Формування одиниць змісту в когнітивних системах

Існують різні теорії, які пояснюють, як влаштовані когнітивні системи, як вони обробляють інформацію та організовують власну регуляцію. Попри відмінності між підходами, на загальному функціональному рівні когнітивну систему розглядають як організацію, здатну отримувати інформацію, обробляти її та використовувати результати цієї обробки для регуляції свого функціонування.

Але що саме така система обробляє?

Відповідь «інформацію» мало що пояснює. Навіть через один орган чуття до людини безперервно надходить величезна кількість сигналів. А якщо врахувати зір, слух, дотик, внутрішні відчуття, положення тіла та інші доступні канали, ми отримаємо одночасний потік найрізноманітніших даних.

Цей потік не надходить у вигляді готових, упорядкованих змістів. Отже, виникає питання: як когнітивна система виділяє із цього величезного потоку інформації те, з чим може працювати? Що є окремою одиницею обробки для самої системи? Сигнал? Поєднання кількох сигналів? Властивість об’єкта? Чи певний зв’язок між розрізнюваними елементами? І чому дві системи, отримуючи однакові сигнали, можуть формувати з них різний зміст, а отже, й різні можливості організації подальшої регуляції?

Щоб розібратися, слід почати з найпростіших умов формування змісту.

Що система здатна розрізнити

Першою умовою є фізична можливість отримувати інформацію.

Людина здатна чути звуки лише в певному діапазоні частот. Деякі тварини сприймають звукові коливання, які залишаються недоступними людському слуху. Водночас навіть представники одного виду можуть мати різні можливості сприйняття: у когось слух працює в межах типового діапазону, а в когось здатність розрізняти певні звуки порушена.

Самі звукові коливання від цього не змінюються. Середовище містить незрівнянно більше фізичних властивостей і потенційної інформації, ніж здатна отримати окрема система.

Подібні обмеження існують не лише для слуху. Зір, дотик, чутливість до температури, хімічних речовин чи інших фізичних впливів — усе це різні способи взаємодії із середовищем. Кожен із них відкриває доступ до певних властивостей світу й залишає інші поза межами безпосереднього розрізнення.

Це перша межа. Система не може безпосередньо обробляти те, до чого не має відповідного способу доступу. Але навіть інформація, яка фізично доступна, ще не стає автоматично організованим змістом. Це лише вхідний потік інформації, неорганізований, неструктурований.

Щоб зрозуміти, як із цього потоку починають виділятися окремі одиниці обробки, звернімося до іншої властивості систем — здатності зберігати інформацію обробки.

Стабільність системи та регуляція

Щоб певне утворення можна було розглядати як систему, недостатньо простої наявності елементів. Між ними має існувати певна організація, яка зберігається під час функціонування. Хаотична сукупність елементів, що випадково опинилися поруч, ще не утворює стійкої функціональної системи. Її елементи повинні перебувати в таких відношеннях, за яких організація може підтримуватися протягом певного часу.

При цьому система не обов'язково залишається незмінною. Вона може обмінюватися речовиною та енергією із середовищем, змінювати внутрішні стани, перебудовувати окремі процеси й водночас зберігати організацію, завдяки якій продовжує функціонувати як система.

Сукупність функціональних станів, у межах яких така організація може підтримуватися є **стабільною областю обробки** системи.

Стабільна область обробки це не один нерухомий стан. Усередині стабільної області можуть відбуватися численні зміни, переходи між різними режимами та процеси регуляції. Для біологічних систем одним із найпростіших прикладів підтримання такої стабільності є гомеостаз.

Живий організм повинен підтримувати певні фізіологічні умови: необхідний обмін речовин, достатню доступність енергії та води, відповідні температурні й хімічні параметри. Порушення цих умов може призводити до розузгодження функціонального стану, яке потребує регуляції.

Розгляньмо голод. Організм постійно витрачає енергію та поживні речовини. Коли їхня доступність перестає відповідати поточним функціональним потребам, виникають фізіологічні зміни, що сигналізують про порушення необхідних умов функціонування.

Для регуляції такого стану система повинна мати можливість розрізняти відповідні сигнали розузгодження. Проте їй не обов'язково усвідомлено розуміти, чого саме бракує організму, чому виникло порушення або які наслідки воно може мати. На цьому рівні йдеться про доступність фізіологічних відмінностей та процесів їхньої регуляції, а не про свідоме визначення потреб чи цілей.

Тепер уявімо немовля. На ранніх етапах життя значна частина його регуляції пов'язана саме з фізіологічними потребами: голодом, спрагою, болем, температурою, положенням тіла, можливістю переходу до сну та іншими умовами підтримання функціональної стабільності.

Коли виникає голод, змінюється фізіологічний стан, з'являються сигнали розузгодження — система входить за межі стабільної області обробки. Під час годування воно поступово компенсується, і організм повертається до стабільного функціонування.

Але весь цей час когнітивна система дитини також отримує інформацію із середовища. Звук, запах, дотик, тепло тіла, ритм рухів — безліч різних сигналів надходять через доступні їй канали сприйняття.

Збереження інформації

Когнітивні системи здатні не лише отримувати й обробляти інформацію, а й зберігати результати попередніх взаємодій. Але яку саме інформацію зберігати?

Уявімо, що система зберігала весь потік сигналів з усіх доступних джерел, не виділяючи жодних відношень. Обсяг таких даних постійно зростав би, але саме накопичення ще не забезпечувало б їхнього використання для регуляції.

Іншу можливість відкриває збереження інформації про умови, за яких відбувалося відновлення узгодженості.

Повернімося до немовляти. Під час годування дитині доступна певна конфігурація сигналів навколишнього середовища. Водночас відбувається регуляторний перехід — компенсація голоду.

У цьому епізоді система розрізняє не лише зовнішні сигнали, а й зміну власного функціонального стану. Відповідно, збережена інформація може охоплювати конфігурацію доступних елементів середовища разом із регуляторним переходом, який відбувався за цих умов.

Саме така конфігурація має функціональну значущість для системи: за її присутності відбувалося відновлення стабільного функціонування.

Важливо, що система ще не повинна розрізняти справжню причину усунення голоду. Звук голосу не забезпечує надходження поживних речовин, запах не усуває фізіологічного дефіциту, а дотик не замінює годування. Проте всі ці сигнали можуть супроводжувати один і той самий процес стабілізації.

Серед всього обсягу сигналів, що надходять, система зберігає ті, які супроводжували момент регуляції до стабільної області обробки. Система зберігає доступні їй елементи такої ситуації, навіть не розрізняючи, які з них безпосередньо забезпечили регуляцію, а які лише були присутні. Таким чином система зберігає лише ті відмінності, які здатна розрізнити, і в тій організації, яку дозволяє її власна структура обробки.

Отже, уже на цьому рівні історія регуляції впливає на те, яка інформація може зберігатися і залишатися доступною системі.

Формування одиниці змісту

Збереження певної інформації ще не означає, що вона стала самостійною операційною одиницею обробки. Збережений слід події та можливість виділити його як певне ціле для подальшої регуляції — не одне й те саме

Припустімо, що подібна ситуація повторюється. Під час годування дитина знову розрізняє певний запах, характерний звук, дотик, ритм рухів. І знову відбувається компенсація фізіологічного розузгодження.

У збереженій інформації повторюється певна конфігурація: конкретний набір розрізнюваних сигналів і відповідна регуляція стану системи.

Важливим тут є те, що зв’язок не виникає як довільне поєднання будь-яких двох сигналів. Він формується всередині конфігурації, яка охоплює доступні системі елементи та регуляторний

процес.

Завдяки повторенню система отримує можливість виділяти цю конфігурацію як відносно єдине утворення. Так ми підходимо до поняття **одиниці змісту** — функціонально виділюваної складової, з якою когнітивна система здатна працювати в подальшій обробці.

Один із найпростіших способів її формування можна розглянути через зв'язок між розрізнюваним сигналом і регуляцією. Наприклад, конкретний звук і регуляція голоду. Або певний запах і та сама регуляція. На такому мінімальному рівні два елементи та один зв'язок уже можуть утворювати найпростішу пов'язану організацію змісту — вузол змісту, який стає одиницею подальшої обробки. До такої організації можуть входити й інші елементи: характерний звук, запах, певна конфігурація дотиків і відповідна регуляція фізіологічного стану.

Принциповим є те, що регуляція тут не виступає зовнішнім призначенням уже сформованої одиниці. **Вона є частиною того відношення, завдяки якому набір сигналів набуває організованого змісту для системи.** Інакше кажучи, регуляція дає мінімальну функціональну підставу для об'єднання елементів.

Серед величезної кількості сигналів, доступних системі, певна конфігурація виявляється пов'язаною з відновленням її функціональної узгодженості. Саме це відношення може зберігатися й ставати доступним у подальшій обробці.

У нашому прикладі ми розглядаємо лише один із найпростіших механізмів формування одиниць змісту. У складнішій когнітивній організації одиницями обробки можуть виступати й утворення, сформовані через інші, уже наявні структурні відношення. Але для розуміння початкового принципу нам поки достатньо зв'язку між доступними сигналами та регуляцією.

Чому повторення має значення

Окремий регуляторний епізод може супроводжуватися випадковим набором сигналів, який більше ніколи не повториться. Система здатна зберегти певну інформацію про таку подію, але це ще не гарантує, що відповідна конфігурація стане відтворюваною одиницею обробки. Коли ж певний набір сигналів повторюється разом із відповідною регуляцією, система отримує можливість виділити в цій історії стійке відношення.

Повторюваність дозволяє відрізнити конфігурацію, яка знову виникає за певних регуляторних умов, від одиничного випадкового поєднання. У результаті відповідні зв'язки можуть закріплюватися в структурі обробки, а сформована одиниця змісту — ставати доступною для повторного використання.

Проте повторення не є єдиною умовою такого закріплення. Іноді розузгодження та пов'язаний із ним регуляторний перехід можуть бути настільки значними для функціонування системи, що навіть один епізод залишає тривалий структурний слід. Разом із ним можуть закріпитися й елементи, які лише випадково супроводжували подію.

При цьому стійкість закріплення не слід плутати із самою функціональною природою одиниці змісту. Вона може виникнути в поточній обробці, бути використаною і згодом втратити доступність. Для нас важливо інше: певна конфігурація перестає бути лише

збереженим фрагментом інформації й стає тим, що система здатна операційно виділити та залучити до подальшої обробки. І саме тут виникає відмінність між простим накопиченням інформації та формуванням організованого змісту.

Активація сформованої одиниці змісту

Тепер розгляньмо, що відбувається, коли раніше сформована одиниця змісту знову стає доступною для регуляції.

Уявімо знайому ситуацію: дитина заспокоюється на руках у матері, але продовжує непокоїтися, коли її бере інша людина.

Інша людина може намагатися повторити ті самі дії: тримати немовля в подібному положенні, погойдувати з тією самою швидкістю, гладити, розмовляти тихим голосом. Для стороннього спостерігача поведінка обох дорослих може виглядати дуже схожою.

Але для когнітивної системи немовляти це не однакові сигнали.

Інший голос — це інший частотний склад звукового сигналу. Інший запах — інша конфігурація хімічних подразників. Навіть зовні подібне погойдування може супроводжуватися іншим набором тактильних і пропріоцептивних сигналів.

Система немовля працює саме з тими відмінностями, які здатна розрізнити через власні канали сприйняття. Під час попередніх епізодів регуляції певна конфігурація цих сигналів уже була збережена у зв’язку з відновленням узгодженості. Причому історія формування цих зв’язків починається не обов'язково після народження. Ще під час внутрішньоутробного розвитку дитині доступні певні звукові, ритмічні та хімічні сигнали. Вона чує голос матері, сприймає його ритмічні особливості, взаємодіє з хімічним середовищем навколоплідних вод.

Частина цих сигналів повторюється протягом внутрішньоутробного розвитку й може залишати сліди в когнітивній організації. Деякі з них вже беруть участь у формуванні одиниць змісту, пов’язаних із регуляторними станами системи. Тому після народження дитина не починає формувати всі зв'язки з нуля. Вона вже має певну історію розрізнення, збереження та обробки сигналів, яка продовжує змінюватися в нових умовах взаємодії зі світом. Коли відповідні елементи знову стають доступними, вони можуть активувати сформовану одиницю змісту та пов’язану з нею регуляцію.

Інша людина, навіть відтворюючи зовні схожі дії, створює іншу конфігурацію сигналів. Вона може не відповідати тим зв’язкам, які закріпилися в структурі обробки дитини. Для немовляти це не «інша людина, яка робить те саме». На рівні розрізнюваних сигналів це просто інша конфігурація, яка ще може не бути пов’язана з відповідною регуляцією. Це буквально не організований потік зовнішньої інформації, котрий не структурований когнітивною системою дитини.

Те, що зовнішній спостерігач називає впізнаванням матері, на цьому рівні можна розглянути як активацію раніше сформованої одиниці змісту. Для цього немовляті не обов’язково мати усвідомлене уявлення про матір, знати, хто саме його тримає, або розуміти причини власної реакції.

Так само йдеться не про обов’язкове точне повторення кожного сигналу. Система працює з доступними їй відмінностями та зв’язками, а не з фотографічною копією попередньої ситуації.

У міру нових регуляторних епізодів можуть формуватися й інші одиниці змісту. Згодом інша людина також може стати джерелом звичних сигналів, пов’язаних із відновленням стабільного стану.

Цей приклад дозволяє побачити головне: сформована одиниця змісту може повторно активуватися та брати участь у регуляції завдяки зв’язкам, що виникли протягом попередньої історії функціонування системи.

Співвідношення із сучасними поясненнями навчання

Формування зв’язків між сигналами давно досліджується в когнітивній науці, психології та нейрофізіології. Сучасні теорії пропонують різні пояснення того, чому певні поєднання сигналів закріплюються, а інші — ні.

Одним із впливових сучасних підходів є пояснення через помилку передбачення. Якщо система очікує певного результату, але отримує інший, це розходження може впливати на подальше навчання. Що точніше подія передбачена, то меншою може бути потреба змінювати вже сформовані зв’язки.

Інші дослідження враховують увагу до сигналів, їхню спільну організацію, попередній досвід та фізіологічний стан системи. Існують також моделі, у яких навчання безпосередньо пов’язане з підтриманням гомеостазу.

У своєму поясненні я пропоную зосередитися на дещо іншому питанні: *як із потоку доступної інформації формується одиниця змісту, яку система надалі здатна використовувати для регуляції?*

Годування немовляти може бути цілком передбачуваною подією, але від цього його значення для усунення голоду не зникає. Помилка передбачення характеризує розходження між очікуваним і фактичним результатом. Натомість у запропонованому поясненні центральне місце посідає **регуляторна значущість** — відношення події до підтримання або відновлення функціональної узгодженості системи.

Ці характеристики можуть взаємодіяти, але вони описують різні аспекти функціонування.

Подія може бути очікуваною й водночас залишатися суттєвою для регуляції. Так само несподіваний сигнал не обов’язково має значний вплив на стабільність системи.

Коли певний набір сигналів повторювано супроводжує регуляцію, у структурі обробки може закріплюватися відповідна одиниця змісту. Її елементи поєднуються не обов’язково через встановлення причинності чи здатність передбачити результат, а через власну історію регуляції системи.

Це дозволяє подивитися на навчання з боку формування самого змісту. Нас цікавить не лише те, чому певний сигнал починає викликати реакцію, а й те, як він стає частиною організації, доступної для наступних регуляторних процесів.

Таким чином, запропонований погляд не потребує відкидати відомі механізми навчання. Він дозволяє поставити питання про формування одиниць змісту як складових когнітивної організації, що виникають і змінюються протягом її регуляторної історії.

Одиниця змісту як складова когнітивної обробки

Повернімося до питання, з якого ми почали.

Дві когнітивні системи можуть мати однакові фізичні можливості сприйняття та отримувати однакові сигнали. Проте їхні структури обробки не обов'язково міститимуть однакові одиниці змісту.

Адже кожна система має власну історію регуляції. Різні конфігурації сигналів супроводжували відновлення її узгодженості, різні зв'язки формувалися та закріплювалися, а деякі відношення могли взагалі не виникнути.

Тому сигнал, який в одній системі активує сформовану одиницю змісту, в іншій може залишатися лише окремим розрізнюваним елементом.

З появою нової одиниці змінюються й можливості обробки. Система може використовувати не лише поточні сигнали, а й зміст, сформований у попередніх регуляторних епізодах.

Надалі вже сформовані одиниці змісту можуть ставати елементами нових зв'язків між одиницями. Так відкривається можливість складнішої когнітивної організації, у якій результати попередньої обробки беруть участь у формуванні наступних відношень.

При цьому одиниця змісту не обмежується розглянутим нами мінімальним прикладом зв'язку між сигналом і регуляцією. У складніших структурах обробки такими одиницями можуть виступати окремі властивості, об'єкти, події, стани, дії, поняття, відношення, правила або значно складніші конфігурації змісту.

Їх об'єднує не однакова фізична будова. Важливо те, що в конкретній організації система здатна виділити відповідну складову та працювати з нею як з певним елементом або відносно єдиним цілим.

Тому я пропоную використовувати таке загальне визначення:

Одиниця змісту — це функціонально розрізнювана складова когнітивної обробки, яка в діючій організації системи може виступати як певний елемент або відносно єдине ціле, доступне для участі в подальших операціях.

Одиниця змісту не обов'язково відповідає мінімальному фізичному, нейронному чи інформаційному елементу. Її функціональна визначеність залежить від структури обробки, у межах якої вона виділяється.

Отже, одиницю змісту визначає не абсолютний масштаб, не кількість її складових і не складність будови, а **функціональна роль у конкретній когнітивній організації**.

Саме тому когнітивну систему недостатньо описати лише через кількість інформації, яку вона здатна отримувати або обробляти. Не менш важливо те, які одиниці змісту доступні в її структурі обробки, які зв'язки між ними можуть формуватися та як власна історія регуляції

змінює можливості подальшого функціонування.

У цьому сенсі когнітивна система працює не просто з інформацією, що надходить із навколишнього світу. Вона працює зі змістом, організація якого формується та змінюється протягом її власної історії взаємодії та регуляції.