

## ПЕРСОНАЛЕН АСИСТЕНТ ЗА ИНТЕЛИГЕНТНО ЗЕМЕДЕЛИЕ

Иван Стоянов, Емил Дойчев, Атанас Дуковски,  
Ласка Костадинова-Цанкова

*Резюме.* В рамките на ННП „Интелигентно земеделие“ авторите разработват платформа за интелигентно земеделие ЗЕМЕЛА. Платформата се имплементира като виртуално-физическо-социално пространство, в което активните компоненти са реализирани като интелигентни агенти. В статията се представя персонален асистент за подпомагане на земеделските стопани при работа с платформата. Персоналният асистент е ключов компонент на платформата. Основната му функция е да идентифицира и локализира аномалии при вегетацията на земеделските култури и да предлага решения за тяхното преодоляване. Представена е също технологията за реализация на агента.

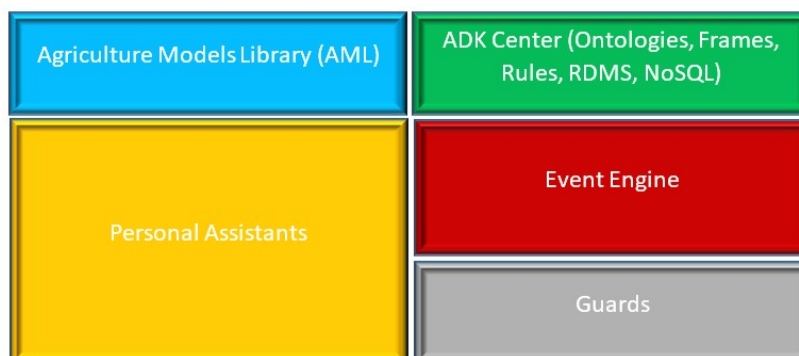
**Ключови думи:** персонални асистенти, интелигентни агенти, платформа за интелигентно земеделие ЗЕМЕЛА.

### Кратък преглед на платформата ЗЕМЕЛА

ЗЕМЕЛА е софтуерна платформа, доставяща услуги за интелигентно земеделие. Платформа се реализира като виртуално-физическо-социално пространство, като тя е: *пространство* (активните компоненти на платформата са автономни агенти, показващи реактивно, проактивно и социално поведение – т.е. няма класическа многослойна архитектура със строго дефинирани интерфейси между тях. Вместо това асистентите взаимодействат асинхронно чрез език за комуникация), *виртуално* (решенията се вземат във виртуалния свят, като се използват съхраняваните в платформата специализирани за земеделие знания, модели и процеси), *физическо* (платформата отчита състоянието на заобикалящия физически свят), *социално* (земеделските стопани, потребители на платформата, са поставени в центъра на нещата. Обикновено приложенията за интелигентно земеделие са сложни системи и подпомагането на потребителите на такива системи е от първостепенно значение). ЗЕМЕЛА се състои от

три подпространства (фиг. 1), които тук ще бъдат представени накратко.

*Оперативно подпространство.* В оперативното подпространство са разположени два модула. Първият е Personal Assistant (PA), който работи като специализиран интерфейс между платформата и потребителите. Вторият модул, наречен Event Engine, е внедрен за идентифициране на различни събития, възникващи в селскостопански процеси (напр. растителност на селскостопански култури или физиология на животните). Взаимодействайки си, двата модула трябва да откриват аномалии в растителността на земеделските култури или физиологията на животните. При откриване на аномалии PA трябва да информира фермерите и да им помогне при подготовката на превантивни, диагностични или компенсаторни дейности. Теоретичната основа за развитието на това подпространство е събитийният модел, според който различните селскостопански процеси могат да се моделират като последователност от събития.



Фигура 1. Архитектура на платформата ЗЕМЕЛА

*Подпространство на селското стопанство.* Това подпространство предоставя специализирани земеделски знания, данни и модели. Центърът ADK (Център за земеделски данни и знания) съхранява основни знания и данни, получени от сензорните мрежи, разположени във физическия свят. Интересуващите ни обекти се представят чрез техните присъщи атрибути (характеристики) и чрез техните пространствени, времеви или събитийни мета-характеристики. Специализираните за проблемната област знания се представя като семантични мрежи (онтологии), фреймови йерархии и правила. Статичните данни (номенклатури) се съхраняват в релационни бази данни и NoSQL. Центърът ADK също така предоставя инструменти за получаване, съхраняване и обработка на голям обем структурирани, полуструктурирани и неструктурирани данни за селското стопанство. Виртуализацията на физически „неща“, поддържана от

различни инструменти за моделиране, се извършва главно в това подпространство. В специализираната библиотека Agriculture Models Library се съхраняват модели на земеделски сценарии и процеси, които могат да бъдат изпълнени при вземане на решения. В момента подходът за моделиране е DEVS (Discrete Event Specification) [1], който предоставя общ формализъм за моделиране и симулация, базирани на динамични дискретни събития.

*Подпространство на гардовете.* Компонентите на това подпространство (наречени гардове) са действителния интерфейс между виртуалния и физическия свят. Гардовете служат за трансформиране и предаване на данни между двата свята. Физическият свят е мрежа от възли на IoT, която е в състояние да събира актуална информация за „ситуацията на място“, т.е. сензорни данни от наблюдаваните открити и затворени селскостопански площи (например оранжерии). С оглед на факта, че климатичните условия и теренът могат да бъдат много различни (особено на открити площи), е необходимо по-голямо разнообразие от видове устройства, които съставят сензорната мрежа. Поддържащата мрежа ще бъде изградена от взаимосвързани статични устройства като сензори, задвижващи механизми и контролери. Комуникацията между отделните IoT възли се осъществява главно в публичен интернет или частна LoRaWAN мрежа [2].

### Събитиеен модел

Поради това, че жизненият цикъл на персоналния асистент се основава на събития, тук ще даден кратък преглед на събитийния модел. Като събитие приемаме нещо, което се случва или се смята за случващо се на определено място и в даден интервал от време и което оказва влияние върху работата на платформата. В ЗЕМЕЛА, тъй като събитията могат да се случват както във физическия, така и във виртуалния свят, ние трябва да предложим общо символично представяне във виртуалния свят (т.е. събитията във физическия свят са виртуализирани). Намирането на подходяща презентация е предизвикателство поради голямото разнообразие от събития с техните специфики за интересуващата ни област. В модела на събитието са дефинирани две основни класификации. Първият използва йерархичен подход, при който събитията от по-високо ниво се третират като предварително определени от събития от по-ниско ниво. По този начин нашият модел на събития разграничава следните

три нива на събития:

*Основни събития* – обикновено това са атомарни събития, които могат да инициират различни събития в платформата и като такива обслужват предимно други събития (те приписват събития). Следните основни събития са твърдо дефинирани: дата, час, местоположение и (екстремални) стойности на сензорите. Поради особеностите на домейна, който представлява интерес, могат да бъдат посочени допълнителни основни събития. Този вид събития заемат най-ниското място в йерархията.

*Системни събития* – този тип събития представят различни събития в системната инфраструктура на платформата като генериране/премахване на динамични компоненти и изпращане/получаване на съобщения. Системните събития обикновено се използват за управление на взаимовръзката между личния асистент и другите компоненти на платформата. Този проблем ще бъде разгледан по-подробно по-долу.

*Домейн-събития* – представят събития, типични за интересуващата ни област и заемат третото най-високо ниво в йерархията на събитията.

Втората класификация е свързана с това как протичат събитията във времето. В този смисъл разграничаваме две големи групи събития: *планови* (тези събития се очакват и могат да се появят в определен момент (или интервал) във времето. Личният асистент обикновено работи с планирани събития) и *случайни* (събитията възникват случайно в определено време или интервал от време. Тези събития обикновено се идентифицират от Event Engine).

Между двете класификации съществува тясна зависимост (връзка). За да я разкрием ще разгледаме по-подробно базовите събития на модела:

- *Time* – най-общо времето може да бъде реално или относително, представено като часове, дни, месеци или години. Това събитие е основополагащо за работа с темпоралните аспекти на моделираните физически обекти, процеси или сценарии. Този тип събития обикновено са съставна част на плановите домейн-събития.
- *Location* – най-общо това базово събитие се използва за представян (моделиране) на пространствените аспекти на интересуващите ни физически обекти, процеси или сценарии. Евентуално

може да бъде съставна част на двата типа домейн-събития.

- *Extreme value* – този тип базови събития служат за идентифициране на неочаквано възникнали домейн-събития. Като такива те обикновено са съставна част на инцидентните домейн-събития.

## Персонален асистент

**Функции и обща характеристика на персоналните асистенти.** Персоналните асистенти са централен компонент на платформата ЗЕМЕЛА. Те управляват цялостното функциониране на платформата, като инициират изпълнението на поддържани от платформата процеси и сценарии. В допълнение към това персоналните асистенти осъществяват взаимодействие със земеделските оператори, използващи услугите на платформата. Нещо повече, чрез тях се предоставя единственият начин за достъп до ресурсите на ЗЕМЕЛА.

Платформата е замислена да бъде в помощ на различни специалисти, работещи в условията на интелигентно земеделие. Това ни мотивира да предложим референтна архитектура на асистент, която да може да се адаптира (персонализира) за конкретните специалисти.

Съхраняваните в платформата ЗЕМЕЛА фонове знания за домейна земеделие предоставят възможност за решаване на различни задачи на интелигентното земеделие. Всички решения изискват поддръжката на персоналния асистент. В първата версия задачата на асистента е да идентифицира и локализира аномалии при вегетация на селскостопанските култури. При откриване на такива той трябва да предприеме коригиращи действия, които могат да бъдат от генериране на предупреждения за потребителите до предлагане на планове за справяне с аномалиите.

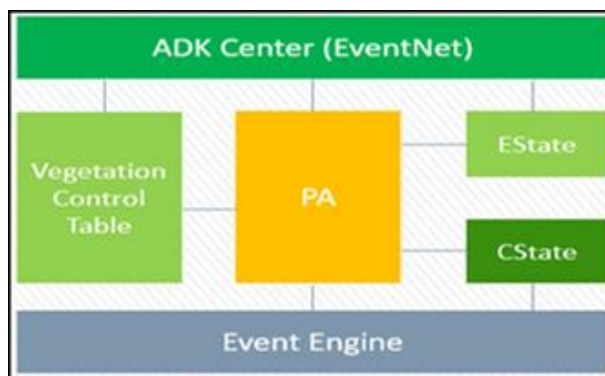
**Архитектура на референтен персонален асистент.** За да могат пълноценно да изпълняват задачите си предвиждаме да реализираме персоналните асистенти като интелигентни агенти с BDI архитектура [3]. При този тип агенти три ментални състояния играят съществена роля:

- B (Beliefs) – моделират представата на агента за заобикалящата го среда.
- D (Desires) – представят възможните опции (желания, намерения) на агента.
- I (Intentions) – моделират целите на агента. Обикновено това са твърдо избрани за постигане намерения на агента.

Съответно тази архитектура един агент се състои от два базови компонента:

- Обмисляне (deliberation) – този компонент, отчитайки менталните състояния на агента генерира като резултат актуална цел агента.
- Планировчик (means-ends-reasoning) – знаейки актуалната цел на агента, този компонент предлага план за нейното постигане.

BDI-агентите са реактивни (реагират на промени в околната си среда), проактивни (в зависимост от състоянието на околната среда могат да се самоактивират за постигане на актуалната си цел) и социални (могат да комуникират с други агенти посредством специализиран език).



Фигура 2. Обща архитектура на референтен персонален асистент

В този смисъл определяне на околната среда на персоналния асистент е от съществено значение. Възприемайки я асистентът я моделира като актуалното състояние на своята вяра (Beliefs). На фигура 2 е представена околната среда на референтен персонален асистент, която включва следните елементи, които ще наричаме артефакти.

- *Vegetation Control Table (VCT)* – основният артефакт, образуващ вярата на агента. Всеки запис във VCT представя определено планово домейн-събитие, моделиращо конкретен етап от вегетацията на наблюдаваната селскостопанска култура.
- *Expected State (EState)* – артефакт, който представя очакваното състояние на вегетацията на наблюдаваната култура.
- *Current State (CState)* – артефакт, който представя реалното състояние на вегетацията на наблюдаваната култура.

Намеренията (Desires) моделират възможностите на асистента или по-точно способността му да отработва различни ситуации. Типичните опции могат да бъдат напр., информиране, предупреждение, предотвратяване, реагиране на аномалия. Целите на агента се избират от неговите намерения в зависимост от идентифицираната ситуация.

**Жизнен цикъл на референтния персонален асистент.** Жизненият цикъл на референтния персонален асистент включва следните стъпки:

- *Адаптация* – тази стъпка е изключително важна за подготовка на асистента за наблюдение на конкретна земеделска култура. Понеже вегетацията на различните култури протича по различен начин, съответно кореспондиращото очаквано състояние, на този етап се инициализират двете структури VCT и EState за конкретния случай.
- За целта персоналният асистент иницира *взаимодействие с ADK Center* (там се съхраняват фоновите знания за етапите на вегетация и съответните състояния на различните селскостопански култури), откъдето извлича необходимите знания за генериране на началното съдържание на двете структури.
- *Идентифициране на аномалии във вегетацията на растенията* – на тази стъпка персоналният асистент внимава за появяване на аномалии във вегетацията на наблюдаваната култура. За целта той сравнява данните за очакваното състояние (EState) с тези за реалното (наблюдавано) състояние (CState). Данните в CState се добиват от източници извън персоналният асистент. Тези данни основно се получават от сензорните мрежи посредством гардовете и Event Engine. Други източници могат да бъдат преки наблюдения на земеделските специалисти или данни от специализирани лаборатории.
- *Действия за преодоляване на аномалии* – при откриване на аномалия персоналният асистент, в зависимост от наличните опции (Desires), предлага решение на проблема. Решение може да бъде генериране и изпращане на предупреждения към земеделските специалисти или предлагане на план за отстраняване на аномалията. За целта персоналният асистент поддържа библиотека с планове, от която той може да селектира (и параметризира)

приложим план. В някои случаи асистентът може да активира подходящ модел от AML – резултатите от моделирането могат да се използват за изготвяне на приложим план.

Персоналният асистент се имплементира като система, включваща множество агенти с BDI архитектура. Един от агентите оперира като потребителски интерфейс и е разгърнат (обикновено) върху мобилното устройство на потребителите. Останалите агенти са сървърни компоненти, изпълняващи различни функции за реализиране на представения по-горе жизнен цикъл.

Персоналният асистент се реализира в развойната среда JaCaMo [4]. JaCaMo е рамка за многоагентно програмиране, която съчетава три отделни технологии, всяка от които е добре позната сама по себе си и е разработвана в продължение на няколко години, така че са доста стабилни и напълно развити. JaCaMo е комбинация от Jason (за програмиране на автономни агенти), Cartago (за програмиране на артефакти на средата) и Moise (за програмиране на многоагентни организации), като по този начин покрива всички нива на абстракции, които са необходими за разработването на сложни мултиагентни системи.

### **Заклучение**

Оперирайки в платформата ЗЕМЕЛА персоналният асистент е предназначен да открива различни аномалии и да предлага решения за тяхното отстраняване. Разработваният в момента прототип се тества в рамките на конкретен сценарий – откриване на засушаване и предлагане на планове за поливане. Избрани са две конкретни важни за България селскостопански култури – зимна пшеница и домати.

### **Благодарности**

We acknowledge the provided access to the e-infrastructure of the Centre for Advanced Computing and Data Processing, with the financial support by the Grant No BG05M2OP001-1.001-0003, financed by the Science and Education for Smart Growth Operational Program (2014-2020) and co-financed by the European Union through the European structural and Investment funds and partially supported by the Scientific Research Fund under Grant No. KP-06-X36/2, project BG PLANTNET “Establishment of National Information Network GenBank – Plant genetic resources”.



## Литература

- [1] B. Zeigler, D. Kim, H. Praehofer, *Theory of modeling and simulation: Integrating Discrete Event and Continuous Complex Dynamic Systems*, Academic Press, 2000.
- [2] LoRaWAN, <https://lorawan-alliance.org/about-lorawan/>. Bejeck, W. 2018. *Kafka Streams in Action*, Manning Publications Co., ISBN: 9781617294471.
- [3] M. Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, Wiley, 2009.
- [4] O. Boissier, R. Bordim, J. Huebner, A. Rici, *Multi-Agent Oriented Programming. Multi-Agent Systems Using JaCaMo*, The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.

Иван Стоянов<sup>1,\*</sup>, Емил Дойчев<sup>2</sup>,

Атанас Дуковски<sup>3</sup>, Ласка Костадинова-Цанкова<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup> Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“

Факултет по математика и информатика,

бул. „България“ 236, Пловдив, България

<sup>1</sup> ИИКТ – Българска академия на науките, София, България

Автор за кореспонденция: [iitbf@abv.bg](mailto:iitbf@abv.bg)

## A PERSONAL ASSISTANT FOR SMART FARMING

Ivan Stoyanov, Emil Doychev, Atanas Doukovski,  
Laska Kostadinova-Tzankova

**Abstract.** *According the work plan of the national research program “Intelligent Agriculture”, the authors are developing a platform for intelligent agriculture called ZEMELA. The platform is implementing as a virtual-physical-social space, in which the active components are realized as intelligent agents. The article presents a personal assistant aiming to support farmers working with the platform. The personal assistant is a kernel component of the platform. Its main function is to identify and locate anomalies in the vegetation of agricultural crops and to propose solutions to overcome them. The agent implementation technology is also presented.*

**Key Words:** personal assistants, artificial intelligence, smart farming platforms.