

АЛГОРИТМ ЖИТТЯ

Про важливість консервативності й неоднозначність прогресу

Діючи у відповідності до простого консервативного алгоритму, Природа протягом кількох мільярдів років створила дивовижну розмаїтість біосфери. Її найрозвиненіше творіння, Людина, протягом декількох попередніх сторіч дуже прискорила процес розвитку. Швидкий прогрес людства породжує, однак, обставини, які викликають зростання занепокоєння з приводу стабільності нашого сьогоденного процвітання.



Октавіан Ксенжек
доктор хім. наук,
професор
Українського державного
хіміко-технологічного
університету,
м. Дніпропетровськ

ВСТУП

Алгоритм Життя (будемо називати його ALGOLF) може бути сформульований у такий спосіб:

ПОВТОРЮЙ ТЕ, ЩО ПРИНЕСЛО УСПІХ.

Цей дуже простий алгоритм є не що інше, як сконцентроване відбиття повсякденної практики. Справді, кожний прагне — усвідомлено чи ні — повторювати дії, які раніше були успішними, припускаючи, що за аналогічних обставин успішний результат також повинен повторитися. Повторення дій, що призводять до очікуваних з попереднього досвіду результатів, лежить в основі майже всіх видів професійної діяльності. Художник пише картини у своїй улюбленій манері, що була сприйнята публікою. Підбір акторів за принципом типажності — звичайна практика при створенні фільмів. Робітник на складальній лінії одержує заробітну плату за повторне, день у день, виконання однієї й тієї ж простої операції (поки він не буде замінений роботом). Значення ALGOLF'у знайшло своє відбиття навіть у мові, у такій, наприклад, максимі: *"Ніщо так не сприяє успіху, як успіх"*. Було б неправильно думати, однак, що значення цього алгоритму обмежене проблемами нашого повсякденного життя й діяльності. Насправді, зміст і значення ALGOLF'у незмірно ширше. Фактично, він є неодмінним атрибутом Життя як такого, від самого зародження

його на Землі. Цей простий алгоритм працює на всіх стадіях біологічного розвитку й великою мірою визначає фундаментальні закони біологічної еволюції. Він виконує свою роль також у процесах культурного розвитку, хоча на цьому рівні його реалізація здійснюється іншими механізмами.

З МИНУЛОГО У МАЙБУТНЄ

По суті, ALGOLF — це природний спосіб забезпечення безперервності зв'язку між минулим станом системи, що розвивається, і її майбутнім станом. Дії, які здійснювалися системою раніше й принесли їй у минулому певний "успіх" будь-якого виду, ALGOLF "пропонує" повторювати знову й знову, сприяючи тим самим повторенню "успіху". У такий спосіб алгоритм забезпечує самовідтворення системи й продовження її існування. Взаємозв'язок між минулим і майбутнім системи, що розвивається, є тут не причинним, а ймовірнісним. Повторення дій, які були успішними в минулому, не гарантує повторення успіху в кожному конкретному випадку в майбутньому, а всього лише підвищує ймовірність того, що результат буде успішним. Ефективність алгоритму в застосуванні до окремого акту його реалізації може бути дуже низькою, але якщо незліченні спроби повторення відбуваються паралельно, то навіть дуже невелика перевага може забезпечити досить велику кількість успішних результатів. Скажімо, у більшості ви-

"ALGOLF" — це акронім ALGORITHM Of LiFe — Алгоритм Життя.

Не плутати з "АЛГОЛОМ" — ранньою комп'ютерною мовою, яка дала початок багатьом іншим мовам програмування, але зараз практично не вживається.

дів риб шанс кожного малька, що тільки-но вилупився, вижити й досягти репродуктивного віку мізерно малий. Імовірність "успіху" може становити всього соту або навіть тисячну відсотка. Але оскільки риба метає величезну кількість ікринок, кінцевий результат виявляється успішним — число риб, що вижили й досягли зрілості, виявляється достатньо великим для продовження роду. Таким чином, повторення повного репродуктивного циклу послідовними поколіннями забезпечує безперервність існування виду у часі. Можна сказати, що синхронна, паралельна мультиплікація певної успішної дії, навіть за низької її ефективності, забезпечує усталеність поточного стану системи, тоді як послідовне повторення такого процесу забезпечує стабільність системи в часі й продовження її існування від покоління до покоління.

ОБ'ЄКТ І СЕРЕДОВИЩЕ

Будь-який акт реалізації ALGOLF'у вимагає участі двох "компонентів". Це, з одного боку, якийсь активний "об'єкт", здатний виконувати дії, які наказує алгоритм, а з іншої сторони, це "середовище", зовнішнє стосовно об'єкта. Успіх або невдача дій об'єкта — результат його взаємодії з середовищем. Об'єкт виконує певну дію, середовище "виносить вердикт", була ця дія успішною чи ні.

Поняття "об'єкта", "середовища" й "успіху" використовуються тут у досить узагальненому змісті. (Саме тому відповідні слова подані в лапках.) Так, жива істота будь-якого рівня складності, починаючи від найпростішого одноклітинного організму, може бути "об'єктом". Навіть молекула ДНК (носії генетичної інформації), здатна у відповідному середовищі подвоюватися, створюючи, таким чином, свою копію, може бути "об'єктом". Популяція організмів або біологічний вид також можуть бути "об'єктами". На соціальному рівні "об'єктами" можуть бути окремі індивідууми, та або інша асоціація людей, нація, держава.

"Середовище" — це оточення, обстановка, в якій існує "об'єкт" і з яким він взаємодіє. "Середовище" визначає, в остаточному підсумку, чи виявляються дії "об'єкта" "успішними" чи ні. Для будь-якого виду живих істот "середовище" — це простір, у якому вони знаходять їжу, притулок, партнерів для продовження роду. "Середовище" існування людини, крім усього, що ріднить його з іншими живими істотами, містить ще простір культури — співтовариство інших людей, а також організації, установ і всіляких асоціацій, з

якими людина взаємодіє у своєму повсякденному житті. У свою чергу, для об'єктів більшого масштабу, таких, наприклад, як виробничі компанії, політичні партії, урядові й суспільні установи, нарешті, держави, "середовищем" є сукупності інших асоціацій відповідного рівня.

ОБ'ЄКТ І СЕРЕДОВИЩЕ: РОЛЬ РОЗМІРІВ І ЧАСУ

В узагальненого поняття "успіху" є свій специфічний зміст для систем різних масштабів і рівнів. Скажімо, для молекули ДНК кожний бездоганний акт подвоєння — це "успіх". Якщо в процесі дуплікації відбулася помилка — це невдача. Та сама схема діє на рівні одноклітинних організмів, бактерій, наприклад. "Успіх" окремої клітини — успішний поділ, що супроводжується утворенням двох ідентичних клітин. Відсутність такого "успіху" в результаті випадкової помилки при дублюванні генетичної інформації або під впливом шкідливих зовнішніх факторів — це загибель клітини й обрив низки наступних повторень. Таким чином, відносно нижчих рівнів біологічної організації поняття "успіху" й "неуспіху" дискретні. Вони відрізняються дуже різко, як "так" і "ні", як життя та смерть. Зі збільшенням складності систем розходження між "успіхом" й "неуспіхом" перестають бути дискретними й стають розмитими і поступовими. Відносно великих і складних об'єктів можна казати про більший або менший успіх або навіть про частковий успіх в одних галузях діяльності, що супроводжується "неуспіхом" в інших.

Взагалі, маленькі системи зазвичай уразливіші, ніж великі, складніші. У них є менше ступенів свободи, яку вони можуть використати, щоб уникнути можливого шкідливого впливу середовища.

Не завжди просто відрізнити коректно, що є системою й що є середовищем її існування. Наприклад, багато мільйонів патогенних бактерій у пробірці експериментатора — це тільки безліч простих "об'єктів", розсіяних у середовищі, в якому вони можуть залишитися живими. Досить, однак, трохи змінити якість середовища їхнього існування, ледве нагріваючи пробірку або додаючи у неї декілька крапель формаліну, і всі ці об'єкти загинуть. Велика система — у цьому разі — експериментатор — легко вирішує долю безлічі маленьких об'єктів.

Ситуація може стати, однак, зовсім протилежною за кінцевим результатом, якщо патогенні бактерії проникнуть у значній кількості у шлунок або в кров недбалого експериментатора,

знайшовши там дуже сприятливе середовище для успішного відтворення. У такому сумному випадку дуже складна й високоорганізована істота — цей самий експериментатор — може виявитися безпомічним проти безлічі мікроорганізмів, незрівнянно примітивніших, але таких, що відтворюються дуже швидко. Ефективність, з якою вони використовують ALGOLF, надає їм істотну перевагу в конкуренції з набагато досконалішою істотою. Чисельність і швидкість відтворення примітивних істот можуть, у деяких випадках, узяти гору над досконалістю й складністю. Високий рівень організації об'єкта не гарантує його переваги над об'єктами-конкурентами набагато примітивнішого рівня розвитку. Результат залежить від співвідношення розмірів об'єктів-конкурентів і швидкості функціонування механізмів, які виконують їхній алгоритм життя. Як правило, прості системи виконують свій ALGOLF за допомогою простіших, але швидших механізмів порівняно з тими, які функціонують у складних системах.

Примітивні одноклітинні організми, синьо-зелені водорості й бактерії, виконують свій ALGOLF за допомогою порівняно простого біохімічного процесу подвоєння ДНК — молекули, що несе генетичну інформацію, — за яким слідує поділ клітини. Ці механізми функціонують дуже надійно й швидко, забезпечуючи стабільне існування цих форм життя. Щонайменше три з чотирьох мільярдів років існування життя на Землі саме бактерії були переважним видом живих організмів. Тільки близько одного мільярда років тому з'явилися складніші багатоклітинні організми, і ще приблизно половина цього строку минула, перш ніж вони розповсюдилися досить широко й досягли високого ступеня розмаїтості.

Виникнення багатоклітинних організмів супроводжувалося істотним ускладненням механізмів реалізації їх ALGOLF'a. Короткий ланцюг подій, що включає дублювання ДНК і поділ клітини, є для таких організмів тільки першою стадією, що призводить до формування ембріона. Подальший його розвиток супроводжується формуванням різноманітних структур організму, а потім, уже після народження, формуванням поведінкових зразків, що сприяють виживанню новонародженої істоти, забезпечуючи в такий спосіб біологічний успіх виду. Цілком природно, що набагато складніші механізми реалізації ALGOLF'у багатоклітинних організмів функціонують повільніше, ніж відповідні механізми одноклітинних. Темп зміни поколінь

бактерій вимірюється годинами, тоді як у великих розвинених тварин — місяцями й роками.

"ПРИРОДНА" СМЕРТЬ — ПЛАТА ЗА СКЛАДНІСТЬ

Є одна істотна особливість, що відрізняє одноклітинні організми від багатоклітинних — вони (одноклітинні) у принципі безсмертні. Це не означає, звичайно, що їх не можна вбити отруйною речовиною або проковтнути іншим організмом. Навпаки, вони гинуть у величезних кількостях під впливом різних зовнішніх факторів, але ті конкретні організми, яким пощастило уникнути "насильницької" загибелі, не вмирають "природною" смертю. Вони діляться, продовжуючи життя в подвоєній кількості дочірніх клітин. Власне кажучи, цю послідовність подій не можна розглянути як зміну поколінь, це просто нескінченне відтворення вихідного генетичного матеріалу. ALGOLF одноклітинних організмів взагалі не передбачає смерть як неминучий граничний акт їхнього циклу життя. "Природна" смерть як біологічне явище виникає разом із багатоклітинністю. Вона зумовлена не загибеллю клітин, а дезорганізацією або порушенням цілісності структур, що утворюють багатоклітинний організм. "Природна" смерть — це ціна, яку багатоклітинні організми "сплачують" за розширені можливості свого розвитку.

Очевидний і доволі лиховісний приклад реалізації термінального кроку ALGOLF'у являє масова загибель лососів після нересту. Саме так завершується в природних умовах повний життєвий цикл лососів. Але їхня загибель є запорукою життя наступного покоління. Коли з відкладеної ікри з'явиться безліч мальків, залишки плоті їхніх загиблих батьків будуть слугувати їм їжею на перших етапах життя. Більш високорозвинені тварини забезпечують своїх новонароджених дитинчат їжею ощадливішим та ефективнішим способом — годують їх своїм молоком і навчають, як добувати їжу самостійно.

КОНСЕРВАТИЗМ І МІНЛИВІСТЬ

ALGOLF у своїй суті є цілком консервативним. Він служить для збереження й відтворення системи протягом необмеженого часу за умови незмінності середовища. Алгоритм є рекурсивним, тобто таким, що передбачає повторення самого себе у наступних поколіннях системи. Саме так реалізується протягом невизначеного часу безперервне продовження існування "успішної" системи.

Експансія успішних біологічних

видів за сприятливих умов — факт загальновідомий. Треба відзначити, однак, що сама тенденція до безмежного збільшення чисельності успішного виду містить сім'я його неминучої деградації або зміни у майбутньому. Справді, якщо число ідентичних об'єктів перевершує певну межу, вони викликають у середовищі свого перебування істотні зміни, що у свою чергу впливає на умови їхньої взаємодії зі зміненим середовищем. У результаті точне копіювання того, що забезпечувало успіх раніше, поступово стає менш ефективним. На щастя, копіювання будь-якого складного об'єкта ніколи не може бути абсолютно бездоганним. Якби це було так, і кожне наступне покоління складалося б з абсолютно ідентичних копій, то рід таких об'єктів не міг би пережити змін навколишнього середовища. Насправді, однак, популяція будь-якого виду завжди містить особини, які не є абсолютно ідентичними, але варіюють у деяких межах за своїми параметрами, представляючи, таким чином, певний статистичний розподіл. Деякі особини виявляються трохи краще пристосованими до поточних умов середовища, інші — трохи гірше. Якщо умови змінюються, особини, найточніше пристосовані до попереднього стану середовища, у послідовності поколінь поступово замінюються особинами які успішніше взаємодіють із середовищем, що змінилося. Так працює в біологічних системах механізм природного добору. Його можна розглядати як один із наслідків роботи ALGOLF'у.

ALGOLF у своїй суті є засобом репродукування минулого. Він сприяє тому, щоб сьогодні було схожим на вчора, позавчора, або на якийсь день тисячу років тому. Алгоритм може працювати ефективно тільки за умови, що зовнішнє середовище залишається досить постійним, принаймні протягом життя декількох поколінь. Характерний час змін, які відбуваються в середовищі, має бути набагато тривалішим, ніж характерна тривалість життя об'єктів, які в цьому середовищі існують. Всі біологічні системи задовольняють цій умові, інакше механізм природного добору не встигав би відстежувати зміни, що відбуваються, і забезпечувати адаптацію до них живих організмів. У занадто швидко мінливому середовищі вони просто не могли б існувати. Насправді, тривалість життя індивідуальних організмів будь-яких наявних видів на багато порядків коротша, ніж тривалість стабільного існування відповідних видів. Співвідношення між тривалістю життя виду й індивідуальних організмів може досяг-

ти для простих організмів астрономічних величин порядку мільярдів і навіть трильйонів. Для більш високоорганізованих організмів це співвідношення, звичайно, є набагато меншим.

КРИТИЧНИЙ ПУНКТ БІОЛОГІЧНОЇ ЕВОЛЮЦІЇ

ALGOLF надійно забезпечував стійкий розвиток біосфери Землі, починаючи із самої появи життя і її елементарних проявів і майже дотепер. Це тривало приблизно чотири мільярди років. Спочатку розвиток життя відбувався надзвичайно повільно. Нові типи організмів з'являлися дуже рідко, й ті з них, які успішно пристосувалися, існували потім багато сотень мільйонів років без значущих змін. Для всяких інновацій, які спонтанно виникали в ході нескінченно довгого ланцюга поколінь, було досить часу, щоб життєздатність носіїв цих інновацій підтвердилася при повторних втіленнях, або ж вони просто зникли (найімовірніший випадок). Також і в середовища було досить часу, щоб відреагувати на появу в ньому якихось нових об'єктів. Таким чином, система, що містить середовище й живі об'єкти, які в ній існують, залишалася в будь-який момент у стані досить близькому до динамічної рівноваги. Просування системи через безперервну послідовність таких квазірівноважних станів і є процесом еволюції біосфери. Поступово прискорюючись, цей процес протягом мільярдів років залишався все ж настільки повільним, що механізм ALGOLF'у забезпечував його стійке протікання.

ALGOLF виконує не тільки функцію збереження, але також і креативну функцію. Сприяючи необмеженому росту популяції ідентичних організмів, ALGOLF неминуче створює передумови для виникнення конкуренції між організмами за життєві ресурси й водночас створює механізм для неупередженої "оцінки" переможців у цьому процесі — механізм природного добору.

Природні механізми виконання ALGOLF'у забезпечують відтворення своїх об'єктів з дуже високою точністю, але не абсолютно бездоганно. Більшість "помилкових" копій наявних об'єктів гине, але ті рідкісні, які виживають і виявляють якісь переваги перед основними формами, дають початок новим версіям живих істот і стають новими об'єктами. Так загалом виникають нові біологічні види. У такий спосіб ALGOLF, який є, у принципі, суто консервативним фактором, сприяє усе-таки поступовому збільшенню розмаїтості й складності біосфери. За неймовірно тривалий період

Повторення



часу ALGOLF населив безживну планету мільйонами надзвичайно різноманітних біологічних видів.

Щоб зробити доступнішим для нашої уяви часовий інтервал у чотири мільярди років — скільки існує на Землі життя, зберезуване ALGOLF'ом, — можна уявити розвиток не як процес, що розвивається в часі, але як рух системи, що розвивається уздовж просторового шляху. Справа в тому, що наш особистий досвід у переміщенні на різні відстані набагато більший, ніж досвід, що ми одержуємо з нашого пасивного дрейфу уздовж односпрямованого часу протягом декількох десятків років. Тому наша уява набагато краще справляється з просторовими картинками, аніж із часовими.

Отже, прийемо, що один рік розвитку в часі відповідає одному сантиметру шляху уздовж просторової координати. Тоді повна довжина шляху, пройденого біологічною еволюцією на Землі, буде відповідати 4 мільярдам сантиметрів або 40 000 кілометрів — це довжина екватора Землі. Один метр шляху в цьому масштабі відповідає одному сторіччю, один кілометр — ста тисячам років тощо. У цьому масштабі, наприклад, динозаври з'явилися на Землі приблизно на відстані 2100 км від нас (210 мільйонів років тому) і зникли на відстані 650 км тому в нашому умовному масштабі. Поява Людини відбулася десь між першим і десятим кілометром. Перші сліди сільськогосподарської діяльності виявлені на "відстані" приблизно 100 метрів, перші піраміди в Єгипті були побудовані 70 метрів позаду нашого нинішнього положення, дата народження Христа — 20 метрів позаду, перший політ літака — трохи далі одного метра. Для того, щоб уявити повну тривалість процесу біологічної еволюції, що призвів до нинішньої розмаїтості біосфери, треба зіставити ці "від-

стані" з довжиною земного екватора.

Біологічний розвиток пройшов свій дуже довгий шлях досить плавно, з дуже незначним прискоренням й, очевидно, без серйозних криз. Це було, справді, процесом повільного, але стійкого розвитку. Досить близько до нинішнього моменту, не далі, ніж у декількох кілометрах тому в нашому умовному масштабі, відбулася подія, що породила дуже важливі зміни у наступному курсі розвитку життя. Цією подією стала поява на одній з гілок еволюційного дерева нового біологічного виду, наділеного новою здатністю, не властивою жодним іншим живим істотам. А саме — здатністю використовувати енергію понад свої фізіологічні потреби [1]. Новий вид, що з'явився, імовірно, між 100 тисячами й одним мільйоном років тому, не відразу навчився достатньо ефективно використовувати свої особливі здатності. Для цього було потрібно декілька десятків, а може й сотні тисяч років.

Після цього прихованого початкового періоду розвиток нового виду пішов дуже швидкими темпами, принаймні, порівняно з темпами попередніх стадій розвитку. Члени нового виду почали усвідомлювати себе особливим типом істот — людьми — не належними до світу інших тварин. Зовсім нещодавно, близько двох з половиною сторіч тому, *Карл Лінней* дав новому виду, до якого всі ми належимо, офіційну назву "*Homo sapiens*", що по-латинському означає "*Людина розумна*". Ця назва звучить як досить приємна й навіть схвальна характеристика, але фактично це не більше, ніж умовна "адреса" нашої маленької гілочки на розгалуженому дереві еволюції. Що ж стосується обґрунтованості такої характеристики, то судження щодо цього не є однотайними [2].

Поява Людини розумної, істоти, наділеної новими здатностями, вик-

ликала зміни фундаментального значення у самому процесі розвитку. Вид *Homo sapiens*, що влаштувався на новому відгалуженні еволюційного дерева, став збільшуватися у чисельності й розвиватися якісно з незмірно більшим прискоренням, аніж будь-які інші види, що існують на Землі. Це стало, фактично, початком нової фази глобального еволюційного процесу, яка може бути визначена як фаза культурної еволюції. Нова фаза відрізняється від попередньої, біологічної фази у багатьох відношеннях. Насамперед тим, що на відміну від біологічної фази розвитку, об'єктом якої була сукупність безлічі видів, що населяють Землю, у новій фазі розвитку основним її об'єктом стає єдиний біологічний вид — *Homo sapiens*. Цей об'єкт, хоча він і є єдиним у біологічному сенсі, у процесах культурної еволюції з'являється, у свою чергу, великим різноманіттям соціокультурних утворень, таких як раси, нації, цивілізації, релігії тощо [3].

Фаза культурної еволюції характеризується тим, що одержання, обмін і зберігання корисної інформації виконуються в цій фазі розвитку набагато ефективніше, ніж раніше, й не на генетичному рівні, а мізками людей, здатних до пізнавальної діяльності й активного обміну думками й досвідом між родичами.

Здатність Людини використовувати надлишкову енергію понад її фізіологічні потреби значно збільшила енергетичний ресурс самого процесу розвитку й тим самим сприяла його прискоренню. Справді, якщо одна тисяча років біологічного розвитку — "міль", занадто коротка для появи яких-небудь значущих змін, культурний розвиток протягом тільки сотні років дуже змінює світ. Якщо відстані між істотними подіями біологічного розвитку в нашому умовному масштабі розділені на десятки або навіть сотні кілометрів, події культурного розвитку розташовані набагато тісніше — на відстанях метрів і навіть часток метра.

ALGOLF У ПРОЦЕСАХ КУЛЬТУРНОГО РОЗВИТКУ

Однією з якісних відмінностей нової фази розвитку від попередніх є виникнення альтернативи абсолютно консервативній вимозі ALGOLF'у сліпо повторювати те, що принесло успіх. У фазі біологічного розвитку цей алгоритм діяв на суто матеріальному, речовинному рівні — його об'єктами були реальні організми. На відміну від цього, у фазі культурної еволюції процес розвитку придбав нові ступені свободи. До простору реального світу, в яко-

му все відбувалося раніше, у попередній біологічній фазі еволюції, додався дуже великий "уявлюваний" простір думок людини. Уявлюваний простір є ортогональним до реального простору, як сказав би із цього приводу математик, оскільки ці два простори безпосередньо між собою не взаємодіють. Реальність сама по собі, уява — сама по собі. Як наслідок, усякі природні обмеження, непереборні у реальному просторі, не поширюються на уявлюваний простір. У ньому цілком можуть існувати такі "речі" і відбуватися такі події, які в реальному просторі абсолютно неможливі. Кентаври, крилаті дракони, безліч богів і безтілесних духів "існують" в уявлюваному просторі цілком комфортно, неймовірно чудеса там трапляються часто-густо, анітрохи не впливаючи на події в реальному світі. У тому ж самому уявлюваному просторі, однак, виникають іноді ідеї, які цілком можуть стати реальними об'єктами, якщо успішно пройдуть тест на сумісність із законами реального світу. Так, наприклад, витончена сталава вежа, що понад сто років прикрашає Париж, виникла спочатку в уяві *Олександра Ейфеля*, який потім успішно втілював свою ідею в реальній структурі.

Уявлюваний простір, що з'явився разом з появою Людини розумної, став невичерпним джерелом дійсних інновацій. Потік інновацій із цього джерела виявився незмірно потужнішим, аніж раніше, у біологічній фазі розвитку, де інновації з'являються як побічний ефект рідкісних помилок переписування генетичної інформації. Змінився також механізм відбору корисних інновацій. Ті інновації, які виникають у просторі уяви, але не проходять випробування на сумісність із непереборними законами природи, усуваються на ранніх стадіях. У більшості випадків такий контроль здійснюється в межах уявлюваного простору й тому відбувається швидко й безболісно, без зайвих зусиль. Втім, так відбувається не завжди. Пошуки філософського каменю або створення вічного двигуна — добре відомі приклади такого роду.

Залучення додаткових ступенів свободи забезпечило істотне прискорення темпу змін у сфері культурного розвитку людства. Прискорення торкнулося всіх компонентів культури, але не рівномірно. "Найрухливішими", такими, що відносно легко акцептують всякі інновації, є артефакти** — компоненти культури, пов'язані з техно-

логічною діяльністю людей [4]. Соціофакти менш мінливі, а компоненти культури, що визначаються як ментифакти, такі як мова, релігія, ідеї, мистецтво, виявляються найбільш консервативними.

У сфері соціофактів і ментифактів ALGOLF забезпечує розвиток соціальної системи суспільства. Народні звички, традиції, основні заповіді різних релігій, законів, починаючи від Кодексу Хаммурапі й Законів Мойсея, всі вони — фіксовані форми й приписи соціальної практики, що базуються на досвіді попередніх поколінь. Ту саму мету мають церковні проповіді, наставляння старших і шкільних учителів. Дотримання правил, що сформувалися на основі попереднього соціального досвіду, може бути сприятливим у досягненні нового успіху. Запам'ятовування суспільством свого позитивного досвіду є не що інше, як реалізація ALGOLF. Потрібно відзначити, втім, що негативний досвід, що асоціюється із чимось шкідливим, неприємним або небезпечним, також фіксується в пам'яті людини або суспільства у формі різних табу, заборон тощо. Механізм дії ALGOLF залишається в таких випадках тим самим — він забезпечує повторення дій, які допомогли раніше уникнути чогось небезпечного або небажаного. Відхід від безпеки або шкоди — це також успіх.

Картина стає відчутно іншою, однак, відносно лабільніших компонентів культури, що належать до категорії артефактів та, меншою мірою, до деяких соціофактів. Ці компоненти культури розвиваються, як правило, динамічніше, ніж ментифакти. Порівняйте, наприклад, темп появи інновацій у техніці й у релігії. У багатьох випадках значущі зміни комплексу артефактів у середовищі існування людей відбуваються протягом періодів часу значно коротших, аніж середня тривалість індивідуального життя. Тому накопичений раніше життєвий досвід швидко втрачає свою цінність, стає марним стосовно до швидкоплинних умов. У такий спосіб ALGOLF, як фактор, що сприяє успіху об'єкта, стає менш ефективним, якщо темп змін, що відбуваються в середовищі, стає настільки швидким, що випереджає здатність взаємодіяти із середовищем об'єктів успішно адаптуватися до цих змін.

Сказане виявляється, наприклад, у помітному зниженні авторитету й впливу старших поколінь на молодь. За старих часів старші були носіями досвіду й мудрості, накопиченої сус-

пільством. Це було їхньою головною соціальною роллю й цінністю. Зараз досвід старших стає менш істотним для молодих людей. У кожному разі, останні схильні недооцінити досвід старших, і навпаки, старшим властиво переоцінювати значущість їхнього власного досвіду, так само, втім, як і мудрість. Безліч сучасних конфліктів поколінь відбуваються внаслідок того, що консервативний за своєю природою ALGOLF знижує свою ефективність у світі, що змінюється занадто швидко.

ALGOLF ДЛЯ ЛЮДЕЙ І ДЛЯ СУСПІЛЬСТВ

Всі ми з самого дитинства використовуємо ALGOLF у нашому повсякденному житті. Природно, у дитинстві ми покладаємося не тільки на власний мізерний досвід, скільки на досвід інших. Виховання, шкільна освіта, читання книжок, — все це тільки деякі канали поширення в мозках молоді інформації про досвід, придбаний попередніми поколіннями.

Алгоритм Життя є настільки ж давнім, як і саме Життя. Тому він "просочує" нашу свідомість і підсвідомість дуже глибоко. Дуже часто ми навіть не усвідомлюємо, що діємо відповідно до ALGOLF'у. Довіряючи власній звичці, ми іноді намагаємося використати стандартний припис ALGOLF'у в невідповідних випадках. Наприклад, повторюючи дію, що була успішною колись раніше, у нових обставинах, що значно змінилися. Результати таких дій можуть не виправдувати очікувань.

У біологічних системах поява істотних інновацій, які призводять до розгалуження довгих безперервних ланцюгів поступових змін, трапляються дуже рідко. На відміну від цього, у соціальних системах реальна довжина послідовності повторення успішних кроків звичайно набагато коротша. Відповідно, ймовірність розгалуження ліній розвитку соціальних об'єктів незрівнянно вища. Це відбувається через здатність людини в уявлюваному просторі моделювати майбутні дії і, на основі власного попереднього досвіду й суб'єктивної оцінки можливих наслідків, вибирати такий шлях або спосіб поведінки, що передбачається оптимальним. Успіх таких умоглядних планів, які вміщують більш-менш довгу послідовність кроків, залежить від багатьох обставин, у тому числі від числа кроків. Чим довша послідовність, тим менша ймовірність кінцевого успіху. Особливо якщо об'єкт, що розвивається наміче-

***Artifacts, sociofacts, and mentifacts*, — підсистеми культури, що належать, відповідно, до його ідеологічних, соціологічних і технологічних компонентів. Визначення введені відомим англійським біологом *Джуліаном Хакслі*.

ним шляхом, впливає на середовище, у якому він прокладає свій шлях. Навіть із найзагальніших термодинамічних закономірностей впливає, що природна реакція середовища буде спрямована на мінімізацію збурення, породжуваного діями об'єкта. Цей самий ефект випливає й з уявлення про ALGOLF. Стосовно всієї системи, що містить як "об'єкт, що збурює", так і середовище, у якому він існує, ALGOLF буде впливати як консервативний фактор, що сприяє збереженню системи у стані, по можливості близькому до вихідного.

Зазначимо, що реакція середовища на збурення, створюване в ній об'єктом, розвивається, звичайно, порівняно повільно, і тому дії об'єкта, якщо вони досить швидкі, можуть завершитися успіхом раніше, ніж середовище відреагує. Однак, якщо ланцюжок дій, планованих об'єктом, досить довгий, його шанси на досягнення кінцевого успіху падають. Таким чином, процес розвитку складної системи дуже залежить від співвідношення темпів змін, що відбуваються на рівні її складників — середовища й наявних у ньому об'єктів. Із цього приводу можуть бути наведені незліченні приклади в різних сферах громадського життя. Наприклад, в історії.

Як ілюстрацію освідимо у пам'яті низку подій не занадто віддаленої історії. 1935 року *Адольф Гітлер* зробив спробу перевірити реальну силу й рішучість європейських демократичних країн. Він пред'явив права на Саарську область і досяг успіху (цього разу через плебісцит). У наступному році успіх був повторений, цього разу щодо Рейнської області. Навесні 1938 р. Німеччина захопила Австрію. Восени та сама доля спіткала Судети, частину Чехословаччини. Наступною весною вся Чехословаччина була захоплена. У вересні 1939 р. настала черга Польщі. Таким чином, протягом приблизно п'яти років ALGOLF працював на *Гітлера* без збоїв. До цього часу, однак, умови в Європі змінилися, і подальше повторення дій, які були такими успішними колись, стало менш ефективним. Друга світова війна почалася й приблизно через шість років завершилася крахом Третього Рейху.

Видається цікавим продовжити обговорення цього прикладу в трохи спекулятивному варіанті. Кінець Другої світової війни став для нацистської Німеччини фатальним завершенням попередньої послідовності успіхів. У той самий час, це було великим успіхом протилежної сторони — демократичних країн у спілці з Радянським Союзом. Виникає питання, чи можна

на підставі фактичного результату дійти висновку, що в гіпотетичних конфліктах демократичних і тоталітарних систем, які могли б трапитися в майбутньому (борони Боже!), заключний успіх неминуче буде на стороні демократичних суспільств? Звичайно, ні. Такий результат не гарантований. ALGOLF не є ефективним відносно однократних подій, які відбуваються при унікальних умовах.

ЧУЖИЙ ДОСВІД

І знову питання: чи може чий-небудь чужий досвід бути корисним для досягнення чийогось власного успіху? Щодо порівняно простих, повторюваних дій відповідь є, певна річ, позитивною. Істотна, якщо не більша частина наших дій у повсякденному житті базується фактично на життєвому досвіді інших людей, наших попередників, досвід яких був сприйнятий нами й до якоїсь міри відкоректований або доповнений нашою власною життєвою практикою. Відповідь стає менш певною відносно запозичення суспільством досвіду, накопиченого іншим, успішнішим суспільством. Перейняття чужого досвіду на рівні артефактів відбувається звичайно без істотних труднощів. Автомат *Калашникова* використовується у глухих кутках планети людьми, які ще зовсім недавно задовольнялися списом або луком. А дуже багаті люди в дуже бідних країнах (такі люди завжди з'являються) дуже успішно засвоюють форми розкішного життя, які вони запозичають у дуже багатих суспільств.

На відміну від артефактів, ментифакти, як правило, не сприймаються взагалі — більшість суспільств ревниво охороняє власну мову, релігію, ідеологію, основні життєві традиції.

Соціофакти щодо цього займають проміжне становище. Запозичення чужого досвіду в сфері соціофактів відбувається в більшості випадків не дуже гладко. Іноді суспільства, що прагнуть перебороти труднощі, з якими вони зіштовхуються на шляху розвитку, намагаються перейняти соціальний досвід інших, успішніших суспільств. Вони, звичайно, роблять це не в цілому, а вибірково, приймаючи тільки ті компоненти, які здаються їм найпривабливішими. Здебільшого, така практика не призводить до очікуваних результатів через невідповідність інновацій, які вони намагаються запозичити, з менталітетом і традиціями, що існують у їхньому власному середовищі. Чужий соціальний досвід, коли його намагаються насадити на невластивий йому ґрунт, дуже часто приносить зовсім не ті плоди, які очіку-

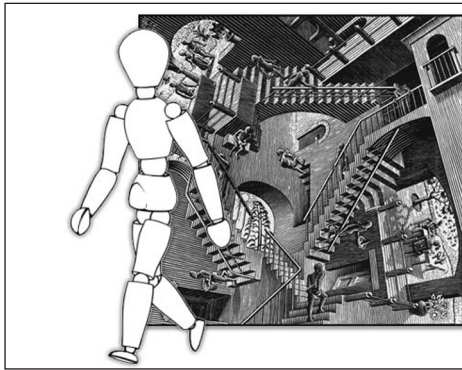
валися. Тому запозичення соціофактів — зовсім не універсальна панацея, а річ надто делікатна, яка потребує розумного врахування конкретних умов.

ТВОРЧИЙ КОНСЕРВАТИЗМ — РУЙНІВНИЙ ПРОГРЕС

Хоча ALGOLF є консервативним за самою своєю природою, у ході неімовірно довгого процесу біологічної еволюції він виявив дивовижно потужний креативний потенціал. Безсумнівним свідченням цього є сам факт безперервного розвитку біосфери протягом близько чотирьох мільярдів років, розюча розмаїтість живих організмів, що зараз населяють Землю, зрештою, поява людини. Механізм, завдяки якому ALGOLF проявляє креативну функцію, полягає в тому, що дуже рідкісні, випадкові помилки копіювання, якщо вони виявляються "успішними", тобто якщо носій такої помилки виявляється життєздатним, фіксуються в генетичній пам'яті. Зафіксована помилка перестає бути помилкою, а стає "інновацією", що передається у спадщину. Так з'являються нові форми живих організмів. Цей механізм генерації інновацій діє надзвичайно повільно, але поступово прискорюється в міру того, як зростає біологічна розмаїтість. На те, щоб досягти нинішнього рівня різноманіття життя, Природі потрібен був величезний період часу.

З виникненням людини почалася фактично нова фаза процесу еволюції життя на Землі, фаза культурної еволюції. Цей перехід супроводжувався прискоренням темпу появи інновацій, головним чином у сфері артефактів, тобто в ділянці безпосереднього впливу людей на матеріальні об'єкти навколишнього світу. У цій сфері все, що не суперечить законам Природи, стало можливим, принаймні, у принципі, й, до того ж, стало втілюватися в життя в прискореному темпі. Вихідний консервативний принцип "повторюй те, що приносило успіх раніше" став згодом витіснитися іншим принципом, фактично його антитезою: "роби щораз щось нове, не зупиняйся на досягнутому". Інакше кажучи, принцип збереження заміщається поступово принципом прогресу — невпинного просування вперед [5, 6].

На відносно ранніх стадіях культурного розвитку, ще навіть тричотири сторіччя тому, істотні зміни в житті суспільства відбувалися за проміжки часу, сумірні або які переважають середню тривалість людського життя, й тому вони залишалися майже непомітними. Пізніше ефект прискорення ставав усе очевиднішим. Ми



Мориць Ешер.
Ілюзія.
Майбутнє.



живемо у швидкоплинному світі. Усе швидше змінюють один одного версії комп'ютерних програм, моди, марки автомобілів, кінозірки, бестселери і т. ін. Новинка сама по собі здобуває в багатьох випадках самостійну цінність, часто істотнішу, ніж набір її реальних позитивних якостей. Безліч речей перестають використовуватися не тому, що втрачають свої функціональні властивості, але всього лише тому, що перестають бути "достатньо новими".

Ідея безперервного "прогресу" — незалежно від того, що при цьому маємо на увазі — захопила свідомість людства. Люди стурбовані зараз не стільки поточним станом справ, скільки статистикою показників росту. Диференціальний коефіцієнт (похідна функції) сприймається як щось більш істотне, ніж сама функція. Мізерне зменшення темпів економічного росту викликає збуджену реакцію суспільства, а нерідко призводить навіть до серйозних політичних катаклізмів.

Що відбувається з ALGOLF'ом у нових умовах? Незважаючи на те, що вони істотно змінилися, добрий старий ALGOLF не зник і не вийшов із ужитку, але сфера його дії помітно звузилася. В галузі технічної діяльності людства він реалізується зараз головним чином у формі різних норм, стандартів, приписів, специфікацій і т.ін. У цих формах ALGOLF виконує свою консервативну функцію майже в такий самий спосіб, як і раніше у фазі біологічного розвитку — він забезпечує можливість репродукування безлічі ідентичних копій об'єктів або деталей. Без цього масове виробництво не було можливим. Однак, свою креативну функцію ALGOLF втратив. Інновації у творчості людей, зокрема — у техніці, не виникають із помилок, як це відбувається в процесах біологічної еволюції. Вони виникають у свідомості людей, у просторі уяви. Більшість цих віртуальних інновацій у реальний світ не потрапляють, не пройшовши випробування на адекватність законам Природи. Інші — з тих, що це випробування витримали —



втілюються в реальні форми. Але й вони, у більшості випадків, приречені на коротке життя. Якщо їхня основна привабливість полягає саме в новизні, то це в принципі дуже ефемерна якість, що втрачається з появою новіших фаворитів. Все відбувається занадто швидко, й механізми природного добору й коадаптації, які були дуже ефективні у фазі біологічного розвитку, не спрацьовують. Таким чином, в умовах культурної еволюції сфера дії ALGOLF'у значно скорочується. Він залишається важливим консервативним фактором відносно технологічних проблем типу "як зробити дешево?", але фактично є ізольованим від концептуальної проблеми "що потрібно зробити?"

Потрібно відзначити ще одну обставину надзвичайної важливості, що виникла при переході до фази культурного розвитку. А саме: ALGOLF пропонує, щоб те, що принесло успіх, повторювалося знову й знову. Відносно біологічної фази розвитку "успіх" означає просто "виживання" у загальному значенні, тобто послідовне повторення повного циклу життя члена певного біологічного виду, забезпечуючи в такий спосіб безперервність його існування в наступних поколіннях. Перехід до фази культурного розвитку, що відбувся внаслідок появи у виду *Homo sapiens* нових здатностей, радикально змінив самий зміст "успіху". На ранніх стадіях розвитку Людини ALGOLF продовжував діяти в такий же спосіб, як і стосовно всіх інших біологічних видів, тобто

критерієм життєвого успіху залишалося виживання. Однак, у міру того, як Людина вчилася використовувати додаткові ресурси енергії усе ефективніше, її можливості виживання зростали, так що досягнення саме цього успіху ставало усе більше звичайним, але відповідно втрачало у своїй значущості. Поступово "виживання" як узагальнений критерій успіху в "Алгоритмі Життя" почало замінятися "збільшенням ресурсів енергії". Успіх у цій сфері обіцяв додаткові життєві переваги, особливо порівняно з менш успішними родичами. Такі зміни почалися, ймовірно, 8-10 тисяч років тому, разом із початком сільськогосподарської діяльності людей.

Заміна цільового критерію "Алгоритму Життя" фактично змінює його сенс і функцію. "Алгоритм Життя" перетворюється у щось інше, в "Алгоритм Прогресу", наприклад, або щось подібне. Негативний зворотний зв'язок, "вбудований" в "Алгоритм Життя", що забезпечував стійкий і поступовий розвиток системи, перетворюється в позитивний зворотний зв'язок, властивий "Алгоритму Прогресу". Наявність позитивного зворотного зв'язку в алгоритмі, що управляє розвитком системи, означає прогресування зниження її стабільності, аж до неконтрольованого "розгону" системи та її можливого руйнування.

Для ілюстрації: біологічний розвиток протягом мільярдів років відбувався дуже повільно, але відносно спокійно, не породжуючи критичних ситуацій внутрішнього походження й досить успішно справляючись із наслідками катастрофічних подій, викликаних зовнішніми факторами, такими, наприклад, як (гадане) падіння астероїда. Навпаки, культурний розвиток людства протягом тільки останньої сотні років породив низку катастрофічних подій глобального масштабу, які забрали сотні мільйонів людських життів.

Функціонування будь-якого процесу вимагає витрачання енергії. Велика "машина" біосфери приводиться у дію потоком сонячної енергії, який

безупинно падає на Землю протягом мільярдів років. Певна частина цього потоку енергії використовується біосферою, що розвивається. Варто звернути увагу на фундаментальну різницю між біологічною й культурною фазами еволюції відносно одержання й використання енергії. У процесах біологічного розвитку простежується чітка тенденція до поступового вдосконалювання способів і засобів одержання енергії й підвищення ефективності його використання біосферою. На відміну від цього, головна тенденція у фазі культурного розвитку — це розширення масштабу споживання енергії й пошуки її нових джерел. Науково-дослідні роботи, спрямовані на підвищення ефективності використання енергії, виконуються в досить широких масштабах, але їхні результати впливають на темпи росту споживання енергії досить скромно.

Борючись (відповідно до "Алгоритму Прогресу") за безперервний ріст усього — виробництва товарів, темпу розвитку промисловості, прибутків і доходів, комфорту й розваг, — людство витрачає зростаючі кількості енергії. Поведінка виду *Homo sapiens* стосовно його унікальної здатності використовувати енергію понад фізіологічні потреби, нагадує наркоманію. Людство, як наркоман, виявляється нездатним обмежити свої прагнення до насолоди, незважаючи на те, що віддалені наслідки можуть бути дуже небезпечними.

Людство, що жадає усе більшої кількості енергії для задоволення свого "безупинного зростання потреб" (правильніше було б сказати — штучного нарощування "потреб"), разом з тим, з розумом легкомудством ігнорує абсолютно фундаментальну обставину. А саме: те, що використання енергії неминуче сполучено з виробництвом ентропії в пропорційній кількості. Вироблену ентропію частково виносить у космос теплова радіація, але та її частка, що залишається на Землі, накопичується й збільшує ступінь хаосу. Це виявляється в безлічі різних, іноді несподіваних форм — у забрудненні навколишнього середовища, у скороченні біологічної розмаїтості біосфери, у забрудненні інформаційного простору, у рості корупції й зло-

чинності, у загостренні політичної напруженості тощо. Накопичення ентропії рано чи пізно зупинить невтримний ріст споживання енергії, але важко передбачити, чи залишиться світ на той час достатньо зручним або взагалі придатним для існування людства.

ALGOLF, у якому "успіх" = виживання, містить як базову умову збереження життя. Вона обмежує споживання енергії живими істотами їхніми фізіологічними потребами, забезпечуючи, таким чином, стійкий розвиток життя на Землі і його поступове ускладнення й удосконалення. "Алгоритм Прогресу", який виник як альтернатива ALGOLF'у при переході до фази культурної еволюції, не містить такого фактора стабілізування, і тому культурна еволюція безупинно породжує явища й події, які порушують стабільність розвитку. Людство, якщо воно усвідомить необхідність занепокоїтися власним самозбереженням, має знайти новий фактор стабілізації, який створював би сильний негативний зворотній зв'язок, що поставив би межу нічим не обмеженим прагненням людей одержувати й використовувати все більшу кількість енергії. Це було б вирішальним тестом на мудрість Людини розумної. Якщо Людина впорається з цією проблемою, то вона виправдає своє досить схвальне видове ім'я (*sapiens*) і набуде реальний шанс на досить тривале існування свого виду. А інакше, замість жаданого прогресу людство одержить прогресивне зростання нових, усе важчих проблем.

Пришвидшений розвиток, що супроводжується виникненням непередбачених змін у звичайному курсі життя, породжує почуття непевності в завтрашньому дні. Схвилювані громадяни демонструють на вулицях свою образу або обурення, інтелектуали пишуть серйозні книги з тривожними назвами [7]. У більшості цих книг висловлюються сумніви щодо здатності людства пручатися різним ризикам, що загрожують його існуванню [8, 9]. Описано десятки можливих сценаріїв знищення людства в результаті дії різних факторів — генетичних, психологічних, технологічних, екологічних, позаземних і багатьох інших. Цікаво відзначити, однак, що в дов-

гому списку факторів ризику, які розглядали різні автори, не фігурує **економіка**. Це видається досить дивним, тому що саме економіка, у тому вигляді, у якому вона функціонує й розвивається зараз, може виявитися ключовим фактором, якщо не знищення людства, то кардинальної зміни самої природи людини [10, 11]. Це не припущення, а процес, що насправді відбувається і несе величезну загрозу стійкості існування людства. Процес розвивається безупинно зі значним прискоренням, але ми, як учасники цього процесу, зсередини не сприймаємо, що ж насправді відбувається, і тільки інстинктивно відчуваємо незрозуміле занепокоєння.

Фактично відбувається наступне: людство, для якого економіка була колись тільки засобом забезпечення самого себе хлібом насущним, поступово перетворюється у "робоче тіло" економічної машини, подібно до того, як водяна пара є робочим тілом парової машини. Суб'єкт і об'єкт міняються ролями: "економіка для людей" перетворюється у "люди для економіки". Система найвищого рівня — людство — віддає свою домінуючу роль у загальній структурі власній підсистемі — економіці, перетворюючись, таким чином, у її підсистему. **Не економіка функціонує для того, щоб забезпечувати людей засобами існування, а люди існують для того, щоб забезпечувати функціонування економіки.**

Є цілком очевидні ознаки, що процес перетворення економіки в абсолютну домінуючу існування людства просунувся дуже далеко. Все відбувається порівняно тихо, майже безкровно, не викликаючи в уяві апокаліптичних картин на зразок "судного дня" і знищення людства. Ні, людство не зникне, не загине, але непомітно для себе перейде у зовсім новий моральний, інтелектуальний і психологічний стан. Можливо, це буде стан, подібний до описаного Дж. Орвелом "Дивного нового світу" ("Brave New World"), в якому уявлення про такі речі, які ми вважаємо "великими людськими цінностями", зміняться радикально. Такою може виявитися ціна, яку людству доведеться заплатити за втрату споконвічного сенсу "Алгоритму Життя" і нездатність обмежити власні бажання.

Література

1. Ксенжек О. Quid est Homo? або Що є Людина? // Світогляд. — 2009. — №1. — С. 45-51.
2. Watson D.E. Is Homo sapiens sapiens a Wise Species? (режим доступу: [http://www.enformy.com/\\$homosap.html](http://www.enformy.com/$homosap.html))
3. Huxley J.S. Evolution: The Modern Synthesis: The Definitive Edition., — The MIT Press, 2010. — 784 p.
4. Huxley J.S. New bottles for new wine: Essays, 1959, Chatto&Windus, 318 p
5. Jared M. Diamond, Guns, germs, and steel: the fates of human societies, 1997. W.W. Norton. - 480 pp
6. Wright R. A Short History of Progress, 2005, Carroll & Graf Publishers — 211 pp

7. Rees Martin. Our Final Hour: A Scientist's Warning: How Terror, Error, and Environmental Disaster Threaten Humankind's Future In This Century-On Earth and Beyond, 2003, Basic Books, 240 pp.
8. Wikipedia, Risks to civilization, humans and planet Earth http://en.wikipedia.org/wiki/Risks_to_civilization,_humans_and_planet_Earth
9. Wikipedia, Human extinction http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=гибель_человечества http://en.wikipedia.org/wiki/Human_extinction
10. Ксенжек О. Проші — це Енергія // Світогляд.—2009.—№6. — С. 44 — 54
11. Ксенжек О. Money: Virtual Energy; Economy through the Prism of Thermodynamics, 2007, Universal Publishers, 211 pp.