

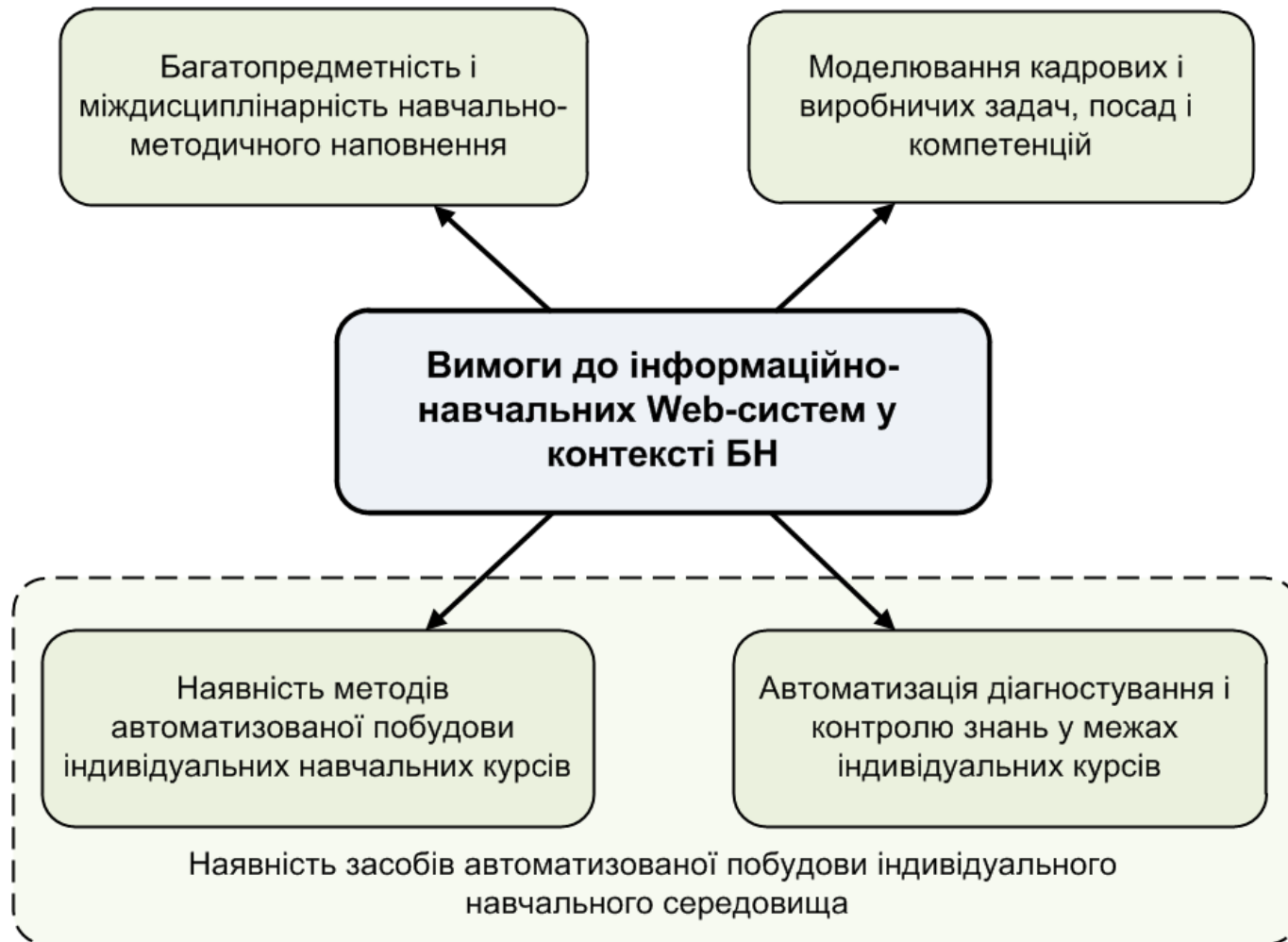
**ФОРМАЛЬНИЙ АПАРАТ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОБУДОВИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО  
НАВЧАЛЬНОГО WEB-СЕРЕДОВИЩА**

Титенко С.В., Гагарін О.О.

[www.setlab.net](http://www.setlab.net)

Національний технічний університет України “КПІ”

# Сучасні освітні вимоги до інформаційно-навчальних Web-систем



# Понятійно-тезисна модель предметної формалізації контенту (ПТМ)

**ПТМ** – модель формалізації понятійної складової контенту

$$\text{ПТМ} = \langle CT_{range}, V_{range}^{rel}, D_{range}^{rel} \rangle,$$

де  $CT_{range}$  – область понять і тез;  $V_{range}^{rel}$  – область зв'язку з контентом;  $D_{range}^{rel}$  – область опису онтології предметної області.

$$CT_{range} = \langle C, T, CT, TC, TClasses, TClass, CClasses, CClass \rangle,$$

де  $C$  – множина понять;  $T$  – множина тез;  $CT, TC$  – зв'язки між поняттями і тезами;  $TClasses$  і  $CClasses$  – відповідно множина класів тез і понять;  $TClass$  і  $CClass$  – відповідно класифікація тез і понять.

$$V_{range}^{rel} = \langle V, TV, VT, VC, CV \rangle,$$

де  $V$  – множина елементів контенту;  $TV, VT$  та  $VC, CV$  – зв'язки між контентом і тезами та контентом і поняттями відповідно.

**Поняття** вказує на деякий обговорюваний об'єкт з області знань, предмет, який представляється для вивчення користувачу. Множина понять:

$$C = \{c_1, \dots, c_{n1}\}$$

**Теза** – це деяка відомість або твердження про поняття. Множина тез:

$$T = \{t_1, \dots, t_{n2}\}$$

Зв'язок між поняттями і тезами:

$$CT: T \rightarrow C, \quad TC: C \rightarrow 2^T$$

**Класифікація понять і тез:**

$$CClass = C \rightarrow CClasses; \quad TClass = T \rightarrow TClasses,$$

$$CClasses = \{cGeneral, cActor, cObject, cProcess, cTech, cList, cCode\}$$

$$TClasses = \{tDefinition, tDestination, tEssence, tSyntax, tGeneral, tList, tListItem, tImage, tSynonym, tAbbrev, tAbbrevDecode, tCode, tAttaching, tReverseEssence, tReverseGeneral\} \quad 3$$

# Робота експерта з ІТ-формалізації контенту

У загальному випадку етапи нечіткого логічного виведення включають наступне: запровадження нечіткості (фазифікація), нечітке виведення, композиція і приведення до чіткості, або дефазифікація (див. рисунок).

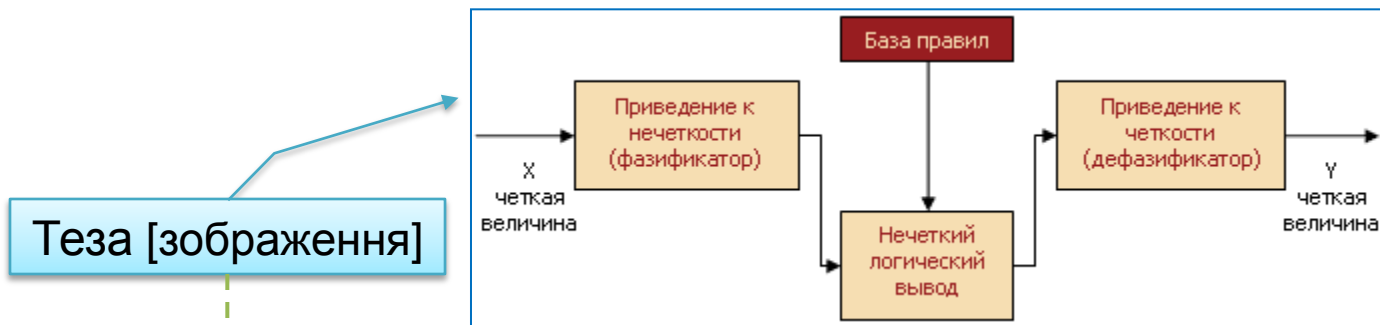


Рисунок. Система нечіткого логічного виведення.

Поняття

## Зв'язок ПТ-сутностей з контентом

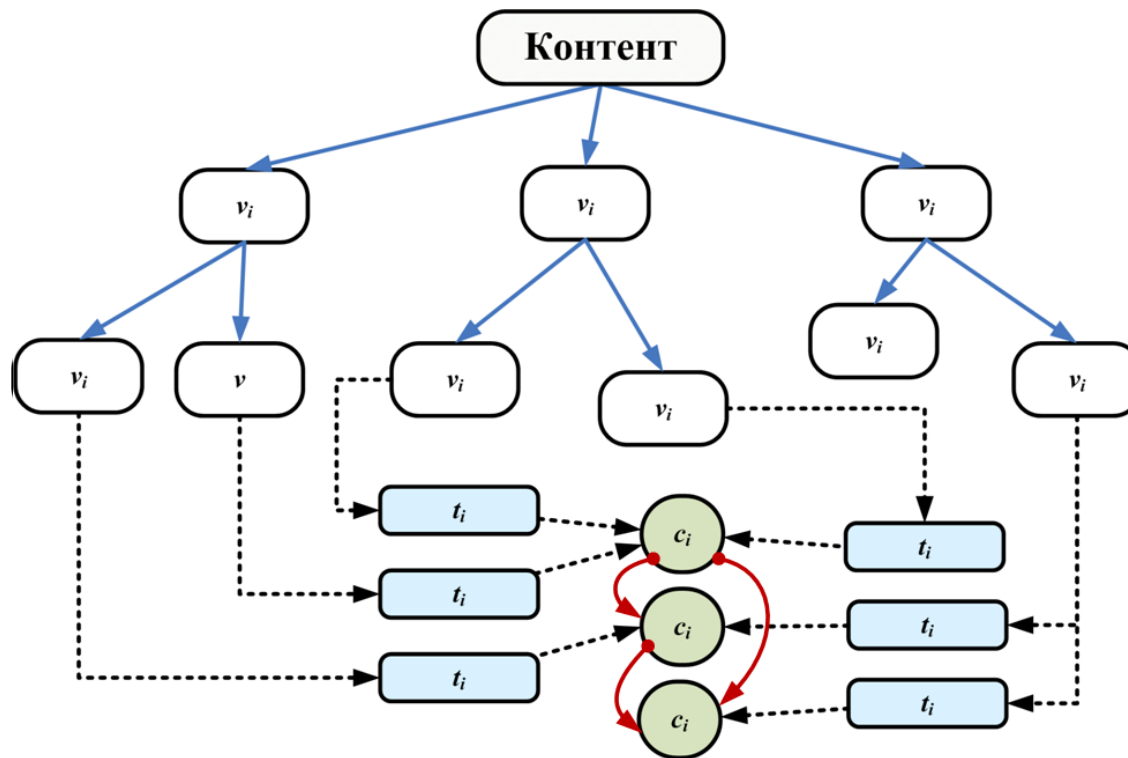
Кожен елемент контенту  $v_i$  може стати джерелом довільної кількості тез  $t_j$ , що задається відображенням:  $TV:V \rightarrow 2^T$ . Кожна  $t_j$ , у свою чергу, стосується одного навчального фрагменту  $v_i$ :  $VT:T \rightarrow V$

Поняття, які стосуються даної навчальної ділянки, визначаються оператором:

$$CV(v) = \{c: TV(v) \cap TC(c) \neq 0\}$$

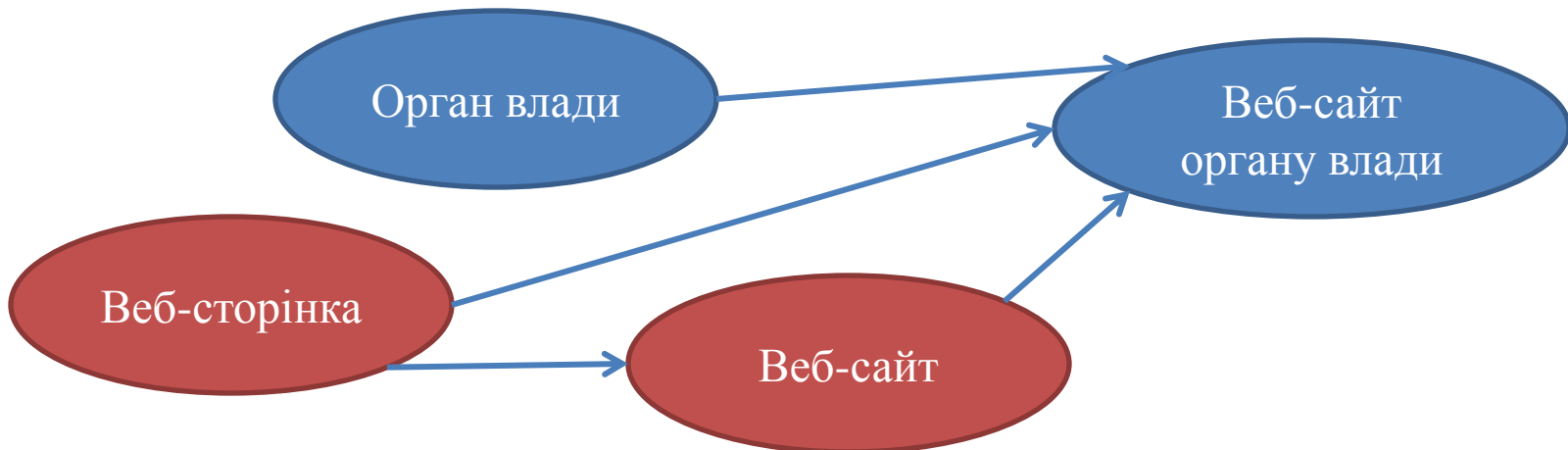
Відповідно навчальний матеріал, якого стосується дане поняття, визначається оператором:

$$VC(c) = \{v: TV(v) \cap TC(c) \neq 0\}$$



# Онтологія предметної області на основі відношення дидактичного слідування

- Відношення дидактичного слідування між поняттями, що вказує на те, що певне поняття *дидактично передує* іншому, є *ключовим семантичним зв'язком* в мережі понять навчального матеріалу освітньої системи.
- Під **дидактичною онтологією** будемо розуміти зважений ациклічний орієнтований граф, вершини якого відповідають *поняттям*, ребра - *відношенням дидактичного слідування*, а ваги - *факторам впевненості* у існуванні відповідного відношення.
- *Приклад:*



# Примеры анализа IT-элементов с целью построения дидактической онтологии

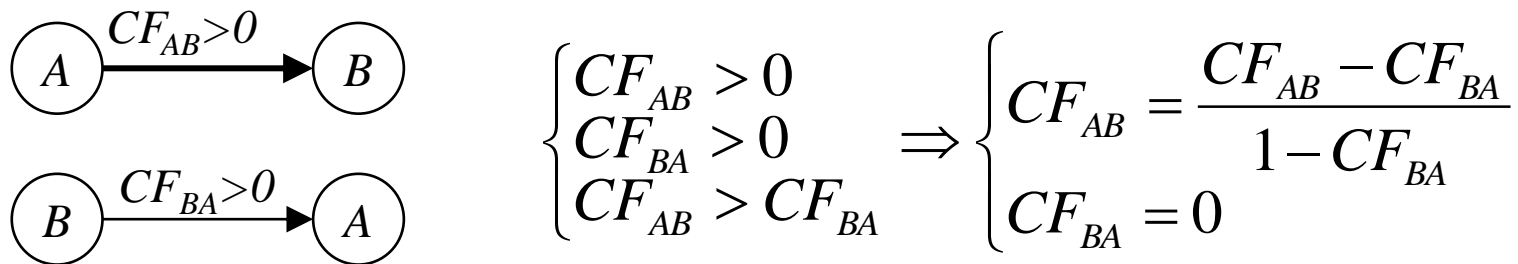
Понятия	Тези
ADO	Интерфейс высокого уровня для работы с <u>OLE DB</u> , ориентированный на использование в прикладных программах
	Более широко интерпретирует понятие данные, чем <u>BDE</u>
	Поставляется в составе <u>MDAC</u>
OLE DB	Представляет интерфейс системного уровня и предназначена для использования, в первую очередь, системными программистами.
Microsoft	В середине девяностых приступила к замене технологии <u>ODBC</u> технологией <u>OLE DB</u>
MDAC	Компоненты доступа к данным <u>Microsoft</u>
	Объемлет технологии <u>Microsoft</u> доступа к базам данных и включает в себя <u>ADO</u> , <u>OLE DB</u> , <u>ODBC</u> и <u>RDS</u>
Базовый объект <u>ADO Field</u>	Хранит всю необходимую информацию об одном поле НД

# Стенфордська модель нечіткого виведення і її адаптація для задачі побудови онтології предметної області контенту

Стенфордська теорія нечіткого виведення, ґрунтуючись на ряді спостережень, вводить прості припущення щодо міри достовірності та пропонує правила об'єднання свідочств при формуванні висновків. Реалізується це основі фактору впевненості ( $CF$  – certainty factor), що ставиться у відповідність висновкам і правилам<sup>1</sup>

## Адаптація моделі для розв'язку задач побудови і використання онтології ПрО на основі відношення слідування:

1. Область значень фактору впевненості –  $[0..1]$ :  $CF \geq 0$ ;
2. Враховуються лише свідочтва на користь істинності гіпотези слідування, інші свідочтва враховуються для протилежної гіпотези, після чого у якості істинної приймається гіпотеза з більшим  $CF$ :



<sup>1</sup> Buchanan B. G., Shortliffe E. H. та ін. Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project. Reading, MA: Addison-Wesley, 1984.

# Побудова онтології на основі стенфордської моделі нечіткого виведення

## Правила-предикати

**Правило №1.** Якщо поняття «1» фігурує в назві поняття «2», то поняття «1» є дидактичною передумовою поняття «2» з високим ступенем достовірності.

$$c_k \in \text{CinC}(c_l) \rightarrow \text{concept\_before}(c_k, c_l) \langle \text{CFcinc} \rangle$$

**Правило №2.** Якщо поняття «1» фігурує в тезі поняття «2», то поняття «1» є дидактичною передумовою поняття «2» з деякою достовірністю.

$$t \in \text{TC}(c_l) \wedge c_k \in \text{CinT}(t) \wedge \text{TClassCF}(\text{TClass}(t)) > 0 \rightarrow \text{concept\_before}(c_k, c_l) \langle \text{TClassCF}(\text{TClass}(t)) \rangle$$

**Правило №3.** Також для деяких випадків діятиме зворотне правило: якщо поняття «1» фігурує в тезі поняття «2», то поняття «2» є дидактичною передумовою поняття «1» з деякою достовірністю.

$$t \in \text{TC}(c_l) \wedge c_k \in \text{CinT}(t) \wedge \text{TClassCF}(\text{TClass}(t)) < 0 \rightarrow \text{concept\_before}(c_l, c_k) \langle -\text{TClassCF}(\text{TClass}(t)) \rangle$$

## Факти

**Вхідні поняття-кандидати** – ймовірні поняттями-передумови даного поняття  $a \in C$  :

$$\text{TryCtoC}(a) = \{c \in C : (c \in \text{CinC}(a)) \vee (c \in \text{CinT}(t) \wedge t \in \text{TC}(a) \wedge \text{TClassCF}(\text{TClass}(t)) > 0) \vee (t \in \text{TC}(c) \wedge a \in \text{CinT}(t) \wedge \text{TClassCF}(\text{TClass}(t)) < 0)\}$$

**Вихідні поняття-кандидати** – ймовірні поняттями-наслідки даного поняття  $a \in C$  :

$$\text{TryCfromC}(a) = \{c \in C : (a \in \text{CinC}(c)) \vee (a \in \text{CinT}(t) \wedge t \in \text{TC}(c) \wedge \text{TClassCF}(\text{TClass}(t)) > 0) \vee (t \in \text{TC}(a) \wedge c \in \text{CinT}(t) \wedge \text{TClassCF}(\text{TClass}(t)) < 0)\}$$

## Сукупність факторів упевненості:

$$\text{CFs}(c, a) = \{x : (x = \text{CFcinc} \wedge c \in \text{CinC}(a)) \vee (x = \text{TClassCF}(t) \wedge t \in \text{TC}(a) \wedge c \in \text{CinT}(t) \wedge \text{TClassCF}(\text{TClass}(t)) > 0) \vee (x = -\text{TClassCF}(t) \wedge t \in \text{TC}(c) \wedge a \in \text{CinT}(t) \wedge \text{TClassCF}(\text{TClass}(t)) < 0)\}$$

## Усунення протиріч

$$\text{CF} = \frac{\max(\text{CFcinc}(a, c), \text{CFcinc}(c, a)) - \min(\text{CFcinc}(a, c), \text{CFcinc}(c, a))}{1 - \min(\text{CFcinc}(a, c), \text{CFcinc}(c, a))}$$

# Візуалізація онтології предметної області шляхом побудови дидактико-семантичних карт

Дидактико-семантическая карта – подграф дидактической онтологии.

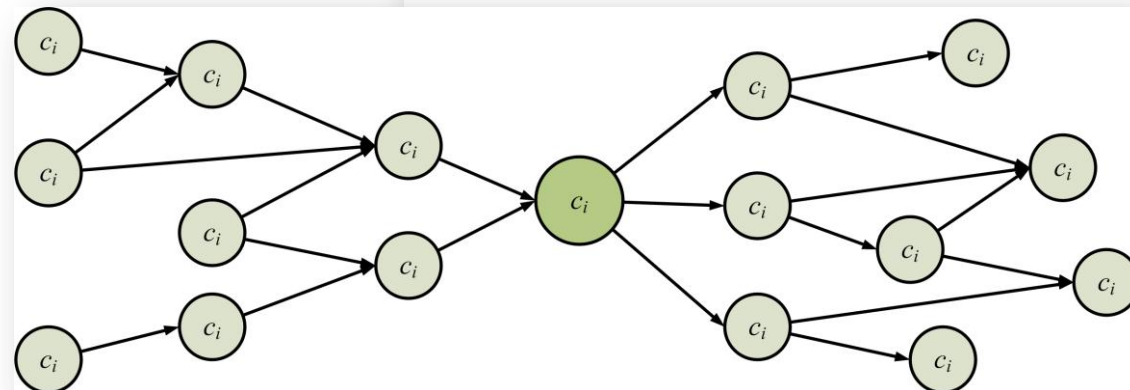
[nnya.org/?view=concept:1003](http://nnya.org/?view=concept:1003)

Система  
Обучение  
Знания  
Обучаемый  
Контроль

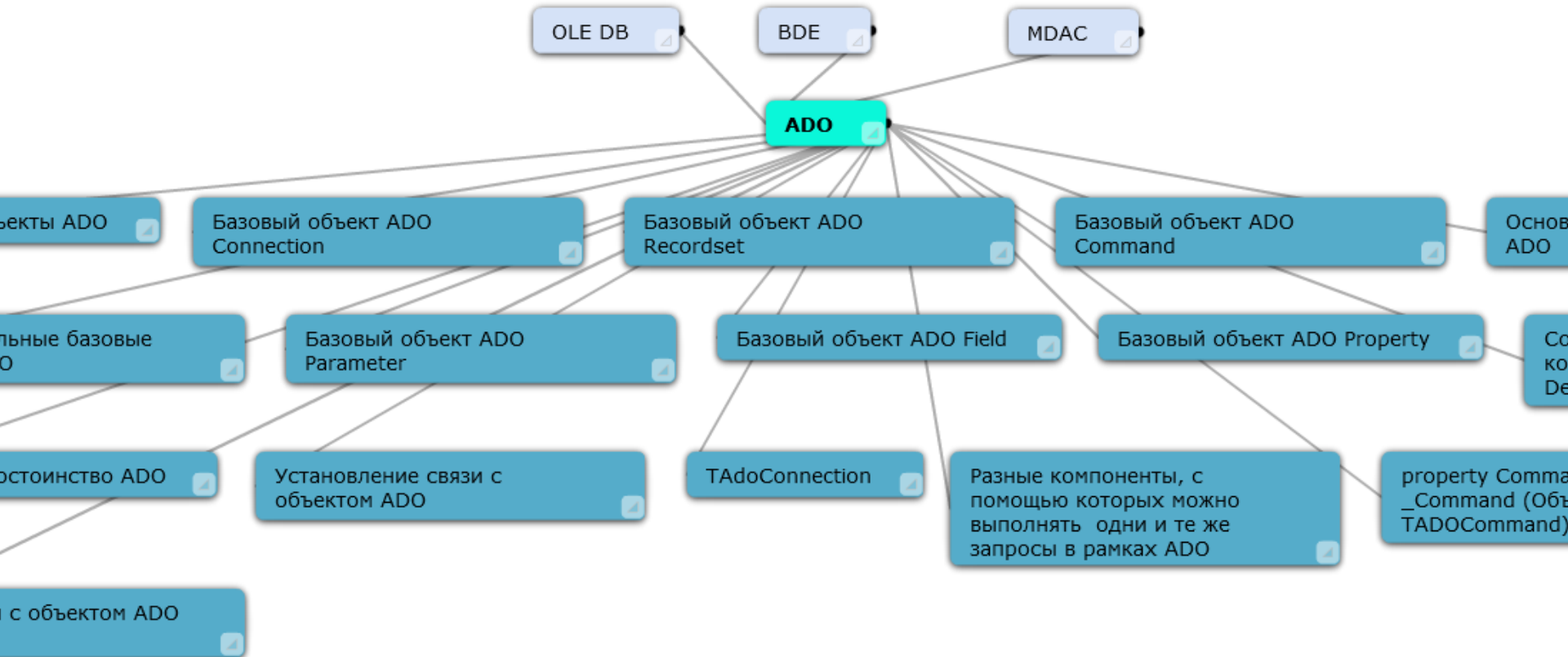
→ **Обучающая система** →

Автоматизированная обучающая система  
Интеллектуальная (адаптивная) обучающая система  
Процедурная обучающая система  
Распределенная автоматизированная обучающая система  
Селективная обучающая система  
Система модели обучения  
Система диагностики  
Решатель проблем  
Адаптивность  
Учебный курс

*в'язки цього поняття з іншими поняттями*



# Фрагмент онтології



<http://www.znannya.org/labs/map/?gid=93>

Про інструментарій візуалізації: <http://www.znannya.org/?view=labs-map>

# Ієрархічно-мережева об'єктно-орієнтована модель структури навчального контенту

*Tree-Net* – сукупність двох взаємопов'язаних областей: *контенту* і *тематичних груп*.

$$Tree-Net = \langle V_{range}, G_{range} \rangle,$$

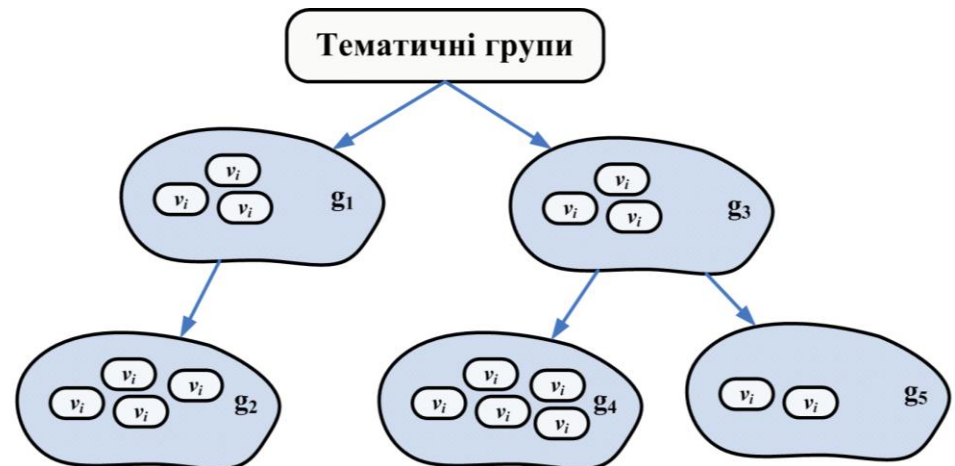
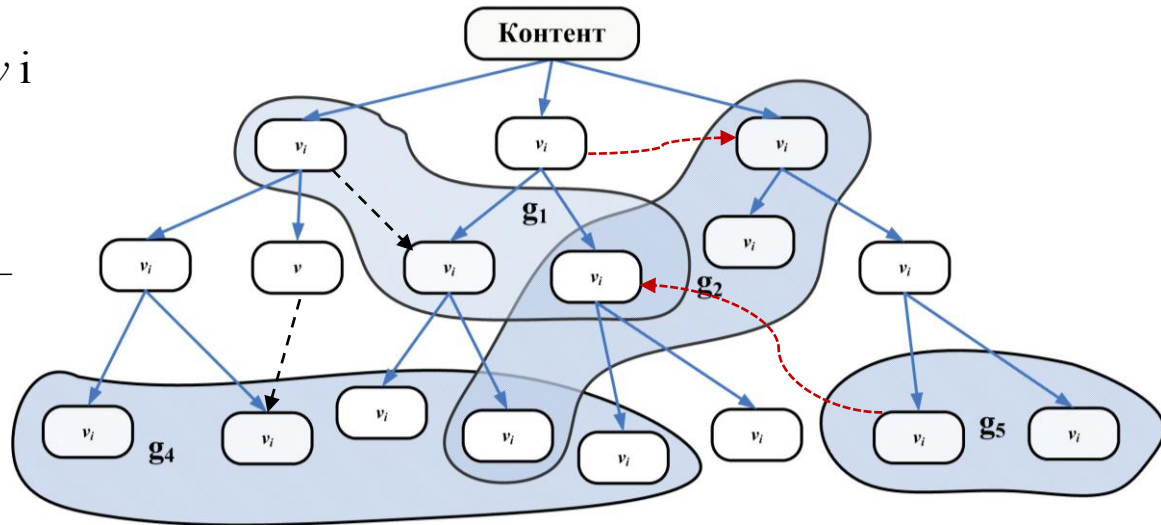
де  $V_{range}$  – область контенту,  $G_{range}$  – область тематичних груп.

$$V_{range} = \langle V, Ch, F, N, A, VType, AType \rangle,$$

де  $V$  – елементи контенту (інформаційні Web-сторінки);  $Ch, F, N, A$  – відношення;  $VType$  – типізація контенту;  $AType$  – типізація псевдонімів.

$$G_{range} = \langle G, ChG, FG, VG \rangle,$$

де  $G$  – множина тематичних груп;  $ChG, FG$  – відношення, що задають дочірні і батьківські зв'язки між групами відповідно;  $VG$  – відношення, що задає зв'язки між групами і контентом.



## Структура професійних компетенцій (ПК)

*Модель професійних компетенцій  
служить для опису посад,  
спеціальностей і компетенцій у їх  
співвідношенні з навчальним контентом:*

$ПК = \langle S, ChS, FS, AS, VS, Exp, SExp \rangle$ ,

де  $S$  – множина компетенцій;

$ChS$  і  $FS$  – ієрархічні зв'язки між  
компетенціями;

$AS$  – відношення псевдонімів між  
компетенціями;

$VS$  – зв'язки компетенцій з контентом;

$Exp$  – множина профілів спеціалістів;

$SExp$  – зв'язки між профілями  
спеціалістів і компетенціями.

Множина компетенцій:  $S = \{s_i\}, i = 1..n_S$ .

Ієрархія компетенцій:

$ChS: S \rightarrow 2^S$ ,  $FS: S \rightarrow S$ .

Декомпозиція компетенції:  $DescS(s), s \in S$ .

Псевдоніми компетенцій:  $AS: S \rightarrow S$ .

Зв'язок компетенцій з контентом:  $VS: S \rightarrow 2^V$ ,  
 $SV: V \rightarrow 2^S$ ,

**Повний набір контенту компетенції:**

$$VatS(s) = \{v: v \in VS(s) \vee (v \in Desc(v') \wedge v' \in VS(s) \wedge VType(v') = block) \vee (v \in Ch(v') \wedge v' \in VS(s) \wedge VType(v') = list)\}$$

Множина спеціалістів, які моделюються в системі:  $Exp = \{exp_i\}$ . Зв'язок між профілем спеціаліста і його компетенціями:

$SExp: Exp \rightarrow 2^S$

# Визначення індивідуального контенту та інших компонент індивідуального навчального середовища

У якості освітнього запиту в даному випадку виступає *профіль спеціаліста*, тобто використовується елемент запиту  $EqExp$ . Навчальний процес передбачає вивчення матеріалів, що стосуються фахової діяльності і компетенцій цього спеціаліста.

**1. Навчальні цілі** користувача  $l_i$ :  $LExpAims(l_i) = EqExp$ .

**2. Повний набір компетенцій**, що стосуються даного профілю називається **декомпозицією профілю спеціаліста** і визначається наступним чином:

$$SDExp(exp) = \{s \in S : s \in SExp(exp) \wedge s \in DescS(a), \text{ де } a \in SExp(exp)\}$$

**3. Профільна область контенту** даного спеціаліста:

$$VSDExp(exp) = \{v : v \in VatS(s), \text{ де } s \in SDExp(exp)\}$$

**4. Предметні області**, в яких працює спеціаліст:

$$GExp = \{g : g \in GV(v), \text{ де } v \in VSDExp(exp)\}$$

**5. Профільний довідник** спеціаліста:

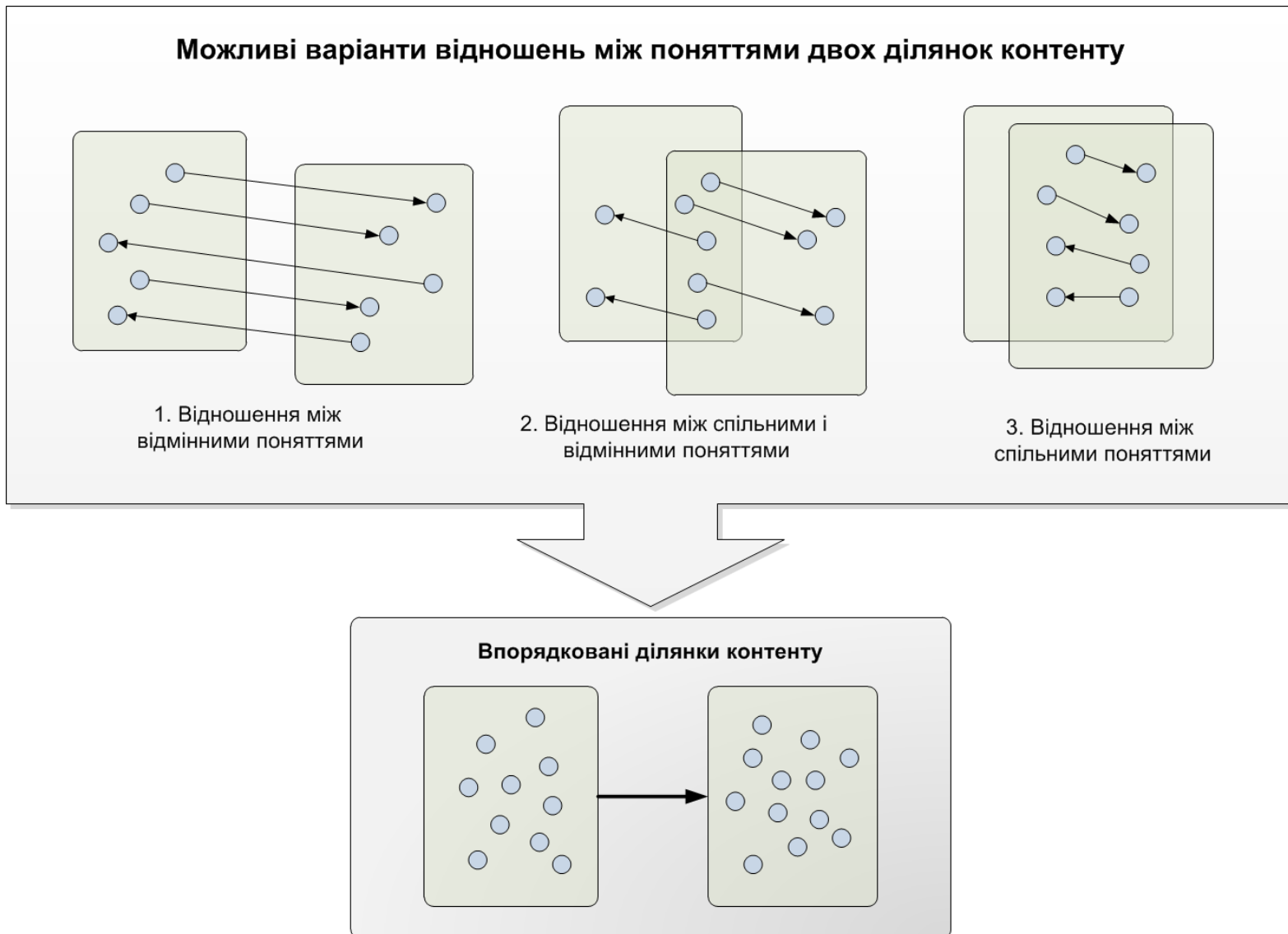
$$CExp = \{c : c \in CV(v), \text{ де } v \in VSDExp(exp)\}$$

Таким чином ІНС для користувача  $l_i$  на основі цільового профілю, поданого у освітньому запиті  $Eq$  і збереженого в цілях користувача  $LExpAims(l_i)$  описується наступним чином:

$$iE(l_i) = iEExp(exp) = \{SDExp(exp), VSDExp(exp), GExp(exp), CExp(exp)\},$$

$$\text{де } exp \in LExpAims(l_i)$$

# Задача автоматичного впорядкування індивідуального контенту на основі онтології



# Алгоритм автоматичного впорядкування індивідуального контенту

## 1. Підготовчий етап обробки контенту і онтології

- **Індексація** контенту поняттями відповідно до **предметної області**
- Побудова транзитивного замикання графу онтології за допомогою модифікації алгоритму **Флойда-Варшалла** відповідно до правила:

$$\begin{aligned} & \text{concept\_before}(c_k, c_l) \langle CF_{kl} \rangle \wedge \\ & \text{concept\_before}(c_l, c_m) \langle CF_{lm} \rangle \rightarrow \\ & \text{concept\_before}(c_k, c_m) \langle CF_{kl} \times CF_{lm} \rangle \end{aligned}$$

2. Аналіз відношень між поняттями ділянок контенту на основі **правил і Стенфордської моделі нечіткого виведення**.

3. Сортування ділянок контенту за допомогою алгоритму **топологічного сортування** ациклічного орграфу.

## Ключові правила,

на яких ґрунтується алгоритм:

Поняття є **цільовим** в ділянці контенту:

$$\exists t (CT(t) = c \wedge tClass(t) \neq tAttaching \wedge VT(t) \in V) \rightarrow \text{concept\_essential}(c, V)$$

Поняття є **фоновим** (вивченим) для ділянки: контенту

$$\forall t \left( \begin{aligned} & CT(t) = c \wedge VT(t) \in V \wedge \\ & tClass(t) = tAttaching \end{aligned} \right) \rightarrow \text{concept\_pre}(c, V)$$

## Правило черговості контенту №1

$$\begin{aligned} & \text{concept\_essential}(c_k, V_k) \wedge c_l \in CVV(V_l) \wedge \\ & \text{concept\_before}(c_k, c_l) \rightarrow \\ & \text{content\_before}(V_k, V_l) \langle CF_g \rangle \end{aligned}$$

## Правило черговості контенту №2

$$\begin{aligned} & \text{concept\_essential}(c_k, V_k) \wedge \\ & \text{concept\_pre}(c_k, V_l) \rightarrow \\ & \text{content\_before}(V_k, V_l) \langle CF_{es}^{16} \rangle \end{aligned}$$

# Пример индивидуальной среды обучения

Іван Петренко — П... x Візуалізація графа ... x

www.znannya.org/?view=my:home

## Портал знань

Знання повинні бути доступними!

18 пользователей → Пошук по сайту Користувач: Іван Петренко Вийти

Головна → Персональна база знань

### Іван Петренко — Персональна база знань

Персональна база знань

Обчислити навчальне середовище

#### Мій контент

↓ [Дидактичне сортування контенту \(бета\)](#)

#### Введення в AJAX

- [AJAX](#)
- [Мережа Internet](#)
- [JavaScript](#)
- [Веб-програмування](#)

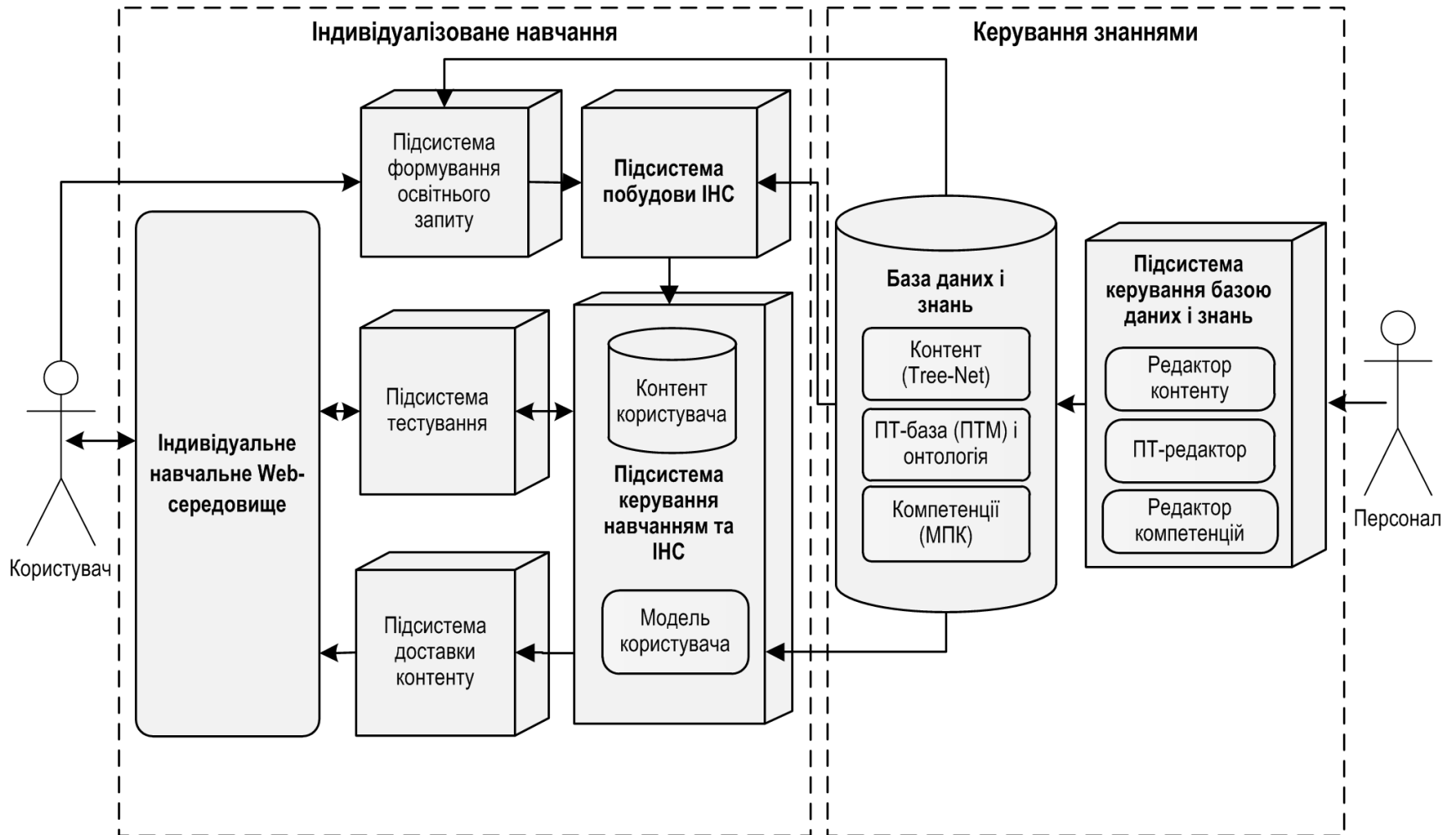
Аjax (от англ. Asynchronous JavaScript and XML — «асинхронный JavaScript и XML»; по-английски произносится [эджэкс], по-русски чаще говорят [айкс]) — это подход к построению интерактивных пользовательских интерфейсов веб-приложений. При использовании Ajax веб-сервера не перезагружается полностью в ответ на каждое действие пользователя. Вместо этого с веб-сервера догружаются только нужные пользователю данные. Ajax — один из

#### Останні новини

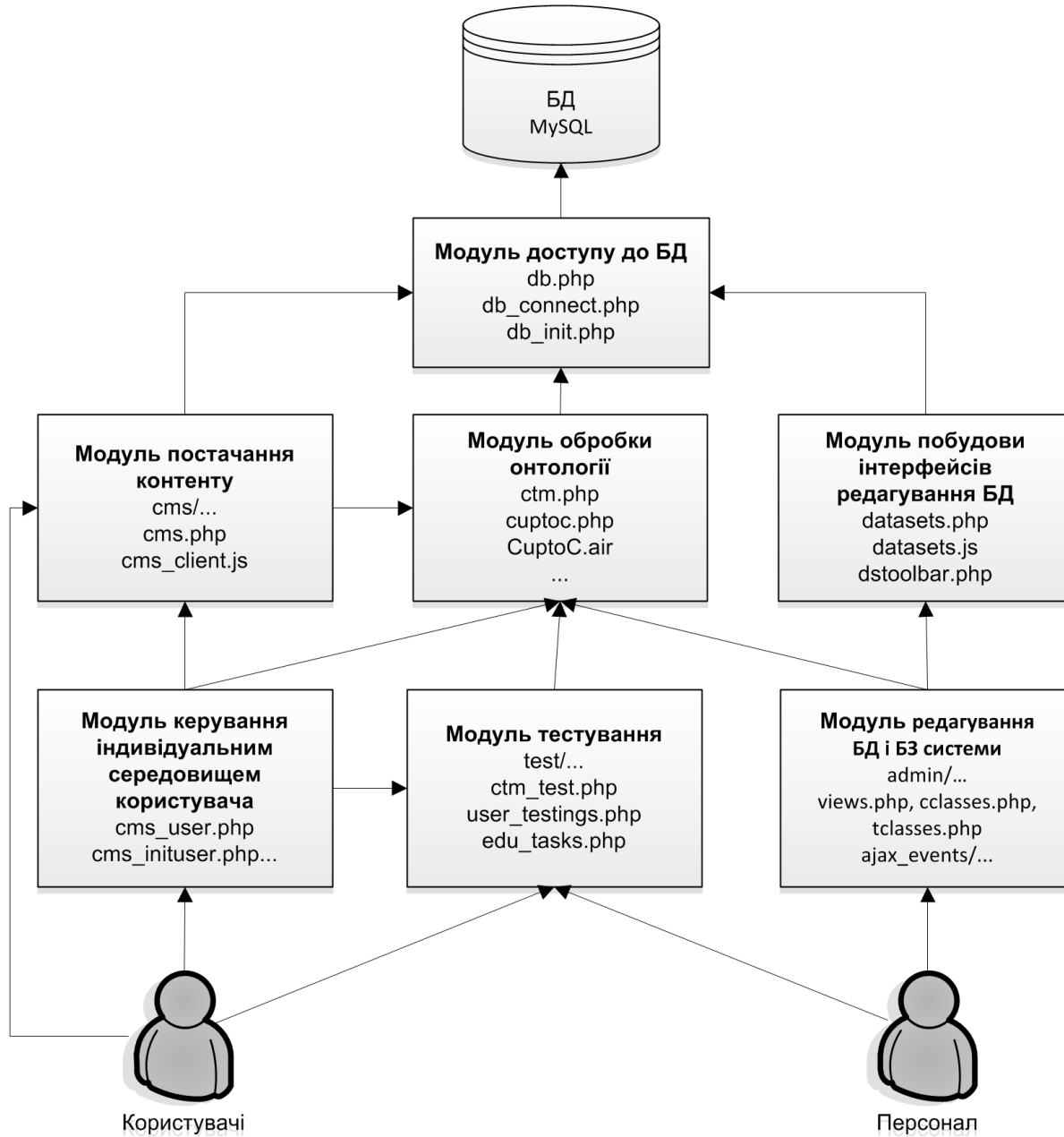
##### Онтології і подання знань

В даний час актуальною є задача формування концептуальних «прозорих» подань для слабо-структурованих предметних областей. Сьогодні провідною парадигмою структурування інформаційних потоків є онтології, або ієрархічні концептуальні структури, які формуються аналітиком на основі вивчення і структурування потоків інформації, документів,

# Структурна схема системи



# Модульна структура програмного комплексу



# Приклади роботи інформаційно-навчального Web-порталу на базі розроблених програмних засобів

Редагування і структурування контенту

ІТ-формалізація і формування онтології

Content Management System  
**FreshKnowledge**  
Exploring knowledge on the Web

Управління сайтом [Портал знань](#), [Портал знань](#), [Дистанційне навчання](#)

[Контент](#) | [Інтернет-посилання](#) | [Внутрішній рейтинг](#) | [Обновити лічильники...](#) | [Тематичні групи](#) | [Шаблони](#) | [Сутності](#) | [Встановити сутність](#) | [Коментарі](#) | [Користувачі](#) | [Контент-Тези](#) | [Поняття](#) | [Компетенції](#) | [Спеціалісти](#) | [Шаблони завдань](#) | [Результати тестування](#)

Контент : default

[На вершину](#)

[Усі записи поточного рівня](#) [Новий запис](#)

... [Усі записи](#)

[Видалити вибрані](#) **Увага!** Усі дочірні елементи будуть також видалені!

	Код сторінки (англ.)	Підпись Ua	Текст Ua	№ в меню
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Дочірні елементи</a> Групи	main	Портал знань — Знання повинні бути доступними!	9999
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Дочірні елементи</a> Групи	knowledge	Знання Порталу. Електронні навчальні курси. Дистанційне навчання.	100
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Дочірні елементи</a> Групи	courses-social	Курси за популярністю.	120
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Дочірні елементи</a> Групи	news	Архів новин.	150
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Дочірні елементи</a> Групи	test	Тестування.	180
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Дочірні елементи</a> Групи	about	Портал знань має на меті подання різнопредметних з...	200
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Дочірні елементи</a> Групи	friends	Наші партнери.	800
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Дочірні елементи</a> Групи	sitemap	Повний зміст Порталу знань	900

CTM Editor

[Головна](#) → [CakePHP](#)

## CakePHP

Предметна область: [CakePHP](#) | [Веб-програмування](#) | [PHP](#)

*CakePHP* — Это бесплатный, имеющий открытые исходные коды, фреймворк для быстрой разработки приложений на PHP

*CakePHP* — Следует шаблону MVC (Модель-Отображение-Контроллер)

**Похідні поняття** [\[Приховати / показати\]](#)

*Основные запросы MVC в Cake:*

```

    graph TD
      Client((Клиент)) -- 1 --> Dispatcher[Диспетчер]
      Dispatcher -- 2 --> Controller[Контроллер]
      Controller -- 3 --> Model[(Модель)]
      Model -- 4 --> Controller
      Controller -- 5 --> View[Отображение]
      View -- 6 --> Client
  
```

**Зв'язані поняття** [\[Приховати / показати\]](#)

MVC [...] → [CakePHP](#) → [Основные запросы MVC в Cake](#) [...] → [Скаффолдинг](#) [...]

→ [Мапа поняття](#) — Більше інформації про зв'язки цього

**Приховати/показати контент**

**Поняття сторінки**

[CakePHP](#)

MVC

Основные запросы MVC в Cake

Тези поточного поняття показано

[Додати поняття](#) [Додати тезу](#)

**Поточне поняття**

[CakePHP](#)

**Редагування поняття**

Поняття

[CakePHP](#)

Словоформи

Cake

Клас поняття [\(Редагувати\)](#)

Технология

Важливость поняття

0

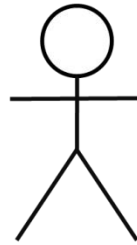
[Зберегти](#) [Відмінити](#)

[Видалити поняття і його тези](#)

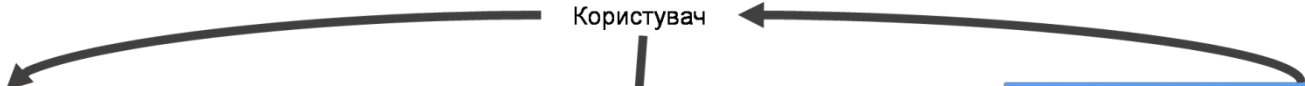
Тези поточного поняття з цієї сторінки

# Сценарій роботи системи

## Побудова ІНС



Користувач



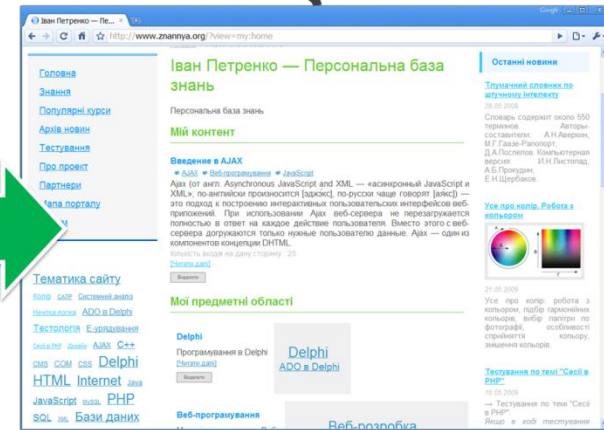
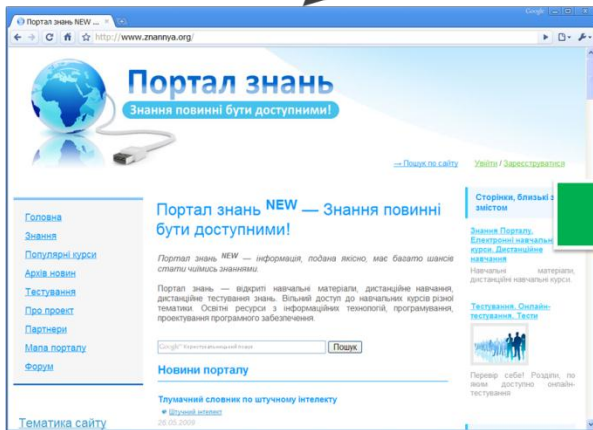
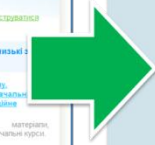
Освітній запит  
с метою побудови індивідуального навчального  
середовища

Контент

Компетенції

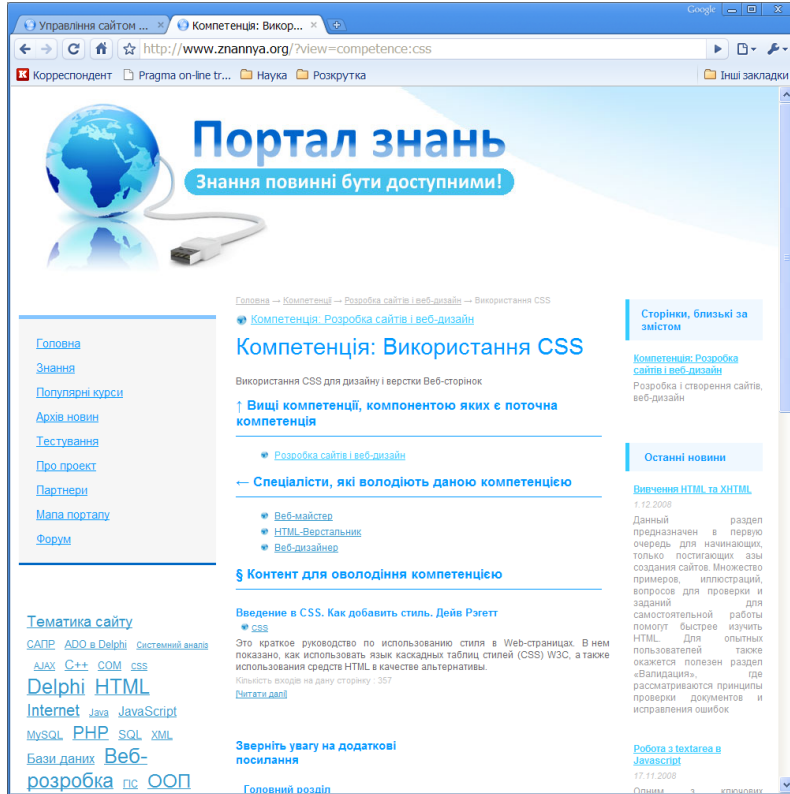
Предметні області

Поняття



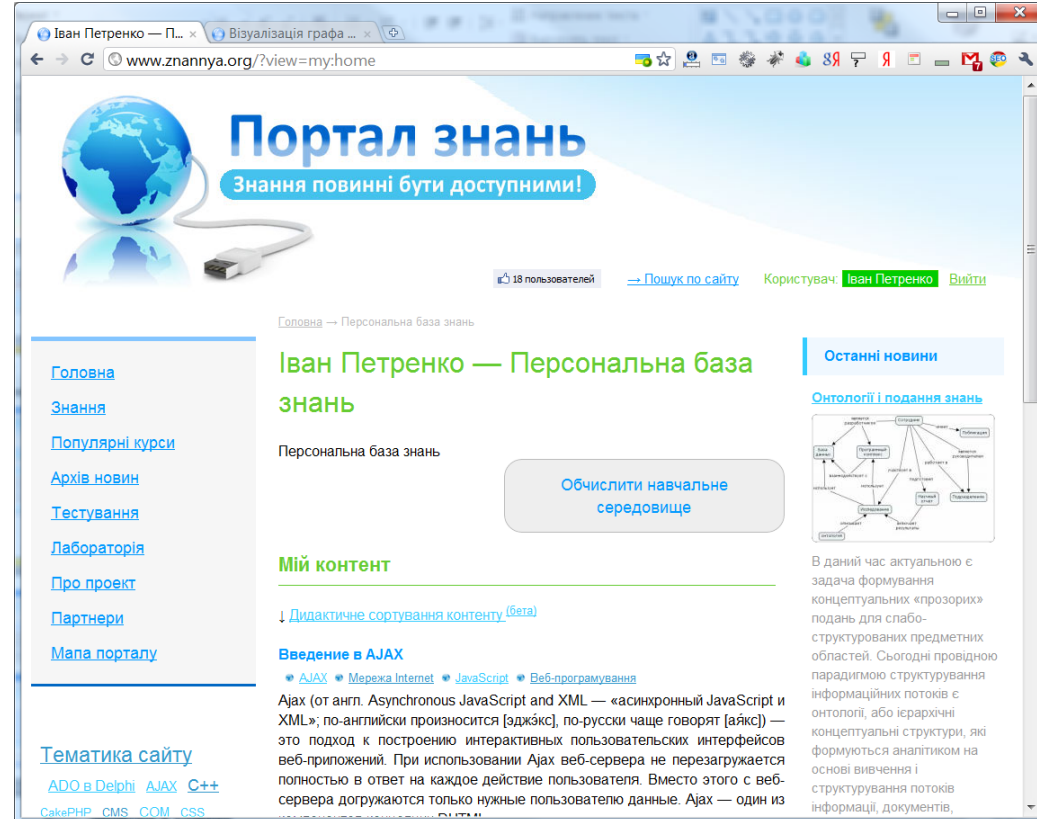
# Приклади роботи інформаційно-навчального Web-порталу на базі розроблених програмних засобів

Компетенції і їх зв'язок з контентом  
(МПК)



The screenshot shows a web browser window with the URL <http://www.znannya.org/?view=competence:css>. The page features a header with a globe icon and the text 'Портал знань' and 'Знання повинні бути доступними!'. The main content area is titled 'Компетенція: Використання CSS' and includes a navigation menu on the left with items like 'Головна', 'Знання', 'Популярні курси', 'Архів новин', 'Тестування', 'Про проект', 'Партнери', 'Мапа порталу', and 'Форум'. The main text discusses the use of CSS for design and web development, mentioning 'Вісці компетенті, компонентою яких є поточна компетенція' and 'Спеціалісти, які володіють даною компетенцією'. There is also a section for 'Контент для оволодіння компетенцією' with a link to 'Введення в CSS. Як додати стиль. Дейв Рэггет'.

Індивідуальне навчальне середовище



The screenshot shows a web browser window with the URL [www.znannya.org/?view=my:home](http://www.znannya.org/?view=my:home). The page features a header with a globe icon and the text 'Портал знань' and 'Знання повинні бути доступними!'. The main content area is titled 'Іван Петренко — Персональна база знань' and includes a navigation menu on the left with items like 'Головна', 'Знання', 'Популярні курси', 'Архів новин', 'Тестування', 'Лабораторія', 'Про проект', 'Партнери', and 'Мапа порталу'. The main text displays 'Персональна база знань' and 'Мій контент'. There is a button labeled 'Обчислити навчальне середовище' and a section for 'Дидактичне сортування контенту (beta)'. The right sidebar contains 'Останні новини' and 'Онтології і подання знань' with a diagram.

# Ресурси онлайн

- Відкритий навчальний портал:
  - [www.znannya.org](http://www.znannya.org)
- Публікації в електронному вигляді та автореферат дисертації подані на сайті Лабораторії СЕТ:
  - [www.setlab.net](http://www.setlab.net)

**Дякую за увагу!**