

## МОНИТОРИНГ В НАЦИОНАЛНАТА ГЕНБАНКА

Станимир Стоянов, Боян Беличев, Венета Табакова-Комсалова,  
Иван Стоянов, Ласка Костадинова-Цанкова

*Резюме.* В настоящата статия се представя първата версия на специализиран персонален асистент, предназначен да подпомага ръководителя на Националната генбанка на България в управлението на контролните проверки и условията на съхранение. Националната генбанка, основана през 1984 г., представлява ключов елемент от националната сигурност на страната и има за основна цел опазването на генетичното разнообразие на културните растителни видове и техните диви сродници. В колекцията се съхраняват над 60 000 образци, от които 43 147 при условия за дългосрочно съхранение. Базовата колекция включва 33 семейства, 150 рода и 600 вида, което прави генбанката най-голямата на Балканския полуостров. Данните за колекциите се публикуват в Европейския електронен каталог EURISCO.

Съгласно международните стандарти образците подлежат на контролни проверки през интервал от 10 години. Тъй като всяка проверка представлява многоетапен процес, включващ различни специалисти, а месечно се изпълняват приблизително 6000 проверки, наблюдението и оценката на състоянието на колекцията представляват значително предизвикателство. Разработваният персонален асистент (СПА-ГБ) цели да осигури автоматизиран мониторинг на паралелно протичащите контроли, да предоставя своевременни предупреждения, да анализира данни извън работно време, както и да следи параметрите в хладилните хранилища чрез интеграция със сензорната мрежа.

**Ключови думи:** национална генбанка, мониторинг, персонален асистент, контролни проверки, управление на данни, дигитализация в аграрния сектор.

### Въведение

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, включващи оценка на жизнеността, количеството и необходимостта от регенерация [4, 5]. В Националната генбанка месечно се извършват приблизително 6000 контролни проверки – процес, който е трудоемък и натоварващ за координация без автоматизирани средства.

Тази статия представя разработването на **Специализиран Персонален Асистент за Генбанки (СПА-ГБ)** – интелигентна система, която подпомага ръководството чрез автоматизация на мониторинга, анализ и прогнозиране.

### Цел и функции на СПА-ГБ

Основната цел на СПА-ГБ е да подобри ефективността на управлението на контролните проверки и да намали риска от пропуски в поддръжката на генетичните ресурси, като неговите ключови функционалности включват:

- Планиране на контролните проверки според стандартните десетгодишни цикли.
- Мониторинг в реално време на статуса на паралелно изпълняваните проверки.
- Автоматично откриване на аномалии, включително спад в жизнеността и критични нива на запасите.
- Прогнозни анализи, подпомогнати от техники за машинно учене (ML) и големи езикови модели (LLM).
- Мониторинг на условията в хладилните камери, включително температурни отклонения.
- Генериране на отчети за ръководството на генбанката.

Жизнеността на семената неизбежно намалява с течение на времето, дори при оптимални условия, поради което периодичните проверки (Фиг. 1) са критични за поддържането на колекцията. Извеждането на материал за изследвания, обмен или разпространение допълнително редуцира наличните количества.



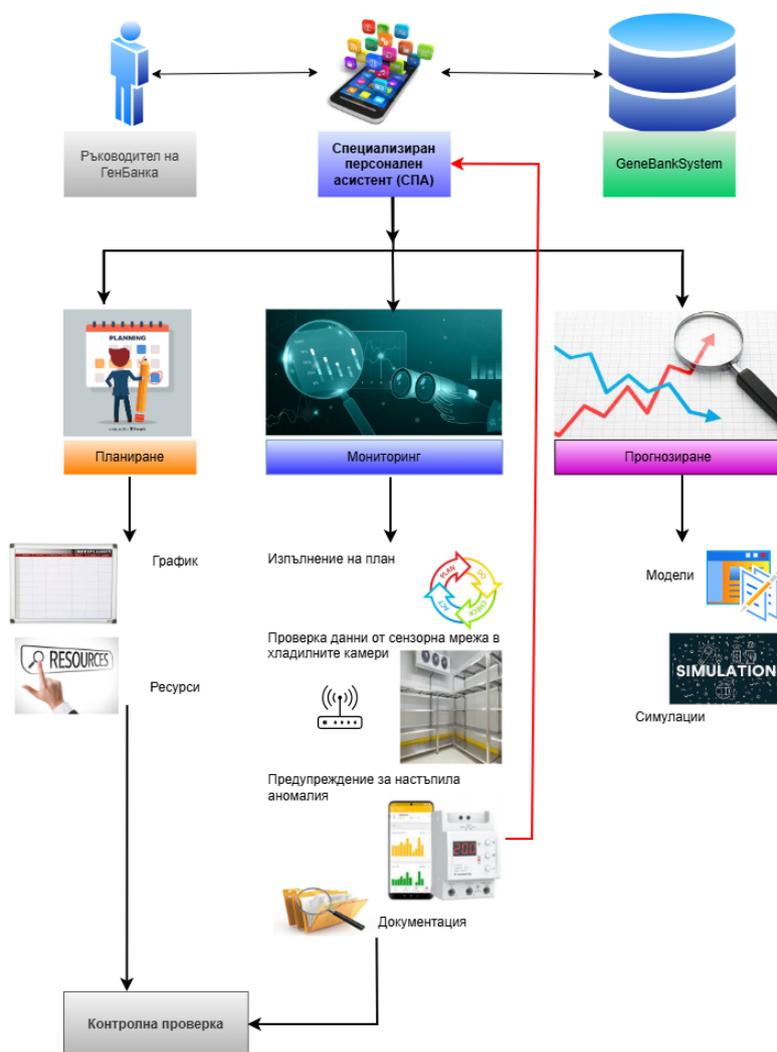
Фигура 1. Процес на контролна проверка

## Архитектура и технология на изпълнение

В оперативен режим (например ежедневно в рамките на работното време) СПА-ГБ осъществява мониторинг върху изпълнението на активните контролни проверки и съответните им планове (Фиг. 2). В хода на текущия контрол СПА, при необходимост, взаимодейства с лаборантите или с ръководителя на генбанката, както и извлича оперативни данни от различни хранилища (бази данни, онтологии). В оперативен режим (например нощем или извън стандартното работно време) СПА извършва анализ на резултатите от проверките, локализира и идентифицира отклонения или аномалии (Фиг. 3), както и подготвя обобщени сведения, синтезиращи резултатите от тези анализи.

СПА-БГ се реализира като хибридна мултиагентна система [5], включваща два типа агенти (активни компоненти): VDI-агенти [6] и ReAct-агенти [7]. Тя разполага с интерфейси за извличане на необходимите данни от специализираната за генбанката онтология и от специализираната база данни. Използва LLM за самообучение, като осъществява добив на съществуващи и нови знания от външни източници (налични и новопоявяващи се публика-

ции по темата), които са особено важни за дейности, свързани с оценяване и прогнозиране.



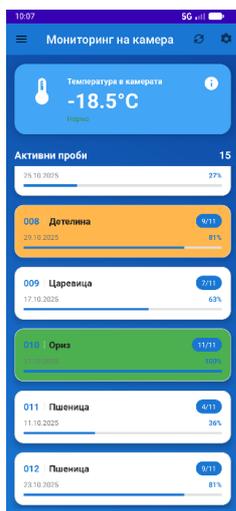
Фигура 2. Технология на изпълнение

Компонентите на мулти-агентната система са следните (Фиг.4): сървърна многоагентна платформа, мобилен клиент (Android/Kotlin), централизиран източници на данни - онтология, база данни, научни публикации, LLM-интеграция за разсъждение, анализ и синтез на знания.

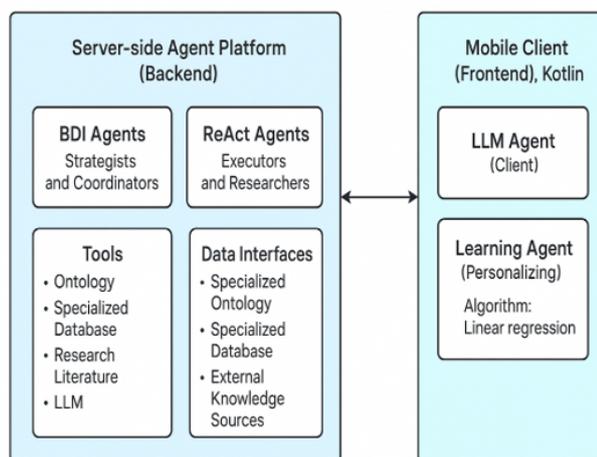
**BDI агентите** управляват целите, планирането и координацията. Те преобразуват потребителските заявки в последователност от подзадачи, разпределяни към ReAct агенти. Предимствата на BDI-подхода включват адаптивност, логическа прозрачност и възможност за сложни стратегии на поведение.

**ReAct агентите** изпълняват набор от специализирани операции, които подпомагат цялостния интелигентен процес по обработка и анализ на инфор-

мация. Те отговарят за извличането на данни от онтологията, разработена по стандарта OWL, като използват формализирани описания на таксономични, биологични и технологични концепции. Благодарение на това се осигурява строго структурирано знание, съобразено с препоръките за информационни системи при управление на генетични ресурси.



Фигура 3. Примерен отчет



Фигура 4. Компоненти на мулти-агентната система

Освен работа с онтологичните модели, агентите осъществяват достъп до различни бази данни, от които извличат количествени и качествени параметри, необходими за изграждане на точни и надеждни анализи. Допълнително те извършват проверки в актуалната научна литература, което позволява интегриране на последните научни резултати и тенденции. В своята работа ReAct агентите използват и LLM-подпомогнати механизми за анализ и дедукция, което им дава възможност да интерпретират данните в по-широк контекст и да генерират по-сложни заключения.

**Онтологията** и базите данни изграждат основния слой със знания на системата. OWL онтологията представлява строго формализирана структура, описваща отношения между ключови концепции и позволяваща на агентите да извършват семантично търсене и логически изводи [3]. Базите данни осигуряват емпиричната част от информацията и се комбинират с онтологичните модели, за да се постигне по-висока достоверност и изчерпателност на получените резултати.

**Интеграцията с голям езиков модел** добавя още едно ниво на интелигентност в системата. LLM модулите обобщават съдържанието на научни публикации, формулират препоръки на база извлечените данни, извършват логически анализ и подпомагат изграждането на прогностични модели. Тях-

ната работа се основава на съвременни методи за симулиране на агенти [8], описани в актуалната научна литература, което гарантира гъвкавост, адаптивност и способност за работа с комплексни данни от различни източници.

**Клиентската част** е реализирана като мобилно приложение за Android, разработено на Kotlin, което служи като основен интерфейс между системата и ръководителя на генбанката. Чрез него потребителят получава в реално време актуална информация за състоянието на ресурсите, достъп до динамични отчети и автоматични уведомления при възникване на важни събития или отклонения. Приложението е проектирано така, че да осигурява интуитивно взаимодействие, висока достъпност и бърза реакция към входящите данни, като едновременно с това позволява персонализирано изживяване. В мобилното приложение е интегриран локален Learning Agent, който разчита на лек машинно-обучаващ се модел. Този агент анализира поведението на потребителя, предпочитанията му и контекста на извършваните операции, за да предоставя по-прецизни и адаптирани препоръки. По този начин интерфейсът не само информира, но и активно подпомага процесите по вземане на решения, като адаптира съдържанието и сигналите към нуждите на конкретния ръководител и спецификите на генбанката.

### **Процес на обработка на заявка**

Процесът на обработка на заявката започва с изпращането ѝ от потребителя чрез мобилното приложение, откъдето тя се предава към сървърната платформа за последваща обработка. В сървъра VDI агентът формулира основната цел, изготвя план от подзадачи и ги разпределя между различните специализирани компоненти. След това ReAct агентите пристъпват към събиране на необходимата информация, като извличат релевантни данни от онтологични модели, налични бази данни и научната литература. Получените резултати се синтезират и структурират, след което LLM модулите разширяват анализа, добавят контекст и извършват по-задълбочена интерпретация. Накрая системата оформя окончателния отговор и го изпраща обратно към потребителя чрез мобилното приложение.

### **Заклучение**

Представеният Специализиран Персонален Асистент предлага интегриран подход към автоматизацията на контролните проверки и мониторинга в Националната генбанка на България. Чрез комбинация от многоагентна архитектура, онтологично моделиране, сензорна интеграция и LLM технологии, системата осигурява ефективни механизми за анализ, прогнозиране и вземане на решения. Очаква се внедряването на СПА-ГБ да доведе до: повишаване

на точността и ефективността на проверките; намаляване на административната натовареност; подобрена реакция при критични промени в условията на съхранение; по-добро стратегическо планиране на регенерационните дейности. Бъдещите разработки ще включват разширяване на прогностичните модели, интегриране на федерирано обучение и възможна връзка с международни системи за обмен на растителни генетични ресурси.

### 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. No. 6*, Bioversity International, 2003, 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*, 2024, 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] M. Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, Wiley, ISBN: 978-0-470-51946-2, June 2009, 488 pages
- [6] A. Rao, M. Georgeff, BDI agents: From theory to practice, *Proc. of ICMAS*, 1995, vol. 95, pp. 312–319
- [7] S. Yao, J. Zhao, D. Yu, N. Du, I. Shafran, K. Narasimhan, Y. Cao, ReAct: Synergizing Reasoning and Acting in Language Models, *Computer Science - Computation and Language*, 2023, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.03629>
- [8] J. Park, J. O'Brien, C. Cai, M. Morris, P. Liang, M. Bernstein, Generative Agents: Interactive Simulacra of Human Behavior, *Computer Science - Computation and Language*, 2023, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.03442>

Станимир Стоянов<sup>1,2</sup>, Боян Беличев<sup>1</sup>, Венета Табакова-Комсалова<sup>1,2</sup>,  
Иван Стоянов<sup>2</sup>, Ласка Костадинова-Цанкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“

Факултет по Математика и информатика

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

<sup>2</sup> Институт по информационни и комуникационни технологии, БАН Автор за  
кореспонденция: v.komsalova@uni-plovdiv.bg

## MONITORING IN THE NATIONAL GENE BANK

Stanimir Stoyanov, Boyan Belichev, Veneta Tabakova-Komsalova,  
Ivan Stoyanov, Laska Kostadinova-Tsankova

**Abstract.** *This article presents the first version of a personal assistant specialized in supporting the work of the head of the national gene bank. 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. Currently, it stores over 60,000 samples, 43,147 of which are under long-term storage conditions. The base collection consists of 33 families, 150 genera, and 600 plant species. The gene bank is the largest on the Balkan Peninsula. The collection maintained in the National Gene Bank is published in the European electronic catalogue of plant genetic resources EURISCO.*

*In accordance with the 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. The huge number makes it very difficult for the gene bank manager to monitor and control the implementation of the controls. To assist him, we are developing a specialized personal assistant that will monitor the parallel checks and prepare the necessary information and warnings for the gene bank manager. In addition, the assistant will monitor the conditions in the bank's cold storage rooms, for which purpose a suitable interface is being developed to extract data from the sensor network installed in the bank.*

**Key words:** National Gene Bank, Monitoring, Personal Assistant, Control Checks, Data Management, Digitization in the Agricultural Sector.