

Агрокультура 4.0: синергия системы - систем, онтологии, интернета вещей и космических технологий

В.П.Куприяновский, Ю.П.Липунцов, О.В. Гринько, Д.Е.Намиот

Аннотация— В статье рассматриваются вопросы, связанные с цифровым сельским хозяйством. В первой части работы рассматриваются базовые технологии, обеспечивающие точное земледелие. В первую очередь, к ним относятся навигационные системы и беспилотные летательные аппараты. Далее речь идет о системах автоматического управления. В статье приводится обзор большого количества проектов ЕС, обеспечивающих поддержку точного земледелия. В частности, в работе рассматривается европейский проект Internet of Food & Farm 2020 (IoF2020), который исследует потенциал технологий Интернета Вещей для европейской пищевой и сельскохозяйственной промышленности. Этот проект ставит своей целью сделать точное фермерство реальностью, а также сделать жизненно важный шаг к созданию более устойчивой цепочки добавленной стоимости. С помощью технологий Интернета Вещей ожидается получение более высоких урожаев и более качественная продукция. Использование пестицидов и удобрений снизится, а общая эффективность будет оптимизирована. Технологии Интернета Вещей также обеспечивают лучшую прослеживаемость пищевых продуктов, что приводит к повышению безопасности пищевых продуктов.

Ключевые слова—digital agriculture, internet of food and farm.

I. ВВЕДЕНИЕ. О ТЕРМИНОЛОГИИ И РОЛЯХ

Сегодня многое происходит на уровне понятий смешанных между отраслями ранее, казалось бы, навсегда разделенными между собой, происходит рождение новых понятий и терминов, прекращение использование старых. Возможно, так сегодня происходит с очень интересным понятием точное сельское хозяйство. Точные сельское хозяйство, претензионное земледелие, фермерство с помощью спутников (satellite farming) или управление конкретными культурами (SSCM) - концепция

управления фермерством, основанная на наблюдении, измерении и реагировании на меж- и внутри полевую изменчивость в культурах. Целью точных исследований в области сельского хозяйства является определение системы поддержки принятия решений (DSS) для управления всей фермой с целью оптимизации отдачи на входе при сохранении ресурсов. [1,2,3]. Начавшись с полеводства, подход расширился на садоводство, животноводство и стал применяться в биоэкономике достаточно широко.

Среди этих многих подходов в точном сельском хозяйстве есть фито-геоморфологический подход, который связывает многолетнюю стабильность / характеристики роста растений с атрибутами топологической местности. Интерес к фито-геоморфологическому подходу связан с тем, что компонент геоморфологии обычно диктует гидрологию поля фермы [4,5].

Практика точного земледелия начала активно развиваться благодаря появлению GPS и GNSS. Способность фермера и / или исследователя определять свое точное положение в поле позволяет создавать карты пространственной изменчивости как можно большего числа переменных (например, урожайность, особенности местности / топография, содержание органического вещества, уровень влажности, уровни азота, pH, EC, Mg, K и другие) [6]. Аналогичные данные собираются с помощью сенсорных массивов, установленных на оборудованных GPS тракторах, комбайнах и другой технике. Эти массивы состоят из датчиков реального времени, которые измеряют все, от уровня хлорофилла до состояния воды, наряду с мультиспектральными изображениями [7]. Эти данные используются в сочетании со спутниковыми изображениями с использованием различных ранжированных технологии (VRT), включая сеялки, распылители и т. д. для оптимального распределения ресурсов.

Прецизионное сельское хозяйство также было обеспечено беспилотными летательными аппаратами, такими как DJI Phantom, которые относительно недороги и могут управляться начинающими пилотами. Эти сельскохозяйственные дроны могут быть оснащены гиперспектральными или RGB-камерами для захвата многих изображений поля, которые могут быть

Статья получена 27 сентября 2018.

В.П.Куприяновский - Национальный центр компетенций в области цифровой экономики, МГУ имени М.В. Ломоносова; Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (e-mail: vpkupriyanovsky@gmail.com)

Ю.П.Липунцов - МГУ имени М.В. Ломоносова (email: lipuntsov@econ.msu.ru)

О.В. Гринько - ООО "Т-Система" (email: gov@t-systema.com)

Д.Е. Намиот - МГУ имени М.В. Ломоносова; РУТ (МИИТ) (e-mail: dnamiot@gmail.com).

обработаны с использованием фотограмметрических методов для создания ортофотоснимков и карт NDVI [8].

Точное земледелие является ключевым компонентом третьей волны современных сельскохозяйственных революций. Первая сельскохозяйственная революция произошла во время появления более высокой механизации с 1900 по 1930 год. Каждый фермер производил достаточно продовольствия, чтобы накормить около 26 человек за это время [9]. 1990-е годы вызвали «зеленую революцию» новыми методами генетической модификации, что привело к тому, что каждый фермер кормил около 155 человек [9]. Ожидается, что к 2050 году мировое население достигнет 9,6 млрд. человек, а производство продуктов питания должно эффективно удвоиться с нынешних уровней, чтобы кормить каждый рот. Благодаря новым технологическим достижениям в сельскохозяйственной революции точного земледелия каждый фермер сможет накормить 265 человек на одной площади. [9]

Европейское агентство по глобальным навигационным спутниковым системам (Европейское агентство GNSS, GSA, ранее Европейский надзорный орган GNSS) является органом Европейского союза (ЕС), целью которого является обеспечение надлежащей защиты основных общественных интересов и их представление в связи со спутниковыми навигационными программами объединение: Галилео (Galileo) и Европейской геостационарной службой навигации (EGNOS). Цель первого - обеспечить современную европейскую альтернативу установленной американской системе GPS. Основанное в 2004 году и находящаяся в Праге, Чешская Республика с 1 сентября 2012 года, агентство отвечает за управление и контроль за использованием средств программы. Это, как считается, поможет Европейской комиссии решить любые вопросы, связанные со спутниковой радионавигацией. В июне 2018 года Европейская комиссия предложила, чтобы агентство было преобразовано в Агентство ЕС по космической программе с надзором за космической ситуационной осведомленностью, объединенная система которого

называется EGNSS.

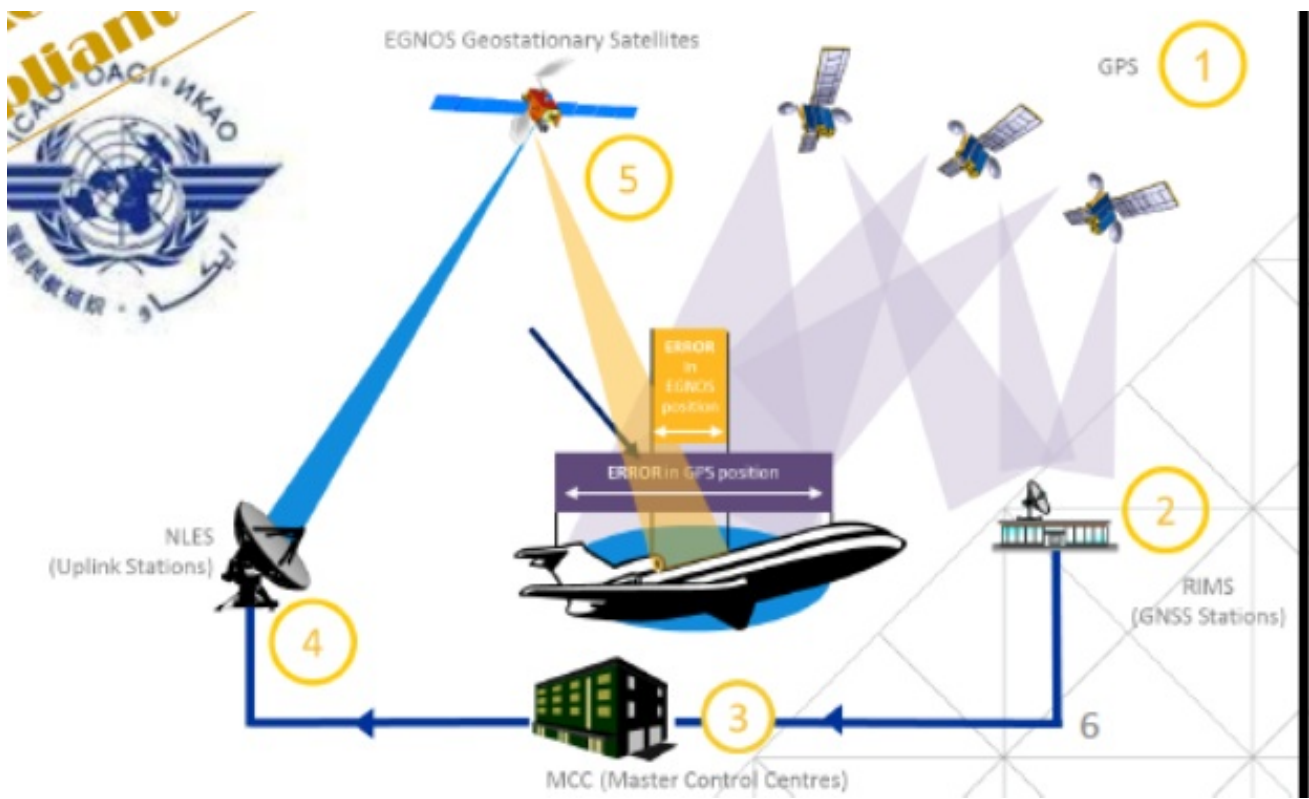
Одной из причин этого преобразования стал быстрый рост приложений EGNSS в точном сельском хозяйстве [10], одном из старейших космических рынков Европы и разработка, интеграция, тестирование и демонстрации компонентов аппаратного обеспечения, программного обеспечения или прошивки на технологиях для устройств премиум-класса массового рынка GNSS, Internet of Things и иных приложениях массового рынка, основанных на программах фундаментальных элементов (FE) и положительных результатах текущих проектов FE: FANTASTIC, ESCAPE, PATROL и EDG2E. EGNSS увеличивает возможности европейского сигнала GPS L1 по региону ECAC, повышает производительность этой системы GPS, что крайне важно для безопасности критических приложений (повышает точность, обеспечивает целостность и показатели доверия к навигационной информации (включая оповещения) на базе чего строятся услуги EGNOS).

Точное земледелие - это высокоэффективная стратегия ведения сельского хозяйства, которая увеличивает урожайность и производительность, снижая затраты и минимизирует воздействия на окружающую среду. Поскольку расходы постоянно растут и требования к качеству окружающей среды увеличиваются, эффективные и устойчивые фермерские решения нужны сегодня как никогда. Традиционным барьером для точного сельского хозяйства были значительные инвестиции в оборудование, а также дорогостоящие текущие подписки на получение информации и сервисов.

Наглядная связь EGNSS и точного сельского хозяйства показана на рисунке 1, более точная архитектура EGNSS приведена на рисунке 2. Так как успешность работы системы EGNSS базируется в значительной мере на наземной сети EGNSS, то к концу года ожидается практическое удвоение этой сети (рисунок 3), и система EGNOS уже сертифицирована ИКАО для управления полетами самолетов.



Рис. 1. Схема работы точного сельского хозяйства с использованием спутников (источник - Symposium Food for Future, Wageningen, June 22, 2018)



(источник – GSA)

Рис. 2. Архитектура системы EGNOS и EGNSS.

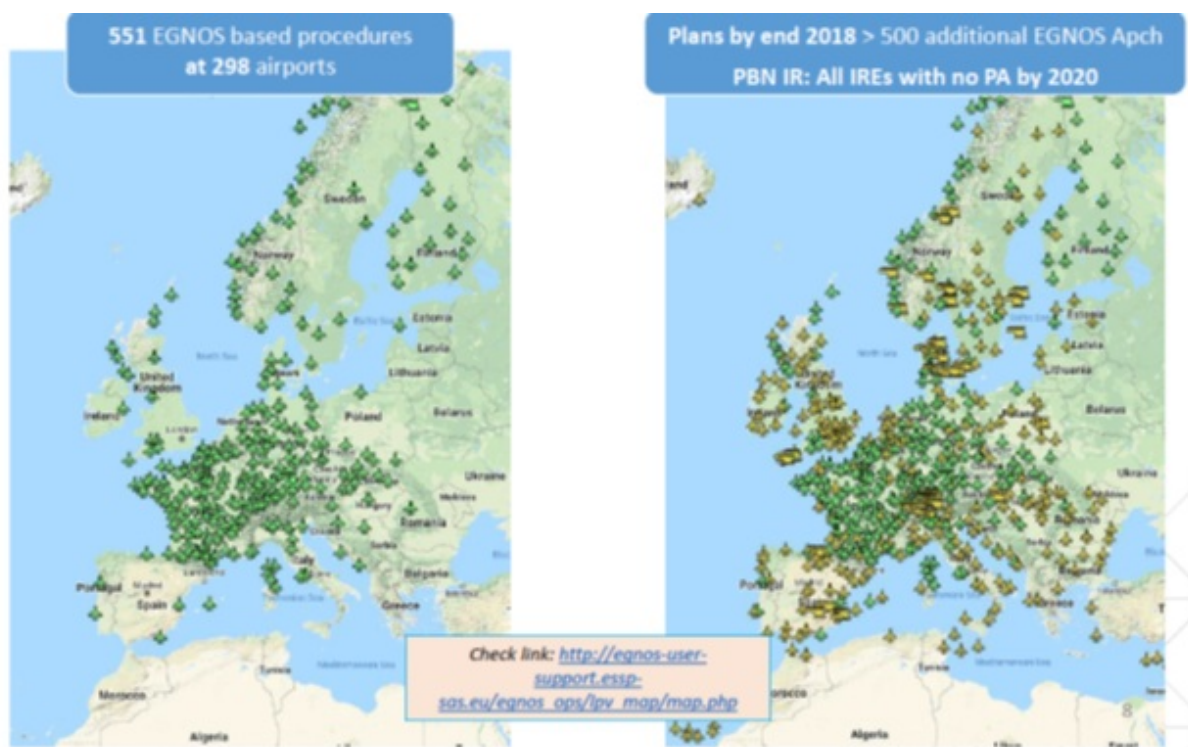


Рис. 3. Быстрое развертывание наземной части EGNSS .
(источник – GSA)

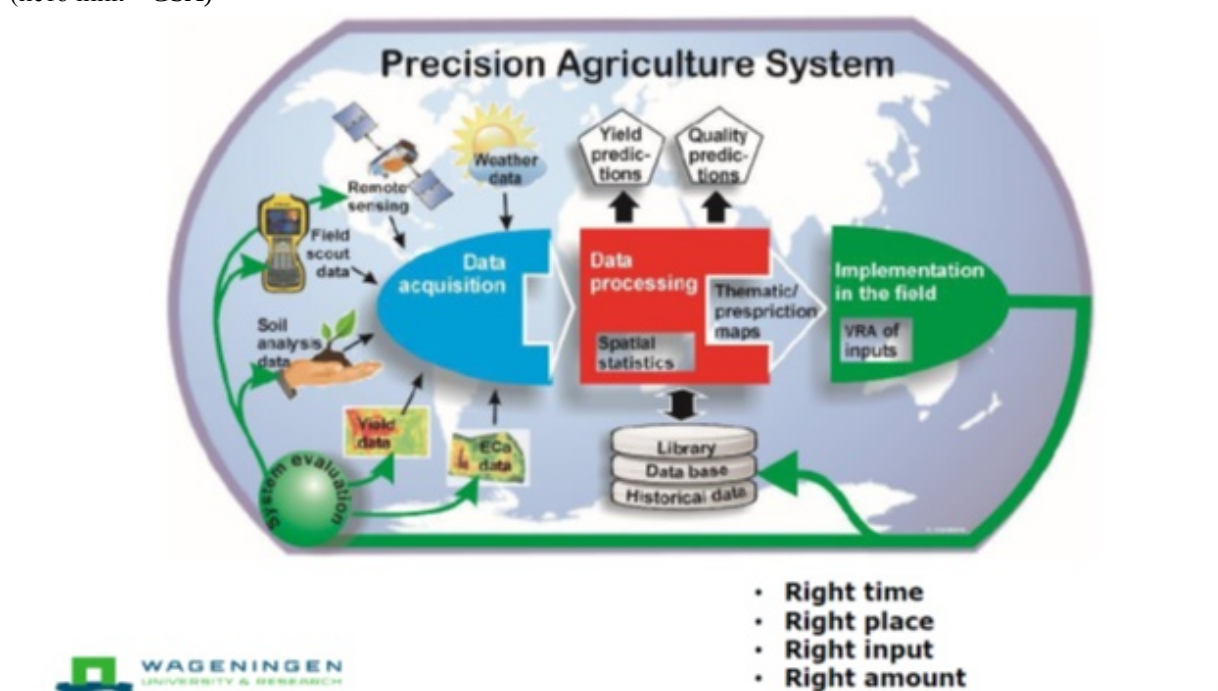


Рис. 4. Точное сельское хозяйство как бизнес с 4 –мя принципами: точно по времени, точно по месту, правильный объем продукции и правильная номенклатура товара (источник - Symposium Food for Future, Wageningen, June 22, 2018)

II АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ GNSS В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

Сегодня EGNOS, Европейская геостационарная служба сервисов, и Galileo, европейская спутниковая система обеспечивают доступное точное синергетическое решение, в дополнение к отличной

информации о местоположении и времени, которая улучшает работу сельского хозяйства, приносит выгоды на каждом этапе фермерской операции.

Объединенная EGNSS может поддерживать различные решения точного сельского хозяйства такими как: приложения с различными ранжированными технологиями (VRT), ручное и автоматическое управление сельскохозяйственной техники, мониторинг урожайности и биомассы, отслеживание скота, виртуальные ограждения, анализ после сбора урожая, измерение полей и отображение границ, управление активами.

В случае агрокультуры необходимо понимать, что происходит взаимодействие многих взаимосвязанных систем, в которых результаты одной из систем являются входными данными для другой в самом простом варианте. Реально это может быть достаточно сложный

онтологический граф, изменяющийся в зависимости, например, от природных условий. В каком-то приближении это формализованное состояние приведено на рисунке 5.

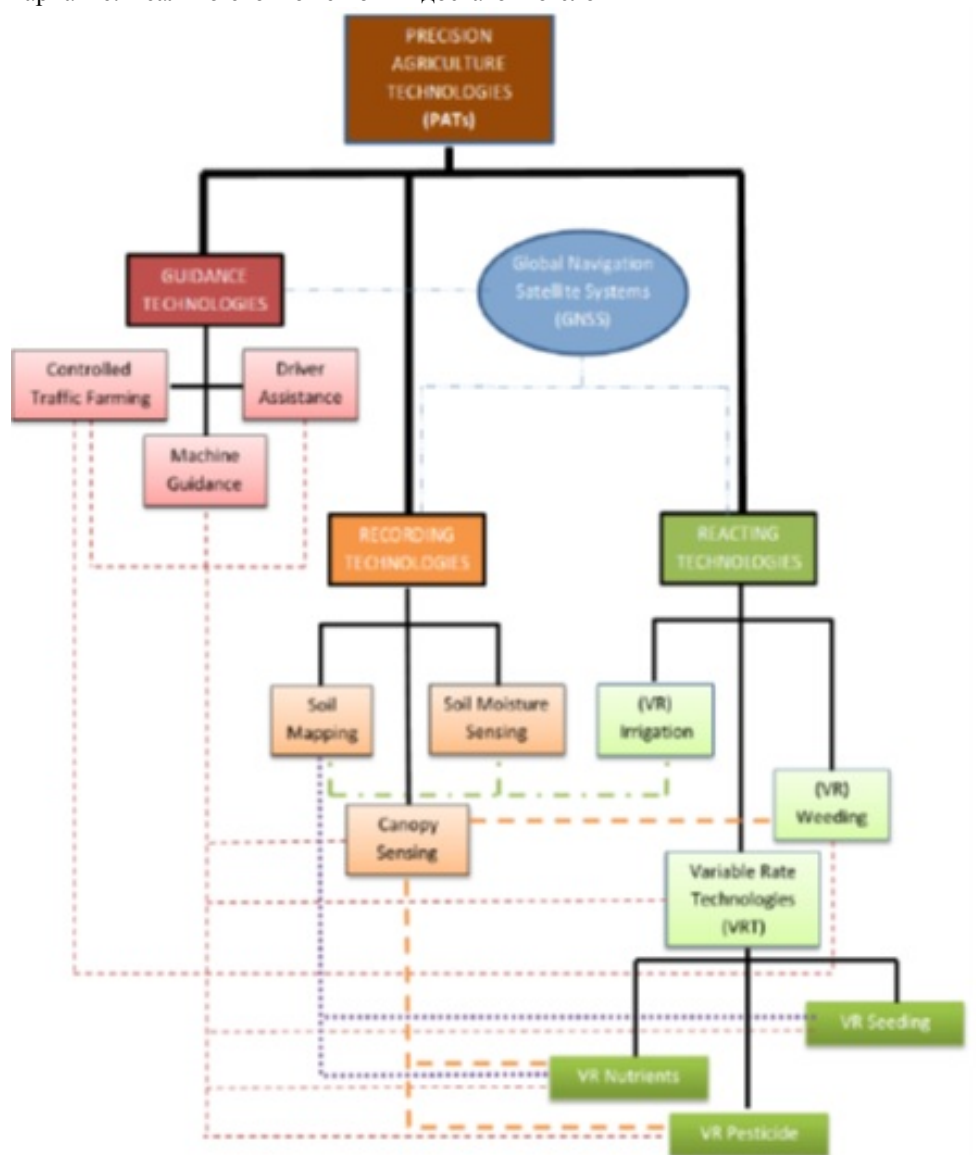


Рис. 5а. Взаимосвязанные технологии точного сельского хозяйства товара (источник - Symposium Food for

Future, Wageningen, June 22, 2018)

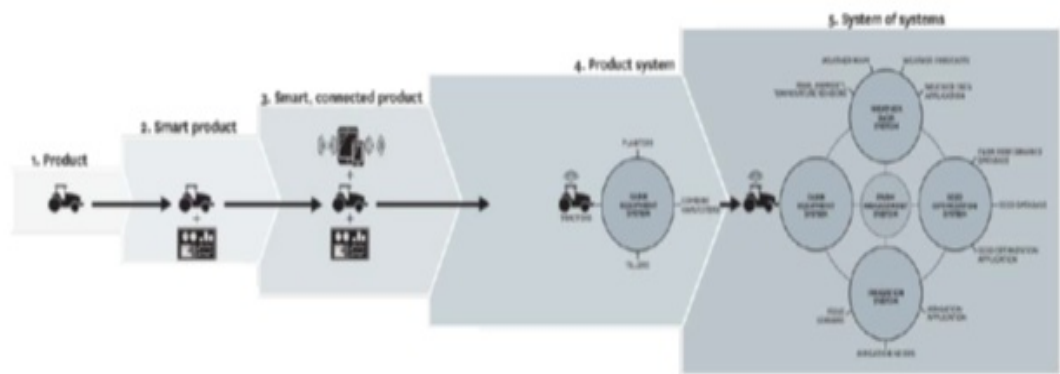


Рис. 5б. Модель связанных решений, приводящая к системе-систем или SoS [18]

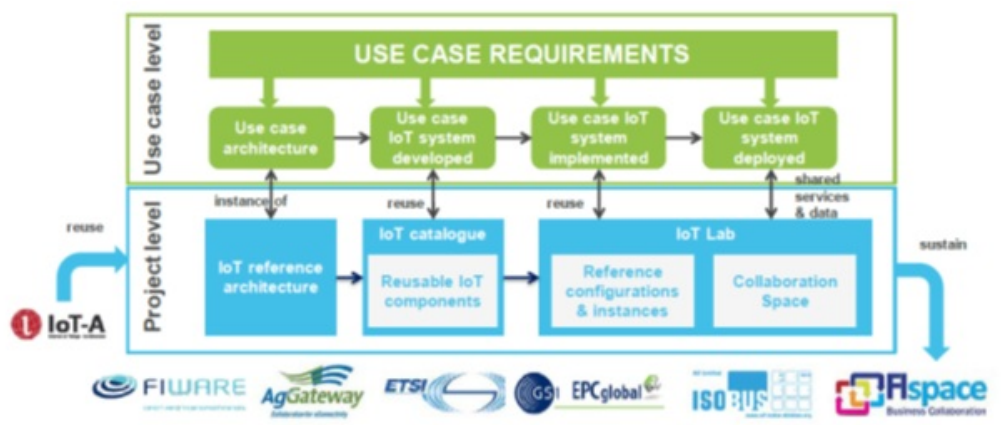


Рис. 6. Подход системы-систем приводит к синергии; проекты и организации внизу - всего лишь несколько примеров и не являются исчерпывающим списком [18]

Следующим этапом развития модели связанных решений является переход к системе-систем или SoS (рисунок 5b), который дает синергетический эффект, как в экономических, так и в иных показателях. Этот этап сегодня уже называют Агрокультурой 4.0 (рисунки 7 и 8).

Agriculture Technology Revolution

- **Agriculture 1.0**
Mechanization – Animal Power
- **Agriculture 2.0**
Mechanization – Combustion engine
- **Agriculture 3.0**
Guidance Systems and Precision Farming
- **Agriculture 4.0**
Connected Farming



Рис. 7. Этапы в технологической революции агрокультуры (источник - Prof.dr. Bedir Tekinerdogan, Wageningen University & Research)

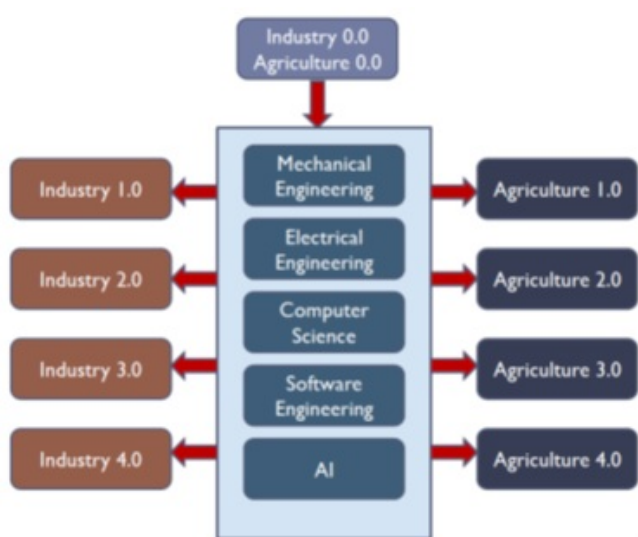


Рис. 8. Этапы и технологии в технологической

революции индустрии и агрокультуры (источник - Prof.dr. Bedir Tekinerdogan, Wageningen University & Research)

III СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ СЕРВИСОВ ТОЧНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КАК ЭТАПА ПЕРЕХОДА К АГРОКУЛЬТУРЕ 4.0.

Ключевые тенденции сегодня показывают что:

- Сама возможность использования GNSS или EGNSS стимулирует внедрение интегрированного управления фермерскими хозяйствами, то есть переход к Агрокультуре 4.0.
- Потребление беспилотных летательных аппаратов растет и становится все более популярным в коммерческих приложениях, причем сельское хозяйство, вероятно, будет одним из крупнейших пользователей технологии беспилотных летательных аппаратов. Их использование и развитие так же находится в прямой зависимости от возможностей GNSS- EGNSS (источник - GSA).

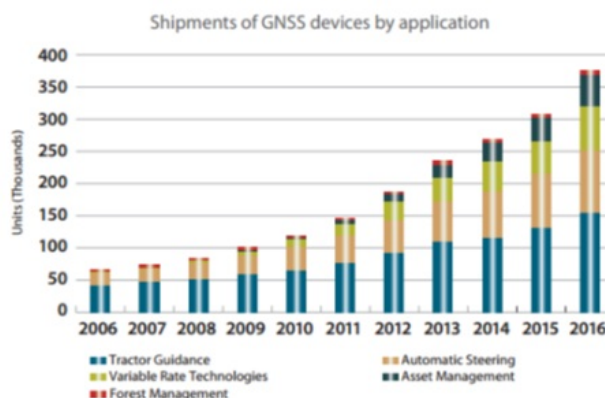


Рис. 9. Рост потребления устройств GNSS по годам (вертикаль в тысячах единиц). Цветом помечены разные виды приложений в Агрокультуре 4.0 (источник – GSA)

Данные статистики в ЕС потребления устройств GNSS это наглядно подтверждают. Сегодня уже можно говорить о быстром росте потребления устройств GNSS в сельском хозяйстве по годам и структурным предпочтениям в потреблении их на те или иные приложения (рисунок 9). Использование устройств в разных приложениях умного земледелия выявило № 1:

управление тракторами № 2 приложение: автоматическое рулевое управление. Управление трактором помогает соблюсти габаритные требования при обработке, например, земли и не предполагает замены водителя (рисунок 10).

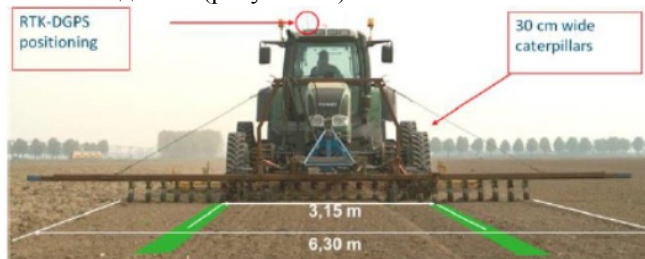


Рис. 10. Управление трактором помогает соблюсти требования при обработке земли (источник - Symposium Food for Future, Wageningen, June 22, 2018)



Рис. 11. Автоматическое рулевое управление (источник – проект FANTASTIC).

Автоматическое рулевое управление (рисунок 11) это давно применяемые роботы – водители, действующие в заводских цехах или на логистических складах. Их применение для вспомогательных операций всегда было облегчено отсутствием людей в зоне их действия и соответственно облегченными решениями по безопасности.

Однако для основных операций в сельском хозяйстве автоматизация работает в консультационном режиме, обеспеченным тем что сельскохозяйственная индустрия имеет долгую историю сотрудничества в области стандартов для электроники и обмена данными между машинами (например, в тракторной отрасли), а также между машинами и программными системами, такими как информационные системы управления фермами (FMIS) [17]. В частности, разработанный стандарт ISO-11783 (также известный как ISOBUS, в том числе его интерфейс обмена данными ISO-XML) является де-факто стандартом в течение десятилетий, между тракторами и был реализован различными производителями.

Стандарт ISOBUS (ISO-11783) регулирует электронику и обмен данными между различными сельскохозяйственными машинами (например, тракторно-фермерское орудие). На рисунке ниже (рис. 12) показана типичная система ISOBUS, поскольку она продается на мировые рынки сегодня. Локальная коммуникационная шинная система на базе CAN-шины соединяет Трактор и Реализацию с различными

компонентами, такими как терминал или вспомогательный джойстик. Кроме того, для обмена M2M добавляются внешние интерфейсы для систем управления фермой и / или облачных порталов производителя [17].



Рис. 12. Типичная система ISOBUS, где ECU трактора является «калькулятором работ» трактора. Это обеспечивает информацию, такую как скорость, частота вращения двигателя и т.д. [17].

Интерфейсы управления данными облегчают обмен данными с мобильным оборудованием в полевых условиях. Благодаря этой функциональности пользователь получает свои данные в систему управления для целей регистрации и дальнейшего планирования в будущем. Новые планируемые данные могут генерироваться такими системами (например, системами управления поддержкой принятия решений) и возвращаться в сельскохозяйственное оборудование для запланированных полевых задач и операций, например, через службу беспроводной связи или от портала производителя. Однако чисто физическую связь осуществляют именно системы GNSS.

Стандарты обмена данными между мобильным сельскохозяйственным оборудованием и системами управления фермами (или системами управления данными) стандартизированы в ISO-11783, части 10 и 11 [12].

В GNSS многосоставные и многочастотные аппараты широко применяются для обеспечения строгого требования к точности (рисунок 10) и их число в составе используемого оборудования в ЕС растет (рисунок 13). Аналогичная ситуация наблюдается и в других частях мира (рисунок 14).



Рис. 13. Рост применения многосоставных и многочастотных аппаратов широко применяются для обеспечения строгого требования к точности (источник – GSA)

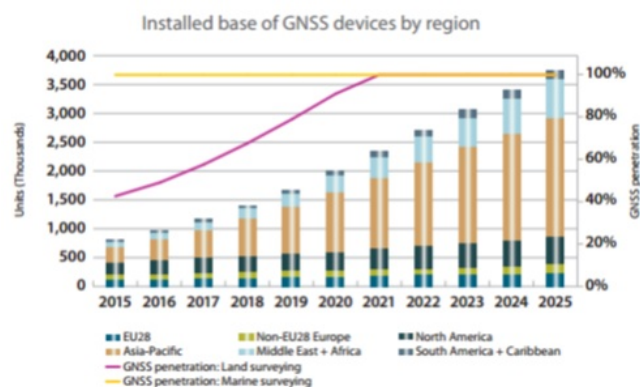


Рис. 14. Многосоставные и многочастотные устройства GNSS широко применяются для обеспечения строгого требования к точности во всех регионах мира (источник – GSA).

На рисунке 15 наглядно показана разница в точности определения географической позиции открытым сервисом и коммерческим сервисом. Достаточно сравнить это с рисунком 10, чтобы понять значимость этой точности для текущих основных операций в сельском хозяйстве.

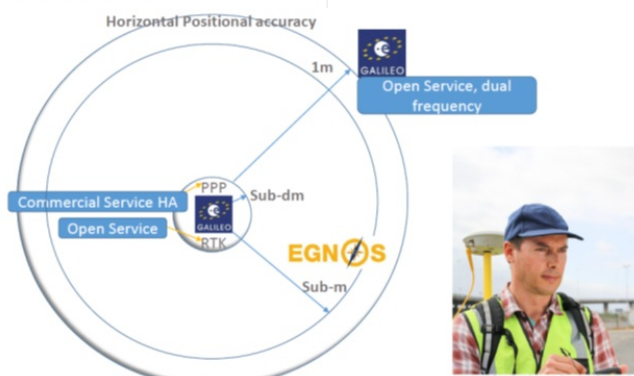


Рис. 15. Определение географической позиции открытым сервисом и коммерческим сервисом (источник – GSA).

Коммерческая служба Galileo (CSHA) имеет точность позиционирования приемника с ошибкой ниже одного дециметра (рисунок 15) и осуществляет передачу этих внешних данных в реальном времени по всему миру (PPP - точное позиционирование точки) через Galileo E6 без необходимости в дополнительном канале связи. Не требует близости к точкам сети станций для доступа к исправлениям. Трехчастотная частота для дальнейшего сокращения времени конвергенции применима. Сегодня произошло улучшение дальности видимости и лучшего охвата приема в высоких широтах. Европейская комиссия и Европейское агентство GNSS (GSA) подтверждают, что первое поколение Galileo уже предоставит пользователям услуги высокой точности и аутентификации.

Технологические разработки в скором времени

позволят появиться недорогим приемникам, способным достичь точности на уровне сантиметров. Основные драйверы и тенденции:

- растущая доступность недорогого оборудования, способного получать точность на уровне сантиметров (с поддержкой многочастотных функций);
- интеграция GNSS с другими дополнительными технологиями (LIDAR, робототехника, мобильное картографирование и т. д.);
- синергия между GNSS и системами наблюдения за землей;
- проникновение БПЛА (дронов) в картографирование.

Таблица 1. Вклады Галилео(Galileo) и Европейской геостационарной службой навигации (EGNOS) в ключевые показатели эффективности EGNSS (источник – GSA)

Key Performance Parameter (KPP)	EGNOS contribution*	Galileo contribution*
Availability		**
Accuracy	**	***
Integrity	***	
Robustness		***



Рис. 16. Геодезисты могут воспользоваться различными профессиональными услугами EGNSS для развития собственных бизнесов (источник – GSA)

Синергия в разных направлениях свойственна развитию GNSS. Так геодезисты могут воспользоваться различными профессиональными услугами EGNSS для

развития собственных бизнесов (рисунок 16), а расширение применения дронов в прецизионном сельском хозяйстве увеличивает использование GNSS (рисунок 17). GNSS является основой коммерческих дронов и ключевой инструмент, обеспечивающий их безопасную навигацию и надежность. Системы – систем, интернет вещей, роботы и дроны для Агрокультуры 4.0 (рисунок 18), которые формируют новые цепочки добавления стоимости для точного сельского хозяйства (рисунок 19) и для профессиональных услуг на базе геодезии (рисунок 20).

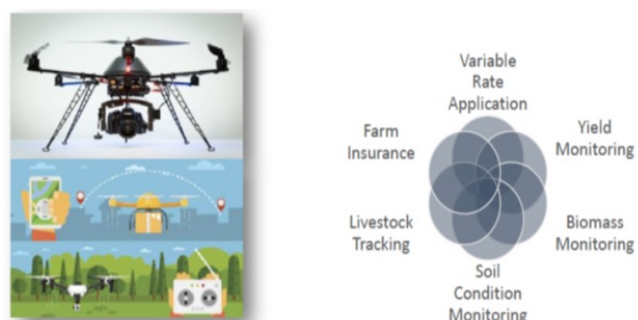


Рис. 17. Расширение спектра применения дронов в в прецизионном сельском хозяйстве увеличивает использование GNSS (источник – GSA)

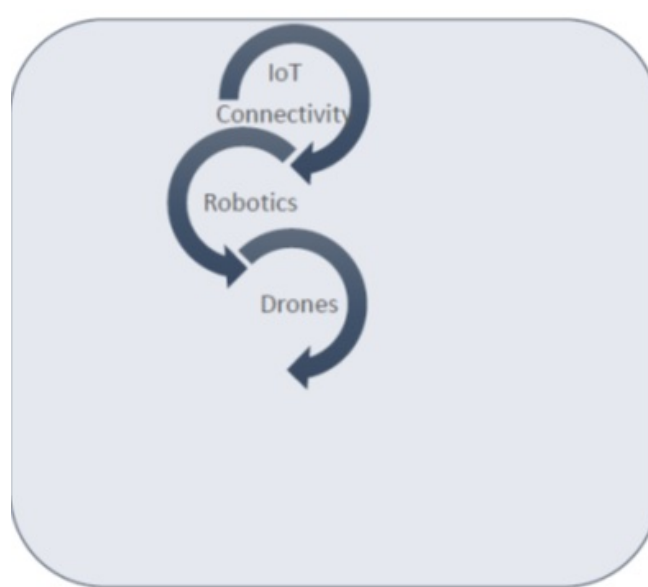


Рис. 18. Системы – систем, интернет вещей, роботы и дроны для Агрокультуры 4.0 (источник – GSA)

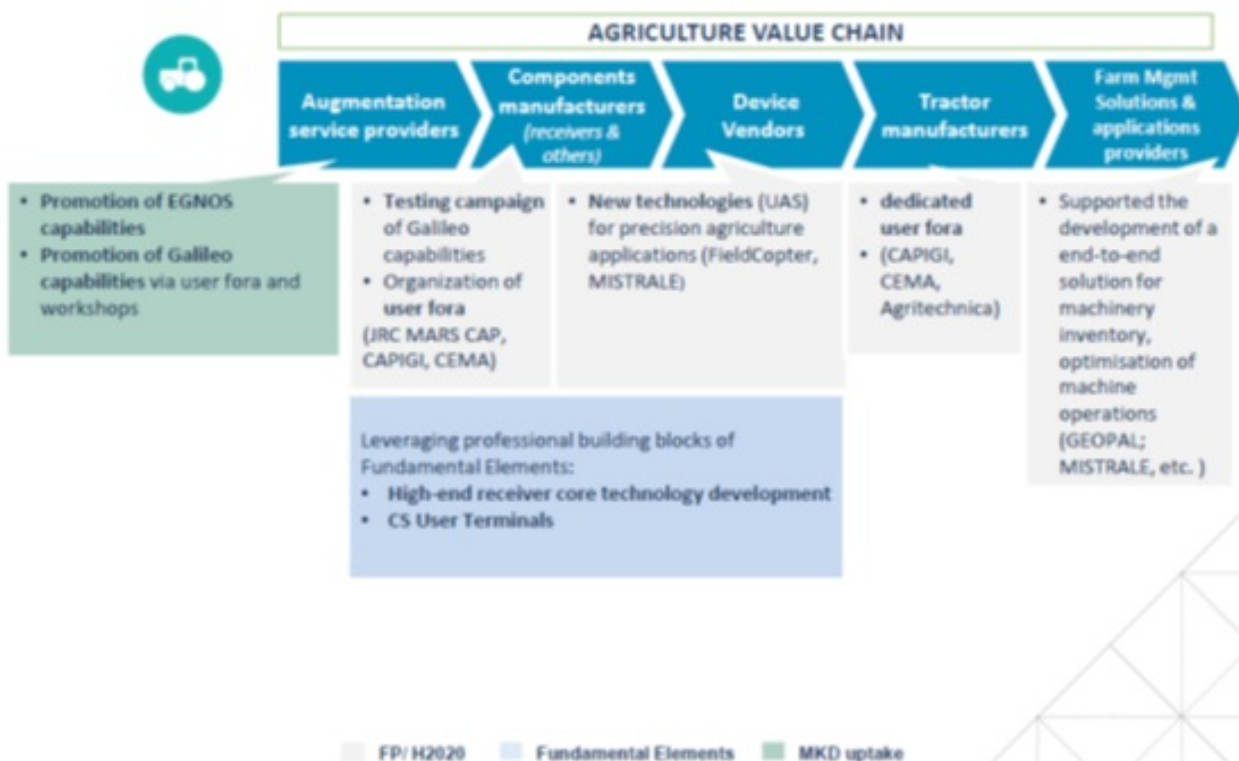


Рис. 19. Цепочка добавления стоимости для сельского хозяйства (в том числе и точного) (Источник – GSA)

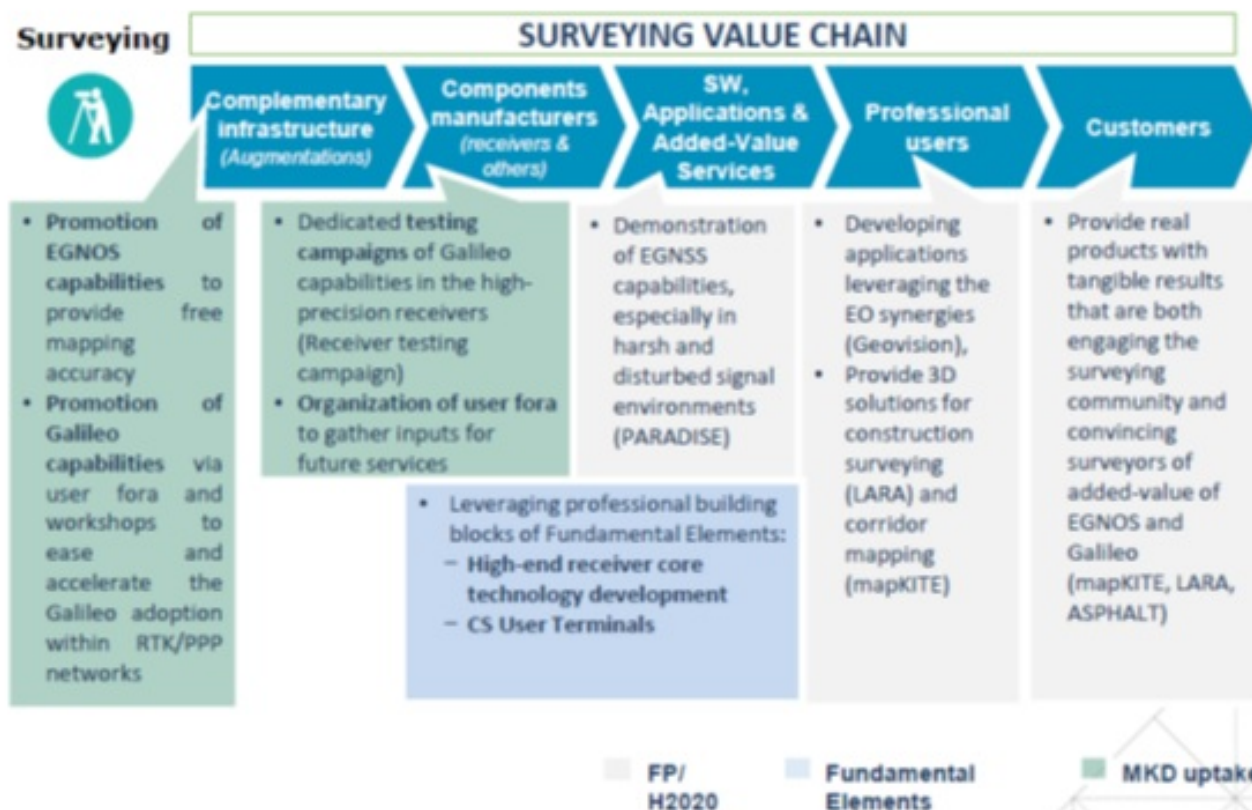


Рис. 20. Цепочка добавления стоимости для профессиональных услуг (в том числе и геодезии) (Источник – GSA)

IV РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АГРОКУЛЬТУРЫ 4.0 ЧЕРЕЗ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ

Принятие методов точного земледелия позволяет ЕС

увеличить объем сельскохозяйственного производства, обеспечивая при этом устойчивость европейского агропродовольственного сектора. Следовательно, ЕС оказывает поддержку передовым исследованиям и инновациям в ряде захватывающих решений, которые будут по-настоящему использовать все возможности из того, что обещает стать подлинной

сельскохозяйственной революцией 21 века [23].

Прецизионное земледелие имеет потенциал для содействия более широкой цели удовлетворения растущего спроса на продовольствие, обеспечивая при этом устойчивость первичной продукции на основе более точного и ресурсо-эффективного подхода к управлению производством - по существу, «производства большего с меньшими затратами». С взрывами цифровой революции технологии, ориентированные на, например, Big Data и «Интернет вещей», также открыли многочисленные двери для продвижения методов точного земледелия.

Благодаря тому, что в 70-80% нового сельскохозяйственного оборудования, имеется в своем составе точный сельскохозяйственный компонент, технологии точного земледелия теперь присутствуют на всех четырех этапах цикла выращивания сельскохозяйственных культур (подготовка почвы, посев, управление посевами и сбор урожая). Однако это не только сельскохозяйственное и фруктовое хозяйство, которое принесло там конкретную пользу - фермеры, занимающиеся выращиванием скота, также испытывают положительные результаты, получаемые от технологий точного земледелия [23].

Европейская комиссия чрезвычайно заинтересована в совершенствовании методов точного земледелия, предоставляя финансирование для новых инвестиций через программы FP7 и Horizon 2020. Это должно гарантировать, что фермеры не только смогут эффективно сократить расходы без сокращения производства, но и предложить возможность значительно увеличить урожайность, тем самым, обеспечивая еще более сильный рост местной экономики.

Наряду с экономическими соображениями точное сельское хозяйство также обещает существенные экологические выгоды, рассматривая их как средство повышения устойчивости агропродовольственного сектора Европы в долгосрочной перспективе, особенно в стремлении сократить использование сектором агрохимикатов, таких как пестициды. Такие экологические выгоды также будут способствовать более масштабным экологическим амбициям ЕС, таким как жесткие цели, предусмотренные в Парижском соглашении об изменении климата [23].

Сельскохозяйственные исследования и инновации поддерживают этот сектор в решении сложного комплекса задач, стоящих перед ним, включая, например, давление на природные ресурсы и доходы фермеров. Создание знаний и доступные информационные системы и инструменты для мониторинга, сбора, преобразования и, прежде всего, обмена важной информацией между ключевыми заинтересованными сторонами могут помочь сектору стать более устойчивым. Однако, как и потенциал для новых знаний, значительная часть существующих знаний и лежащих в их основе информационных потоков, пока еще не используется в полной мере. Полученный разрыв в производительности имеет

серьезные социальные, экологические и экономические последствия. Необходимо улучшить функционирование систем знаний и инноваций в сельском хозяйстве, своевременно внедрить инновации и ускорить темпы создания знаний. Одним из наиболее важных ограничений является ограниченная интероперабельность и отсутствие открытости различных технических систем, что ограничивает выбор между фермерами между поставщиками новых технологий. Усовершенствованная функциональная совместимость позволила бы увеличить совместное использование данных и сформировать полученные знания. Другим основным препятствием является отсутствие информации об эффективности новых технологий, которая замедляет их рассмотрение.

Сегодня исследования финансируемые ЕС (примеры которых и составляют задачу настоящей части) должны учитывать все нижеследующие аспекты:

- Создание платформ, объединяющих различные технологии, такие как Internet of Things (IoT), облако, фотоника, сети и робототехника в сочетании с приложениями, основанными на анализе данных и управлении знаниями.
- Обмен данными и генерация знаний путем захвата и перевода более точной информации.
- Разработка систем поддержки принятия решений, которые будут включать, но не ограничиваются, систему бенчмаркинга по производительности и устойчивости ферм, услуг, технологий и практики.

От их реализации есть следующее ожидаемое воздействие в ЕС:

- Продемонстрировать измеримые выгоды от интенсивных информационных и информационных потоков по широкому кругу типов ферм, особенно мелких ферм;
- Усовершенствованные и всеохватывающие информационные потоки и управление в целевых секторах сельского хозяйства и между ними, основанные на прозрачной и справедливой практике управления данными;
- Идентификация потребностей пользователей, подтверждение приемлемости пользователей, особенно демонстрация жизнеспособных концепций, касающихся конфиденциальности, безопасности, уязвимости, ответственности и доверия в связанных пространствах данных;
- Более подробная информация об экологических, социальных и экономических показателях технологий, практики и управления, повышается их принятие;
- Создание возможностей для предпринимателей путем продвижения новых рыночных открытий, обеспечения доступа к ценным наборам данных и непосредственного взаимодействия с пользователями, расширения местных предприятий в европейском масштабе;

- Разведка и валидация новых промышленных и бизнес-процессов и инновационных бизнес-моделей, подтвержденных в контексте пилотов.

Ниже мы приводим описания нескольких проектов ЕС, которые, как нам представляется, показывают динамику синергетического перехода сельского хозяйства Европы к Агрокультуре 4.0.

A. IoF2020 интернет вещей для ферм и продовольствия

Интернет вещей (IoT) имеет революционный потенциал. Интеллектуальная сеть датчиков, исполнительных механизмов, камер, роботов, беспилотных летательных аппаратов и других подключенных устройств обеспечивает беспрецедентный уровень контроля и автоматизированного принятия решений. Проект Internet of Food & Farm 2020 (IoF2020) исследует потенциал IoT-технологий для европейской пищевой и сельскохозяйственной промышленности.

Цель амбициозная: сделать точное фермерство реальностью и сделать жизненно важный шаг к созданию более устойчивой цепочки добавленной стоимости. С помощью технологий IoT более высокие урожаи и более качественная продукция находятся в пределах досягаемости. Использование пестицидов и удобрений снизится, а общая эффективность будет оптимизирована. Технологии IoT также обеспечивают лучшую прослеживаемость пищевых продуктов, что приводит к повышению безопасности пищевых продуктов.

IoF2020 является частью промышленного лидерства Horizon 2020 и поддерживается Европейской комиссией с бюджетом в 30 миллионов евро. Целью IoF2020 является создание прочной инновационной экосистемы, которая способствует внедрению технологий IoT. Для этого в IoF2020 участвуют ключевые заинтересованные стороны по цепочке создания стоимости пищевых продуктов, а также поставщики технологических услуг, компании-разработчики программного обеспечения и научно-исследовательские институты.

Девятнадцать прецедентов, организованных в пяти секторах проекта (пашня, молочные продукты, фрукты, мясо и овощи), разрабатывают, тестируют и демонстрируют технологии IoT в условиях операционной фермы по всей Европе. Первые результаты ожидаются в первом квартале 2018 года.

Проект IoF2020 призван обеспечить максимальный эффект с самого начала и в долгосрочной перспективе, сближая и объединяя стороны спроса и предложения технологий IoT в агропродовольственном секторе:

Со стороны предложения проект способствует обеспечению лидирующих позиций Европы в мировой индустрии IoT путем создания симбиотической экосистемы поставщиков технологий и игроков из агропродовольственного сектора, а также продвижения инновационных / разрушительных бизнес-моделей.

Со стороны спроса проект помогает ускорить добродетельный цикл принятия и созревания технологий IoT в агропродовольственном секторе, чтобы гарантировать безопасное и адекватное питание для будущих поколений европейских граждан.

Таким образом, IoF2020 прокладывает путь к фермерству для передачи данных, которое способно обеспечить более высокую производственную отдачу более устойчивым и экологически ответственным способом, а также сделать европейский сельскохозяйственный сектор более конкурентоспособным в условиях все более глобального мира.

В частности, IoF2020 стремится генерировать следующие воздействия:

- Валидацию технологических решений, устойчивости и воспроизводимости, архитектуры, стандартов, свойств взаимодействия и ключевых характеристик, таких как безопасность и конфиденциальность;
- Исследование и утверждение новых отраслевых и бизнес-процессов и инновационных бизнес-моделей, подтвержденных в контексте пилотов;
- Подтверждение принятия пользователем требований в отношении конфиденциальности, безопасности, уязвимости, ответственности, идентификации потребностей пользователей, проблем и ожиданий решений IoT;
- Значительный и измеримый вклад в стандарты или пред-нормативную деятельность в области действий пилотов посредством внедрения открытых платформ;
- Улучшение качества жизни граждан в государственной и частной сферах с точки зрения автономии, удобства и комфорта, подходов к участию, здоровья и образа жизни, а также доступа к услугам.
- Создание возможностей для предпринимателей путем продвижения новых рыночных открытий, обеспечения доступа к ценным наборам данных и непосредственного взаимодействия с пользователями, расширения местных предприятий в европейском масштабе и т. д.
- Развитие безопасных и устойчивых европейских экосистем IoT и вклад в инфраструктуру IoT, жизнеспособные за пределами срока действия пилотного проекта.

Проект IoF2020 имеет выполненные и доступные работы [15-22].

B. DATABIO большие данные в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве и рыболовстве

Пилоты в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве и рыболовстве в рамках проекта включают междоменные виды деятельности с секторами геопространственного и наземного наблюдения. Ключевые технологические компоненты Big Data рассматриваемые в DATABIO приведены на следующем рисунке 21.

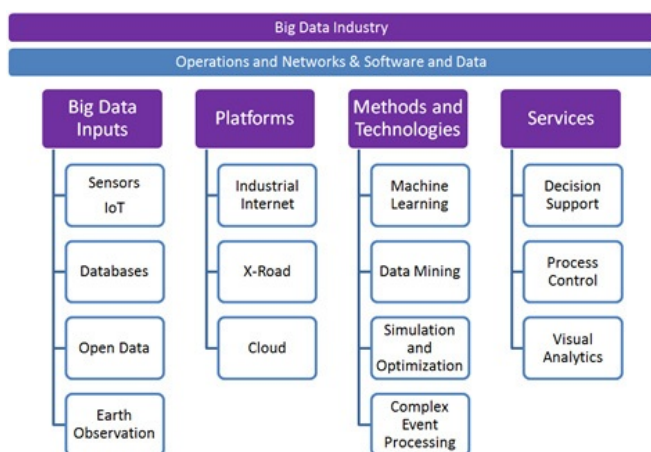


Рис. 21. Ключевые технологические компоненты Big Data рассматриваемые в DATABIO (источник проект DATABIO)

Неоднородность является важной фокусом в проекте. Работа экспертов по ИКТ, Большим Данным (BD) и Наблюдению Земли (EO) предоставляет благоприятные технологии для поддержки разнообразия данных / большой вариативности данных. Кроме того, DataBio будет поддерживать скорость распространения и объем BD (биоразнообразия).

Общая методология проекта DATABIO заключается в создании и экспериментальном использовании технологии обработки больших данных на основе существующих технологий и наборов данных в сотрудничестве с конечными пользователями и проверке концепции посредством нескольких пилотных проектов в выбранных секторах.

Проект начинается с обзора требований конечных пользователей и понимания пользователями в совместном инновационном процессе для разработки, адаптации, настройки и интеграции набора интерфейсов, платформ, инструментов и сервисов с использованием существующих технологий или очень близких к рыночным технологиям, пилотирования и валидации концепций и услуг. Поэтому для успешного завершения проекта важно, чтобы в проекте использовалась четкая и хорошо структурированная методология.

Для обеспечения участия пользователей и понимания пользователями / заинтересованными сторонами используются совместные разработки и совместные творческие концепции и методы прототипирования (например, семинары, интервью, опросники, онлайн-платформа Owela для совместных инноваций <http://owela.fi> в начале проекта в совместными новаторскими задачами подготовки и в течение всего проекта в каждом пилотном секторе сельского хозяйства, лесного хозяйства и рыболовства.

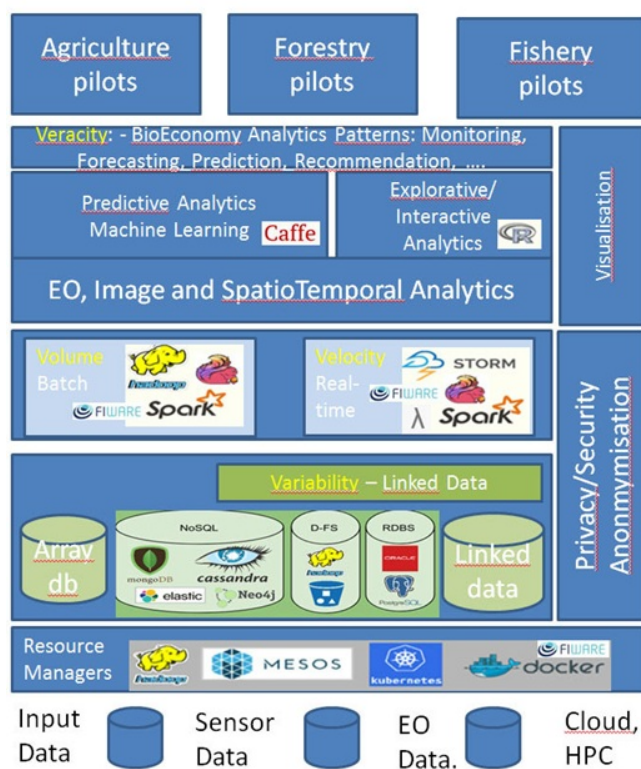


Рис. 22. Ключевые наборы данных и их форматы в проекте в DATABIO (источник проект DATABIO)

Методология анализа требований будет включать сравнение требований различных секторов сельского хозяйства, лесного хозяйства и рыболовства к установлению особых требований общей платформы Big DATABIO. Различные большие решения для данных и наборы данных будут сильно отличаться от перспективы пользователя в разных секторах биоэкономики, но, как правило, компоненты больших данных будут использоваться пользовательскими интерфейсами платформы Big DATABIO (рисунок 22).

Другими мероприятиями, которые будут проводиться в ходе совместной новаторской подготовки, будет рассмотрение и анализ правовых и регулирующих вопросов на национальном и европейском уровне и потребностей других заинтересованных сторон.

После того, как будет определена фаза определения концепции, будут определены технические требования и окончательная системная архитектура платформы, и начнется интеграция технологий включения. Секторальные экспериментальные реализации и пилотирование постоянно поддерживаются и проверяются экспертами крупных данных и наблюдений за Землей, которые внедряют свои внедряющие методы, инструменты и технологии в реализации.

Планирование деятельности пилотов и вспомогательная деятельность Больших данных и задачи EO контролируются TRL существующих технологий, уровнем созревания системы и экологическими проблемами:

Пилоты будут работать в течение каждого проектного года: пилоты, использующие большие рыночные

данные, и технологии ЕО начнутся уже в течение первого года проекта, а новые функции и практически готовые к рынку технологии будут интегрированы и пилотированы в течение второго и третьего года.

Также уровень пилотов будет развиваться на платформе Big DATABIO.

Пилоты будут иметь разные периоды активности также из-за экологических требований, таких как погодные условия, а также сезоны (весна, лето, осень, зима), которые планируют много работы и сырья в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве и рыболовстве.

Интеграция составных частей многопользовательских систем в общую платформу Big DATABIO и секторальных услуг логичным, экономичным способом, всесторонне проверяющим выполнение услуг (все номинальные и исключительные пути) и включая полный функциональный контроль. И благодаря большому количеству участников, широкому охвату и сложности системы, будет применяться модель непрерывной интеграции, а не модель интеграции Big Bang.

Реализованы и доступны следующие отчеты по проекту [24-34].

C. SemaGrow проект семантики больших данных для агрономии

Поскольку тенденция к открытию данных и их свободному использованию в Интернете усиливается по объему, а также к качеству и ценности предоставленных данных, связанное сообщество данных ухватило возможность сочетать, перекрестно ссылаться и анализировать беспрецедентные объемы высококачественных данных и создания инновационных приложений. Это вызвало огромный сетевой эффект, добавив ценность и создав новые возможности для всех, включая исходных поставщиков данных. Но большая часть низко висящих фруктов была выбрана, и настало время перейти к следующему шагу, объединяя, перекрестно индексируя и, в общем, максимально используя все общедоступные данные, независимо от их размера, скорости обновления, и схема; что централизованные управляемые хранилища (даже распределенные) не в состоянии справиться с предстоящими задачами и что нам необходимо развивать инфраструктуру для эффективного опроса независимых федераций источников данных в больших масштабах.

SemaGrow провела фундаментальные исследования баз данных и разработала методы и инфраструктуру, заложив основы для масштабируемых, эффективных и надежных сервисов передачи данных, необходимых для наукоемкой науки 2020 года. В проекте SemaGrow использовалась широкомасштабная и сложная экосистема обслуживания данных в области сельского хозяйства как испытательный стенд для его технологий. В течение первого отчетного периода в проекте участвовали члены консорциума и внешние

заинтересованные стороны для определения потребностей пользователей и соответствующих источников данных, а также для разработки требований и системной архитектуры. С точки зрения привлечения заинтересованных сторон и перевода потребностей пользователей в требования, проект был сфокусирован на определении различных типов вариантов использования на основе требований заинтересованных сторон. Документирование результатов семинаров-практикумов заинтересованных сторон позволило проекту эффективно определить, как разрабатывать, а затем оценивать его результаты. Благодаря определению вариантов использования идеи и требования, изложенные в этих рабочих совещаниях, были переведены в описания приложений, которые составляют основу для разработки демонстраторов услуг и связывают потребности заинтересованных сторон с технологическими разработками проекта. В проекте SemaGrow рассмотрены три категории вариантов использования, в которых рассматриваются различные группы заинтересованных сторон и широкая область применения:

Гетерогенные коллекции данных и потоки, ориентированные на интенсивные эксперименты в области моделирования сельского и лесного хозяйства. Технологии SemaGrow используются для подготовки подходящего входного набора данных для моделирования экспериментов из богатства разнородных больших коллекций данных и доступных потоков. Заинтересованные стороны - это модельеры, которые готовят эксперименты и ИТ-персонал, который их поддерживает. Эти примеры использования подтверждают интегративные семантические возможности, предоставляемые стеком Semagrow, а также возможность поиска и извлечения больших объемов данных.

Анализ реактивных данных, ориентированный на портал AGRIS, который служит научной библиографии и соответствующим веб-ресурсам. Технологии SemaGrow используются для объединения различных конечных точек, используемых для поиска и получения ресурсов, которые семантически релевантны данному элементу библиографии AGRIS. Заинтересованными сторонами являются веб-разработчики, которые поддерживают портал и экспертов по анализу данных, которые экспериментируют, чтобы усовершенствовать механизм оценки релевантности. В этих тестах использования проверяется легкость добавления членов в федерацию и реактивность стека Semagrow при поиске по большим данным, чтобы найти результаты, которые не обязательно являются объемными.

Reactive Resource Discovery, ориентируясь на приложение Linked Open Data Hub (LODH), которое обслуживает разнообразные библиографические и образовательные ресурсы через простой REST API. Заинтересованные стороны - профессионалы и энтузиасты LOD, которые объединяют веб-приложения с использованием веб-сервисов и конечных пользователей LODH, которые ищут ресурсы. Эти

случаи использования подтверждают легкость разработки веб-приложений по стеку SemaGrow, а также возможность объединения и семантической интеграции большого количества гетерогенных источников данных, хотя содержимое любого отдельного источника данных само по себе не представляет собой больших данных.

Предполагается, что эффективность заинтересованных сторон в этих случаях использования значительно улучшится при замене существующих методов доступа к данным технологиями SemaGrow, не влияя при этом на их рабочий процесс. То есть, например, программное обеспечение для моделирования сельского и лесного хозяйства, портал AGRIS и клиенты, разработанные для веб-приложения ADS, не нуждаются в переработке, чтобы иметь возможность использовать технологии SemaGrow. Наши тщательные проверки и оценки подтвердили как повышение эффективности заинтересованных сторон, так и усилия, необходимые для внедрения SemaGrow в качестве инфраструктуры доступа к данным.

Решая эти варианты использования, проект оценил свой подход к следующим основным техническим задачам:

Поиск небольших результатов в больших данных: в этой «иголке в стоге сена» ситуация, связанная с разными большими наборами данных, объединяется для того, чтобы результирующий набор, который сам по себе не составляет больших данных. Задача здесь состоит в том, чтобы иметь интеллектуальный планировщик выполнения запросов, который направляет механизм выполнения запроса по плану выполнения запроса, который никогда не извлекает большие количества результатов, которые не вносят вклад в конечный результат, потому что они не соединяются с последующими шаблонами запросов. Такой планировщик выполнения запросов в значительной степени зависит от доступности точных метаданных на уровне экземпляра. Большие результаты из больших данных: в этой ситуации результирующий набор представляет собой большие данные, и никакая оптимизация плана запроса не может избежать этого, поскольку это то, что было запрошено клиентом. Помимо проблем для механизма выполнения запросов, обработка этой ситуации также имеет отношение к способности механизма обслуживания гистограммы эффективно обрабатывать обратную связь с запросами, которая является большими данными. Интеграция разнородных данных: принятие того, что некоторые схемы могут быть лучше подобраны для данного набора данных и приложения, что нет консенсуса относительно «универсальной» схемы или словаря для любого конкретного приложения, разработанных технологий, которые позволяют поставщикам данных публиковать в том виде и форме, которые наилучшим образом соответствуют их процессам и целям и потребителям данных для запроса способом и формой, что лучше всего подходит им.

Проект SemaGrow имеет обширный перечень доступных и полезных работ [35-61].

D. PANTHEON точное земледелие садов

В проекте PANTHEON внедрена система контроля и сбора данных (SCADA) для точного земледелия садов. Видение проекта PANTHEON близко к Индустрии 4.0 (Агрокультуре 4.0), так как вводит систему контроля и сбора данных (SCADA) для точного земледелия садов.

В проекте разрабатывается интегрированная система, в которой ограниченное число беспилотных воздушных и наземных роботов перемещается в сад для сбора данных и выполнения типичных сельскохозяйственных операций. Затем информация собирается в центральном оперативном подразделении, которое объединяет данные для выполнения автоматических действий обратной связи (например, для регулирования ирригационной системы) и для поддержки решений агрономов.

Предлагаемая SCADA будет получать информацию на уровне одного растения. Это позволит значительно увеличить выявление лимитирующих факторов для каждого отдельного растения, таких как нехватка воды или вредителей и болезнях, которые влияющих на здоровье растений, и соответственно реагировать на них. Это целенаправленное вмешательство приведет к лучшему среднему состоянию здоровья растений в садоводстве. Предлагаемая архитектура имеет потенциал для увеличения производства сада, будучи более рентабельным и экологически чистым.

Этот проект направлен на разработку рабочего прототипа предполагаемой системы SCADA, способной работать в реальном саду. Коллектив проекта вдохновленный реальными потребностями промышленного партнера Ferrero Trading Lux S.A., сосредоточился на управлении лесными орехами (*Corylus avellana* L.). PANTHEON продемонстрирует возможности предлагаемой системы SCADA в реальном масштабе (1: 1) ореховом саду, расположенном в районе Тусия (провинция Витербо, Италия). Принципиальная архитектура проекта PANTHEON приведена на рисунке 23.

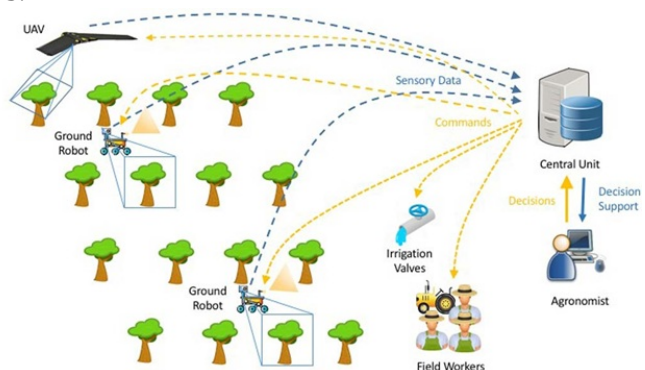


Рис. 23. Принципиальная архитектура проекта PANTHEON (источник – проект PANTHEON)

Выполненные работы по проекту PANTHEON указаны в [62-69].

Е. История проекта FATIMA

Интенсивный сектор растениеводства в Европе находится на перепутье, где перед ним стоит сложная задача найти направление, ведущее к устойчивому будущему. Интенсивное орошаемое земледелие является одним из основных столпов глобальной и национальной продовольственной безопасности и часто является единственным фактором в экономике сельских районов, а также является крупнейшим потребителем воды и основным загрязнителем почвы и воды. Более устойчивые стратегии управления сельскохозяйственными культурами, а также новые стимулы и политика для обеспечения устойчивости сельского хозяйства и экосистемных услуг будут иметь решающее значение, если мы хотим удовлетворить требования повышения урожайности без ущерба для экологической целостности или общественного здоровья.

Задача устойчивого производства сельскохозяйственных культур заключается в достижении оптимальной доходности (по количеству и качеству) и доходов фермеров с минимальными затратами (питательные вещества, вода, а также энергия, пестициды, гербициды, деньги), при сохранении окружающей среды и воспитании процветающих социальных сообществ.

Проект FATIMA предлагает комплексную стратегию оптимизации управления внешними входами (питательными и водными ресурсами) и выходами:

- использование передовых агрономических знаний, моделирования урожая и информационных и космических технологий, с тем чтобы предоставить фермеру удобную своевременную информацию о временной и пространственной изменчивости / неоднородности требований к потреблению культур;
- обеспечение широкого спектра прямых практических применений, от высокоточного разрешения ферм для высокоценных культур до практики восстановления органических веществ почвы и политики стимулирования, включая социально-экономическую оценку диапазонов приложений;
- расширение концепции VRT в крупных районах и «низкотехнологичных» фермах;
- готовность / простота в использовании для широкого круга типов ферм (с доступом или без доступа к высокотехнологичному оборудованию) с помощью инструментов, способствующих прямому подключению пользователей / фермеров и между ними;
- разработка инновационных инструментов политики для устойчивого производства сельскохозяйственных культур, которые вместе с инновационными технологиями и подходами на основе участия будут способствовать переходу к устойчивым системам ведения сельского хозяйства.

Основная цель проекта FATIMA - «создать инновационные и новые сельскохозяйственные инструменты и возможности обслуживания, которые помогут интенсивному сельскохозяйственному сектору оптимизировать управление внешними входами (питательными веществами и водой) и продуктивность, с видением преодоления устойчивого производства сельскохозяйственных культур со справедливой экономической конкурентоспособностью».

Значительно число публикаций по проекту [76-87] можно объяснить небольшими объемами каждого отдельно отчета.

F. SURE-Farm оценки продвижения к Агрокультуре 4.0

Краткое описание: аграрный сектор Европы сталкивается с рядом экономических, экологических и социальных проблем, в том числе, с более изменчивыми ценами производителей, новыми конкурентами на интернационализированных и либерализованных рынках, необычными погодными условиями и повышенными рисками экстремальных погодных явлений, повышающей и понижающей рыночной властью по стоимости цепные, частные стандарты, растущая зависимость от несельскохозяйственных землевладельцев и финансовых учреждений, демографические изменения и растущая урбанизация, изменение политики и политических рисков, а также изменение социальных проблем и предпочтений потребителей. Накопление этих неопределенностей и их потенциально сложные взаимосвязи приводят к опасениям относительно долгосрочной жизнеспособности продуктов питания и другого сельскохозяйственного производства, устойчивости сельскохозяйственных систем, жизнеспособности сельских районов и предоставления экосистемных услуг.

SURE-Farm стремится анализировать, оценивать и улучшать устойчивость и устойчивость ферм и систем ведения сельского хозяйства в ЕС. С этой целью SURE-Farm создает сценарии и новую и всеобъемлющую структуру, способствующую устойчивости, разрабатывает набор передовых инструментов оценки и управления рисками, а также улучшенную модель демографической оценки и инструмент оценки устойчивости для политики и совместно с заинтересованными сторонами, совместно создает и применяет интегрированную модель оценки устойчивости и совместно разрабатывает дорожные карты реализации.

SURE-Farm вносит вклад в программу работы по устойчивой продовольственной безопасности - устойчивые и ресурсоэффективные цепочки создания стоимости, целью которых является выявление решений различных проблем, влияющих на устойчивость цепочек цен на продовольствие от первичного производства до конечных потребителей. Более конкретно это предложение касается SFS-31.

На сегодняшний день доступные и опубликованные работы проекта перечислены [88-90].

G. Проект EUXDAT - как управлять гетерогенными данными сельского хозяйства

"Сельское хозяйство является, буквально, жизненно важной отраслью. Это не только важно для питания, но и является ключевым фактором, определяющим здоровье, экономическую и политическую стабильность; занятость; деловых и биологических экосистем; и общество. Из-за его важности основное внимание уделяется производительности, но важно иметь глобальную точку зрения для решения проблем устойчивости окружающей среды. EUXDAT предлагает электронную инфраструктуру, которая касается сельского хозяйства, мониторинга земли и энергоэффективности для устойчивого развития, в качестве способа поддержки политики планирования.

Для этого нам необходимо решить проблемы, связанные с текущим и будущим огромным количеством гетерогенных данных для управления и обработки. EUXDAT основывается на существующих зрелых компонентах для их решения, предоставляя расширенный интерфейс, где пользователи будут разрабатывать приложения поверх инфраструктуры на основе HPC и облачных вычислений (Cloud).

Интерфейс предоставляет информацию о мониторинге, визуализацию, различные аналитические инструменты с параллельными данными и расширенные каталоги данных и процессов, что позволяет использовать технологию Large Data Analytics-as-a-Service. EUXDAT будет включать в себя большой набор разъемов данных (БПЛА, Коперник, полевые датчики и т. д.) Для масштабируемой аналитики. Что касается брокерской инфраструктуры, EUXDAT нацелен на оптимизацию использования данных и ресурсов. В дополнение к механизму поддержки управления данными, связанному с оценкой качества данных, EUXDAT предлагает способ организовать выполнение задач, определяя, является ли лучшая цель центром HPC или облачным провайдером. Он будет использовать информацию мониторинга и профилирования для принятия решений на основе компромиссов, связанных с затратами, ограничениями данных, эффективностью и доступностью ресурсов.

В ходе проекта EUXDAT будет поддерживать контакты с научными сообществами с целью выявления новых тенденций и наборов данных для управления эволюцией электронной инфраструктуры. Конечным результатом проекта будет и интегрированная электронная инфраструктура, которая побудит конечных пользователей создавать новые приложения для устойчивого развития".

Выполненные работы проекта можно найти по ссылкам [91-93]

H. BigDataGrapes большие данные и промышленности настроенные на виноград

Большие данные становятся шумихой (hype), которая будет переопределять полные отрасли промышленности в очень традиционных секторах, таких как сельское хозяйство, еда и красота. Например, винодельческая промышленность процветает с бизнес-статьями о потенциале, который могут иметь большие данные (например, «Как большие данные могут предсказать вино века», «Идеальное сопряжение: машинное обучение и вино», «Вот что происходит, когда встречаются вино и Geeks Mix »).

BigDataGrapes хочет опираться на богатое историческое, культурное и ремесленное наследие Европы, направленное на поддержку всех европейских компаний, работающих в двух ключевых отраслях промышленности, работающих на виноградной лозе: винодельческой и натуральной косметики. Это поможет им отреагировать на значительную возможность создания больших данных на соответствующих рынках, преследуя две амбициозные цели:

- Разработать и продемонстрировать мощные технологии обработки данных, которые повысят эффективность компаний, которым необходимо принимать важные бизнес-решения, зависящие от доступа к огромным и сложным объемам данных.
- Катализировать создание экосистемы данных и экономики, что повысит конкурентное преимущество компаний, обслуживающих ИТ-решения в этих секторах.

BigDataGrapes нацеливается на технологические проблемы экономики данных, основанной на виноградной лозе, поскольку ее бизнес-проблемы и решения требуют обработки, анализа и визуализации данных с быстро растущим объемом, скоростью и разнообразием: спутниковыми и метеорологическими данными, экологическими и геологическими данными, фенотипическими и генетическими данными завода, данные по цепочке поставок продовольствия, экономические и финансовые данные и многое другое. В связи с этим он делает совершенно подходящее межотраслевое и межстрановое сочетание отраслей, имеющих большое европейское значение и ценность.

Отчеты BigDataGrapes можно посмотреть в работах [94-97].

I. EOPEN большие данные и космос

EOPEN предоставляет платформу для таргетинга на пользователей, не являющихся экспертами по наблюдению за Землей (нетрадиционные сообщества пользователей), экспертов и сообщества МСП, которые показывают и делают данные и услуги Copernicus легкими в использовании для приложений Big Data. EOPEN предоставляет услуги аналитики данных ЕО, принятия решений и инфраструктуры для поддержки жизненного цикла обработки данных Big Data.

Доступ к данным наблюдений Земли (ЕО) через системы распределения данных Copernicus проложил путь для мониторинга изменений на Земле с использованием данных Sentinel. Одной из основных целей ЕОРЕН является слияние данных Sentinel с несколькими гетерогенными и большими источниками данных для улучшения возможностей мониторинга будущего сектора ЕО по переработке. Кроме того, участие зрелых решений в области ИКТ в секторе наблюдения Земли должно решать серьезные задачи по эффективному обращению и распространению информации, связанной с Коперником, для более широкого сообщества пользователей, за пределами ЕС. ЕОРЕН объединяет большой контент данных Copernicus с наблюдениями за данными, не относящимися к ЭО, такими, как информация о погоде, окружающей среде и социальном медиа, направленная на интерактивные, в режиме реального времени и удобные для пользователя визуализации и решения из уведомлений о раннем предупреждении. Слияние также выполняется на семантическом уровне, для обеспечения механизмов рассуждений и интероперабельных решений посредством семантического связывания информации. Обработка больших потоков данных основана на алгоритмах с открытым исходным кодом и масштабируемости при обнаружении изменений, обнаружении событий и кластеризации данных, которые построены на высокопроизводительных вычислительных инфраструктурах. Наряду с этим улучшенным объединением данных новая инновационная, всеобъемлющая архитектура совместного принятия решений и информации будет сочетаться с техническим решением для содействия принятию решений и визуальной аналитике в ЕОРЕН. ЕОРЕН также помимо ориентированных на продукт продуктов управления ЕО, использует пользовательскую обратную связь, тегирование, отслеживание взаимодействия с другими пользователями ЕОРЕН. ЕОРЕН будет продемонстрирован в сценариях реального использования в мониторинге риска наводнений, продовольственной безопасности и мониторинга изменения климата.

J. Проект ESCAPE - новый движок для EGNSS

С подключенными транспортными средствами и автономными транспортными средствами, являющимися наиболее актуальной тенденцией в автомобильном секторе, существует явная потребность в предоставлении точной и надежной информации о местоположении для критически важных для безопасности приложений. В контексте автомобильных перевозок важные для безопасности приложения определяются как те, которые обладают потенциалом прямо или косвенно предотвращать причинение вреда людям, разрушают транспортное средство или наносят ущерб внешнему имуществу или окружающей среде. Автономное вождение, расширенные системы помощи водителям (ADAS) и перевозка опасных грузов

включены в эту группу.

Традиционным способом обеспечения требуемой точной и надежной информации позиционирования является использование нескольких источников данных от датчиков. Проблема с этим подходом заключается в том, что для этого требуется использование такого сложного оборудования, как радиолокационный / лидарный датчик и камеры, которые, как правило, дороги. Кроме того, поскольку это оборудование специально не предназначено для использования в автомобильных потребительских приложениях, оно не полностью подходит для обеспечения надежной информации о местоположении.

Европейский механизм обеспечения безопасности при использовании критически важных приложений - проект ESCAPE направлен на преодоление этих многочисленных проблем путем разработки специализированного, надежного и точного движка, специально разработанного для автомобильных критически важных приложений.

Приемник GNSS в двигателе ESCAPE будет иметь многосоставные, многочастотные возможности и будет иметь возможность принимать и обрабатывать предстоящие сигналы аутентификации Galileo OS, которые являются одним из ключевых отличий от европейской GNSS, которая, как ожидается, будет запущена в 2018 году.

ESCAPE финансируется в рамках разработки основных элементов двигателя E-GNSS для критически важных приложений с множеством применений при вызове автомобильного транспорта. Проект продлится три года, с осени 2016 года до осени 2019 года, и он имеет бюджет в размере 5,4 млн. евро.

ESCAPE (European Safety Critical Applications Positioning Engine) возглавляет испанская компания FICOSA в сотрудничестве с партнерами из разных стран Европы. Консорциум проекта также включает в себя участников из всей автомобильной цепочки создания стоимости. В консорциум входят: GMV из Испании, Renault и IFSSTAR из Франции, STMicroelectronics и Istituto Superiore Mario Boella из Италии. Эти компании объединяют свои дополнительные компетенции и уже существующие знания, чтобы разработать инновационный механизм позиционирования, который использует европейские GNSS (E-GNSS) дифференциаторы и будет доступен для будущей коммерциализации. В конечном итоге в рамках проекта к 2019 году будет создан первый многосетевой приемник чипсетов Galileo с многочастотной мощностью, специально адаптированной к дорожным применениям, и в частности автономным транспортным средствам.

ESCAPE установит новую парадигму среди технологий, обеспечивающих автоматизацию дорожных транспортных средств. Ключевое слово - «ориентировано на безопасность». Принципиальные функции базового элемента - нового движка для EGNSS приведены на рисунке 24.

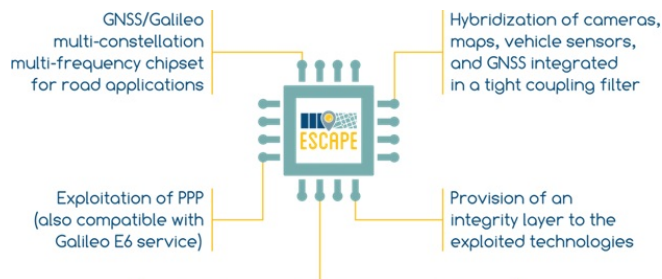


Рис. 24. Функции базового элемента – нового движка для EGNSS (Источник - <http://www.gnss-escape.eu/what-is-escape/>).

V ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В этом разделе приводятся иллюстрации по точному земледелию в виде рисунков. Они, на наш взгляд, дают наглядное представление о том, как сегодня работают технологии точного сельского хозяйства. Все они взяты из материалов летней конференции в нидерландском университете Wageningen. Заметим, что этот же университет стал координатором ключевой научно-практической программы ЕС для перехода к Агрокультуре 4.0 - IoF2020.



Рис. 25. Спутниковые снимки для анализа биомассы картофеля товара (источник - Symposium Food for Future, Wageningen, June 22, 2018)



Рис. 26. Анализ биомассы картошки с помощью различных аппаратов товара (источник - Symposium Food for Future, Wageningen, June 22, 2018)



Рис. 27. Сенсоры для почв и создание карт полей товара (источник - Symposium Food for Future, Wageningen, June 22, 2018)



Рис. 28. Цифровые карты полей для использования в уборочной технике товара (источник - Symposium Food for Future, Wageningen, June 22, 2018)

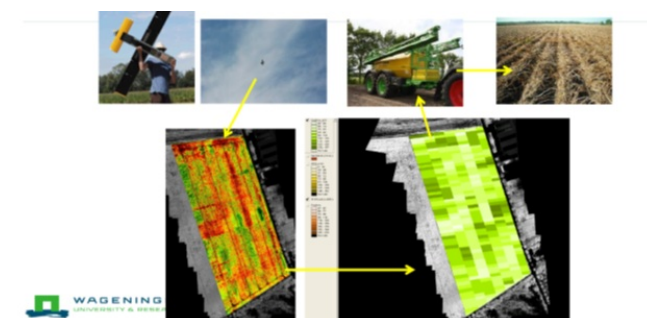


Рис. 29. Использование цифровых карт биомассы снижает употребление гербицидов на 50 % товара (источник - Symposium Food for Future, Wageningen, June 22, 2018)

VI ВЫВОДЫ

EGNSS, как считают в ЕС, может содействовать переходу к точному сельскому хозяйству в Европе и уже сегодня:

- Повысить доступность, точность и надежность сельского хозяйства, поддерживаемого GNSS и, таким образом, повысить точность операций
- Устранить отходы и чрезмерное внесение удобрений и гербицидов
- Получить экономию времени и увеличение прибыли
- Продлить срок службы оборудования, оптимизируя его использование
- Оптимизировать урожайность и повысить производительность

- Уменьшить воздействие на окружающую среду.

EGNSS во многом оказывается синергетическим катализатором перехода к Агрокультуре 4.0. Стоит отметить, что в наземной части таким синергетическим катализатором выступает научно-технический проект IoF2020 и проекты в области онтологий. Вместе они позволяют прозрачно соединить технологии через построение единой онтологии Агрокультуры 4.0.

Так решения EGNOS уже сегодня, вместе с выполненными научно-практическими проектами ЕС, являются наилучшим вариантом для широкого спектра прецизионных сельскохозяйственных применений путем целенаправленного развития ряда сервисов и приложений, базирующихся на следующих возможностях:

1. EGNOS абсолютно свободен; он не требует установки оборудования на фермах, а также текущей подписки от фермеров. Научно-практические проекты ЕС выполняются с использованием открытых стандартов и программного обеспечения и так же не выстраивают зависимостей от поставщиков.

2. Сигналы EGNOS принимаются в режиме реального времени благодаря своим его геостационарным спутникам. Эти сигналы могут быть эффективно поддержаны наземными технологиями, разрабатываемыми в научно-практических проектах ЕС.

3. EGNOS широко доступен. Более одного из 10 тракторов, продаваемых в Европе, сегодня оснащены приемниками GNSS. Большинство из этих приемников поддерживают EGNOS. Научно-практические проекты ЕС также широко доступны, что мы показали, составив обширную библиографию.

5. EGNOS не нуждается в дополнительном длинноволновом устройстве, чтобы получать данные коррекции; сигналы интегрированы во все приемники с EGNOS.

Нам представляется, что опыт ЕС может быть активно использован для цифровой трансформации российского сельского хозяйства. Россия обладает космическими технологиями мирового значения, опираясь на которые мы можем достигнуть синергетических эффектов в цифровой экономике при переходе к Агрокультуре 4.0.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Precision Farming: Image of the Day". <http://earthobservatory.nasa.gov>. Retrieved Oct, 2018.
- [2] McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T., 2005. Future Directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*, 6, 7-23.
- [3] Whelan, B.M., McBratney, A.B., 2003. Definition and Interpretation of potential management zones in Australia, In: *Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference*, Geelong, Victoria, Feb. 2-6 2003.
- [4] Howard, J.A., Mitchell, C.W., 1985. *Phytogeomorphology*. Wiley.
- [5] Kaspar, T.C., Colvin, T.S., Jaynes, B., Karlen, D.L., James, D.E., Meek, D.W., 2003. Relationship between six years of corn yields and terrain attributes. *Precision Agriculture*, 4, 87-101.
- [6] McBratney, A.B. & Pringle, M.J. *Precision Agriculture* (1999) 1: 125. <https://doi.org/10.1023/A:1009995404447>
- [7] Reynolds, P., Missotten, B., Ramon, H. et al. *Precision Agriculture* (2002) 3: 169. <https://doi.org/10.1023/A:1013823603735>
- [8] Chris Anderson, "Agricultural Drones Relatively cheap drones with advanced sensors and imaging capabilities are giving farmers new ways to increase yields and reduce crop damage.", *MIT Technology Review*, May/June, 2014. Retrieved Oct, 2018.
- [9] Digital Agriculture <https://consulting.ey.com/digital-agriculture-helping-to-feed-a-growing-world/> 01-10-2018 Retrieved Oct, 2018
- [10] EGNOS and GALILEO for AGRICULTURE High Precision, Low Cost
- [11] Weltzien, Cornelia. "Digital Agriculture or Why Agriculture 4.0 Still Offers Only Modest Returns." *Landtechnik* 71.2 (2016): 66-68.
- [12] AGRICULTURE 4.0: THE FUTURE OF FARMING TECHNOLOGY In Collaboration With Oliver Wyman WORLD GOVERNMENT SUMMIT February 2018, Authors Matthieu De Clercq, Anshu Vats, Alvaro Biel
- [13] The Future of Farming /UK agricultural policy after Brexit. A Policy Network Paper, Charlie Cadywoud, Policy Network, January 2018
- [14] Engineering Connected Intelligence. A Socio-Technical Perspective. Prof.dr. Bedir Tekinerdogan Inaugural lecture upon taking up the position of Professor of Information Technology at Wageningen University & Research on 2 February 2017
- [15] IoF2020 D3.1: Guidelines for Use-Case Analysis & Design 2017
- [16] IoF2020 D3.2: The IoF2020 Use-Case Architectures and overview of the related IoT Systems 2017
- [17] IoF2020 D3.3: Opportunities and Barriers in the present regulatory situation for system development 2018
- [18] IoF2020 D3.9: Progress Report on Synergy Analysis, Decisions and Coordination of Work 2018
- [19] IoF2020 D4.1: KPI Catalogue for each use-case 2017
- [20] IoF2020 D4.2: Methodology to assess market outlook and social impact for each use-case 2017
- [21] Sundmaeker, Harald, et al. "Internet of food and farm 2020." *Digitising the Industry-Internet of Things connecting physical, digital and virtual worlds*. Ed: Vermesan, O., & Friess, P (2016): 129-151.
- [22] IoF2020 D4.3: Taxonomy of business models relevant to IoT applications 2017
- [23] Shaping the digital (r)evolution in agriculture EU 2017
- [24] DataBio: D1.1 Agriculture Pilot Definition v1.1 2018-04-26 LESPRO
- [25] DataBio: D6.4 Data-driven bioeconomy pilots v1.0 2018-02-28 CiaoT
- [26] DataBio: D7.1 Business Plan v2.1 2018-02-06 UStG
- [27] DataBio: D7.3 PESTLE Analysis v1.0 2017-12-29 VTT
- [28] DataBio: D6.3 State of the Art v1.0 2017-12-29 VTT
- [29] DataBio: D5.1 EO Component Specification v1.0 2017-12-29 SPACEBEL
- [30] DataBio: D3.1 Fishery Pilot Definition – v1.0 – 2017-10-20
- [31] DataBio: D6.1 Dissemination Materials Website – v1.0 – 2017-04-29
- [32] DataBio: D1.1 Agriculture Pilot Definition – v1.0 – 2017-06-30
- [33] DataBio: D2.1 Forestry Pilot Definition – v1.0 – 2017-06-30
- [34] DataBio: D6.2 Data Management Plan – v1.0 – 2017-06-30
- [35] SemaGrow D1.3.1 First Annual Public Report November 2013
- [36] SemaGrow D1.3.2 Second Annual Public Report November 2014
- [37] SemaGrow D1.3.3 Third Annual Public Report November 2015
- [38] SemaGrow D1.4 Quality Assurance & Risk Assessment Plan November 2014
- [39] SemaGrow D2.1 Envisaged Applications & Use Cases July 2014
- [40] SemaGrow D2.3 Large Scale Distributed Architecture March 2016
- [41] SemaGrow D3.1 Techniques for Resource Discovery Report, Prototype March 2016
- [42] SemaGrow D3.2 Techniques for Ontology Alignment Report, Prototype March 2016
- [43] SemaGrow D3.3 Techniques for Content Classification & Ontology Evolution Report, Prototype July 2015
- [44] SemaGrow D3.4 Techniques for Heterogeneous Distributed Semantic Querying Report, Prototype July 2015
- [45] SemaGrow D4.1 Scalability & Robustness Experimental Methodology Report December 2013
- [46] SemaGrow D4.2 Experimental Report on Current Data Sets Report November 2014
- [47] SemaGrow D4.3 RDF Triple Generator of Realistic Data Sets Report November 2014
- [48] SemaGrow D4.4 Experimental Report on Projected Data Sets Report March 2016
- [49] SemaGrow D5.1 Semantic Store Infrastructure Report, Prototype November 2014
- [50] SemaGrow D5.2 Synergetic Semantic Annotation Environment Report, Prototype November 2014

- [51] SemaGrow D5.3 Automatic Rigorous Testing Components Report, Prototype July 2015
- [52] SemaGrow D5.4 Integrated SemaGrow Stack API components Report, Prototype July 2015
- [53] SemaGrow D5.5 Prototype integration with agINFRA Report February 2016
- [54] SemaGrow D6.1 Piloting Plan Report June 2014
- [55] SemaGrow D6.2 Pilot Deployment Report, Prototype February 2016
- [56] SemaGrow D6.3 Pilot Trials Report March 2016
- [57] SemaGrow D6.4 Integrated Evaluation Report & Recommendations Report March 2016
- [58] SemaGrow D7.1 Project Fact Sheet Report November 2014
- [59] SemaGrow D7.3 Dissemination & Awareness Plan Report April 2013
- [60] SemaGrow D7.4.3 Annual Dissemination & Awareness Report March 2016
- [61] SemaGrow D7.6 Knowledge Kit Report, Other March 2016
- [62] PANTHEON D1.1 Project Management Guidelines 29/11/2017
- [63] PANTHEON D8.1 Ethics 31/01/2018 CO
- [64] PANTHEON D7.1 Public Website 28/02/2018
- [65] PANTHEON D2.1 Requirements, Specifications and Benchmark 30/04/2018
- [66] PANTHEON D7.2 Data Management Plan 30/04/2018
- [67] PANTHEON D2.2 Guidelines for Components and Documentation compatibility 30/06/2018
- [68] PANTHEON D5.1 Water Management Control 31/08/2018
- [69] PANTHEON D2.3 Real-world (1:1 scale) hazelnut orchard for final demo 31/08/2018
- [70] FATIMA D1.1.1 Guidelines for multi-actor platform building and roadmap in pilot areas 2015
- [71] FATIMA D1.1.4 Pilot Stories in various media forms 2018
- [72] FATIMA D1.2.1 Socio-economic analysis framework 2015
- [73] FATIMA D1.2.4 Visions of sustainable, prosperous farming communities 2018
- [74] FATIMA D2.1.2 Central webGIS prototype & users guide 2016
- [75] FATIMA D2.2.1 Methodology for dense high-resolution EO time series, gap filled 2015
- [76] FATIMA D2.2.2 Methodology for EO-based crop water requirements forecast 2016
- [77] FATIMA D2.2.3 Methodology for biophysical-biochemical parameters from new EO 2016
- [78] FATIMA D3.1.1 Protocol for setting-up the pilot VRT systems 2015
- [79] FATIMA D3.2.1 Guidelines for mapping differential N from EO at a range of spatial scales 2016
- [80] FATIMA D3.3.1 Framework for soil-crops assessment and nutrient management in pilot areas 2015
- [81] FATIMA D4.1.1 Framework for energy-water-food assessment in pilot areas 2015
- [82] FATIMA D4.1.3 Guidelines for on farm energy-water-food audit, including training material 2016
- [83] FATIMA D4.2.1 Framework for policy analysis 2015
- [84] FATIMA D4.2.2 Catalogue of best practices in instruments to promote sustainable crop production 2016
- [85] FATIMA D5.1 Baseline description & demonstration framework 2016
- [86] FATIMA D6.3 FATIMA Dissemination Strategy 2015
- [87] FATIMA D6.4 Project Website and Dissemination Material 2015
- [88] SURE-Farm D1.1 Report on resilience framework for EU agriculture 2018
- [89] SURE-Farm D1.2 Report on scenarios for EU farming 2018
- [90] SURE-Farm D1.3 Report on farm typology and farming systems selection 2018
- [91] EUXDAT D6.1 Initial Dissemination and Communities Involvement Strategy and Plans December 2017
- [92] EUXDAT D6.2 EUXDAT Website January 2018:
- [93] EUXDAT D7.1 Market Analysis and Standardization Plans April 2018
- [94] BigDataGrapes D2.2: Data Management Plan & Support Pack 2018
- [95] BigDataGrapes D2.3: BigDataGrapes Software Stack Design 2018
- [96] BigDataGrapes D8.1: Piloting Plan 2018
- [97] BigDataGrapes D9.1: Website and Social Media Presence 2018.

Agriculture 4.0: Synergy of the System of Systems, Ontology, the Internet of Things, and Space Technologies

Vasily Kupriyanovsky, Yuri Lipuntsov, Oleg Grinko, Dmitry Namiot

Abstract— The article deals with issues related to digital agriculture. In the first part of the paper, basic technologies are considered that ensure accurate farming. First of all, they include navigation systems and unmanned aerial vehicles. Next, we are talking about automatic control systems. The article provides an overview of a large number of EU projects that support accurate farming. In particular, the paper considers the European project Internet of Food & Farm 2020 (IoF2020), which explores the potential of Internet technologies Things for the European food and agricultural industry. This project aims to make farming a reality and to make a vital step towards creating a more sustainable value chain. With the help of Internet technologies, Things are expected to receive higher yields and better products. The use of pesticides and fertilizers will decrease, and the overall efficiency will be optimized. Internet technologies also provide better traceability of food products, leading to improved food safety.

Keywords— digital agriculture, internet of food and farm.