**ФОРМУВАННЯ ЗАПИТІВ КОМПЕТЕНЦІЇ ДО ОНТОЛОГІЇ**

Анна Бакурова, Станислав Ведмедєв, Еліна Терещенко
*Національний університет «Запорізька політехніка*

**FORMATION OF COMPETENCE REQUESTS TO ONTOLOGY**

*Abstract. The problem of forming competence requests to an ontology forms the basis of any methodology for constructing an ontological model, and*

*is also one of the means of checking the adequacy of an ontology and the purpose of its creation as a knowledge base. The subjectivity of the ontology design process creates problems of formalizing competence requests and checking the completeness of their set. The paper considers an example of generating queries for the ontology of the decision-making process on the application of fertilizers for sunflower cultivation.*

Згідно методології проєктування онтології за Грунінгером та Фоксом [1] одним з важливих етапів є формування неформальних запитів компетенції, які формулюються експертами предметної області. При цьому до предметної онтології висувається вимога представляти запити компетенції за термінологією даної предметної області, а відповіді на запитання – за аксіомами і визначеннями. Також система запитів дає семантичну оцінку якості побудованої онтології. Оцінка онтології необхідна для виявлення та виключення помилкових визначень та логічних протиріч.

Неформальні запити формалізуються за допомогою дескриптивної логіки, а аксіоми визначають семантику базових термінів. На завершення побудови онтології в даній методології рекомендовано обґрунтування системи запитів за допомогою теорем про її повноту. В них визначаються умови задоволеності відповідей на запити компетенції. Грунінгер та Фокс [1] сформулювали критерії повноти множини запитів компетенції, що полягають в наступному.

1. Множина запитів є коректною, якщо кожен запит відноситься до певних особливостей онтології.

2. Система запитів вважається повною, якщо експерти стверджують, що їм невідомі додаткові запити.

3. Множина запитів внутрішньо несуперечлива, якщо між ними відсутні конфлікти.

4. Множина запитів піддається перевірці, якщо існує скінчений процес перевірки, чи задовольняє онтологія кожен запит, з розумною вартістю.

5. Система запитів є зрозумілою, якщо кожен з них є зрозумілим користувачам.

6. Множина запитів є однозначною, якщо кожен запит не допускає сумнівів і непорозумінь.

7. Множина запитів є короткою, якщо кожен запит є релевантним та не існує дублюючих запитів.

Такий підхід здається надійним, але розробка онтології є ітеративним процесом, отже система запитів компетенцій може постійно змінюватися. Це є одною з причин того, шо на практиці такий суворий

формалізм використовують не часто, наприклад, в роботі [2] обмежуються формалізацією запитів та підрахунком тих запитів, на які онтологія змогла дати правильні відповіді на думку експертів.

Крім того існують різноманітні інструменти для оцінки онтологій, наприклад, для редактора Protégé існує плагін Ontology Evaluation. Стандартом методологічного супроводу для Protégé є «101 Ontology» [3]. Для побудови запитів в Protégé використовують віджет Queries.

Розглянемо фрагмент формування запитів на прикладі моделі онтології HELIANTHUS [4], яка була розроблена авторами на основі інформації, що надана експертами з Інституту Олійних культур НААН України. Фрагмент онтології показаний на рис.1. Метою створення онтології є підтримка бази знань, що зібрані науковцями в галузі вирощування соняшників за багато років практики та подальше застосування в системах підтримки прийняття рішень.

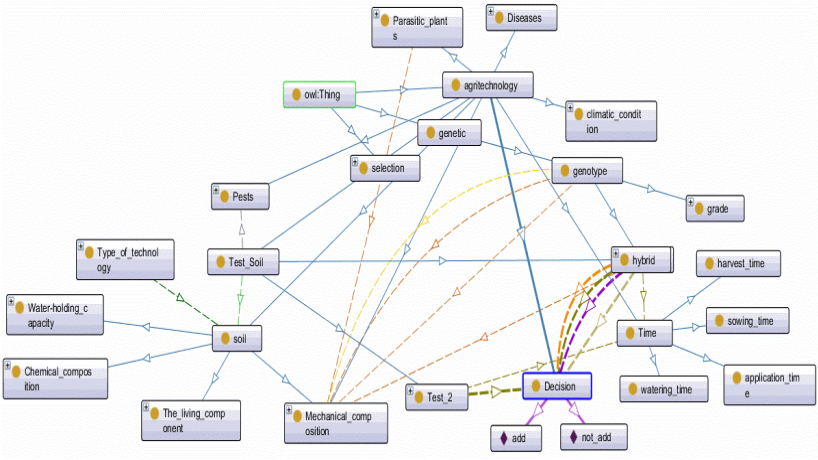



Рис.1. – фрагмент онтології HELIANTHUS

Для побудови онтології HELIANTHUS експертами подано було багато запитів компетенції на природній мові, з яких розберемо два, що пов’язані між собою концептом «стан ґрунту» та відповідають процесу прийняття рішення про внесення добрив:

1. Як можна визначити стан родючості ґрунту під урожай соняшнику?

2. Скільки і коли вносити добрив на гектар соняшнику?

Для формалізації запитів на мові дескриптивної логіки на множині класів онтології введемо наступні позначення:

y – певна методика тестування ґрунту,

x – певний зразок ґрунту, на якому виконується тестування,

t – час забору зразка ґрунту,

d – певна рекомендація,

f – кількість певного добрива на гектар соняшнику.

Класи онтології, що приймають участь у запитах компетенцій прикладу:

SoilTest – методики тестування ґрунту,

Chemical_Composition – хімічний склад ґрунту,

Water-holding_Capacity – водо утримуюча здатність ґрунту,

Living Component – живі компоненти ґрунту,

Mechanical Composition –механічний склад ґрунту,

Decision – рекомендоване рішення,

Genotype – генотип соняшнику (сорт або гібрид),

Amount() – кількість() на гектар соняшнику.

Перелік бінарних відношень між класами онтології у наведених запитах компетенцій:

isSoilTest(y,x) – для зразка ґрунту x використовується метод тестування y;

isTestedChemical_Composition (x,y) – тестування хімічного складу зразка ґрунту x методом тестування y;

isTestedWater-holding_Capacity(x,y) - тестування водо утримуючої здатності зразка ґрунту x методом тестування y;

isTestedMechanical_Composition(x, sand, clay, humus) - тестування механічного складу зразка ґрунту x методом тестування y;

isDecision(Application, Time t) – прийняття рішення про внесення добрив (так, чи ні) в час забору зразка ґрунту t;

isNitrogenRich(f, y) – тест y виявив достатність азоту в добриві f;

isBoronRich(f, y) - тест y виявив достатність бору в добриві f;

isBacteriaRich(f, y) - тест y виявив достатність бактерій в добриві f;

isMostlySuitableFor(f, y) - тест y виявив достатню водо утримуючу здатність ґрунту для добрива f.

Тоді формалізований перший запит компетенцій має вигляд:

$\exists t\ \exists y$ (1m–1.5m) $\forall x$ AND ChemicalComposition(NPK OR minor elements (boron, zinc, magnesium, selenium, etc.)) AND Water-holding Capacity ((aggregate) state, colloidality) OR LivingComponentSoil (bacteria,

worms, symbionts, etc.) OR Mechanical Composition of soils (sand, clay, humus, etc.)→isDecision (Application (YES/NO) AND Time t).

Формалізований запис другого запиту компетенцій:

∃d ∃f ∀Genotype (∃y (1m–1.5m) ∀x (Chemical Composition(NPK OR minor elements (boron, zinc, magnesium, selenium, etc.)) AND LivingComponentSoil (bacteria, worms, symbionts, etc.) → Amount(f; litter OR NPK OR urea).

Отже, онтологія є результатом довільної формалізації суб'єктивних знань фахівця в предметній області. Тому верифікація онтології є необхідною, але система запитів не може бути вичерпною. Формування запитів компетенцій відбувається як на етапі розробки онтології (визначення її структури та обсягу), так і в процесі прийняття рішень. Одним з перспективних напрямів розвитку методології проєктування онтологій та формування запитів компетенцій є графи знань [5], що є метою подальших досліджень.

**Література**

1. Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies: Proceedings of the Workshop on basic Ontological Issues in Knowledge Sharing–IJCAI-95* M Gruninger, M Fox - Montreal, Canada, 1995

2. E. F. Aminu, I. O. Oyefolahan, M. B. Abdullahi, M. T. Salaudeen, MaCOnto: A robust maize crop ontology based on soils, fertilizers and irrigation knowledge, Intelligent Systems with Applications, Volume 16(2022). https://doi.org/10.1016/j.iswa.2022.200125.

3. Natalya F. Noy and Deborah L. McGuinness. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. // Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, 2001.

4. Ontological Model of Helianthus Cultivation in Ukrainian Conditions / Anna Bakurova, Kateryna Vedmedeva, Stanyslav Vedmedev, Elina Tereschenko https://ceur-ws.org/Vol-3396/paper10.pdf.

5. Nicolas Hubert, Armelle Brun, Davy Monticolo. New Ontology and Knowledge Graph for University Curriculum Recommendation. ISWC 2022 - The 21st International Semantic Web Conference, Oct 2022, Hangzhou / Virtual, China. ffhal-03768154v2f https://climbtheladder.com/knowledge-graph-interview-questions/