

СПЕЦИАЛИЗИРАН ПЕРСОНАЛЕН АСИСТЕНТ НА РЪКОВОДИТЕЛЯ НА НАЦИОНАЛНАТА ГЕНБАНКА

**Боян Беличев, Иван Стоянов,
Венета Табакова-Комсалова, Станимир Стоянов**

Резюме. Националната генбанка на България е основана през 1984 г. с цел запазване на разнообразието от културни растителни видове и техните диви родственици. В момента в нея се съхраняват над 60 000 образци. В съответствие със стандартите на всеки 10 години образците подлежат на контролни проверки. Всяка контролна проверка е многоетапен процес, в който участват различни специалисти. Средно на месец се реализират около 6000 контролни проверки, което значително затруднява ръководителя на генбанката да следи и контролира тяхното изпълнение.

В тази статия е представен подход за изграждане на специализиран персонален асистент (SPA-GB), предназначен да оказва помощ на ръководителя на националната генбанка при управление на контролните проверки със съхраняваните образци. Мотивирана е необходимостта за разработване на SPA-GB като мултиагентна система. В статията са описани основните функции на асистента. Подробно е представена една първа версия на архитектурата на SPA-GB, включително нейните отделни компоненти.

Ключови думи: национална генбанка; растителни генетични ресурси; специализиран персонален асистент (СПА-ГБ); мултиагентна система; софтуерна имплементация.

Увод

Националната генбанка на България изпълнява стратегическата задача за поддържане на растителните генетични ресурси (РГР), които са критични за продоволствената сигурност, селскостопанските иновации и адаптацията към климатичните промени [1]. Принципите и изискванията за управление на РГР са регламентирани в международни стандарти, най-значими от които са Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture [2].

Националната генбанка на България съхранява над 60 000 образци от 33 семейства, 150 рода и 600 вида. Колекцията е публикувана в европейския каталог EURISCO, който служи като централизирана информационна система за растителни генетични ресурси в Европа [3]. Съгласно стандартите, семенните образци подлежат на периодични контролни проверки (КП), включващи оценка на жизнеността, количеството и необходимостта от регенерация [4]. В Националната генбанка месечно се извършват приблизително 6000 контролни проверки – процес, който е трудоемък и натоварващ за координация без автоматизирани средства.

Първата идея за създаване на СПА-ГБ е представена в [5]. Основните функции на асистента са следните: планиране и мониторинг в реално време на контролните проверки, автоматично откриване на аномалии, прогнозни анализи, мониторинг на условията в хладилните камери и генериране на отчети за ръководството на генбанката. В тази статия представяме архитектурата на СПА-ГБ, предназначена за *поддръжка на първата задача* – планиране и мониторинг на КП в реално време. Очакваме тази архитектура да бъде базова и последователно усъвършенствана и разширявана за решаване и на останалите задачи на асистента.

Актуално състояние на процеса на контролните проверки

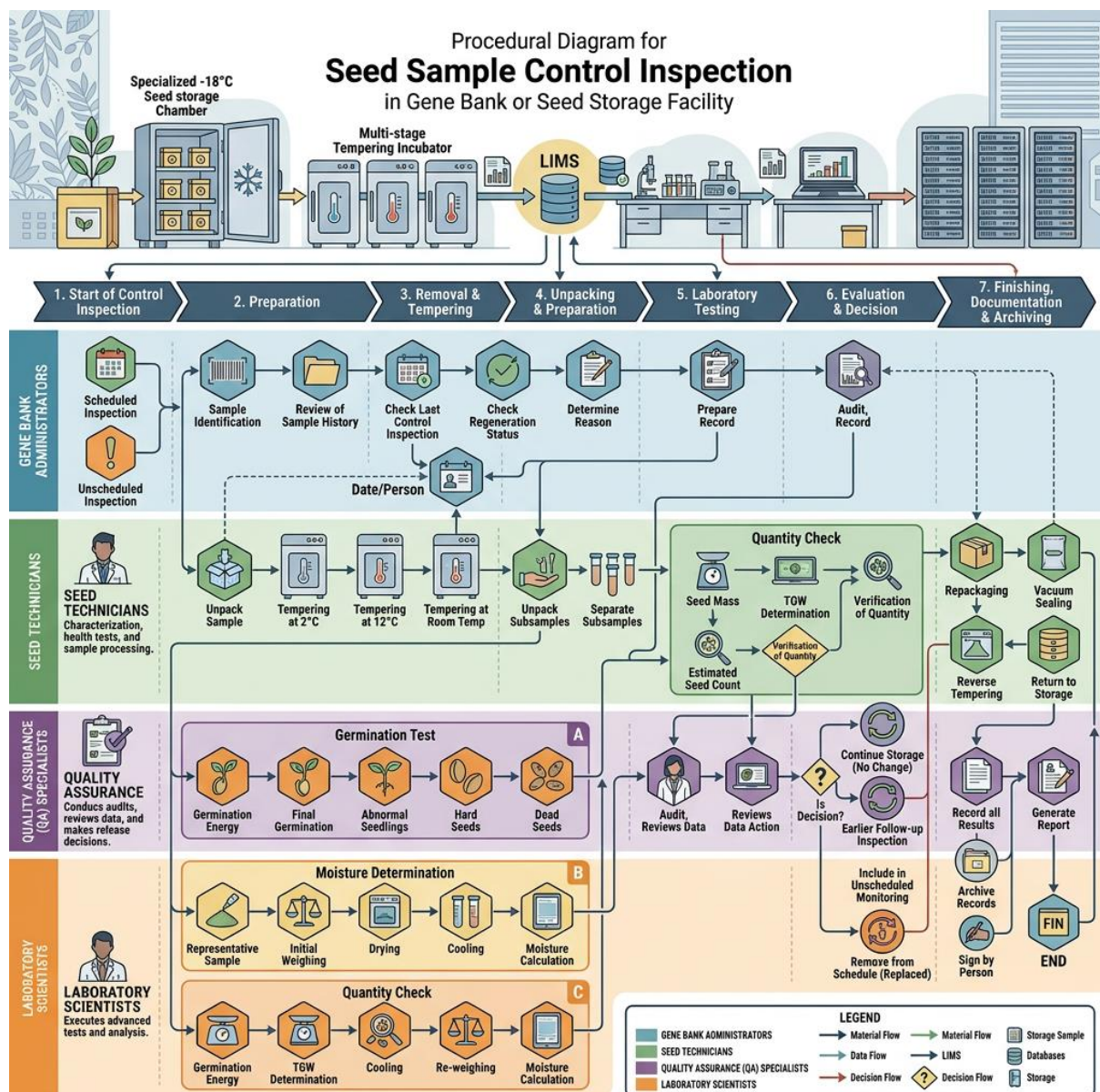
Физически една КП се извършва на отделни етапи в последователност както е показано на Фиг. 1. По време на проверката се извършват три основни теста – кълняемост, влага и проверка на количеството съхранявани семена. По време на другите етапи се извършват подготвителни или заключителни операции. Резултатите от тестовете се въвеждат ръчно в една обща електронна таблица. За осигуряване нормалното протичане на контролните проверки са обособени няколко отделни работни места за лаборанти.

Цялостният процес на реализиране на КП се контролира от ръководителя на генбанката. Поради необходимостта от извършване едновременно огромен брой проверки, всяка от които може да се намира на различен етап, той значително е затруднен да осъществява ефективен контрол. Поради тази причина решихме да разработим софтуерна система, подпомагаща работата на *ръководителя на генбанката*.

Архитектура на системата

Отчитайки реалното състояние, както и необходимостта за осигуряване ефективна поддръжка на ръководителя на генбанката, предлагаме софтуерната система да се разработи като персонален асистент, наречен SPA-GB (Specialized Personal Assistant for GeneBank). В

действителност асистентът се изгражда като мултиагентна система, съгласно предложената концепция, която ще представим накратко тук.



Фиг. 1. Физически процес на една КП

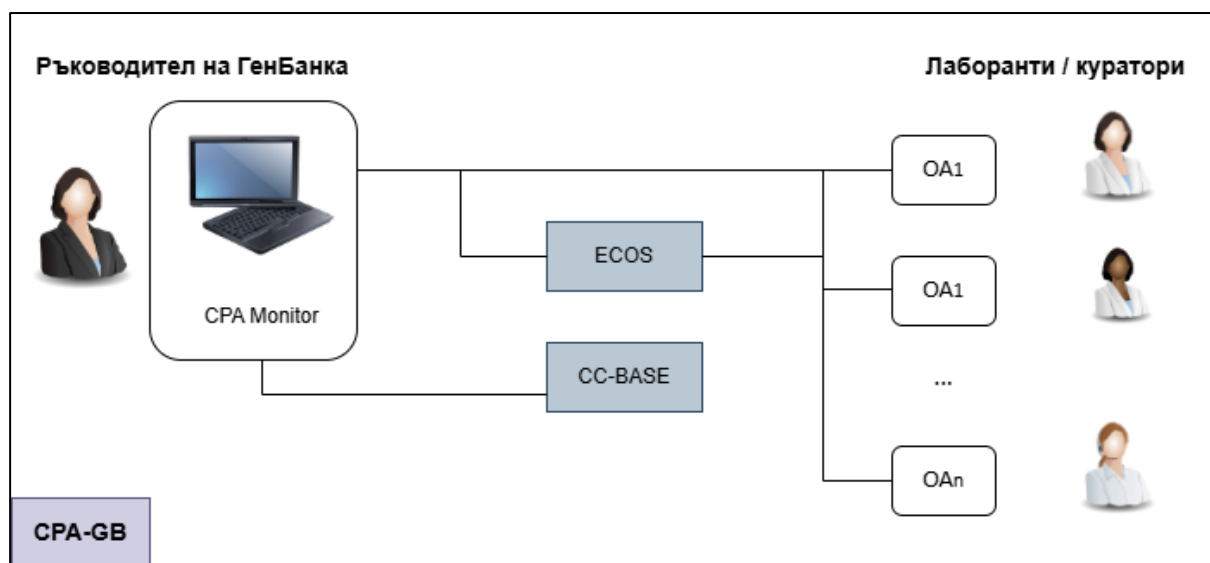
За да не е необходимо ръководителят на генбанката периодично да прави запитвания за протичане на КП, SPA-GB ще има стратегическа цел за „постоянен контрол на процеса на КП в реално време“. За постигане на тази цел той ще бъде имплементиран като компонент с проактивно поведение. Освен това, да е в състояние да осъществява реален контрол SPA-GB трябва да получава информация от отделните работни места за започване/завършване на съответните етапи на КП, както и за резултатите от тестовите. Генерирането на такива данни ще предизвиква събития в околната среда на асистента, на които той ще реагира, т.е. ще действа реактивно. SPA-GB ще бъде също социален за да е в състояние да

взаимодейства с другите агенти на семантично по-високо ниво (коопериране за постигане на общи цели, съвместно планиране).

Архитектурата на SPA-GB е представена на Фиг. 2. Накратко ще представим отделните модули на системата.

SPA-Monitor. Интелигентен агент, който управлява работата на системата. Анализирайки получената информация от оперативните асистенти (OA), той подготвя в реално време справки за протичане на контролните проверки, които се изпращат на ръководителя на генбанката. При успешно завършване на една КП агентът записва резултатите в CC-Base за постоянно съхранение. SPA-Monitor се разработва като BDI-агент [6]. Избрали сме BDI модела, понеже той ни доставя необходимата теоретична основа за изграждане на интелигентен асистент, способен ефективно да подпомага ръководителя на генбанката. Така SPA-Monitor е в състояние да работи в следните три режима:

- *Проактивен* – ежедневно, в началото на работния ден агентът се активира и изисква отчети от оперативните асистенти за състоянието на етапите на КП на техните работни места. Освен това, когато „прецени“, че е необходимо уведомяване на ръководителя на генбанката за започване/завършване на КП или установени отклонения той също се самоактивира.
- *Реактивен* – агентът е в състояние да реагира на различни промени в околната среда или да отговаря на въпроси (заявки) към него от ръководителя на генбанката.
- *Социален* – агентът може да взаимодейства с оперативните асистенти, използвайки стандартизирани протоколи за взаимодействие.



Фиг. 2. Обща архитектура на SPA-GB

OA (Operational Assistant). Оперативните асистенти са агенти, предназначени да подпомагат работата на SPA-Monitor. Разполагат се на работните места на лаборантите, участващи в проверките. Тези агенти изпращат към монитора резултатите от тестовете от съответното работно място и също различни метаданни (например начало и край на съответния етап). ОА асистентите се имплементират като реактивни агенти [7]. Тази архитектура е избрана за тези агенти понеже, обслужвайки съответните работни места те трябва да са в състояние да използват различни програмни инструменти (включително LLM).

ECOS (Event-driven Context-Oriented Server). Сървърът осигурява взаимодействието между агентите в системата, използвайки два протокола – A2A [8] и MCP [9]. В сървърното пространство всяка КП се представя като контекст. Един стандартен контекст има следната структура:

- ID – уникален идентификационен номер.
- TT (TimeTable) – очакван времеви график на извършване на КП.
- RC (Results Cach) – кеш за временно съхраняване на резултатите от КП.

Операциите с контекстите са следните:

- *generate(Context)* – когато съответният ОА докладва за започване на КП, тогава се генерира кореспондиращ контекст. В зависимост от вида на растението в контролирания образец се генерира TT и се инициализира RC.
- *remove(Context)* – когато съответният ОА докладва за завършване на КП и съдържанието на RC е записано в CC-Base, тогава контекста Context се премахва от ACP (Active Context Pool).
- *save(RC)* – когато съответният ОА докладва за завършване на КП и няма забелязани отклонения при извършването ѝ, тогава съдържанието на RC на Context се записва за постоянно съхранение в CC-Base.

За управление на активните контексти се поддържа пул на активните контексти, наречен ACP. Освен това, стартирането/окомплектоването на една КП се разпознават като определен тип събития. Това дава възможност сървърът лесно да се адаптира за различни приложения.

CC-Base (Control Check Base). Постоянно (дългосрочно) хранилище за резултатите от контролните проверки (вид архив). Реализирано е като релационна база данни.

Планирането на КП се извършва на два етапа:

- Генериране на глобално разписание – в края на определен период (например месец), SPA-GB генерира разписанието за извършване на КП за следващия период. За целта агентът селектира от CC-Base образците, подлежащи на проверка (последната КП е правена преди 10 години) през планирания период.
- Генериране на локално разписание за отделен образец – в контекста на образца се генерира ТТ в зависимост от вида на културата.

Реализация на системата

Реализацията на предложената архитектура на специализирания персонален асистент SPA-GB е осъществена чрез софтуерна система, базирана на събитийно-ориентиран модел и мултиагентен подход, при който отделните функционални компоненти са имплементирани като автономни агенти, взаимодействащи чрез унифицирана комуникационна среда. В основата на реализацията стои сървърният слой, реализиращ концепцията за ECOS (Event-driven Context-Oriented Server), който осигурява както механизма за обмен на събития, така и управлението на контекстите на контролните проверки.

Комуникацията между агентите е реализирана чрез централен EventBus, който имплементира publish/subscribe механизъм. Всеки агент може да публикува събития и да се абонира за определени типове събития, без да притежава директна зависимост от останалите агенти. Този подход съответства на концепцията за A2A (Agent-to-Agent) взаимодействие, при което комуникацията е индиректна и асинхронна, което позволява висока степен на слаба свързаност и разширяемост. Форматът и семантиката на обменяните съобщения следват принципите на MCP (Model Context Protocol), като всяко събитие съдържа контекстна информация, необходима за правилното му интерпретиране.

Контекстният модел е реализиран чрез компонент ContextManager, който поддържа активните контексти на текущите контролни проверки. Всеки контекст съдържа идентификатор, времеви график (TimeTable) и кеш за резултати (Results Cache), който се актуализира постепенно по време на изпълнението на проверката. Контекстите се създават динамично при стартиране на нова контролна проверка чрез събитие от типа CONTEXT_GENERATE и се съхраняват в пул от активни контексти. При приключване на проверката съответният контекст се премахва, което маркира края на неговия жизнен цикъл.

Централният компонент на системата – SPA-Monitor – е реализиран като BDI агент, който изпълнява ролята на интелигентен координиращ модул. Неговите beliefs са реализирани като вътрешни структури от данни,

съдържащи информация за активните контексти, исторически данни и дефинирани прагове за валидност. Тези данни се инициализират чрез извличане от базата данни и се актуализират динамично при всяко получено събитие. Desires на агента са дефинирани като набор от цели, включително мониторинг в реално време, откриване на аномалии и гарантиране на коректно приключване на проверките. Реализацията на intentions се осъществява чрез обработчиците на събития и основния изпълнителен цикъл, в който агентът извършва периодичен анализ на активните контексти. При получаване на събитие за създаване на контекст, SPA-Monitor регистрира новия контекст в своите beliefs и започва неговото наблюдение. При всяка актуализация на контекста агентът извлича текущото му състояние от ContextManager и го подлага на анализ чрез интегриран модул за детекция на аномалии. Този модул проверява стойностите на резултатите спрямо предварително дефинирани прагове и при установяване на отклонения генерира съответни събития. Освен това агентът изпълнява проактивен мониторинг за закъснения, като сравнява реалното време на изпълнение с очаквания времеви график.

Оперативните агенти (OA) са реализирани като реактивни компоненти, които обслужват отделните етапи на контролната проверка. Всеки от тях е специализиран за конкретна функционалност и реагира на събития от потребителския интерфейс. Например, агентът за стартиране (OA-Start) трансформира потребителската заявка в събития за създаване на контекст и начало на проверката. Агентите за тестове (OA-Germination, OA-Moisture, OA-Quantity) обработват резултатите от съответните измервания и ги публикуват като събития за актуализация на контекста. Тези агенти не притежават глобално знание за системата и не извършват сложна логика, а действат като източници на структурирани данни.

Агентът за метаданни (OA-Meta) реализира проследимостта на процеса чрез събиране на времеви маркери за различните етапи на проверката. Тези данни се използват както за анализ на ефективността, така и за подпомагане на BDI агента при откриване на закъснения. Финализиращият агент (OA-Finalization) агрегира резултатите от отделните тестове и инициира процеса по приключване на контекста, включително запис в базата данни и генериране на събития за завършване.

Персистентният слой (CC-Base) е реализиран като релационна база данни, до която се осъществява достъп чрез специализирани функции за запис и извличане на данни. При успешно валидиране на контекст от страна на SPA-Monitor резултатите се записват в базата, като се поддържа последователна номерация на контролните проверки за всеки образец.

В резултат на тази реализация се постига ефективна интеграция между реактивни и интелигентни компоненти, при която събирането на данни,

тяхната обработка и вземането на решения са ясно разграничени. Системата демонстрира висока степен на модулност и разширяемост, което позволява бъдещо надграждане с допълнителни аналитични и прогнозни функционалности.

Заклучение

В статията е представена базова версия на архитектурата на интелигентна система, наречена SPA-GB, предназначена да подпомага работата на ръководителя на националната генбанка при управление и мониторинг на контролни проверки. Предстои разширяване на базовата архитектура, така че асистентът да подпомага ръководителя също при *подготовка на анализи и прогнози*.

Благодарности

Това изследване е проведено в рамките на проекта IS-PGR-SADOVO „Интелигентна система за управление на българския растителен генофонд, съхраняван в генбанката на ИРГР-Садово“, с финансовата подкрепа на Министерството на образованието и науката, договор № КП-06-Н86/9/09.12.2024 г. на Националния фонд за научни изследвания на България.

Литература

- [1] J. Engels, A guide to effective management of germplasm collections, *Bioversity International*, 2003, No. 6, ISBN: 92-9043-582-8
- [2] FAO Genebank Standards, 2014, <https://chatgpt.com/c/69295049-c19c-8325-b763-8910c9250ee6#:~:text=https%3A/www.fao.org/3/i3704e/i3704e.pdf>
- [3] M. de Vicente, T. Metz, A. Alercia, Descriptors for genetic markers technologies, *International Plant Genetic Resources Institute*, 2004, 30 p., ISBN: 978-92-9043-618-8
- [4] C. Walters, Orthodoxy, recalcitrance and in-between: describing variation in seed storage characteristics using threshold responses to water loss, *Planta*, 2015, 242, 397–406, <https://doi.org/10.1007/s00425-015-2312-6>
- [5] С. Стоянов, Б. Беличев, В. Табакова-Комсалова, И. Стоянов, Л. Костадинова-Цанкова, МОНИТОРИНГ В НАЦИОНАЛНАТА ГЕНБАНКА, *Proc. of International Scientific Conference “Informatics, Mathematics, Education and Their Applications”*, IMEA’2025, 25 – 27 Nov 2025, Pamporovo, Bulgaria, Plovdiv University Press, <https://imea.fmi-plovdiv.org/section-b-informatics/>

- [6] M. Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, Wiley, 2009, 488 pages, ISBN: 978-0-470-51946-2
- [7] M. Albada, *Building Applications with AI Agents*, O'Reilly, 2025, ISBN: 978-1-098-17650-1
- [8] Agent2Agent (A2A) Protocol, <https://a2a-protocol.org/latest/>
- [9] Model Context Protocol, <https://modelcontextprotocol.io/docs/getting-started/intro>

Боян Беличев¹, Иван Стоянов²,

Венета Табакова-Комсалова^{1, 2, *} Станимир Стоянов^{1, 2}

¹ Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“

Факултет по математика и информатика

бул. „България“ № 236, 4027 Пловдив, България

² Институт по информационни и комуникационни технологии,

БАН, София, България

Автор за кореспонденция: v.komsalova@uni-plovdiv.bg

SPECIALIZED PERSONAL ASSISTANT TO THE HEAD OF THE NATIONAL GENBANK

**Boyan Belichev, Ivan Stoyanov,
Veneta Tabakova-Komsalova, Stanimir Stoyanov**

Abstract. The National Gene Bank, which is part of Bulgaria's national security, was founded in 1984 with the aim of preserving the diversity of cultivated plant species and their wild relatives. It currently stores over 60,000 samples. In accordance with standards, the samples are subject to control checks every 10 years. Each control check is a multi-stage process involving various specialists. On average, about 6,000 control checks are carried out per month, which makes it very difficult for the head of the gene bank to monitor and control their implementation.

This article presents an approach for building a specialized personal assistant (SPA-GB) designed to assist the manager of the national gene bank in managing control checks on stored samples. The need to develop SPA-GB as a multi-agent system is justified. The article describes the main functions

of the assistant. A first version of the SPA-GB architecture, including its individual components, is presented in more detail. The program implementation of the SPA-GB is also discussed.

Key Words: *National gene bank; plant genetic resources; specialized personal assistant (SPA-GB); multi-agent system; software implementation.*