

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ОНТОЛОГИИ В ОБЛАСТТА НА ИНТЕЛИГЕНТНО СЕЛСКОСТОПАНСТВО

Ася Стоянова-Дойчева, Емил Дойчев,
Ваня Иванова, Пенчо Малинов

Резюме. Статията представя разработването и използването на онтологии в областта на интелигентното селско стопанство. Представени са два типа онтологии – домейн онтологии и събитийни онтологии. Домейн онтоологиите представят базови знания за растенията и почвите, които са общоприети в областта на селското стопанство. Събитийните онтологии представят знания за физиологичното развитие на растенията и събитията, които се случват по време на тяхното развитие. Представено е използването на онтоологиите от интелигентни компоненти в платформата ZEMELA [1].

Ключови думи: онтологии, интелигентно селско стопанство, ZEMELA.

Въведение

Основно направление в интелигентното растениевъдство е автоматизирането на дейностите по отглеждане на селскостопански култури, които са със съществено значение за изхранването на населението. Такива култури са пшеницата, царевичката, соята и други. Зимната пшеница е основна култура, отглеждана в България. Целият процес на отглеждането е свързан с изпълнение на различни дейности от страна на куратори и фермери, с цел достигане на качествена реколта и висок добив. Всяка от дейностите е свързана с наблюдение на растежа на пшеницата, климатичните условия, влияние на вредители и болести и особености на почвата. Много от характеристиките, които се измерват, за да се достигне до вземане на правилни решения за отглеждането на културите, могат да бъдат измервани от IoT възли (сензори, камери, дроне и др.). Тези резултати могат да бъдат обработвани и анализирани за по-нататъшно използване.

Онтологиите и мулти-агентните системи са две технологии, на които се обръща значително внимание, но много по-малко се обръща внимание на тяхната интегрирана употреба. Онтологиите позволяват споделя-

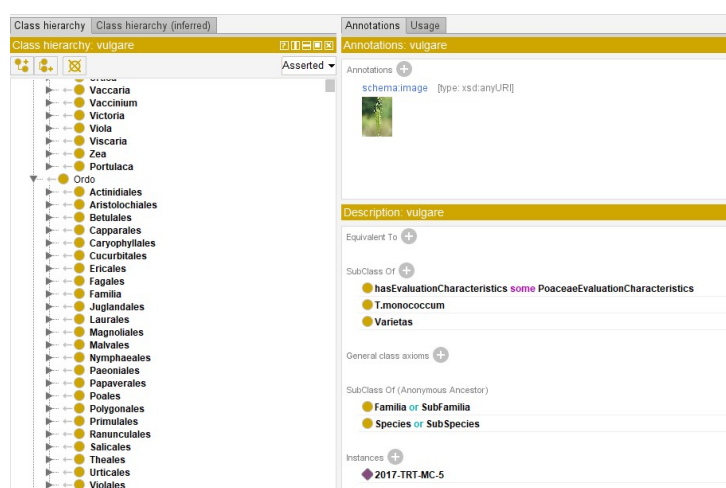
не на общи знания между хора и софтуерни агенти. За мулти-агентните системи (MAS), онтологиите са ключови за общото разбиране и повторно използване на знания в дадена област. Една област, в която е изключително подходящо да се използва онтологии и интелигентни агенти е интелигентното земеделие.

Статията представя разработването и използването на онтологии в областта на интелигентното селско стопанство. Представени са два типа онтологии – домейн онтологии и събитийни онтологии.

Домейн онтологии

Домейн онтологиите представят знанията от домейна за растенията, почвите и микроклимата в отделните райони, където се отглеждат растенията. Това са основни знания за домейна, които остават относително постоянни във него.

Основната онтология, която се разработва е за таксономията на растенията (GenBankOntology) [2]. Тя представя всички видове растения, които се намират в България. Досега онтологията се състои от над 588 класа. Всеки клас представлява различни семейства, родове, видове или разновидности на различни растения. Класовете са структурирани в йерархия, която отразява таксономията на растенията. Фигура 1 показва част от йерархията в онтологията.



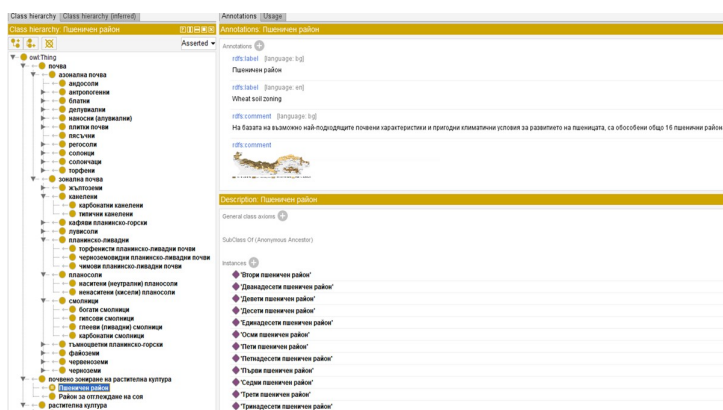
Фигура 1. Таксономия на растенията

Понятията в онтологията са описани чрез йерархия от класове, които са свързани помежду си чрез свойства (“object property” или “data property”). По този начин са образувани аксиоми, които представляват

твърдения за растителните ресурси. Така информацията се съхранява не само символно, но и семантично. Тя може да се използва не просто като текст за обработка и визуализация. Разполагаме с понятия, свързани смислово, което ни дава възможността да правим изводи за истинността на твърдения в областта.

Имената на класовете съвпадат с имената на таксоните, описани в таксономията на растенията. Забелязва се, че някои от таксоните са подкласове на повече от един клас родител – например класа Genus е подклас на класовете Familia и SubFamilia. Това е така, защото според таксономията даден род може да принадлежи директно на семейство или ако семейството има подсемейства на подсемейство. Всеки от основните класове притежава множество подкласове, които представят таксономията на растенията.

Втората домейн онтология, която сме разработили е онтологията за типове почви в България – SoilsOntology. Онтологията представя таксономичният речник на почвите в България като за таксономията се използва световната система на ФАО (<http://www.prokarstterra.bas.bg/geo21/2005/5-05/pp4-20-tab11.htm>) (фигура 2). Типът на почвата е изключително важен при отглеждане на селскостопански култури – оказва влияние върху дейности като поливане и торене на културите.



Фигура 2. Таксономия на почвите в България

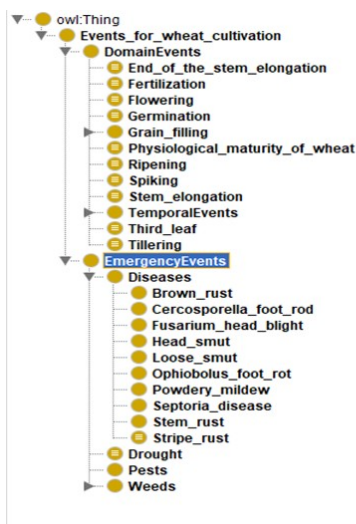
Освен таксономията на почвите, в онтологията се представя и разделението на почвите на зони според културите, които е подходящо да се отглеждат в тези зони. На базата на възможно най-подходящите почвени характеристики и пригодни климатични условия за развитието на пшеницата, са обособени общо 16 пшенични района в България. Всеки от районите има характеристики, които са описани като Data properties

в онтологията.

Събитийни онтологии

Тази част на статията представя онтология за събитията при отглеждане на зимна пшеница. Целта е да се представят знанията за отглеждане на зимна пшеница, което включва преминаването ѝ в различните фази на развитие, в които фермерите трябва да изпълнят различни дейности за постигане на добър добив и определянето на различни извънредни събития, които могат да унищожат посева.

Основната концепция в онтологията е `Event_for_wheat_cultivation`; тя представя условие, което трябва да бъде изпълнено, за да се смята, че събитието е настъпило. Условието от своя страна представлява състояние, в което пшеницата може да съществува. Или може да се каже, че условията за настъпване на дадено събитие съвпадат със състоянието на посева от пшеница. Целта на онтологията е да представи типовете събития и условията за настъпване на тези събития, а не да покаже последователността на настъпване на събитията. На фигура 3 е представена таксономията на събитията при отглеждане на зимна пшеница.

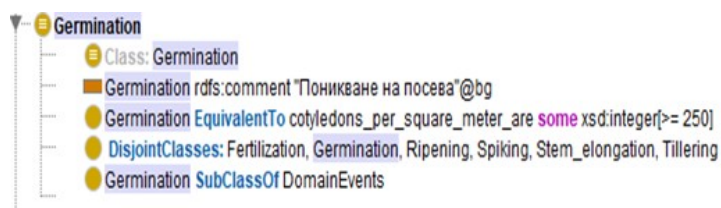


Фигура 3. Таксономия на концепцията за събитие

Събитията за отглеждане на пшеницата са разделени на два основни типа събития – домейн събития и извънредни събития.

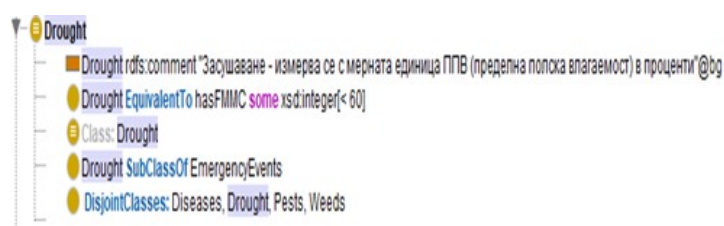
Домейн събитията отразяват състоянията, в които пшеницата попада по време на развитието си – това са различните фази от развитието ѝ. Нека разгледаме домейн събитието `Germination` (покълване). То

представя състояние на пшеницата, при което са се появили котиледони. Условието, което трябва да бъде изпълнено, за да смятаме, че посева от пшеница е преминал във фаза Germination е на квадратен метър да има 250 котиледона. Условието съвпада със състоянието на посева от пшеница, което предполага създаване на аксиома от типа EquivalentTo (фигура 4).



Фигура 4. EquivalentTo аксиома за събитието Germination

Извънредните събития са другият основен вид събития в онтологията за събития за отглеждане на зимна пшеница. Този тип събития дефинират условия, в които може да попадне пшеницата в извънредни ситуации при отглеждането ѝ. Като основни такива са дефинирани болестите, вредителите, заплевяването и засушаването. Всяко от тези събития от своя страна е свързано със състоянието, в което се намира развитието на пшеницата. Те са от изключително важно значение за определени фази. Например събитието Drought (засушаване) е изключително важно да не се случва по време на фазата Grain Filling (наливане на зърното). В този момент пшеницата се нуждае от вода, за да може да достигне физиологична зрелост. Засушаването се определя на базата на влажността на почвата и се измерва като максимална полска влагемост (MFMC). При отглеждане на зимна пшеница MFMC трябва да е по-голямо или равно на 60% и по-малко от 75%. В случаи, когато MFMC е по-голямо от 75%, се смята че имаме влага над допустимата за отглеждане на пшеница. При такава ситуация, могат да се очакват различни болести по пшеницата, които могат да компрометират добива. На фигура 5 е представена аксиомата за събитието засушаване.



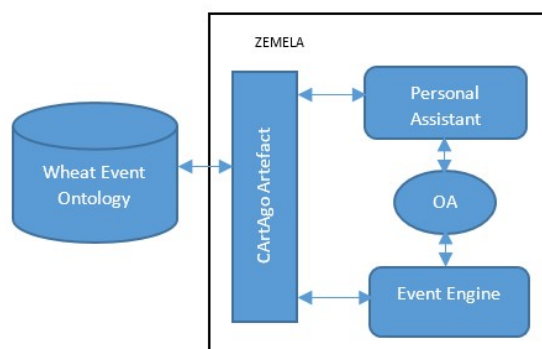
Фигура 5. EquivalentTo аксиома за събитието Drought

Правилото за настъпване на събитието засушаване е представено отново с EquivalentTo аксиома. Тя показва, че всеки път щом MFMC < 60 процента, настъпва събитието засушаване.

Подобни онтологии за събития могат да бъдат разработени за различни култури. Целта е да се използват от интелигентни компоненти в среди за интелигентно растениевъдство, които подпомагат работата на фермерите.

Интеграция на онтологията в платформата ZEMELA

ZEMELA е платформа за интелигентно земеделие. Тя е изградена като кибер-физическо социално пространство и интегрира различни компоненти – аналитично подпространство, оперативен, център за данни и знания за селското стопанство и външни интерфейси. Основният елемент на аналитичното подпространство е персонален асистент, който помага на фермерите да отглеждат различни култури. Негова отговорност е да информира фермерите за настъпване на различни събития в обработваемите полета. Тази отговорност се извършва чрез наблюдение на данни, които идват от различни IoT възли в полетата с култури и онтологии за събития, свързани с тези култури. Фигура 6 представя интегрирането на онтологията на събитията за пшеницата в платформата ZEMELA.



Фигура 6. Интеграция на онтологията в платформата ZEMELA

Персоналният асистент и Event Engine използват онтологията за събитията на пшеницата като artefact в CArtAgo [3]. Персоналният асистент използва онтологията, за да дефинира основните състояния, в които съществува зимната пшеница. Тези състояния персоналният асистент използва за съпоставка с текущите състояния на пшеницата с цел да търси аномалии.

От друга страна Event Engine е компонент, който следи за настъпване на събитията описани в онтологията за събития. Той на определен период от време обхожда правилата за настъпване на събитие, като за всяко правило извлича данни от сензорите и базите данни, в които се съхраняват динамичните данни за отглежданата култура. По този начин Event Engine следи за настъпване на събитие. За зимната пшеница това са събитията описани в Events_for_wheat_cultivation. Когато някое от условията на събитията е изпълнено, Event Engine създава оперативен асистент (ОА), който информира персоналния асистент за настъпило събитие, а той от своя страна информира фермерите отговорни за отглеждането на тази култура. По този начин фермерите ще знаят, не само, че събитието е настъпило, но и това, че културата е навлязла в определена фаза от развитието си, което от своя страна изисква изпълнение на различни дейности.

Заклучение

Разработването на онтологии в областта на интелигентното растениевъдство е предназначена да автоматизира работата по отглеждане на различни видове селскостопански култури. Основните задачи, които сме си поставили са да направим процеса на отглеждане по-предвидим, с което ще се помогне за фермерите да достигнат до по-качествени култури.

За реализация на архитектурата сме избрали Protégé [4] за онтологиите, JaCaMo [5] за околната среда на мулти-агентната система, за персоналния асистент Jason [6] и за оперативните асистенти Jade [7].

Благодарности

Тази работа е подкрепена от Фонд „Научни изследвания“ по грант № КР-06-Н36/2, проект BG PLANTNET „Създаване на национална информационна мрежа Генбанка – растителни генетични ресурси“ и частично подкрепена от проект № МУ21-ФМИ-002 „Извличане на знания от сензорни данни на отворена мрежа“ към НПД на Пловдивски университет.

Литература

- [1] S. Stoyanov, J. Todorov, I. Stoyanov, V. Tabakova-Komsalova, L. Dukovska, ZEMELA – An Intelligent Agriculture Platform, Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering – BdKCSE'2021, 28–

- 29 October 2021, Sofia, Bulgaria, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9627248>
- [2] A. Stoyanova-Doycheva, V. Ivanova, E. Doychev, K. Spassova, Development of an Ontology in Plant Genetic Resources, *2020 IEEE 10th International Conference on Intelligent Systems, IS 2020 – Proceedings*, 2020, pp. 246–251, ISBN: 978-172815456-5, DOI: 10.1109/IS48319.2020.9199935, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9199935>
- [3] CArTAgO: <https://cartago.sourceforge.net/>
- [4] Protégé: <https://protege.stanford.edu/>
- [5] JaCaMo: <http://jacamo.sourceforge.net/>
- [6] Jason: <http://jason.sourceforge.net/wp/>
- [7] JADE: <https://jade.tilab.com/>

Ася Стоянова-Дойчева^{1,*}, Емил Дойчев²,

Ваня Иванова³, Пенчо Малинов⁴

^{1,2,3,4} Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“

Факултет по математика и информатика,

бул. „България“ 236, Пловдив, България

Автор за кореспонденция: astoyanova@uni-plovdiv.bg

USE OF ONTOLOGIES IN SMART AGRICULTURE

Asya Stoyanova-Doycheva, Emil Doychev,
Vanya Ivanova, Pencho Malinov

Abstract. *This paper presents the development and use of ontologies in smart agriculture. Two types of ontologies are presented, domain ontologies and event ontologies. Domain ontologies represent basic knowledge about plants and soils that are generally accepted in the field of agriculture. Event ontologies represent knowledge about the physiological development of plants and the events that occur during their development. The use of ontologies by intelligent components in the ZEMELA platform is presented [1].*

Key Words: ontologies, intelligent agriculture, ZEMELA.