

УДК 681.3

А. Ф. Манако

**КАРКАС ПОБУДОВИ МАНОК-СИСТЕМ**

**1. Вступ**

Прискорення процесу інтеграції України у світовий інформаційний простір та підтримка випереджального розвитку національного навчально-орієнтованого кіберпростору вимагають розроблення та широкого впровадження інноваційних інформаційних технологій «навчальні об'єкти» (ІТНО). Застосування ІТНО також спрямоване на підтримку трансформації та удосконалення традиційної парадигми навчання, переозброєння всіх учасників навчання, освіти і тренування, поліпшення та збагачення їх компетенцій, сприяння більш якісній реалізації навчальних потреб, вимог і попиту кожного індивідуума, групи, організації, спільноти.

Позначимо символом S цілеспрямований розвиток інноваційних ІТНО. Він є динамічним складним наукомістким об'єктом, що базується на створенні та багаторазовому використанні нового знання. Новою науково-технічною проблемою вважаємо таку: «Як краще визначити та підтримати S?». Загальною методологічною базою для дослідження та моделювання S є інформаційний підхід, системний аналіз, лексикографічні та дидактичні теорії, математичний апарат категоріального аналізу. Зазначимо, що суттєвою характеристикою лексикографічних теорій є вивчення та використання результатів універсального явища (феномена, процесу) – «лексикографічного ефекту в інформаційних системах». За визначенням вважаємо, що лексикографічна теорія є такою концептуальною побудовою, суттєвою характеристикою якої є вивчення та багаторазове використання результатів лексикографічного ефекту в інформаційній системі [1]. У 1998 році було запропоновано нову концептуальну ідею – використання лексикографічних композитів для побудови інформаційно-комп'ютерних систем [1].

У попередніх статтях автора, присвячених розробці лексикографічної теорії побудови МАНОК\*-систем на S, зокрема, описано:

- концептуальні ідеї побудови МАНОК-систем (далі позначені KI-МАНОК(), зокрема, KI-МАНОК = оптимізувати S у формі визначеного процесу, DP; KI-ШИРОКОВА) [2, 3], каркас вербального опису KI-МАНОК (ідеї та принципи визначення S у вигляді комбінацій кіберпросторів eldS, ldS, dS на S: вищого рівня модель (BPM) для KI-МАНОК-семантик [3]);

- принципи побудови МАНОК-систем (<ІННОВАЦІЙНІСТЬ<sup>1,3</sup>>, <ВИЗНАЧЕНІСТЬ<sup>1,2</sup>>, <УСВІДОМЛЕННЯ<sup>1,2</sup>>, ІВУ-принципи) [2, 4, 5];
- каркас побудови МАНОК [5–7] та системні конструктиви моделювання на контенті МАНОК-систем на S [8];
- вербальне визначення МАНОК-систем [4], формальне визначення МАНОК-системи вищого рівня абстракції та реалізаційну функціональну архітектуру високого рівня [8].

Нижче описано каркас побудови МАНОК-систем.

**2. Постановка задачі Z<sup>S, FA</sup>**

Постановка задачі з розроблення каркаса побудови МАНОК-систем (задачі Z<sup>S, FA</sup>) записується в такому вигляді:

$$DP^{S, FA} : \langle \langle \hat{S}^{IBV} \rangle, \langle MOD \rangle, \langle \hat{S} \rangle, \langle \hat{S} \rangle, \langle \hat{FA} \rangle, \langle FA \rangle \rangle \tag{1}$$

$$DP^{\hat{S}} : \langle \hat{S}^{el, tax} \rangle \rightarrow \langle \hat{S}^{el, tax'} \rangle \rightarrow \langle \hat{FA} la \rangle \tag{2}$$

$$DP^{\hat{S}} : \langle \hat{S}^{el, tax} \rangle \rightarrow \langle \hat{S}^{el, tax'} \rangle \rightarrow \langle \hat{FA} la \rangle \tag{3}$$

$$DP^{FA} : \langle \hat{FA} la \rangle \rightarrow \langle \hat{FA} la' \rangle \tag{4}$$

$$DP^{FA} : \langle \hat{FA} la \rangle \rightarrow \langle FA la'' \rangle \tag{5}$$

$$\langle \hat{S}^{IBV} \rangle \subseteq \langle \hat{S} \rangle \tag{6}$$

$$DP \subseteq \langle \langle eldS \rangle, \langle ldS \rangle, \langle dS \rangle \rangle, \tag{7}$$

де DP – визначений процес;

<> – позначення комбінації того, що містять ці дужки;

S ≈ <eldS>, <ldS>, <dS> – комбінація з експедиційних (eldS), навчально-орієнтованих (ldS) та цифрових (dS) кіберпросторів на S;

MOD – каркас опорних часткових моделей і методів OЧМ / MODi МАНОК.

$$MOD \approx \langle MODi \rangle, \dots, (MODi \subseteq S);$$

... – те, що доцільно ідентифікувати / доповнювати до MOD;

<Ŝ> – визначені абстрактні МАНОК-системи;

<Ŝ> – визначені практичні реалізації Ŝ на базі визначеної FA;

FĀ – визначені функціональні архітектури Ŝ;

FA – визначені функціональні архітектури Ŝ;

→ – позначення ресурсу «...-стрілка» (композит DP);

<IBV> – визначені принципи побудови МАНОК-систем (<ІННОВАЦІЙНІСТЬ<sup>1,3</sup>>, <ВИЗНАЧЕНІСТЬ<sup>1,2</sup>>, <УСВІДОМЛЕННЯ<sup>1,2</sup>>);

\* МАНОК – Модель Агрегування Навчально-Орієнтованого [Науково-Освітнього] Контенту

$\langle S^{IBV} \rangle$  — практична реалізація МАНОК-СЛОТ:ІВУ:

$\ell a$  — рівень абстракції  $F\hat{A}$  та функторних  $\hat{S}$ ,  $\ell a < \ell a'$ ;

$\hat{S}^{\ell, \ell a}$  —  $\hat{S}$  з рівнем абстракції  $\ell$ , яку визначено  $\ell a$  аксіомами.

Умова  $\langle S^{IBV} \rangle \subseteq \langle S \rangle$  означає, що будь-яка  $\hat{S}(\hat{S})$  побудована на ІВУ-принципах, тобто на базі  $S^{IBV}$ .

У відповідності з АРІП-методом [4, 8],  $\hat{S}^{\ell, \ell a}$  визначаються аксіоматичним методом шляхом додавання до м.ф.с. (мінімальної формальної системи) — категорія нових аксіом, тобто  $\ell a x = \ell a x + 1$ , або у загальному випадку  $\ell a x < \ell a x'$ . Додавання нових аксіом може викликати зміну м.ф.с., і тоді рівень абстракції  $\hat{S}^{\ell, \ell a}$  зменшується, а значення  $\ell$  — навпаки збільшується, тобто  $\ell = \ell + 1$ , або у загальному випадку до  $\ell'$ , де  $\ell < \ell'$ .

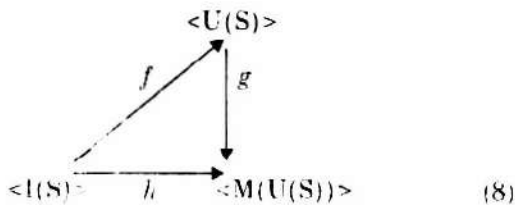
Приклад визначення  $\ell$ ,  $\ell a x$ :

$\hat{S}^{11}$  — це  $\hat{S}$  з  $\ell = 1$  (найвищим рівнем абстракції) та з кількістю аксіом  $\ell a x = 1^*$ , де  $1^* + 1 = 2$ ,  $1^* + 2 = 3$  і т. д., тобто  $1^*$  використовується тільки для «стартової» м.ф.с. = категорія. Іншими словами, для зручності покрокового «відстеження» людиною додавання нових аксіом вважаємо, що для цієї м.ф.с. «стартова» кількість аксіом дорівнює 1;

$\hat{S}^{22}$  — це  $\hat{S}$  з рівнем абстракції 2, що означає використання наступної м.ф.с., та  $\ell a x = 2$  означає, що до аксіом визначення цієї наступної м.ф.с. додано ще одну аксіому.

Наступні приклади дуже важливі для розуміння і побудови формального опису  $\hat{S}^{\ell, \ell a} / F\hat{A}\ell a$  та їх змістовної інтерпретації в цілому.

Приклад опису лексикографічного ефекту на S на базі КІ-ДЖЕРАРДА, КІ-ШИРОКОВА та КІ-МАПОК у вигляді діаграм:



де  $I(S)$  — клас елементарних інформаційних одиниць [I] на S;

$U(S)$  — клас елементарних інформаційно-дидактичних одиниць на S. Згідно з ВРМ-КІ-МАНОКР-семантик,  $U(S)$  є ментальною структурою, схемою [3] та представлена в МАНОК;

$M(U(S))$  — результати цілеспрямованих взаємодій  $\Gamma$  з  $\langle I(S) \rangle$ ,  $\langle U(S) \rangle$ ;

$\Gamma$  — група у визначенні dS (ц-кіберпростір):

= група людей /ГН/, програмних агентів /ГА/;

= група ролей ГН/ГА з лексикографічної системи ролей VOC(Гролес);

$f, g, h$  — це DP, що реалізуються  $\Gamma$ , при цьому  $g \circ f = h$ .

Опорні  $U(S)$ , позначені як  $U_0(S)$ , визначаються процедурою  $\pi$  (аналогійним чином і для  $I(S)$ ):

$$\begin{aligned} \pi: \langle U_0(S) \rangle &\rightarrow \langle U(S) \rangle, \\ \langle U_0(S) \rangle &\subseteq \langle U(S) \rangle. \end{aligned} \quad (9)$$

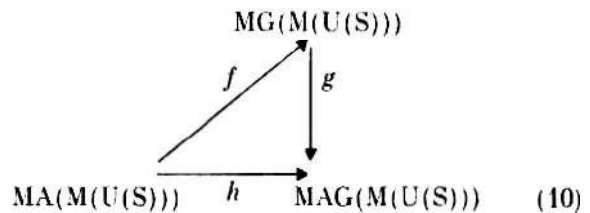
Трійку  $\langle U(S) \rangle$ ,  $\langle U_0(S) \rangle$ ,  $\pi$  також ототожнюємо з класом ЕІДО та використовуємо це позначення поряд з  $U(S)$ .  $U_0(S)$  як еквіваленти, вважаючи, що породжувальна процедура  $\pi$  визначена і зрозуміла з контексту. Приклад використання  $\pi$  — підтримка використання еквівалентних багатомовних  $\langle U(S) \rangle$ .

Вербальний опис КІ-ДЖЕРАРДА. Навчальні одиниці потрібно виробляти більш малими [=U(S), ціль] і комбінувати їх [=MA(M(U(S))), MG(M(U(S))), MAG(M(U(S)))] у велике різноманіття специфічних навчальних програм [=M(U(S)), пристосованих [=ціль] до кожного учня [=Г] [S].

Формальний опис КІ-ДЖЕРАРДА з використанням ОЧМ МАНОК <MODi-агрегування>:

<Конструктор> = <Агрегатор> [=MAG(M(U(S)))],  
<Генератор> [=MG(M(U(S)))], <Аналізатор> [=MA(M(U(S)))].

та комутативних діаграм:



Приклад інтерпретації компонентів  $\Gamma$ ,  $U(S)$ ,  $M(U(S))$ ,  $\langle MA(M(U(S))) \rangle$ ,  $\langle MG(M(U(S))) \rangle$ ,  $\langle MAG(M(U(S))) \rangle$ .

Автори відомих дидактичних теорій С. М. Reigeluth та L. M. Nelson описують та розглядають такий типовий навчальний контекст (ситуацію): «Коли вчителі [=Г] *унерве* отримують навчальні матеріали [=M(U(S))], то вони часто розбивають їх на складові частини [=MA(M(U(S)))] / <MG(M(U(S)))> та у подальшому складають різними способами [=MA(M(U(S)))] / <MG(M(U(S)))>], щоб підтримати свої індивідуальні навчальні цілі [=MAG(M(U(S)))]». Зазначене підказує одну з причин того, що саме орієнтація на багаторазове використання навчальних компонентів може бути вигідною, корисною з дидактичної точки зору» ([=...] — Авт., див. також у [8]).

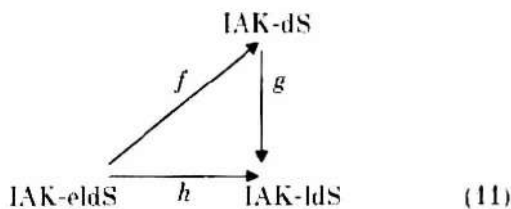
Приклад зовнішніх властивостей /суттєвих характеристик  $\hat{S}^{\ell, \ell a}$  — ІАК-діаграми. За визначенням [4]:

**IAK.** Інноваційне агрегування об'єктів навчально-орієнтованого контенту, яке доступне у формі навчального об'єкта.

**МАНОК-МАЙСТЕРНЯ<sup>1</sup>.** *вербальний опис МАНОК-системи.* Система, що за допомогою МАНОК-СЛОТ:ІВУ (тобто ІВУ-принципів) підтримує динамічне створення нового е-знання на S у формі IAK.

**МАНОК-МАЙСТЕРНЯ<sup>2</sup>.** *«наївне» визначення-аналогія МАНОК-систем.* «Величезне, все зростаюче багатство знань розкидано сьогодні по всьому світу. Цих знань, ймовірно, було б достатньо для вирішення всієї величезної кількості труднощів на ших днів — але вони розсіяні й неорганізовані. Нам необхідне очищення мислення в своєрідній *майстерні*, де можна одержувати, сортувати, підсумовувати, засвоювати, роз'яснювати і порівнювати знання та ідеї» (Герберт Уелс, 1940).

У відповідності з принципом ІННОВАЦІЙНОСТІ<sup>2</sup> [= Основний критерій оцінювання МАНОК-систем — ступінь використання IAK на S за допомогою МАНОК-систем], для розв'язування задачі (1)–(7) ключовим поняттям / суттєвою характеристикою МАНОК-систем є IAK-діаграми:



Вони повинні бути комутативними, тобто  $g \circ f = h$  для будь-яких IAK з  $\langle \text{eldS} \rangle$ ,  $\langle \text{ldS} \rangle$ ,  $\langle \text{dS} \rangle$  і для будь-якої  $\hat{S}^{t,lar}$ .

IAK-діаграми типу (11) визначено згідно з принципами ІННОВАЦІЙНОСТІ<sup>1,3</sup> та принципами визначення  $S \approx \langle \text{eldS} \rangle$ ,  $\langle \text{ldS} \rangle$ ,  $\langle \text{dS} \rangle$ . Вони відображають різноманітні властивості *зовнішньої* поведінки  $\hat{S}^{t,lar}$  і саме вони використовуються для визначення  $\hat{S}^{11}$  (родове поняття). Для формального опису  $\hat{S}^{t,lar}$  також використовуються *внутрішні* властивості, такі як MOD. Значимо, що у відповідності з принципом двійковості можна водночас змінити напрямки усіх стрілок у діаграмах (11). Наприклад, це означає, що коли ідентифікований IAK «заходить» в eldS, то його треба представити у композитах MOD, та в подальшому подати в  $\langle \text{ldS} \rangle$  /  $\langle \text{dS} \rangle$ .

*Приклад внутрішніх властивостей / суттєвих характеристик  $\hat{S}^{t,lar}$ :*

$U(S)$  — суперклас елементарних інформаційно-дидактичних одиниць (ЕІДО) на S. Класи  $U(S)$  або їх члени позначаються як  $u(S)$  або просто  $u$ :

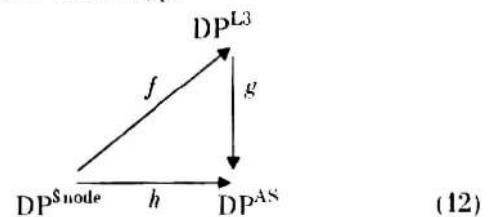
$MOD, MOD_i, mod_i$  — суперкласи, класи або члени класів МАНОК:

$f, g, h$  — цими латинськими літерами позначають композити загального  $DP^S$ , які звичайно називаються  $\hat{S}^{t,lar}$ -стрілками, а композити типу  $U(S)$ , MOD — звичайно називаються  $\hat{S}^{t,lar}$ -об'єктами та позначаються латинськими літерами  $a, b, c, d$ .

Багато об'єктів МАНОК уже ідентифіковано та описано, зокрема, на базі відповідних дидактичних та лексикографічних теорій, але в цілому клас  $U(S)$  поки що залишається як «недоступна система» ЕІДО. Значимо, що у відповідності з КІ-ДЖЕ-РАРДА та КІ-ШИРОКОВА, це «відносно стала система зі скінченним набором ЕІО, ЕІДО».

Отже, необхідно формально визначити в МАНОК (за допомогою МАНОК-систем) кінцевий скінченний набір комбінацій  $\langle U(S) \rangle$  [представлених в MOD, ...,  $\langle mod_i \rangle$ ], з якого за кінцевим скінченним набором дидактично обґрунтованих правил можна отримувати будь-які персоналізовані  $\langle M(U(S)) \rangle$ . Використання останніх дає можливість задовольняти персоналізовані потреби або вимірювані навчальні цілі кожного Учня (роль). Іншими словами, необхідно формально описати проблему: як краще визначити  $\langle U(S) \rangle$  та MOD як *початковий* та *кінцевий*  $\hat{S}^{t,lar}$ -об'єкти? (Або навпаки — визначити  $\langle U(S) \rangle$  як *кінцевий*  $\hat{S}^{t,lar}$ -об'єкт, а ... — що є одне і те саме за принципом двоїтості.)

*Приклад зовнішніх властивостей / суттєвих характеристик  $\hat{F}\hat{A}t$ .* Для розв'язування задачі (1)–(7) ключовим поняттям та суттєвою характеристикою МАНОК-систем є IAK-діаграми (11). Але у відповідності з принципом ІННОВАЦІЙНОСТІ<sup>1</sup> [= *девіз і головний принцип побудови МАНОК-систем*, динамічне створення нового е-знання на S у формі IAK за допомогою МАНОК-систем, загальним кінцевим результатом використання яких будуть люди з високоякісними ЛЗ-компетенціями], для  $\hat{F}\hat{A}t$  використовуються DP-IAK-діаграми (DP має композит IAK) виду:



Вони повинні бути комутативними, тобто  $g \circ f = h$  для будь-яких IAK з  $\langle \text{eldS} \rangle$ ,  $\langle \text{ldS} \rangle$ ,  $\langle \text{dS} \rangle$  і для будь-яких  $\hat{S}^{t,lar}$  /  $\hat{F}\hat{A}t$ , де:

$DP^{Snode}$  — це DP «IAK-вузол» у межах застосування  $\hat{F}\hat{A}t$ , виходом практичної реалізації якого є створені IAK;

$DP^{AS}$  — це DP «Авторські системи» (наприклад, відомі як CMS, LCMS, LMS, MLE, NLN) для

побудови інноваційних ІТНО на базі багаторазового використання створених ІАК;

$DP^{L3}$  — це  $DP$ , визначений на континуумі безперервного навчання  $L3 = LLL$  [9], який забезпечує підтримку багаторазового використання створених ІАК.

*Приклад опису узагальнення суттєвих характеристик  $DP^{\hat{S}, \hat{F}\hat{A}}$ .*

По-перше, опис переходу, наприклад від  $\hat{S}^{L, \hat{F}\hat{A}}$  до  $\hat{F}\hat{A}la$ , здійснюється у межах відображення категорій  $\hat{S}$  у категорії  $\hat{F}\hat{A}$  зі збереженням категорної структури, що потребує введення та застосування нового поняття — *функтор*. Введення функторів (як стрілок) між категоріями означає «підняття» на новий рівень абстракції. З технічних міркувань, щоб спростити та не переобтяжувати опис розв'язування задачі (1-7), в описах  $DP^{\hat{S}, \hat{F}\hat{A}}$  та інших релевантних описах цей показник не відображається. Оскільки в цих описах необхідно «підняття» ще на один рівень абстракції, слід розглядати функтори як об'єкти. Крім цього, деякі ОЧМ МАНОК (MODi-агрегування: <форма-зміст>, <конструктор> = <агрегатор>, <генератор>, <аналізатор>) описуються також із застосуванням апарату категорій і є важливими компонентами опису  $DP^{\hat{S}, \hat{F}\hat{A}}$  в цілому.

По-друге, опис  $DP^{\hat{S}, \hat{F}\hat{A}}$  зупиняємо (відкладаємо), якщо:

- досягнуто хоча б одну  $\hat{F}\hat{A}la^n$  (5), на базі якої можна реально проводити деталізовані інженерні розробки МАНОК-систем;
- моделювання  $S$  на базі МАНОК надало можливість реально оволодіти роллю та функціями МАНОК-систем у цілому.

По-третє, інтегральне застосування лексикографічних і дидактичних теорій та апарату категорій для побудови МАНОК-систем дає можливість визначити  $DP^{\hat{S}, \hat{F}\hat{A}}$  та їх композити за допомогою суттєвих універсальних характеристик / властивостей ресурсів [8], які визначають їх роль у відношенні до інших ресурсів та визначають кращу поведінку, призначення  $DP^{\hat{S}, \hat{F}\hat{A}}$ . *Контексти*  $DP^{\hat{S}, \hat{F}\hat{A}}$  змінюються на  $S$  у світлі нових знань. Якщо відповідні форми буде потрібно адаптувати до нових контекстів, то початком є перегляд «старих» концептуальних ідей побудови МАНОК-систем у цьому світлі.

### 3. Розв'язування задачі $Z^{\hat{S}, \hat{F}\hat{A}}$

Відповідно до принципу ВІЗНАЧЕНОСТІ<sup>1</sup> [=Постійне поліпшення відповідності вербальних і формальних описів МАНОК() на базі АРІП-методу] основним методом розв'язування задачі  $Z^{\hat{S}, \hat{F}\hat{A}}$  є АРІП-метод [4].

АРІП-метод (<Абстракція — Реалізація (Абстракції) Ідей / Понять >) застосовується у формі  $DP$ , одним з кроків якого є МАНОК()-абстракція.

*Крок МАНОК() -абстракція.* Ключові поняття загальної постановки МАНОК()-задачі вводяться за допомогою формалізації, виходячи з вербального опису ключових ідей / понять з використанням мінімальної формальної структури (м.ф.с.) — МАНОК()-базису. У подальшому до цього базису покроково додаються / уточнюються релевантні ідеї / поняття однієї або більше теорій. *Примітка.* Ключове питання / проблема: «Як краще визначити м.ф.с. на вищому рівні абстракції?». Незважаючи на те, що вищого рівня абстракції МАНОК-система вже формально визначена [8], загальна рекомендація — комбіновано використовувати (на базі МАНОК-СЛОТ:ІВУ, *див.* там само МАНОК-ЗАДАЧІ<sup>1 5</sup>); методи лексикографічних теорій; метод аналогій для ідентифікації релевантних [наявних / прогнозованих] фактів, ідей, абстрактних понять, ілюстрацій, прикладів (у т. ч. їх спеціалізації та суттєві характеристики універсального характеру, такі як «форма-зміст»); аксіоматичний метод.

Далі описано результати застосування АРІП-методу для розв'язування задачі  $Z^{\hat{S}, \hat{F}\hat{A}}$ . (Формальне визначення МАНОК-системи вважається справжнім.)

**Аксіоматичне визначення  $\hat{S}^{11}$ .** Позначимо  $a = \text{IAK-eldS}$ ,  $b = \text{IAK-dS}$ ,  $c = \text{IAK-ldS}$ ,  $f: a \rightarrow b$ ,  $g: b \rightarrow c$ ,  $g \circ f: a \rightarrow c$ , *див.* діаграму (11). Ця  $\hat{S}$  за визначенням містить у собі:

- 1) сукупність ресурсів, що називаються  $\hat{S}$ -об'єктами;
- 2) сукупність ресурсів, що називаються  $\hat{S}$ -стрілками;
- 3) операції (ресурси), що ставлять у відповідність кожній  $\hat{S}$ -стрілці  $f$   $\hat{S}$ -об'єкт *input*  $f$  (початок стрілки, вхідний елемент) і  $\hat{S}$ -об'єкт *output*  $f$  (кінець стрілки, вихідний елемент, у т. ч. ціль). Якщо  $a = \text{input } f$ ,  $b = \text{output } f$ , то еквівалентним є запис:

$$f: a \rightarrow b, \text{ або } a \xrightarrow{f} b;$$

- 4) операцію, що ставить у відповідність кожній парі  $(g, f)$   $\hat{S}$ -стрілок з *input*  $g = \text{output } f$   $\hat{S}$ -стрілку  $gf$  (або тотожний запис  $g \circ f$ ), композицію  $fi$   $g$ , з *input*  $(gf) = \text{input } fi$  *output*  $(g \circ f) = \text{output } g$ , тобто  $g \circ f: \text{input } f \rightarrow \text{output } g$ , причому для кожних наступних  $\hat{S}^{11}$ -об'єктів та  $\hat{S}^{11}$ -стрілок  $a \xrightarrow{f} b \xrightarrow{g} c \xrightarrow{h} d$  виконується *аксіома асоціативності*:  $h \circ (g \circ f) = (h \circ g) \circ f$ ;

- 5) *аксіому тотожності*. Для будь-яких  $\hat{S}$ -стрілок  $f: a \rightarrow b$  і  $g: b \rightarrow c$  справедливо  $I_b \circ f = f$  і  $g \circ I_b = g$ , де  $I_b$  — одинична стрілка, тобто для кожного  $\hat{S}$ -об'єкта  $b$  та  $\hat{S}$ -стрілки  $I_b$  справедливо  $I_b: b \rightarrow b$ .

*Приклад інтерпретації визначення  $\hat{S}^{11}$ :*

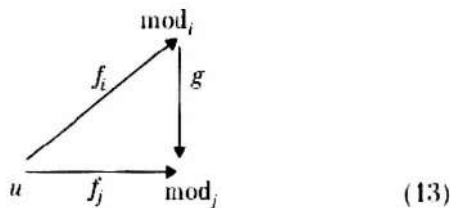
- термін *ресурс* використовується у значенні RDF-ресурсу, тобто ресурс — це все те, що може бути ідентифіковано;
- у відповідності з принципом двоїстості у діаграмі (11) напрями всіх стрілок можна одночасно поміняти на протилежні;

- IAK-dS у певному стані не зв'язано з IAK-eldS, тобто породжується тільки в dS. Наприклад, у глобальній Learning Objects Network ([www.learningobjectnetwork.com](http://www.learningobjectnetwork.com)). Отже, на eldS (в  $\hat{S}$ ) повинні відстежуватися, акумулюватися й т. ін. усі IAK-dS / IAK-ldS;
- будь-який IAK-eldS повинен мати відповідну модель у MOD.

*Визначення.* Mod-діаграмою в  $\hat{S}$  називається сукупність об'єктів  $mod_i, mod_j$ , спільно з деякими  $\hat{S}$ -стрілками  $g: mod_i \rightarrow mod_j$  між деякими об'єктами з цієї діаграми. Звернімо увагу, що кількість стрілок між об'єктами не обов'язково є визначеною.

*Приклад інтерпретації поняття.* Нехай  $mod_i$  та  $mod_j$  — це члени наборів ОЧМ МАНОК. Деякий новий «потенційний» член набору спочатку ідентифікується й за принципом часткового розуміння [4] відноситься до класу більш високого рівня. У подальшому він крок за кроком уточнюється або взагалі відкидається як відомий об'єкт (це означає, що стрілок  $mod_i \rightarrow mod_j$  взагалі немає). Для формального опису подібних взаємозв'язків-трансформацій використовується композит — mod-діаграма в  $\hat{S}$ .

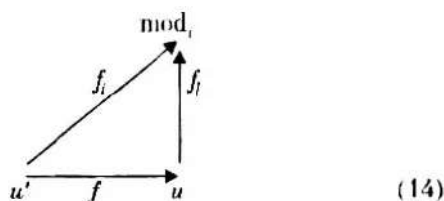
*Визначення.* <MOD>-діаграмою для mod-діаграми в  $\hat{S}$  називається такий  $\hat{S}$ -об'єкт і спільно із  $\hat{S}$ -стрілками  $f: u \rightarrow mod_i$  для кожного об'єкта  $mod_i$  з mod-діаграми в  $\hat{S}$ , що діаграма



є комутативною для будь-якої стрілки  $g$  з mod-діаграми, тобто  $g \circ f_i = f_j$ .

*Приклад інтерпретації поняття.* У (13) об'єкт і інтерпретується як член  $\langle U(S) \rangle$ , а  $mod_i$  та  $mod_j$  — це члени наборів ОЧМ МАНОК, які потрібно визначити повно.

*Визначення межі <MOD>-діаграми.* Межею mod-діаграми називається <MOD>-діаграма  $\{f_i: u \rightarrow mod_i\}$  така, що для будь-якої іншої <MOD>-діаграми  $\{f'_i: u' \rightarrow mod_i\}$  існує лише тільки одна стрілка  $f: u' \rightarrow u$ , для якої діаграма



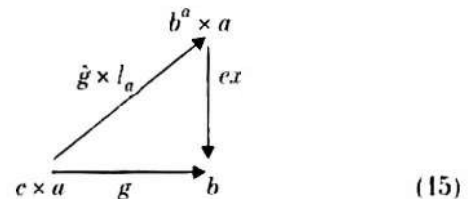
комутативна на кожному об'єкті  $mod_i$  з mod-діаграми.

Ця <MOD>-діаграма є універсальною відносно всіх своїх <MOD>-діаграм, як видно з останньої діаграми. Або, іншими словами, <MOD>-діаграма має універсальну властивість / характеристику, і для всіх <MOD>-діаграм існує тільки одна <MOD>-діаграма.

*Приклад інтерпретації поняття.* У (14) об'єкт і інтерпретується як ідентифікований член  $\langle U(S) \rangle$  для класу  $mod_i$  ОЧМ МАНОК та будь-який інший  $u'$  з  $\langle U(S) \rangle$  для цього класу є еквівалентним (як завжди, з точністю до ізоморфізму). Або, іншими словами, клас  $(mod_i)$  ОЧМ МАНОК визначено повно відносно  $\langle U(S) \rangle$ .

*Визначення скінченно повної  $\hat{S}$ .*  $\hat{S}$  називається скінченно повною, якщо вона містить межу будь-якої своєї скінченної діаграми. Скінченна діаграма містить скінченну кількість об'єктів та стрілок між ними.

*Визначення експоненціювання  $\hat{S}$ .*  $\hat{S}$  допускає експоненціювання, якщо в ній існує добуток будь-яких двох об'єктів та якщо для будь-яких двох об'єктів  $a$  і  $b$  існує  $\hat{S}$ -об'єкт  $b^a$ , який називається експоненціалом, та  $\hat{S}$ -стрілка  $ex: b^a \times a \rightarrow b$ , яка називається стрілкою значення, такі, що для будь-яких  $\hat{S}$ -об'єкта  $c$  та  $\hat{S}$ -стрілки  $g: c \times a \rightarrow b$  існує єдина  $\hat{S}$ -стрілка  $\hat{g}: a \rightarrow b^a$ , для якої діаграма



є комутативною, тобто  $ex \circ (\hat{g} \times l_a) = g$ , де символом  $\times$  позначено декартів добуток.

*Визначення (декартово) замкненої  $\hat{S}$ .* (Декартово) замкненою  $\hat{S}$  називається скінченно повна  $\hat{S}$ , яка допускає експоненціювання.

*Аксіоматичне визначення  $\hat{S}^{12}$ .*  $\hat{S}^{12}$  — це (декартово) замкнена  $\hat{S}^{11}$ .

*Приклад інтерпретації поняття.*  $\langle U(S) \rangle (=a)$ , у відповідності з КІ-ДЖЕРАРДА та КІ-ШИПРОКОВА, є «відносно сталою системою зі скінченим набором ЕЮ. ЕІДО» — див. (6)–(7). Див. також про фрактал «Нові навчальні об'єкти на Вебі» в [8]. Нехай  $\langle U(S) \rangle$  має  $m$  ЕІДО, а  $\langle MOD(-b) \rangle$  має  $n$  ОЧМ, тоді  $\langle MOD^{-U(S)} \rangle$  має  $n^m$  елементів. Отже, суть визначення  $\hat{S}^{12}$  полягає у тому, щоб у термінах стрілок охарактеризувати всі DP з вхідними елементами з  $\langle U(S) \rangle$  та вихідними елементами (значеннями) в  $\langle MOD \rangle$  з використанням спеціальної стрілки  $ex$  (правло).

Наступним кроком є визначення  $\hat{S}^{21}$ . Для цього необхідно використати такі визначення — *підоб'єкт*

$\hat{S}$  (категорійний аналог поняття підмножина) та класифікатор підоб'єктів  $\hat{S}$ .

Визначення класифікатора підоб'єктів  $\hat{S}$ . Класифікатором підоб'єктів  $\hat{S}$  називається  $\hat{S}$ -об'єкт  $\Omega$  спільно зі  $\hat{S}$ -стрілкою  $\text{true}: 1 \rightarrow \Omega$ , такий що виконується  $\Omega$ -аксіома, де знаком 1 позначено кінцевий об'єкт  $\hat{S}$ .

$\Omega$ -аксіома. Для кожної монострілки  $f: a \gg d$  існує лише одна  $\hat{S}$ -стрілка  $\chi_f: d \rightarrow \Omega$ , для якої діаграма

$$\begin{array}{ccc}
 a & \xrightarrow{f} & b \\
 \downarrow ! & & \downarrow \chi_f \\
 1 & \xrightarrow{\text{true}} & \Omega
 \end{array} \quad (16)$$

є декартовим квадратом; ! — це єдина стрілка, а стрілка  $\chi_f$  називається характеристичною стрілкою (аналог характеристичної функції на множині) монострілки  $f$ .

Класифікатор підоб'єктів, якщо він існує, є єдиним з точністю до ізоморфізму.

Аксиоматичне визначення  $\hat{S}^{21}$ .  $\hat{S}^{21}$  — це  $\hat{S}^{12}$ , яка має класифікатор підоб'єктів.

Для визначення  $\hat{S}^{22}$  використовуються: аксіоматична система CL (класична логіка CL, що має єдине правило виведення);  $\Omega$ -аксіома; поняття  $d$ -гратки (аналог частково упорядкованої множини з  $\text{inf}$  та  $\text{sup}$ , але для стрілок  $f$  і  $g$ ).

Аксиоматичне визначення  $\hat{S}^{22}$ .  $\hat{S}^{22}$  — це така  $\hat{S}^{21}$ , що для кожного  $\hat{S}^{21}$ -об'єкта  $d$ -гратки є булевою алгеброю.

Отже, у DP ( $\text{DP}^{\hat{S}\text{-FA}}$ ) формально введено правила виведення — *div*, визначення з Інформаційно-дидактичного базису МАНОК [5]. Зазначимо, що у відповідності з АРІП-методом, подальша спеціалізація / деталізація аксіоматичного визначення  $\hat{S}$  виконується на базі відповідних теорій логіки. Реально оцінювати справжню відповідність, на наш погляд, можна тільки на базі усвідомлення найкращої практики деталізованих інженерних розробок МАНОК-систем.

#### 4. Приклади практичного застосування

За останні п'ять років за участю та під керівництвом автора на базі МАНОК створено та впроваджені

но понад 50 інноваційних програмно-інформаційних ІТНО-продуктів, оформлено 15 авторських свідоцтв України [2]. У праці [8] описано високого рівня реалізаційну функціональну архітектуру МАНОК-систем, на базі якої розробляється демонстратор МАНОК-Системи Лексикографічно-Освітнього Типу «ІВУ-принципи» (розробник програмного коду МАНОК-СЛОТ:ІВУv1.0 — К. М. Якіменко) [4]. Довгострокова мета побудови МАНОК-СЛОТ:ІВУ — забезпечення постійної підтримки найкращої практики застосування ІВУ-принципів МАНОК-спільнотою.

В Українському мовно-інформаційному фонді НАН України розгорнуто роботи з розроблення МАНОК-СЛОТ: «Лексикограф Національної словникової бази [1]».

**Список літератури:** 1. Широков В. А. Елементи лексикографії. — К.: Довіра, 2005. — 301 с. 2. Манако А. Ф. Підхід до моделювання цілеспрямованого розвитку інноваційних інформаційних технологій «навчальні об'єкти» // Проблеми програмування. Спеціальний випуск «Матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. з програмування УкрПРОГ'2006». — 2006. — № 2-3. — С. 475-481. 3. Манако А. Ф. Сетевое общество и учебно-ориентированные технологии для всех // Управляющие системы и машины. — 2004. — № 4. — С. 123-130. 4. Манако А. Ф. Принципы построения МАНОК-систем // Управляющие системы и машины. — 2007. — № 1. 5. Манако А. Ф. Информационно-дидактический базис МАНОК/S // Управляющие системы и машины. — 2005. — № 3. — С. 63-70. 6. Манако А. Ф. Модели агрегирования объектов навчального контенту на базі систем інформаційних і навчальних технологій // Проблеми програмування. Спеціальний випуск «Труди IV Міжнар. наук.-практ. конф. з програмування «УкрПРОГ'2004». — 2004. — № 2-3. — С. 587-594. 7. Манако А. Ф. Модели агрегирования понятийных объектов непрерывного навчання за підтримкою інформаційних і телекомунікаційних технологій // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2005. — № 3. — С. 29-37. 8. Манако А. Ф. Системные аспекты моделирования целенаправленного развития инновационных информационных технологий «учебные объекты» // УСПИМ. — 2006. — № 6. — С. 10-19. 9. A memorandum on life-long learning. Commission staff working paper. — Brussels, SEC. 1832. 2000. — P. 36.

Надійшла до редакції 29.11.2006