. Модерна математична символіка є прикладом універсальної мовної системи, з допомогою якої передаємо, в дуже сконденсованій формі, інформації не тільки з ділянок фізики, механіки тощо. Математичними символами можна закодувати кожний «алфавит», як теж цілий ряд логічних процесів.

Початки всестороннього технічного застосування передачі інформації, як і самої теорії інформації, треба шукати в досліджах над проблемою телеграфічного зв'язку. Тоді вперше в історії вжито для передачі інформації двопозиційної системи (крапка і риска) тобто комбінацій імпульсів електричної енергії, які відповідають літерам, цифрам, знакам. Код Морзе базується на статистичному обчисленні густоти поодиноких літер в англійській мові. Літера *e*, яка найчастіше повторюється, дістала крапку, інші літери дістали відповідні комбінації, аж до п'яти знаків, крапок чи рисок.

Ідею Морзе в принципі перейняли сучасні кібернетичні автомати. Основним кодом для них є т. зв. двійкова або бінарна система чисел. Коли для коду Морзе елементами є коротша і довша дія електричного струму, то для сучасних автоматів існують теж два елементи дії електричного струму, але в дуже екзактній і технічно дуже ефективній формі: «струм є» і «струму нема». З тих двох, себе взаємно виключаючих, станів, тобто з двох елементів: «так» і «ні», що їх символізують одинка ($1 = \text{так}$) і нуль ($0 = \text{ні}$), є в основному створена мова сучасних автоматів.

Одне з підставових тверджень теорії інформації є в тому, що кількість інформації, яка міститься в будь-якому повідомленні (телеграма, мова, спів, ...) дається виміряти універсальним способом. Для такої квантитативної аналізи інформації потрібна одиниця міри. Такою одиницею міри інформації встановлено 1 біт, тобто рішення між «так» і «ні», в символах: рішення між 1 (один) і 0 (нуль). Слово «біт» є скоротом англійського *binary digit* і означає двійкову (бінарну) си-

стему в символах арабських цифер 1 і 0. Для ілюстрації розглянемо такий приклад:

Згідно з теорією інформації, для передачі будьякої з 32 букв української абетки треба 5 (п'ять) бітів інформації. Це означає, що з допомогою п'яти символів 1 і 0 можна представити (закодувати) кожну з 32 букв.

На доказ, що поставлене завдання має розв'язку, вистачає провести таку операцію: виписати в традиційному порядку 32 букви від А до Я, і припорядкувати кожній з них п'ять знаків двійкової системи (відповідну кількість одиниць і нулів) так, щоби кожне того рода п'ятицифрове припорядкування ніколи не повторилося. Для цього вистачає поділити виписаний ряд букв на половини (праву і ліву) по 16 букв кожна: ці половини знову переділити на дві половини по вісім букв (тобто цілість абетки на чотири четвертинки); переділяючи четвертини знова на половини ітд. доходимо після п'ятого акту такої операції до вміщення кожної літери в одній із половинок попередньої половинки. Для літер у першій (лівій) половині припорядковуємо одинку, для літер у другій (правій) нулі. В цей спосіб дістанемо: А = 11111; Б = 11110; Л = 10000; М = 01111; Н = 01110; Ю = 00001; Я = 00000. Бачимо, що кожній літері припорядковано один і тільки один цифрний знак і навпаки, кожному з тих знаків припорядкована одна і тільки одна літера.

Уважний читач завважить, що наш приклад упрощений, бо ми поминули 33-ту літеру української абетки, а саме знак м'якшення. Це зроблено свідомо для упрощення опису рахунку. По суті справа мається так, що стосовно до кількості n елементів в даному до заcodовання «алфавіті» потрібно більше чи менше число цифер двійкової системи. Для $n = 32 = 2^5$ потрібно п'ятицифрові числа; для $n = 33$ аж до $n = 64 = 2^6$ потрібно шістьцифрові числа; для $n = 2^6 + 1$ аж до $n = 2^7$ треба семицифрові числа ітд. Легко індукувати, що границі будуть визначені числами $2^0, 2^1, 2^2, \dots$

Щоби на електронних обчислювальних машинах перевести математичні операції додавання, віднімання, множення, ділення, інтегрування, . . . треба всі числа десяткової — нам звичної — системи перевести на двійкову, бінарну.

В десятковій системі десять одиниць творять одиницю вищого ряду; пишемо одинки (від 1 до 9) одною цифрою, а коли до дев'яти одиниць додамо ще одну, дістаємо одиницю вищого ряду, яку пишемо у виді 10. Всі одиниці вищого ряду дадуться представити як: $10^1, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5, \dots$ Тому кожне десяткове число можна представити у виді многочлена такої форми: (напр., $378 = 3 \cdot 10^2 + 7 \cdot 10^1 + 8 \cdot 10^0$).

В двійковій системі чисел вже додання одної одинки до іншої дає одиницю вищого ряду. Так отже: $1 + 1 = 10$; при чому треба конче собі усвідомити, що «10» не є «десять» нашої десяткової системи чисел, а тільки умовний знак для одиниці вищого ряду в двійковій, бінарній системі чисел. Якщо це собі усвідомимо і запам'ятаємо, тоді

рахування (додавання, віднімання, множення, ...) числами двійкової системи, або в т. зв. алгебрі Буля, не справлятиме труднощів. Числа двійкової системи мають таку форму і відповідають таким десятичними числам:

десятькове число	двійкове число	десятькове число	двійкове число
0	0	8	1000
1	1	9	1001
2	10	10	1010
3	11	11	1011
4	100		
5	101 і т. д.	
6	110	45	101101
7	111 і т. д.	

Всі одиниці вищого ряду двійкової системи дадуться представити як: $2^1, 2^2, 2^3, 2^4, 2^5, \dots$. Тому кожне двійкове число можна написати у формі многочлена, напр.:

$$101101 = 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 45$$

Цим одночасно подано ключ, як перемінити десятичне число на двійкове.

Повторимо: з допомогою одинки і нуля можна закодувати любий алфавит, розуміючи під останнім довільну, але скінчену і впорядковану за докладно визначеною схемою, сукупність будьяких сигналів — звукових, оптичних, механічних, електричних ...

Цікавим прикладом для наведеного була передача фотознімків планети Венус за допомогою міжпланетарної зонди «Марінер». Цю передачу можна пояснити схематично так: фотографія є ефектом світла і тіней; з допомогою растера (сітки) перетворюємо фото на кліше; кліше є системою точок різної ясности, від цілком ясних (білих) до цілком темних (чорних). Скалю ясности від білого до чорного поділено на $64 = 2^6$ різних відтінків і закодовано з допомогою шестидесяти двійкових чисел. Розташування кожної точки растера на площі фотографії закодовано з допомогою двох чисел прямих координат. Цим схема кодування передачі фотознімка планети закінчена. «Марінер», перелітаючи попри планету Венус, фотографував її і переслав телезв'язком на землю сотні тисяч, а чи мільйони сигналів «один» і «нуль». Електронічні компютери їх декодували, перетворюючи їх на фотознімок планети Венус.

ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ

У всесвіті, між елементами різних системів мікро- і макро-космосу, відбувається перманентно «розмова», взаємодія під впливом постійної виміни «інформацій» на різних «язиках»....

Також і людина — як складовий елемент космосу — по суті не робить нічого іншого, як тільки сприймає, з допомогою фізіологічних змислових подразнень, сигнали різних факторів зовнішнього світу, або власного організму. Ці сигнали у формі повідомної інформації проходять по доцентрових нервах до мозку, який переробляє їх на керуючу інформацію, використовуючи при тому інформацію нагромаджену в минулому, яка зберігається в пам'яті людини. Напр., в результаті обробки інформації, яка повідомляє мозок людини про ненавмисний дотик руки людини до розжареного предмета, керуюча інформація передається до м'язів руки і ці м'язи, скорочуючись, відводять руку із стану дотику з гарячим предметом. Одночасно керуюча інформація передається і до м'язів ока, в наслідок чого погляд людини спрямовується на предмет, що викликав відчуття болю.⁴⁾

Процеси перетворення інформації відбуваються і в автоматах. Але мова і слівництво автоматів, навіть найбільш скомплікованих електронічних «мислячих» машин, на перший погляд дуже обмежені; в них тільки двоє слів: 1 = «так» «правда» і 0 = «ні» «лож». А проте кожна «мову», хочби й як «багату», можна висловити, перекласти на цей «примітивно-вбогий» язик через закодування «алфавиту» даної мови на двійкову, бінарну систему.

Щоби автомат міг нас зрозуміти й дати задовільну відповідь, напр., дати розв'язку будьякої математичної задачі, треба нашу інформацію, нашу «проблему», з якою ми звертаємося до автомату, закодувати «на вході», а вислід декодувати (розшифрувати) «на виході». Це складне завдання; його розв'язує теорія абстрактних алгоритмів передовсім з допомогою функцій і алгебри Буля (*Bool*).

Алгоритмом⁵⁾ називаємо систему правил виконання якогось обчислювального процесу, що обов'язково приводить — після скінченого числа операцій — до розв'язання певного типу задач. Просигми прикладами алгоритмів є відомий алгоритм Евкліда — система правил обчислення найбільшого спільного дільника кількох цілих чисел, або система правил виконання чотирьох головних арифметичних дій цілими числами.

Характеристичними особливостями алгоритмічного процесу є його детермінованість (неможливість по-різному тлумачити порядок дій) і масовість (застосованість до багатьох задач певного типу). Необхідність уточнення поняття алгоритму привела до виникнення нової галузі математичної логіки — до теорії алгоритмів.

Автомати є мертві; вони оживають, коли в них влити «кібернетичну кров» — інформацію. Це можливе тільки на зрозумілій для них мові. Мови автоматів є (можуть і мусять бути) різні, індивіду-

альні. Але розвиток сучасних електронно-обчислювальних машин, найуніверсальніших в застосованні, пособляє надзвичайному розвитку міжнародної мови автоматів — відомої під назвою АЛГОЛ⁶⁾ спертої, для передачі автоматом, на двійковому алфавиті 1 і 0. На АЛГОЛІ спирається, як дотепер, автоматизація всіх зложених логічних процесів, що доводить до математизації всіх ділянок знання. Рівночасно АЛГОЛ є універсальним середником для достатньо простого, точного і загально зрозумілого запису рахувальних алгоритмів.

+

Цей побіжний нарис головних проблем теорії кібернетики хочемо закінчити передачею змісту міркувань одного з найвизначніших українських кібернетиків, Глушкова:⁷⁾

... Куріозно, що універсальна рахувальна електронна машина дозволяє творити довільні алгоритми, і тому — щонайменше в принципі — можна автоматизувати любую дію людини, що ґрунтується на переробленні інформації. ... це може бути, отже, і рішення різних математичних задач, і плянування, і керівництво підприємством, і переклад на чужу мову, і читання, і гра в шахи, і багато чого іншого. Цього не завважили конструктори рахувальних машин і цього до них ні не розуміє багато людей — навіть тих, що блище займаються проблемами кібернетики чи працюють в автоматі.

Ще на маргінесі: у багатьох людей складається уявлення, коли вони заєдно чують — електронні машини, транзистори, електроди, діоди, ... що це електроніка має якесь відношення до тих можливостей автоматів, рахувальних машин ітп., тобто, що це «думання» машини завдячує вона електронам. ... Очевидно, прикра помилка, бо коли б ми застосували іншу техніку, напр., механічні споруди, або електромагнетні, вислід був би такий самий.

¹⁾ DUCROCQ, Albert: „Decouverte de la Cybernetique“, Rene Juliard, Paris 1965. Deutsche Ausgabe: „Die Entdeckung der Kybernetik“ — Eine Einführung in die Regeltechnik; Europäische Verlagsanstalt, Frankfurt am Main 1959.

²⁾ FRANK, Helmar: „Kybernetische Maschinen“, Fischer Verlag, Frankfurt am Main 1964.

³⁾ Глушков В. М.: «Кібернетика» — УРЕ т. 6. ст. 412.

⁴⁾ Фіголь А.: «Виникнення кібернетики», УС ч. 101, січень 1966.

⁵⁾ Дивись: «Автомати», «Алгоритм», «Ентропія», «Інформаційна теорія», «Інформація», ... в УРЕ відповідні томи.

⁶⁾ Скорот англійського: *ALGORITHMIC LANGUAGE*.

⁷⁾ Глушков В. М.: «Введение в кибернетику», Издательство Академии Наук Украинской ССР, Киев 1964.

3. КІБЕРНЕТИКА І МОДЕРНЕ СУСПІЛЬСТВО

З почуттям тривожної непевності сучасна людина відчуває добу нової технічної революції. Вона ще не зовсім ясно усвідомлює собі наслідки перевороту, що таки на її очах проходить у всіх ділянках людського життя і тільки зовсім загально може передбачати головні лінії дальшого розвитку в майбутньому.

Мистці й поети мають здібність схоплювати явища оточуючого нас світу і його переміни куди скоріше й повніше, ніж інші. Вони розкривають, наголошують основні напрямні еволюції. Василь Симоненко, недавно згаслий український поет, дає цьому вислів у ляпідарному: «...цілую руки, що крутили жорна, у переддень космічної доби...»¹⁾

Для виникнення «космічної» доби були потрібні основні передумови, передусім передумови для розвитку техніки. Ми знаємо, що сучасне модерне суспільство, це суспільство доби атому й автоматів. Компютер — електронна обчислювальна машина — стала символом нашої доби. Кібернетика сполучає обидва елементи, атом і автомат, в одну органічну цілість.

ДРУГА ІНДУСТРІАЛЬНА РЕВОЛЮЦІЯ

Початки техніки збігаються з появою людини на землі. Наявність обробленого кременя, тобто першої примітивної технічної споруди виготовленої людиною (*Homo sapiens*), вказує на безсумнівний її слід, хоча інші рештки пралюдини звичайно не збереглися.

Історія техніки це в основному історія об'єктивізації середників (для осягнення бажаної цілі), що їх людина успадкувала від природи у формі органів свого тіла, сили своїх м'язів і духових здібностей. «В продовженні поглядів Макса Шелера модерна антропологія виявила, що людина — невиключена в якесь особливе, природне і їй відповідне довкілля — через відсутність спеціалізованих органів та інстинктів, є змушена інтелегентно перетворювати дані умови, з якими вона зустрічається в природі».²⁾ В такому розумінні техніка це здібність людини творити середники, з допомогою яких вона змушує природу служити їй при здійснюванні задуманих цілей. В розвитку техніки зарисовуються виразно три етапи:

Перший етап — це об'єктивізація власних органів тіла через створення технічного приладдя в формі перших примітивних серво-механізмів, яким людина дала в більшості антропоморфні назви та інтерпретацію: ра м'я підойми, з у б и п и л и, к у л а к - м о л о т - с о к и - р а і т. п. Людина «підглядала» оточуючу її природу й старалася повторити заобсервовані явища створюючи всілякі, щораз складніші, машини чи технічні процеси (напр. млинське колесо). На це вказує теж і саме слово машина, яке походить від грецького «механе» і означає хитрість, підступ, штуку. Для урухомлення перших машин людина послуговувалася переважно силою власних м'язів (доба невілляництва), тільки частково використовуючи силу освоєних звірят і кінетичну енергію вітру та води. Ця перша стадія розвитку техніки тривала порівняно довго, бо аж до винаходу парової машини в 18 сторіччі.

Другий етап — це об'єктивізація сили власних м'язів через середники для творення і переміни енергії. Щораз більше запотребування нових джерел сили і їхня реалізація у формі парової машини, електричного мотору і вкінці атомової енергії характеризують цей етап. Цікаво відмітити, що знову наші суб'єктивні враження дії м'язів переносимо на створений нами об'єкт, коли говоримо, що машина «тягне», «працює», «змучилася» і т. п. Нові типи машин, механізація продукційних процесів, глибокі переміни в соціальній структурі — це явища, що ми їх звикли окреслювати як наслідки першої індустріальної революції.

Третій етап — переживаємо. Він нас, в деякому розумінні, за-скакує й лякає, бо ми не думали, що буде можливим об'єктивізувати також наші духові здібності — думання, запам'ятування, обчислювання, кермування, вивчання і т. п. Це етап об'єктивізації духових процесів і функцій людини через творення середників для передачі й перетворювання інформації, яка була початком (мова) і становить підставу та цемент суспільства.³⁾ Сьогодні людина сконструювала механічні апарати — компютери, які незвичайно збільшили ефективність її духових сил, її інтелігенцію, бо швидкість дії і обсяг пам'яті в них настільки великі, що з них можна комбінувати найскладніші логічні побудови. Збільшення ефективності людської інтелігенції з допомогою машини, явище паралельне до збільшення сили м'язів людини з допомогою машини в другому етапі розвою техніки. І знову, подібно як у двох перших стадіях, ми антропоморфізуємо чинності компютерів-автоматів, коли говоримо, що вони «думають», «спостерігають», «обчислюють», «вивчають» і т. п.

В двох перших етапах, що їх часто називають «класичною технікою», в більшій або меншій мірі була виєліміновувана фізична сила людини; людина штучно повторила природу вилучуючи себе. В третьому етапі, що його окреслюють як «кібернетичну техніку», виєліміновувані в більшій або меншій мірі психічні функції людини; людина штучно повторює саму себе. Перехід від другого до третього етапу розвитку техніки викликає на наших очах такі далекоїдучі переміни й висуває такі нові й складні проблеми майже в усіх ділянках нашого життя, що ми сприймаємо його як переверот, потрясення всьо-

го традиційного. І тому чуємо часто, що живемо в добі другої індустріальної революції, хоча, по суті, вірніше треба би називати прискорений еволюційний процес.

АВТОМАТИЗАЦІЯ

Автомати мають свою давню історію. До наших часів збереглася цінна пам'ятка-книга Герона Александрійського «Pneumatica et automatagia» з описами автоматів 3-2 ст. перед Хр. — напр.: грошові автомати для отворання дверей святинь і т. п. Сам Герон сконструював перший водний годинник, давши початок автоматичного вимірювання часу. Впродовж пізніших століть проходить постійний розвиток автоматів аж до наших днів.

В нашу добу значно поширилися грошові автомати для продажу поштових записок, квитків вступу, сигарет й інших речей. В індустрії широко застосовані автоматичні станки для обробки всілякого приладдя — токарки, фризери, вертільниці тощо, як теж автоматичні пристрої для втримання постійних фізикальних величин — температури, швидкості, тиснення — т. зв. гомеостати.

Всі ці автомати це механічні пристрої, які, після усунення певної запори (прим.: через вкинення монети), самочинно виконують визначені їм, більше чи менше складні, функції. Їх ділять на системи одверті (напр., автоматичні токарки) і зімкнуті (напр., термостати). В останніх дія «на виході» є початком дії «на вході», тобто системи відомі нам як кібернетичне коло з принципом зворотного зв'язку.

Не масове поширення «класичних» автоматів творить сучасну «індустріальну революцію», а винахід і бурхливий розвиток кібернетичних автоматів — електронних обчислювальних машин, званих теж компютерами. В українській підсоветській літературі прийнято для окреслення Електронних Обчислювальних Машин скорот ЕОМ і його будемо вживати в дальшому тексті.

Свідомість, що процеси рахування можна виконувати механічно машиною, вже дуже давня. Як допоміжний лічильний прилад збереглася з часів класичної старини рахівниця (відома гр. і лат. назва «абак», що означає лічильна «дошка»), де на дрютах вміщено по десять кісточок, що умовно означають одиниці, десятки, сотки, тисячі... Ця лічильна дошка стала зайвою, коли впроваджено десяткову систему чисел і з допомогою олівця та паперу можна алгоритмічно переводити всі основні алгебраїчні операції. В Україні (і в цілому СРСР) зберігається ще рахівниця, не тільки як методичний засіб для навчання в народній школі, але теж в конторах, підприємствах, бюрох тощо. На Заході рахівниця, поза школою, заступили ручні й електричні лічильні машини. Їхніми першими реалізаторами були Лейбніц і Паскаль.

Винахід ЕОМ становить не тільки епоху в еволюції лічильних машин, але й вирішальний скок у розвитку автоматів взагалі. Сучасна автоматизація (дехто вживає «автоматія») це передусім дальший розвиток механізації та раціоналізації виробничого процесу при застосуванні ЕОМ. З допомогою ЕОМ можна дуже видайно будувати пристрої, машини й цілі системи, які найкраще здійснюють контролюючі і керування технологічними процесами вилучуючи безпосередню участь людини.

Виникнення ЕОМ підготували:

Charles Babbage (1792-1871), математик і винахідник, якого історична заслуга в тому, що він перший концептував модерну техніку комп'ютерів у часі, коли ще не існували жодні технічні можливості для її реалізації. Його ідеї не були використані повних сто років.

George Boole (1815-1864), математик-логіст, самоук, який створив «логічну алгебру», що тепер становить підставу теорії кібернетики для проектування цифрових комп'ютерів. Характеристичною рисою алгебри Буля є рішення між двома можливостями, напр., «правда» і «лож», або в комп'ютері «реле відкрите» і «реле закрите», або в біокібернетичі «нейрон подразнений» і «нейрон неподражений». Для вчення Буля, в його часі, не було жодного конкретного застосування. Щойно з виникненням комп'ютерів (ЕОМ) висліди його дослідів могли заспокоїти пекучу потребу.

Hermann Hollerith (1860-1929), інженер, винахідник «перфокарти», що з її допомогою (в 1910 р. вперше) скорочено час статистичних зведень до одної десятої, при обниженні коштів до одної третьої. З того часу постали всілякі організації, в різних країнах, для використання перфокарти Голеріт-системи. В 1924 р. вони об'єдналися, в одну з найпотужніших сьогодні, міжнародно компанію «International Business Machines Company», відомої в цілому світі під скоротом *IBM*.

Першу ЕОМ в США сконструйовано в 1943 р., першу ЕОМ в СРСР в 1948 р., в Києві. З того часу в різних країнах світу створено багато всіляких ЕОМ. Вони поділяються за принципом їхньої дії на аналогові й цифрові.

Найбільш первісним типом аналогових ЕОМ є «логаритмічна лінійка» (Рехеншібер) для «тяглих», «неперерваних» обчислювань, на базі геометричних аналогій. Для ЕОМ великого значення набувають електричні аналогові моделі, напр., аналогія між обчислюванням напруги струму з допомогою правил Кірхгофа і розв'язанням системами лінійних рівнянь тощо.

В цифрових ЕОМ обчислювання відбувається з допомогою «дискретного», тобто «перериваного» процесу числення «цифра за цифрою», подібно як на рахівниці. В кібернетичній літературі Заходу цифрові ЕОМ називають теж «дігитальними», від англ. digit = цифра.

Цифрові ЕОМ залежно від задач, що вони спроможні їх розв'язати, діляться на спеціалізовані й універсальні. В спеціалізованих машинах програма дії обмежена тільки до певного, згори окресленого типу за-

дач. Натомість універсальні ЕОМ працюють при широкій скалі програмування, яка обмежена тільки обсягом їхньої «пам'яті». Тому з їх допомогою можна розв'язувати не тільки всі складні математичні задачі, але й переклади з даної мови на іншу, різного рода гри (напр., гри в шахи), як теж задачі керування, планування, інформативної та документарної служби тощо.

На протязі останніх 20 років електронічні цифрові автомати надзвичайно еволюціонували, як кількісно так і якісно. Число інсталюваних компюторів під сучасну пору досягло в США 20 000, в Зах. Німеччині 2 000. Обережна екстраполяція розвиткового тренду дозволяє передбачити, що в 1970 р. США будуть мати приблизно 40 000, а Зах. Німеччина 7 000 ЕОМ. СРСР стоїть, і напевно стоятиме, в цьому розвитку безпосередньо після США. Хоча немає докладних даних для такої прогнози.

Токож якісний розвій ЕОМ за цей короткий час виявляє просто неймовірний поступ. Це стосується передусім різних технічних показників, які досягають фантастичних величин, що, в свою чергу, надзвичайно збільшує користі й вигоди застосування ЕОМ. Наведемо декілька прикладів.

Час додавання двох 10- до 20-циферних чисел (включно з часом потрібним для «перенесення») виносив у перших автоматах декілька мілі-секунд (1 мілі-сек. = 10^{-3} с = одна тисячна сек.). Натепер майже в усіх ЕОМ цей час скоротився до одної мікро-секунди (1 мікро-сек. = 10^{-6} с = одна мільйонна сек.), а наймодерніші машини наближаються до одної нано-секунди (1 нано-сек. = 10^{-9} с = одна тисячмільйонна сек.). Це означає, що на протязі одної секунди пересічний автомат ЕОМ «може додати» кілька, а то й кількасот мільйонів 20-циферних чисел, і виписати їх на ленті для дальшої передачі. Деяке уявлення про те, з якими скоростями маємо тут до діла, може дати заввага, що світло пробігає впродовж одної нано-секунди тільки 30 сантиметрів відстані.

Поемність «пам'яті» ЕОМ вагається між 10^6 і 10^8 = 100 мільйонів бітів (одиниць інформації). Для порівняння: 16 томова УРЕ (без ілюстрацій) має коло 400 млн бітів інформації.

Кількість складових елементів, т. зв. елементів вмикання, вимикання і перемикання, з яких збудована ЕОМ, вагається між кільканадцять тисяч до ста тисяч. В порівнанні з тим кількість нейронів центральної нервової системи людини рівна 15 мільярдів. Але людина, з допомогою своєї нервової системи, може провести свідомо максимально 100 бітів на секунду, підчас коли ЕОМ проводить в тому самому часі, від «входу» до «виходу», 100 до 1 млн бітів. Людина несвідомо тільки перевищує автомат, приймаючи коло 1000 млн бітів на секунду.⁴⁾

Цікаво слідкувати за розвитком функцій, що їх можуть виконати ЕОМ. Спершу ЕОМ були сконструйовані як чисто обчислювальні машини. Згодом виявилось, що, через відповідне програмування, вони здібні розв'язувати й інші логічні завдання, а також розрізняти оп-

тичні й акустичні знаки, що означає їхню здібність читати, слухати й говорити. Сьогодні вже існують такі автомати. Але найкуріознішим для невтаємничених в спроможності технічної кібернетики мусить видаватися твердження, що автомати можуть «вчитися», і що вони вчаться приблизно так, як вчиться дитина.

ТЕОРІЯ АВТОМАТІВ

Наскільки машина-автомат може перейняти й наслідувати такі життєві процеси як спостереження, вивчення, реагування на зовнішні подразнення, адаптація до зовнішніх обставин тощо? Де є межа для цих можливостей? — На такі і подібні питання старається дати відповідь теорія абстрактних автоматів, що її як перші, розвинули два математики: англієць А. М. Turing — (1936) і американець John von Neumann — (1948). В Україні ці питання розробляють Вишнеградський, Кирпичів, Глушков та інші.

З тез теорії автоматів ясно випливає, що людина дотепер мала тільки дуже обмежений, вузький погляд стосовно можливостей будови автоматів. Турінг сконструював «машину» (вона відома в літературі як «машина Турінга»), — з допомогою якої він доказав логічну можливість існування «машини», яка може сама себе репродувати, а навіть перевищити.

Неможливо «двома реченнями» передати дуже складний хід думок і спосіб математичного доказу на того рода твердження, або їх з'ясувати. Зазначуємо щераз, що «машина Турінга»⁵⁾ це чисто абстрактна логічна конструкція. Чи і коли людина зуміє сконструювати таку машину, це зовсім інше питання, яке в нічому не опрокидує, а чи послаблює тез теорії. Взагалі завваження, що, мовляв, автомат не може виконати того чи того, не важить багато, коли взяти до уваги, що теперішні компютери є ще в «ембріональній» стадії розвитку, а нашу добу можна порівняти з добою винаходу першої підойми, в якій теорію про наш теперішній компютер трактувалося б як утопію. Все таки якісь натяки, якусь інтуїтивну відчутність щодо розвитку теорії і практики кібернетики подають нам вже деякі конкретні автомати. Автомат «кібернетична черепаха» (фото див. УРЕ т. 1, ст. 48-49) — має цілий ряд пристроїв, що дозволяють йому заховуватися як справжня черепаха. Коли в «шлунку кібернетичної черепахи» забракне струму, то вона сама йде до місця, де може «поживитися», зарядити свої акумулятори. При тому вона вмє виминати деякі перешкоди на її дорозі. Якщо в часі ходи свиснути на неї, вона зупиняється на хвилину, «надслухує», потім «лізе» далі. Заспокоївши «голод» сама повертається знову до своєї кривки. Автомат «миш в лабіринті» вмє вчитися. Відомо, що з лабіринту є тільки один вихід. Миш пробує вийти в цей спосіб, що за кожним разом, коли зайде «в сліпий кут» повертається на своє давнє місце. Кожну «невдачу» вона зберігає в своїй «пам'яті». Після десятка чи сотні таких спроб-невдач, вона попадає на правильний вихід. Коли її

поповно покласти в лябіринт, то вона без вагань «вибере» правильний найшвидше вихід.

Можна б назвати ще цілий ряд «адаптивних системів»,⁶⁾ в яких виявляється здібність автомату вибирати оптимальний стан, що його конструктор ані не знав, ані не міг передбачити. Йому ж невідомими були фізикально-хемічні закони цілого процесу і його кінцевий вислід. Вже нинішній стан техніки дозволяє сумніватися чи правильним є твердження, що автомати можуть виконувати тільки доручення задумані конструктором. Вже тепер існує ряд машин, яким вистачає дати задачу, а всі потрібні заходи для її розв'язки знаходить машина сама. Тепер уже автомати помагають будувати ще більше складні автомати.

ІНФОРМОВАНЕ СУСПІЛЬСТВО

Аспекти технічної революції, що її викликає автоматизація, не повинні бути перешкодою для глибшого розглянення проблем модерного суспільства. Сьогодні треба розуміти кожну спільноту людей як кібернетичну систему саму для себе, яка складається з елементів, членів суспільства. Між ними існують функціональні залежності, вони відділюють один на одного; більше того, вони творять «організм», а не тільки «організацію».

До недавня комунікація між членами спільноти була дуже нев'язана. Щойно винахід і масове поширення апаратів для передачі інформації — телефон, телеграф, телебачення — і всестороннє примінення компюторів як апаратів для перероблювання інформації, викликають, іноді песимістичні зауваження, що модерне суспільство розвивається в напрямку «спільноти термітів». Армія механічних роботів змінить повністю соціальну структуру і характер нашої культури.

Поданий у попередніх розділах короткий нарис розвитку автоматів, їхніх можливостей і започаткованих процесів автоматизації вказує радше на корисні зміни, пов'язані з спроможністю ще більшою мірою заступити робочу силу людини машиною і зміцнити інтелігенцію людини у виробничому процесі, в технічному поступі, а зокрема в опанованні космічного простору. Оптимісти добачають в тому показник, що зближається доба масового дозвілля, в якій людина, звільнена від конечности безперервної заробіткової праці, матиме змогу присвятитися більше, а чи й повністю справам духа.

К. Штайнбух, директор інституту кібернетики на високій технічній школі в Карльсруе, в найновішій праці про історію і майбутнє техніки інформації, висловлює дуже відважний погляд: «В майбутньому люди розпоряджатимуть не тільки більшими матеріальними добрими і збільшеною енергією, але також дуже великим запасом інформації. Знання збільшуватиметься з неправдоподібною швидкістю. Інформації про події на віддалених місцях будуть перенесені в кожний закуток з допомогою телеграфу, телефону, телебачення. Компютери будуть

пов'язувати й аналізувати висліди тих інформацій. Все знання буде магазиноване у величезних «банках інформацій», доступних для кожного. ... Суспільство майбутнього не тільки не знатиме недостачі матеріяльних дїбр, воно буде зокрема інформованим суспільством. ... Ніщо не примушує людину вжити величезні можливості науки і техніки на свою власну згубу. Навпаки, всі шляхи стоять відкритими, щоби науку і техніку використати для добра людини. Але таку гуманну ціль може досягти тільки інформоване суспільство.»⁷⁾

¹⁾ Симоненко, Василь: «Берег чекань» — В-во Пролог, Мюнхен 1965.

²⁾ Gehlen, Arnold: „Die Seele im technischen Zeitalter“, Sozialpsychologische Probleme in der industriellen Gesellschaft. Rohwolts deutsche Enzyklopädie, Bd. 53. Hamburg 1957.

³⁾ Wiener, Norbert: „The Human Use of Human Beings“ (Cybernetics and Society). Deutsche Ausgabe: „Mensch und Menschmaschine“, Athenäum Verlag, Frankfurt a. Mein — Bonn 1964.

⁴⁾ Steinbuch, Karl: „Automat und Mensch“ — Kybernetische Tatsachen und Hypothesen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1965.

⁵⁾ Beer, Stafford: „Cybernetics and Management“. Deutsche Ausgabe: „Kybernetik und Management“ — S. Fischer Verlag, Hamburg 1962.

⁶⁾ Ивахненко, А. Г.: «Техническая кибернетика». Deutsche Ausgabe: „Technische Kybernetik“ — Einführung in die Grundlagen automatischer, adaptiver Systeme. VEB Verlag Technik, Berlin 1964.

⁷⁾ Steinbuch, Karl: „Die informierte Gesellschaft“ — Geschichte und Zukunft der Nachrichtentechnik. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 1966.

4. РОЛЯ КІБЕРНЕТИКИ В ГОСПОДАРЬСЬКОМУ І СОЦІАЛЬНОМУ СЕКТОРАХ

Досліди в різних наукових дисциплінах стверджують існування системів, які виявляють у своїй формальній побудові і в способі перебігу питомених їм процесів зовсім несподівані аналогії. Виявляється, що фізикальні, технічні і біологічні переміни в оточуючих нас системах можна досліджувати з допомогою одної і тої самої методи кібернетики.¹⁾ Більше того: цю саму методу можна стосувати також при дослідіах системів народного господарства і соціальних структур в модерному суспільстві.²⁾

КІБЕРНЕТИЧНІ РЕГУЛЮЮЧІ КОЛА В ГОСПОДАРСТВІ

Кібернетичним регулюючим колом — на принципі зворотного зв'язку — називаємо сукупність певної кількості величин, які стоять між собою в такій функціональній залежності, що зміна одної з тих величин викликає зміну інших (одної або більше), що в свою чергу — посередньо або безпосередньо — впливає знову на зміну першої. Такі регулюючі кола, відомі нам передовсім в техніці і біології, обсервуємо теж і в господарському житті. Напр., взаємозалежності таких господарських величин як: ціна, попит, подажа, національний дохід, інвестиції, кількість гроша, ощадності, ступінь затруднення, і т. п. Перехід від примітивного господарювання для власної потреби до індустріальної продукції для анонімного ринку, при щораз то даліше йдучому поділі праці та спеціалізації продукту, створив дуже скomпліковану систему взаємозалежностей всіх господарських величин.

Подібно до кровообігу в організмі, як завважив французький лікар Франсуа Кене (Quesnay, 1694-1774) основоположник економічної школи фізіократів, також у господарських стосунках відбувається постійна переміна, обіг вартостей. Це була перша науково сформульована думка про взаємозалежність всіх господарських процесів. Погляд цей розгорнув широко англійський економіст Давід Рікардо (1772-1823) спираючися головню на ідеї Адама Сміта і Жан-Баттіст Сейя. Сьогоднішній погляд на інтердепендентність господарських величин завдячуємо великою мірою одному з найвизначніших англійських економістів Джон Мейнард Кейнсові (J. M. Keynes, 1883-1946).

Основні думки названих політекономістів дадуться сьогодні інтерпретувати як концепції кібернетичних регулюючих кіл в господарському житті. Рікардо, а за ним цілий ряд інших політекономістів, заперечував можливість появи економічних криз з причин, що є імманентні господарській системі. На його погляд господарські процеси регулюють самі себе, а тому будьяке втручання до них є зайвим. Якщо появлятимуться будьякі кризові явища, то хіба тільки часткові, обмеженого характеру.

Наявність кон'юктуральних криз висунула однаке питання про середники для стабілізації господарського життя, хоча сама ідея господарства як саморегулюючої системи — принайменше в деяких рамах — в понятті західних учених збереглася до нині. Тільки, по аналогії до технічної кібернетики, на перший план висувається питання організаційних міропринять, які неутралізували би зовнішні, позагосподарські впливи і надто великі відхилення деяких внутрішніх величин, подібно як це робить інженер чи техник при будові стабілізаторів технічних регулюючих апаратів.

*

Роля кібернетики в господарському секторі не вичерпується тільки застосуванням самої методи досліду й інтерпретації. Дуже важливого значення набуває примінення кібернетичної техніки: впровадження компюторів ЕОМ (Електронно Обчислювальних Машин) як середників кібернетичної автоматизації в усі галузі продукції, управління, зв'язку, а зокрема в апарат господарського планування.

ПОЛЕ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Можна ствердити, що згідно з теперішнім станом, усі технічні проблеми автоматизації в основному розв'язані і ми є свідками її бурхливого розвитку. Подати повний перелік усіх ділянок, що їх вже опанувала автоматизація, річ неможлива. Ми мусимо обмежитися до вирахування головних груп і подання кількох конкретних прикладів. Для проглядности заторкненої проблематики будемо придержуватися прийнятого сьогодні в літературі поділу на автоматизацію продукції, управління і зв'язку (руху та інформації).

Автоматизація продукції може бути проведена скрізь, де є — а чи може бути — непереривний продукційний процес. Це означає, що майже всі галузі індустрії можна автоматизувати.

Типовими прикладами автоматизації продукції є галузі видобування і розподілу плинних, газоподібних або спорошкованих дібр, а теж електричного струму. Дальше належать сюди хемічна, нафтова, пивоварна, мукомельна, як теж деякі частини текстильної індустрії.

До галузей індустрії, що вже повністю перейшли до автоматизації (щоби ще більше збільшити ефект праці, дотепер з допомогою

конвейера), треба зарахувати машинобудівельну (зокрема автомобільну), залізообрібну і сталеву. Тільки мимоходом згадаємо, що сьогодні цілий бльок мотору можна випродувати впродовж 45 секунд, або, що вистачає натиснення гудзика для перетворення 40 тонного сталевого бльоку на міліметровий прокат. Технічна проблема, щоби продукційний процес плив безперервно й тоді, коли наступить пошкодження чи потреба виміни частини або й цілої машини, вже розв'язано задовільно.

Також в електротехнічній індустрії, в продукції апаратів телебачення, радіо, домашніх машин — як холодильні, пралки, печі і т. п. — щораз більше примінують повну або часткову автоматизацію. Подібний розвиток можна ствердити в індустріях харчовій і опакувальних матеріалів.

Самозрозуміло, що автоматизація продукції рентується тільки при масовому виробництві. Тому всі індивідуальні, вироблювані речі «під смак» відборця, залишаються поза обсягом автоматизації.

Автоматизація управління можлива тільки в тих ділянках бюрової, адміністративної праці, які постійно в той сам чи подібний спосіб, в певному проміжку часу повторюються більшу кількість разів. Сьогодні ЕОМ широко застосовують при обчислюванні платень, контролі стану магазину, в книговеденні, зокрема в рахівництві банків та убезпечувальних підприємств. Особливе примінення мають кібернетичні автомати, що вміють «читати», напр., у великих поштових урядах при сортуванні листів. Такий автомат може розкинути впродовж одної години 45 000 листів.

В різних ділянках науки, в досліджуванні й навчанні паралельно, щораз то більше значення здобуває ЕОМ через постачання нових і перероблювання одержуваних інформацій (розв'язування математичних задач і логічних проблем). Аналогічно в усіх суспільних галузях, де йдеться про вироблення далекоїдучих плянів політичного, мілітарного чи соціального характеру, автомат дає об'єктивні цифрові підстави для відповідальних рішень, перетворюючи дуже скоро та точно величезні кількості статистичного матеріалу. Не менше важливим є використання ЕОМ для бібліотечних цілей, впорядкування архівів і документації.

Спроби застосування ЕОМ для медичної діагностики і терапії, для автоматичного влучування споруд і сигналів при операціях, при наркозі, при контролі віддиху і дії серця... вказують, яке широке поле застосувань стоїть ще перед модерним компютером.

Нарешті треба особливо підкреслити роль ЕОМ в ділянці всякого планування — військового, господарського, технічного — для визначення «оптимуму» середників та величин і «мінімуму» коштів, у тому часу та робочої сили, що з їх допомогою має бути зреалізований весь задум. Дотепер проведена математизація того рода завдань проводилася двома методами:

а) теорія дослідження операцій (operations research) — «теорія, в якій розроблено методику вивчення складних систем з

метою знаходження найкращих варіантів їх організації, планування та керування їхньою діяльністю. Методи операцій дослідження дають можливість планувати виробництво та оперативно керувати ним, проектувати великі об'єкти, планувати військові операції, об'єктивно досліджувати різноманітні прояви діяльності організованих колективів у кількісному відношенні тощо. Для розв'язання задач операцій дослідження використовують апарат ряду розділів сучасної математики та електронно-обчислювальної техніку». (див. УРЕ т. 10).

б) метода лінійного програмування (linear programming) — «розділ математики, в якому вивчаються методи розв'язання спеціальних варіаційних задач. В цих задачах змінні величини пов'язують у рівняння або нерівності 1-го степеня і шукають мінімум або максимум функції. Методи лінійного програмування широко застосовують в економічних дослідженнях та плануванні: при розрахунках транспортних перевозок, раціональному використанні виробничих потужностей, складанні оптимальних сумішей кормів, пального, при розробці планів військових операцій тощо». (див. УРЕ, т. 8).

Обидві методи постали перед винаходом ЕОМ, а через те не було можливим використати їх задовільно, бо при їх застосуванні потрібно перевести дуже велике число обчислювань. Сьогодні надзвичайна швидкість, з якою працює ЕОМ, дає можливість застосувати ці методи не тільки всесторонньо, але й їх уструпнити відповідно. Для ілюстрації: розв'язка системи рівнянь зі сто невідомими при лінійному програмуванні вимагає около 330 000 множень; це завдання могла б виконати одна людина з допомогою ручної рахувальної машини, при 600 операціях на день, впродовж 550 днів; тимчасом середньо шкороий автомат потребує для цього рахування дві години, а дуже шкворий (напр.: ІВМ 701) тільки п'ять мінут. Вправді до цього треба ще додати час на підготову, на «подачу» і «видачу». Але оццадність на часі є евідентною³⁾.

Повищий приклад найкраще ілюструє нам значення й користі застосування ЕОМ при проектуванні великих будівельних об'єктів, при плануванні серійної продукції, чи то цілих секторів народнього господарства, щоби знайти «оптїмум», а чи «мінімум», основних величин, оминути фальшиві рішення й зайву затрату часу і коштів під час реалізації проекту.

Автоматизація зв'язку (руху й інформації) є найстаршою ділянкою автоматизації, звідки взяла початок технічна кібернетика: способи вмикання і вимикання електричного струму в телефонічних апаратурах були «дороговказами» при будові перших обчислювальних автоматів. Основним завданням автоматизації зв'язку є допомогти людині опанувати й контролювати з допомогою автоматичних споруд великі шкворкості. До цієї групи належить проблематика космічних польотів, передача фотознімок Марса і Венери, як теж автоматизовані станції передбачування стану погоди. Осінню 1965 р. опубліковано в Англії перші карти прогнози погоди, випродуковані з допомогою електронічних споруд. Їх випрацьовано на під-

ставі відомостей з 1 200 крайових станцій, 300 кораблів і 600 метеорологічних бальонів у різних пунктах північної гемісфери; дотична ЕОМ виконала потрібні для цієї карти (йдеться тут про карту прогнозу погоди на наступні 24 години) 5 млрд рахункових операцій в просторі 90 мінут.

Очевидно, існують ділянки господарського життя — напр., сільське, рибне, лісове, домашнє, торгівля тощо — в яких автоматизація або цілком не дасться застосувати, або тільки обмежено⁴).

ГОСПОДАРСЬКІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для оцінки господарських проблем, що їх породжує процес автоматизації, вирішальними є швидкість і масштаб її примінення. Очевидно, автоматизація є динамічним процесом, що, в західньому світі, стоїть передусім під тиском законів конкуренції. Але застосування її залежить прихвально від рішення керівництва підприємства (адміністративної установи), чи з господарського погляду рентабельним є перехід від конвенціонального до автоматизованого способу продукції (управління), а чи ні.

Вирішальними чинниками для швидкості, масштабу й інтензивності примінення автоматизації є без сумніву кожночасні соціальні, економічні, а передусім кон'юнктуральні стосунки. Бо при експансивному розвитку й браку робочих сил завжди актуальною буде схильність замінити продукційний фактор працю на продукційний фактор капітал. Але для цього потрібно відповідного капіталового ринку й забезпечення збуту автоматично створеного продукту. Цим можна пояснити різний стан автоматизації в різних, навіть високоіндустріялізованих, країнах.

Загально можна ствердити, що в США особливо сильно поступила автоматизація продукції, а в Європі, зокрема в Зах. Німеччині, більше заінтересування викликає питання автоматизації управління. В СРСР автоматизація, як продукції так і управління, йде швидкою ходою, хоча для докладної оцінки не вистачає даних.

Прямим наслідком автоматизації є господарська концентрація, і то в різних формах та видах, незалежно від господарської системи (капіталістичної чи совєтського типу), бо тільки великі підприємства або групи підприємств можуть інвестувати потрібний капітал і забезпечити збут для масового, автоматично випroduкуваного товару. Це означає зміну структури господарства через збільшення кількості великих підприємств, і збільшення ступеня монополізації, а разом з тим загрози для існування середніх й малих підприємств. Ця остання проблема може видаватися релятивною, бо всі праці, які не рентабельні у високо автоматизованому підприємстві, будуть відступлені до виконання середнім і малим. Тоді екзистенція останніх буде запевненою.

Хоч автоматизація впершу чергу скерована на продукційний процес і на функцію праці, тим не менше вона здійснює і просто стоїть під примусом збільшення масового випуску товарів при рівночасному обмеженні видів через стандартне уоднороднення продукції. Щоби використати повністю поємність продукції завтоматизованого підприємства і тим забезпечити його рентабельність, мусить бути загарантований рівномірний збут продукції. У цьому зв'язку збутовий апарат і досліджування ринків збуту набирають особливого значення; величина ринку збуту і технічний поступ, зокрема автоматизація, стоять в паралельній залежності.

З цих з'ясувань господарської проблематики випливає безсумнівне ствердження, що автоматизація зовсім не забезпечує «автоматичної» стабілізації господарських процесів. Навпаки, вже в ній самій є елементи, а вона викликає наслідки, які можуть поважно захитати господарську і соціальну рівновагу.

СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Наслідки і роля автоматизації в соціальному секторі вже тепер, а напевно ще більшою мірою в майбутньому, дають привід до різних оцінок: від дуже оптимістичних до цілком песимістичних. В осередку всієї проблематики стоїть свідомий або підсвідомий страх, що через автоматизацію машина витисне працюючу людину й вона стане зайвою для підприємства. Без праці, без співучасті в продукційному процесі людина втратить глузд існування й буде приречена коротати свій вік у беззмистовності.

Передусім треба пригадати, що в сучасному суспільстві ще не створено ідеальної розв'язки соціальних стосунків. Незважаючи на скорочення часу праці, вимоги до працюючої людини в продукційному чи адміністративному процесі є такі високі, що вона після відбуття щоденної праці є фізично і психічно виснаженою. Для формування власного життя не залишається їй ні сили ані відваги. Монотонна і тупа праця при конвейері стала зовсім негідною людини. Її влучно назвали французи, «працею на ланцюгу» (*travail à la chaîne*). Коли до того додати ще всілякі небезпеки й непевності для здоров'я і життя, що існують в багатьох галузях індустрії, то годі відкинути вимогу про потребу зміни таких стосунків.

Виринає запитання, чи автоматизація може поправити ситуацію людини?

Передусім треба усвідомити, що автоматизація ані не хоче ані не може ограбити людину з її духових творчих функцій. Навпаки вона, і тільки вона, є спроможна емансипувати людину від занять, що виснажують її духа й нищать нерви; вона може звільнити людину від брудної, виснажливої, монотонної праці, що її так само добре, а навіть ліпше може виконувати автомат. Але й в автоматизованих суспільстві і господарстві людина залишається вирішальним факто-

ром для своєї долі. Жоден автомат, хоча він свобідний від похибок притаманих людині, не спроможний розвинути творчу діяльність і виявити будьяку ініціативу. Очевидно, автоматизація несе із собою небезпеки, але тільки тоді, коли людина буде її фальшиво приміювати, або нею зле користуватися.

Найбільше впадають в очі наслідки автоматизації в зв'язку із зміною стану zatrudнення і ринком праці, бо ж найсутнішою характеристикою автоматизації є виєлімінування людської робочої сили. Для ілюстрації можна навести інтересні числа з Зах. Німеччини і США.

В Німецькій федеративній республіці на 27 млн zatrudнених в 1965 р. було 7 млн у підприємствах здібних до повної автоматизації, а чи вже повністю завтоматизованих, 8 млн в частково, а 12 млн у зовсім не здібних до автоматизації підприємствах. «ІФО» — інститут для господарських дослідів — подає, що в пересічі років 1950-58 звільнено з праці в Зах. Німеччині річно 6%, тобто 1,5 млн в абсолютних числах. Аналогічне число для США виносить 2,5 млн звільнених річно з праці. Правда відповідні чинники корегують ці дані вказуючи, що в них охоплені теж звільнені з праці в наслідок технічного поступу взагалі, отже не тільки автоматизації. Все таки ці дані вимовно характеризують динаміку наслідків автоматизації на відтинку zatrudнення. До тих чисел ще треба додати, що в Зах. Німеччині — у висліді особливо корисної ситуації на ринку праці — всі звільнення є компенсовані або через перехід на інше місце праці, або через перевишкіл. Натомість в США «перманентне безробіття збіглося з наслідками автоматизації, так що між ними устійнено безпосередній зв'язок» (В. Меєр-Лярзен). Але й це оспорюють останніми часами. На всякий випадок бачимо, що наслідки автоматизації на ринку праці не легко точно визначити й що вони залежать від змінних кон'юктуральних ситуацій.

Незалежно від цих загальних наслідків в zatrudненні й ринку праці, з дальшим ростом автоматизації відбуваються безспірні процеси зміни соціальної структури і соціальних звичаїв-прийомів: нові звання для обслуги автоматизованих споруд; нові кваліфіковані спеціалісти нищої і вищої кляси для програмування ЕОМ і керівництва автоматизованими підприємствами; затертя гострої різниці між робітником і урядовцем тощо.

Але найпозитивнішим явищем автоматизації в очах оптимістів є дальший тренд скорочування часу праці. Коли в деяких європейських країнах впроваджено вже 40-годинний тиждень, то в США існує вже 36, а навіть 32-годинний тиждень праці. Це явище знову викликає специфічну проблематику влаштування дозвілля, що його людина повинна — крім відпруження й відсвіження сил — використати теж і для піднесення своїх духових та інтелектуальних вартостей.

На американському континенті, у зв'язку із скороченням часу праці, обсервуємо дуже цікавий рух, відомий під назвою «Do it yourself!» — «Зроби це сам!». Коріння цього суспільного руху подвійне: соці-

дально-господарське і психологічне. З одного боку відомий брак ремісника для направи чи ремонту пошкоджених домашніх приладів, устаткування, приміщень ітп., а з другого внутрішня потреба, гін людини виявити себе в індивідуальній творчій праці. Давніше людина сама робила все для себе і для своєї родини, а те що вона виконала було її індивідуальним твором. Пізніше вона стала тільки маносіньким «співтворцем» анонімного продукту в масовому виробництві.

Що рух «Do it yourself!» не можна трактувати як маловажне суспільне і господарське явище, вказують такі цифри: 40% всієї продукції фарб, ляків і пов'язаних з ними приладів для влаштування житлових приміщень продають в США аматорам; 10 років тому тільки 10%. На 100 млн дол. товару річно закуповують «аматори». Хоча масово випродукувана одяга для жінок порівняно дешева, то домашньої швейної продукції жіночого вбрання на голову населення в Америці припадає більше, ніж в будь-якій іншій індустріялізованій країні. На закуп самих взорів для «прикроювання» видають американки 200 млн доларів річно. Коло 30 млн аматорів-огородників витрачають на своє «гоббі» річно стільки, скільки виносять кошти вдержання всіх високих шкіл в США.)

*

Проблеми автоматизації, зокрема її позитивні й негативні наслідки для господарських і соціальних стосунків, займають не від нині політиків, економістів, соціологів, представників урядів, робітничих організацій, союзів підприємців. Вони становлять тему нарад міжнародних організацій. Для прикладу подаємо підсумки міжнародної конференції праці в Женеві 1957 року:

а) Уряди, працеемці і працедавці 78 держав, членів Міжнародної організації праці, вважають автоматизацію за явище неухильне і ставляться до нього позитивно.

б) Наслідки й обсяг автоматизації знаходять різну оцінку. Представники робітництва вважають її «індустріальною революцією», яка матиме ще більший вплив ніж впровадження машин у 19 сторіччі; її наслідки на соціальну структуру будуть тривалі. Представники працедавців, у більшості, вважають автоматизацію явищем нешкідливим і окреслюють її як новий етап у механізації індустріального процесу.

в) Досягнуто повної однозгідности, що процес автоматизації не буде здійснений моментально. Він проходитиме довший протяг часу.

г) Хоч автоматизація звільнює робочу силу людини, то ледве чи треба — нехай і переходно — враховувати викликання масового безробіття. Корисним треба вважати, що цей процес припадає на час високої світової кон'юнктури.

г) Також досягнуто далекоїдучої згоди в тому, що автоматизація, хоч вона починається у великих підприємствах, то на них не зупиниться.

д) Стосовно соціальних наслідків узгіднено, що тимчасове звільнення з праці і перевищкіл робітників не сміють відбуватися коштом працесмців. Нерозв'язаним залишається питання, в якій формі має бути поділений великий господарський ефект користей з автоматизації між соціальних партнерів. Такі питання, як скорочення часу праці, кращі соціальні свідчення для працесмців, зниження пенсійного віку і т. п., є з тим безпосередньо пов'язані *)

КІБЕРНЕТИКА В СОВЕТСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Розглядаючи стосунок кібернетики до господарських і соціальних питань, силою привички і обмежених інформацій з країн советського бльоку, концентруємо нашу увагу майже виключно на явища в західньому світі з його системою вільної господарки і свободних соціальних стосунків. Тим часом кібернетика набуває особливого значення зокрема для плянового господарства СРСР, і в тій чи тій формі автоматизація викликає там аналогічні наслідки як і на заході. Спершу висміяна як «буржуазна вигадка», натепер кібернетика стала «чародійною паличкою», яка має розв'язати заплутані й безвиглядні ситуації советської економіки.

Вже по своїй природі, як центрально кермоване господарство, советська економіка від початку була, й мусіла бути, наставлена на математизацію метод дослідів й шукання екзактних засобів керівництва. Не диво, що методу лінійного програмування, якої відкриття приписувано двом американцям (Данціг і Вольф — 1940), започаткував два роки раніше (бо вже в 1938) советський економіст Канторович. Але вона тоді там не прийнялася, і щойно з бігом часу доцінено її вагу.

Зрозуміло, що скорість математичних обчислювань з допомогою ЕОМ фасцинувала советських пляновиків. Мільйони математичних операцій, що їх вони мусіли обчислювати рік річно, зокрема при встановлюванні плянів кожної п'ятирічки, доводили їх до парадоксальних ситуацій. До бюрократичного апарату плянування треба було притягати більше працівників, ніж до самого продукційного процесу; бюрократія росла з року на рік, а проте пляни і їх контролю залишалися позаду й були далекими від дійсности. Коли в СРСР взнали вартість і багатогранність примінення ЕОМ, починається погоня за новим фантомом, що його можна окреслити: «советське плянове господарство як кібернетична машина».

Передовсім покладено великий натиск на технічну продукцію ЕОМ і на їхнє розміщення в терені. Для ілюстрації — короткий цитат:

«Збільшення масштабів і темпів розвитку народного господарства Української РСР супроводиться зростанням обсягу інформації, необхідної для планування і управління виробництвом. Обробка величезних обсягів інформації, до того ж у стислі строки, вимагає створення обчислювального господарства в республіці. ... Ставиться зав-

дання створити єдину державну сітку ОЦ (обчислювальних центрів), яка дозволила б автоматизувати весь процес планування і управління від підприємства до центральних органів. В зв'язку з цим сітку ОЦ слід поділити на такі типи: ОЦ підприємств, Куцзовий ОЦ, Головний ОЦ. . . . — Держплан УРСР надає великого значення створенню загальнореспубліканської автоматизованої системи планування народного господарства з використанням обчислювальної техніки. Проводяться великі роботи по дослідженню операцій планування окремих галузей народного господарства і по алгоритмізації цих операцій з тим, щоб на кінець п'ятирічки планувати господарство республіки тільки з використанням ЕОМ.»⁷⁾

Творення мережі обчислювальних центрів попередило рішення Державного комітету для координації науково-дослідних праць ССРСР, згідно якого вже в листопаді 1963 р. постав окремий «авторський колектив» під керівництвом академіка Глушкова. Цьому колективі доручено виготовити проєкт алгоритмічного языка для опису і розв'язування економічних задач, зокрема для задач планування і статистики. Приймаючи в основу міжнародній алгоритмічний язык АЛГОЛ-60 колектив випрацював вже окрему алгоритмічну мову, яку назвав АЛГЕК, тобто Алгоритмічний язык для Економічних задач.⁸⁾

Хоча самозрозумілими є намагання советських керівників використати безспірний поступ автоматизації, то вся система має в цьому відношенні вразливу «ахіллову п'яту», якої аж ніяк не можна ані промовчати, ані «зліквідувати». Річ в тому, що основною величиною в усіх господарських плануваннях і обчислюваннях є ціна. В західній (по советському капіталістичній) господарці ціни творяться в принципі і в більшості випадків автоматично на свободному ринку (поминаємо ряд більших чи менших обмежень, рестрикцій, чи інших посередніх та безпосередніх міропринять, бо вони подумані як стабілізатори господарської кон'юнктури).

Натомість в советському бльоці ціни є встановлювані і доволно маніпульовані згори, як і всі інші величини планування. Для встановлення цін немає в Советському Союзі об'єктивних критеріїв. Дослідники стверджують, що советські господарські плани орієнтуються на ціни в капіталістичних державах. Жарт, що коли б совети опанували весь світ, то вони зберегли б бодай дві капіталістичні держави, щоб орієнтуватися в цінах, з'ясовує ляпідарно суть справи.

Теж й інші величини та показники для господарського планування не можуть бути обтяжені надто великими помилками (відомі нарікання самих же советських вчених). Бо користь з ужиття ЕОМ заповнена тільки тоді, коли при укладанні будь-яких плянів-задач автомат дістає об'єктивно докладні, правдиві дані. Якщо в програмуванні, свідомо чи несвідомо, допустимо помилку, фальшиву величину, то вислід обчислювання є безвартісний; одна помилка на початку обчислювальної операції зростає неначе лавіна з наближенням до кінцевої розв'язки.

Щоби уникнути питання цін, советські кібернетики стараються розв'язати проблему з допомогою скількісного плянування. Про успіхи чи неуспіхи цього ще передчасно говорити. Комплексність проблеми є надто велика. Але не бракує категоричних заперечень, що немає таких компюторів, які могли б її розв'язати (Алек Нов).

Заторкнені в цьому кінцевому розділі питання вимагають окремого розгляду. Хочемо тільки висловити погляд, що застосування кібернетики в господарстві західного типу (воно теж плянове!), природніше, більше органічне й ефективніше, ніж для економіки советського типу.

1) А. Фіголь, статті про кібернетику в УС чч.: 101, 103, 104.

2) Shubik, Martin: „Game Theory and Related Approaches to Social Behavior“. Deutsche Ausgabe: „Spieltheorie und Sozialwissenschaften“, S. Fischer Verlag, Frankfurt a.M. 1965.

3) Geyer H. und Opelt W.: „Volkswirtschaftliche Regelungsvorgänge im Vergleich zu Regelungsvorgängen in der Technik“, Vorträge einer Tagung; R. Oldenbourg Verlag, München 1957.

4) Подані в цьому і в двох наступних розділах цифри, приклади і основний хід думок заторкнутої проблематики, — якщо не зазначено інакше, — зачерпнуто з: „Automation“ — Informationen zur politischen Bildung, Manuskript von Prof. Dr. H. G. Schachtschabel, Folge 116, Jan./Febr. 1966, Bonn 1966.

5) Buckingham, Walter: „Automation, Its Impact on Business and People“. Deutsche Ausgabe: „Automation und Gesellschaft“, 2. Aufl., S. Fischer Verlag, Frankfurt a.M. 1964.

6) Schachtschabel, Hans G.: „Automation in Wirtschaft und Gesellschaft“, Rowohlt's deutsche Enzyklopädie, Band 124, Hamburg 1961

7) Насушний, Л.: «Обчислювальне господарство Української РСР і питання його розміщення», в ж. «Економіка Радянської України», ч. 10. за жовтень 1965.

8) «Кібернетика», Орган Отделения математики, механики и кибернетики Академии наук Украинской ССР, № 2, Киев, март - апрель 1966.

5. КІБЕРНЕТИКА І ЖИТТЯ

Застосування методів кібернетики в дослідженнях різних біологічних дисциплін здобуло собі сьогодні повні права громадянства. Але ще не так давно, бо в 1953 році, визначний дослідник фізіології нервів, Фультон, писав: «... кібернетика нічого не вяснює, не подає жодних нових концепцій, а серед дослідників викликає тільки нещасливе замішання. ... Принцип зворотного зв'язку був відомий вже і давнішим фізіологам — напр., Б. Шерінгтону, але він ніколи не дозволив би собі порівняти нервову систему до телефонного автомату... »¹⁾

Повища цитата ілюструє найкраще, що навіть в ділянці духа нові ідеї мають утруднений доступ. Застосування методів кібернетики в ділянці органічного життя було можливим щойно після розпрацьовання замкненої, математично сформульованої, загальної теорії саморегулюючих системів. Щойно це створило спільну мову, якою могли по-слуговуватися і порозуміватися як біологи так і техніки. У висліді спільних праць виявилася велика подібність регулюючих процесів в обох ділянках, як техніки так і біології.

Сьогодні біологія широко застосовує в своїх дослідах три часткові ділянки кібернетики: 1. теорію саморегулюючих системів, 2. теорію передачі інформації, і 3. теорію перетворювання (перероблювання) інформації. Виявляється, що визначні функційні прикмети деяких регулюючих кіл в організмах дадуться досліджувати й описувати тільки з допомогою кібернетичної методи.

РЕГУЛЮЮЧІ КОЛА В БІОЛОГІЇ

Для дуже вразливих клітин високо зрізничкованого організму ссавців утримування постійно рівномірних умов в середині організму і в довкіллі становить абсолютну передумову їхньої екзистенції. Тільки при точно визначеній внутрішній температурі, при достатньому допливі кисня і подажі вуглеводанів, при докладно визначеному осмотичному тисненні, при достатньо скорому виділюванні продуктів розпаду внутрішньої переміни матерії, можуть відбуватися дуже складні, але необхідні фізіологічні процеси в живій протоплазмі. Ці внутрішні передумови існування організмів є постійно zagrożені, як впливами зі

зовні, так і внутрішніми процесами в самому організмі. Тим часом знаємо з досвіду, що вище згадані фізичні і хемічні величини залишаються в організмі незмінними, а після всяких хворобливих, чи навмисних пошкоджень чи відхилень, при нормальних умовах, скоро повертаються до первісного стану.

Організми людини і тварини користуються двома засобами для координації та інтеграції функцій своїх органів: а) вегетативною нервовою системою і б) гормонами, тобто специфічними речовинами, які виділюються залозами внутрішньої секреції безпосередньо в кров, або тканинну рідину. Обидві системи — нервова і гормональна — діють в дуже інтимній пов'язаності. Виділювання гормонів спричиняють або нервові подразнення або інші гормони. Гормони розподіляються в крові по всьому організмі, але діють тільки в точно означених місцях, що на них, ніби зумисне, вони спрямовані. Вони немов післанці, що передають накази від одного органу до другого. Ця передача є в принципі зовсім аналогічною, адекватною до передачі інформації з допомогою нервових волокон.

Найкращим прикладом гормонального регулювання в організмі є постійність скількості цукру в крові як найважливішого джерела енергії для людського організму; клітини людського тіла, зокрема клітини нервів і м'язів, мусять мати забезпечений постійний і відповідний вплив вуглеводнів.

Одним з надзвичайних біологічних явищ є здібність організмів вдержувати температуру тіла на постійному рівні незалежно від коливань температури оточення. Це можливе тільки з допомогою цілого ряду дуже складних саморегулюючих процесів творення тепла через спалювання в середині організму, або через охолодження з допомогою віддику, виділювання поту, збільшення зовнішньої поверхні тіла тощо.

Іншим характеристичним прикладом кібернетичного саморегулюючого кола в біології є т. зв. реакція зіниці у вищих хребетних тварин та людини. Яскраве освітлення звужує зіницю, натомість темрява, або емоції (напр. страх) побільшує її (порівняй зіниці kota в день і на ловах). Зміна розмірів зіниці здійснюється м'язами розташованими в райдужній оболонці; регулятором є центральна нервова система. В цей спосіб організм автоматично компензує шкідливі, а чи небажані, для нього впливи і зміни довкілля в напрямі збереження однородного, для нього оптимального, гомеостатичного стану.

ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МАШИНИ І НЕРВОВА СИСТЕМА

Нервові клітини та їхні відростки розсіяні в тілі людини чи тварини творять систему, яка відіграє головну роль в пристосованні організму до навколишнього середовища, забезпечуючи постійний його зв'язок зі зовнішнім світом. Це діється через вроджені (безумовні) і набуті (умовні) рефлексії. Нервова тканина виконує функції сприйняття подразнень і проведення збудження. Її основним, структураль-

ним і функціональним елементом є нейрони розташовані в нервовій. Вони пов'язані один з одним через синапси, які забезпечують передачу нервових імпульсів (що надходять від рецепторів) і виконання найрізноманітніших рефлекторних актів.²⁾

Сигнали, що перебігають через нервові волокна є з погляду техніки і щодо їхньої якості дуже специфічні. Це є імпульси точно усталеного часового тривання і амплітуди; після кожного імпульсу слідує так само точно визначена фаза спокою (не-подразнення); в цей спосіб імпульси, які біжать один за одним, ніколи не можуть себе дігнати і злитися в одне; єдиним змінним параметром є період коливання (частота, фреквенція).

Найновіші дослідження фізіології в конфронтації з теорією інформації вказують, що — без всякого сумніву — передача нормованих імпульсів по лініях нервових волокон є, за існуючих в живому організмі умов, найпевнішим і найощаднішим способом передачі інформації. Зрештою, сьогодні в техніці стосують модуляцію нормованих імпульсів всюди там, де мусить бути зреалізована, стовідсотково певна, передача інформації.³⁾

З підвищеного бачимо, що нервова система людини чи тварини працює зовсім аналогічно до праці електронно обчислювальної машини. ЕОМ працює на екзактній базі дихотомії: «реле відкрите» — «реле закрито». Такими «реле» в нервовій системі є саме нейрони, які працюють теж на принципі «все-або-ніщо», тобто вони в своїй нормальній фізіологічній дії є або «в спочинку» або, якщо вони «подразнені», зазнають змін, які є майже незалежними від роду та інтенсивності подразнення.

В такому схематичному представленні нервова система складається з реле-нейронів сполучених з допомогою синапсів (вони проводять інформацію від одного нейрону до другого), які можуть бути тільки в одному з двох можливих станів: або в стані подразнення, або в стані спочинку. Аналогія до модерних обчислювальних машин, які працюють з допомогою алгоритмів на базі бінарної системи алгебри Буля (1 = «так», 0 = «ні») кидається тут прямо в вічі.

Дальшою дуже важливою функцією нервової системи є здібність magazинувати одержану інформацію в пам'яті для використання її в майбутньому. Механізм пам'яті надзвичайно скomплікований і ще як слід не просліджений. Але методи magazинування інформації в ЕОМ дозволяють вже тепер нагромаджувати дуже поважні скількості потрібних відомостей в «пам'яті» машини на протяг часу, що майже дорівнює довжині життя людини.

МУНГО І КОБРА

Розглядаючи проблеми кібернетики і біології знову стоїмо вічно-віч з поняттям цілості: організм є щось більше, ніж тільки механічна сума його складових елементів. Але кібернетика, замість майже містити поняття «цілість», дає строго наукову методику для до-

слідую великого поля комплексних взаємозалежностей. Візер⁴⁾ дає для цього таку ілюстрацію:

В 1938 році голландський дослідник психології тварин і філософ Бутендік (Buytendijk) описав у своїй книзі «Дорога до розуміння звірят» перебіг боротьби між мунго і коброю. Він дійшов до висновку, що порухи обидвох тварин є так взаємно гармонійно настроєні і слідує без будь-якого помітного часу реакції, що неможливо пояснити їх тільки традиційною схемою подразнення-реакції. Треба, думав він, боротьбу обидвох тварин вяснити як вираз якоїсь нової одиниці, якоїсь вищої форми. «Тому схоплюємо пов'язаність тварин в боротьбі як цілість, створену якимось динамічним центром, якоюсь душею». Якщо була б правдивою ця інтерпретація, — пише Візер — тоді вилучена всяка дальша дискусія, бо ж як піддати «душу» об'єктивній аналізі?

На підставі власної обсервації і опису боротьби мунго з коброю Кіплінга з «Рікі-тікі-таві», Вінер також вяснює цю боротьбу. Крім ритмічності і гармонійних рухів обидвох воївників він бачить ще щось іншого. На його думку боротьба починається рядом сповидних нападів мунго і протиударів кобри. Але ритміка рухів не є статична, вона розвивається в тому напрямі, що мунго, як видається, щораз більше передбачає рухи кобри. «Сповидні напади мунго щораз більше випереджують фазу оборонних протиударів кобри, аж нарешті мунго нападає в моменті, коли кобра простягнена в позиції, з якої не може скоро рухатися. Тим разом напад мунго вже не маневр, а смертельний вкус у голову кобри.»

Теж Вінер є тої думки, що перебіг всього змагу не дасться вяснити схематично як подразнення-реакція, але не тому що в гру входить якась вища форма, «душа», а тому, що мунго в своїй нервовій системі приблизно обчислює, передбачає пізніші порухи кобри на підставі її минулих порухів; він діє подібно як протилетунська гармата — бере приціл у пункт, якого кобра ще не осягнула. Вінер закінчує свою інтерпретацію: «... мунго діє як машина, що вчиться, а переможний смертельний удар він завдячує своїй вище зорганізованій нервовій системі».⁵⁾

ДЕРЖАВА ІНСЕКТИВ

Передачу інформації і процеси регулювання спостерігаємо не тільки у тварин як індивідуумів, але теж в їхніх спільнотних згуртованнях. Особливу увагу викликали вже здавна явища «держави» серед різного рода інсектів, зокрема мурашок і бджіл. Вони найкраще ілюструють взаємозалежність цілоти і її складових елементів. Гармонія і порядок в соціальному співжитті інсектів та збереження внутрішньої рівноваги супроти змінних умов довкілля завдячують ці «держави» рядові регулюючих процесів ще не докладно досліджених.

Найбільше вивчено заторкнену проблематику в державі бджіл. До великої літератури про цю ділянку дійшли сьогодні праці вже

далеко посувених дослідів життя в улику з допомогою кібернетичної методи. Відкрито багато регулюючих кіл, хоча ще не завжди можна подати достатнє вияснення або хоча б вичерпний опис регулюючого процесу.

В улику королева-матка і робочі бджоли активно регулюють потомство скількісно і якісно. «Матка — єдина у вулику цілком розвинена самка, основним призначенням якої є відкладання яєць, всі інші інстинкти (турбота про потомство, будування гнізда, збирання меду) у неї втрачені... Робочі бджоли — статевно недорозвинені самки. Вони будують стільники, виховують потомство, збирають і переробляють поживу... Трутні — це самці, потрібні лише для запліднення маток, ніякої роботи вони не виконують; живуть в сім'ї тільки влітку, а восени бджоли виганяють їх з вулика...» (УРЕ т. 1).

Такий соціальний поділ в улику вимагає не тільки дуже прецизійного розмежування скількісного і якісного, але — і це найскладніша проблема — негайного регулювання поодиноких величин, якщо вони з будь-яких причин зменшені або збільшені; вони мусять негайно повернутися до свого нормального, тобто за даних умов оптимального, стану. Такий автоматичний механізм є елементарною передумовою існування держави-вулика.

¹⁾ „Regelungsvorgänge in der Biologie“, zusammengestellt von Dr. H. Mittelstaedt, Vorträge der Tagung „Biologische Regelung“. Verlag R. Oldenbourg, München 1956.

²⁾ Див. «Гормони», «Нерви», «Нервова система»... в стосовних томах УРЕ.

³⁾ „Kybernetik — Brücke zwischen den Wissenschaften“, 29 Beiträge namhafter Wissenschaftler und Ingenieure, herausgegeben von Helmar Frank, 5. Auflage, Umschau Verlag, Frankfurt am Main, 1965.

⁴⁾ Wieser, Wolfgang: „Fünfzehn Jahre Kybernetik“, Betrachtungen zum Erscheinen der deutschen Ausgabe von Norbert Wieners „Kybernetik“. Frankfurter Allgemeine Zeitung, Nr. 263, vom 12. Nov. 1963.

⁵⁾ Wiener, Norbert: „Cybernetics or control and communication in the animal and the machine“, 1948 & 1961 by the Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA. — 1. deutsche Auflage 1963 — „Kybernetik — Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine“, Econ-Verlag, Düsseldorf — Wien, 1963.

• •

✓

✓

З М І С Т

1. ВИНИКНЕННЯ КІБЕРНЕТИКИ	3
«Кібернетей» у старинній Гелладі	3
Назва і суть	4
Схема кібернетичного поступовання	5
Норберт Вінер	7
Кібернетика і цілість	8
Межі кібернетики	9
Теперішній стан	10
2. З ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ І ПРОБЛЕМ ТЕОРІЇ КІБЕРНЕТИКИ	12
Системи	12
Пробабільні системи	15
Теорія інформації	16
Теорія алгоритмів	20
3. КІБЕРНЕТИКА І МОДЕРНЕ СУСПІЛЬСТВО	22
Друга індустріяльна революція	22
Автоматизація	24
Теорія автоматів	27
Інформоване суспільство	28
4. РОЛЯ КІБЕРНЕТИКИ В ГОСПОДАРЬСЬКОМУ І СОЦІАЛЬНОМУ СЕКТОРАХ	30
Кібернетичні регулюючі кола в господарстві	30
Поле застосування автоматизації	31
Господарські проблеми автоматизації	34
Соціальні аспекти автоматизації	35
Кібернетика в советському господарстві	38
5. КІБЕРНЕТИКА І ЖИТТЯ	41
Регулюючі кола в біології	41
Обчислювальні машини і нервова система	42
Мунго і кобра	43
Держава інсектів	44

