РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ ПОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММ НА БАЗЕ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ANDROID

*А.Н. Кувшинов, канд. техн. наук; В.Ф. Купряшкин, канд. техн. наук, доцент;
А.П. Иншаков, доктор техн. наук, профессор; И.И. Курбаков, канд. техн. наук, доцент*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева», г. Саранск, Россия, тел. (834) 25 44 05, e-mail: mesmgu@mail.ru

Электронные карты необходимы для измерения площади полей и создания цифровой среды, с которой работают остальные компоненты точного земледелия. Для практической реализации был выбран метод отрисовки полей с помощью специальных программ на базе операционной системы ANDROID. Наиболее оптимальными, с точки зрения функциональных возможностей были определены программы «GPS Area» от компании News Marathon Ltd, «Навигатор полей» от компании Farmis и «Field Bee» от компании e Farmer BV. Для создания электронных карт полей с помощью метода отрисовки программами на базе операционной системы ANDROID лучше использовать более сложные системы параллельного вождения, которые позволяют не только сохранять поля, но и имеют функции экспорта карт, передачи, изменения единиц измерения. Данные системы позволяют комбинировать функции отрисовки и объезда полей, а также подсоединять внешнюю антенну GPS для увеличения точности измерений. При этом было выявлено, что программы курсоуказатели не отрисовывают и не создают электронные карты полей, а служат лишь для нанесения параллельных контуров и треков на бесконечное виртуальное поле приложения. Числовой расчет оптимального критерия выбора показал, что наиболее эффективной является программа «Навигатор полей» с критерием выбора $Z = 5,01$. На основе исследований программного обеспечения на операционной системе ANDROID разработаны практические рекомендации.

Ключевые слова: электронная карта, программа, планшет, ANDROID, системы глобального позиционирования (GNSS).

Введение

Согласно данным последних исследований [1, 2] сельскохозяйственная техника и технологические машины достигли определенного максимального уровня по производительности, ширине захвата, массогабаритным показателям, мощности двигателя и другим. В основном это обусловлено различными государственными ограничениями в сфере безопасности дорожного движения, экологическими и юридическими аспектами [3, 4] и, самое главное, агротехническими ограничениями [5]. Одним из способов повышения рентабельности сельскохозяйственного производства, повышения производительности и соблюдения экологических норм является правильная организация производственного процесса на основе современных технологий [6]. Наиболее перспективным является применение точного земледелия. Точное земледелие или точное фермерство, которое произошло от английского термина «Precision Farming», зародилось за рубежом на основе объединения спутниковых и компьютерных технологий [7-9]. Точное (рецептурное) земледелие представляет собой стратегию управления

на конкретном участке на основе информационных технологий.

Инструменты и технологии, используемые для точного земледелия, включают [10-12]:

- географические информационные системы (GIS);
- систему глобального позиционирования (GNSS);
- технологию переменного внесения материалов (VRT);
- дистанционное зондирование (RS);
- системы параллельного и автоматического вождения (Autotrac).

Данные системы решают задачи бережливого использования ресурсов, позволяют снижать вредное влияние сельскохозяйственного производства на экологию за счет отказа от необдуманного внесения большого количества пестицидов и удобрений [13, 14].

Электронные карты необходимы для измерения площади полей и создания цифровой среды поля, с которой работают остальные компоненты точного земледелия. Для практической реализации выбран метод отрисовки полей с помощью специальных программ на базе операционной

системы ANDROID. Преимуществом таких программ является низкая стоимость и достаточно высокая производительность (около 10 тыс. га в день).

Большинство способов создания электронных карт относится к системам ГИС [15-18]. В нашей работе поставлены следующие цели:

1) проверить функциональные возможности метода отрисовки полей с помощью специальных программ на базе операционной системы ANDROID;

2) выбрать оптимальную программу по функциональным параметрам;

3) разработать практические рекомендации по работе с такими программами.

Методы и материалы

Для проверки третьего способа были выбраны программы для создания электронных карт на базе операционной среды ANDROID как наиболее распространенной в мобильных устройствах. Использовался планшет со средними техническими характеристиками: DEXP Ursus N210 (версия Android 8.1, процессор Spreadtrum SC9832E 1,3 ГГц, оперативная память 2 Гб, встроенная память – 16 Гб, встроенные навигационные системы – A-GPS, GPS, GLONASS) (рис. 1).

Рис. 1. Используемое оборудование: планшет на ANDROID DEXP Ursus N210 и подключаемая антенна GPS/GLONASS GNSS Receiver (серия Model GN-803L)

Анализ программного обеспечения осуществлялся на основе базы PLAY MARKET [19]. Платформа позволяет отслеживать количество загрузок приложения. Пользователи могут выставить свои пользовательские оценки от 1 до 5, которые в итоге отображаются в виде среднестатистического итогового значения.

Для проверки были выбраны три программы из начала списка с пользовательским доверием выше четырех баллов и

наибольшим числом скачиваний пользователей. Это программы «GPS Area» от компании News Marathon Ltd, «Навигатор полей» от компании Farmis, «Field Bee» от компании e Farmer BV.

Использовали как теоретические (метод системного анализа при изучении существующих решений по получению электронных карт полей в операционной среде ANDROID), так и эмпирические методы исследования (наблюдение и обобщение практического опыта применения программных продуктов).

Наиболее важной задачей на практике является выбор оптимальной программы из доступных. При этом численный расчет зачастую затруднен по причине разнообразия таких программ и различия их функционала. Поэтому наиболее подходящим методом будет выбор по средневзвешенным параметрам [20]. Численная оценка эффективности выбора программ относится к методу математической оптимизации.

В качестве ограничения функции при расчете принималась однотипность данного класса программ.

Определяем значения показателей из совокупности параметров для каждой анализируемой программы, а затем отношением к такому же значению образцовой программы рассчитываем безразмерный показатель качества:

$$q_i = \frac{P_i}{P_A}, \quad (1)$$

где P_i – показатель анализируемой программы; P_A – показатель базовой программы.

В качестве эффективных показателей принимаем сумму качественных показателей, которую обозначим как критерий выбора K_v .

Тогда:

$$K_v = q_{i1} + q_{i2} + \dots + q_{in} = \sum q_i, \quad (2)$$

где q_i – безразмерный показатель качества.

Тогда эффективность выбора Z выразится как отношение критерия выбора K_v к сумме удельных затрат на покупку и эксплуатацию программы $\sum C_{уд.}$:

$$Z = \frac{\sum q_i}{C_{уд.}} \quad (3)$$

Сумма удельных затрат на покупку и эксплуатацию программы $\sum C_{уд.}$ выражается как сумма от стоимости программы $C_{пр}$ и стоимости затрат на эксплуатацию и содержание $C_{затр.}$:

$$\sum C_{уд.} = C_{пр} + C_{затр.} \quad (4)$$

Тогда эффективность выбора средств технического диагностирования $Z_{\text{выбора}}$ в полном виде:

$$Z_{\text{выбора}} = \frac{(P_{i1} + P_{i2} + \dots + P_{in})}{(P_A + P_A + \dots + P_A)} \times K_{\pi}, \quad (5)$$

где P_i – показатель анализируемого изделия; P_A – показатель базового изделия;

$C_{\text{пр.}}$ – стоимость программы; $C_{\text{затр.}}$ – стоимость затрат на эксплуатацию и содержание; K_{π} – переводной коэффициент стоимости программы. Если программа стоит тысячи, то $K_{\pi} = 1000$, если сотни тысяч, то $K_{\pi} = 100\,000$. Переводной коэффициент вводим для удобства расчета и представления

эффективности и выражения ее в целых числах. Так как в нашем случае средним ценовым значением является стоимость программы 1299 руб., то $K_{\pi} = 1000$.

Результаты

В ходе проведенных исследований установлено, что существующие программы по функциональному признаку можно разделить на три большие подгруппы:

- 1) агронавигаторы;
- 2) программы курсоуказатели и системы параллельного вождения;
- 3) программы измерения площади полей (рис. 2).

а) программа курсоуказатель **Tractor Guide**

б) программа системы параллельного вождения **Навигатор полей**

Рис. 2. Отличие интерфейсов программ курсоуказателей (а) и систем параллельного вождения (б)

Установлено, что курсоуказатели не создают электронные карты полей, а служат лишь для нанесения параллельных контуров на бесконечное виртуальное поле приложения и отрисовки треков движения тракторного агрегата.

Поэтому наиболее универсальными и функциональными являются программы второй подгруппы.

Результаты внесены в таблицу 1.

Таблица 1

Функциональные возможности рассмотренных программ по созданию электронных полей на базе операционной системы ANDROID

Показатели	Программа		
	GPS Area (News Marathon Ltd)	Field Navigator Навигатор Полей (Farmis)	Field Bee (e Farmer BV)
Тип	Система измерения площади	Система параллельного вождения	Система параллельного вождения
Измерение площади, периметр	+	+	+
Минимальное значение площади, единица	м ²	м ²	га
Тип карты (подложка)	Google	Google	Google
Создание карт в режиме без доступа в интернет	-	+	+
Подключение внешней антенны	-	+	+
Точность при использовании встроенной антенны GPS	-	± 10 м	± 10 м
Импорт/экспорт карт	-	+	-

Для проверки измерения площади поля с известными контурами на местности и определения погрешности отрисовки выбран участок с минимальными размерами 13x13 м.

Результаты показали, что не все программы позволяют обеспечить такую точность функционально. Большинство производителей такого типа программ обещают точность в 0,5 %. Например, программа «GPS Area» выставляет еще несколько знаков после запятой даже для измерения 1 м², а программа «Field Bee» минимальное значение в настойках имеет до 1 га, а при замерах выставляет значение до второго знака. При замерах программа показала значение 0,2 га, вместо 169 м².

Для выбора оптимальной программы рассчитываем показатель q_i по всем функциональным параметрам. При этом не имеет значение, какую программу мы примем за базовую. В нашем случае выберем «GPS Area». Все ее показатели q_i будут равны 1 (так как любое число, деленное на себя, будет равно 1). При этом параметр равен 1, если такая функция присутствует, 0 – если отсутствует. Если параметр представлен числом, то записывается это число. Всего представлено семь основных параметров (табл. 1), критерий выбора K_v будет равен сумме всех q_i :

$$K_v = \sum q_i = 7.$$

Рассчитанные значения показателей K_v и Z внесены в таблицу 2.

Таблица 2

Расчет критерия оптимального выбора программ по созданию электронных карт полей

Пока	Программа		
	GPS Area (News Marathon Ltd)	Field Navigator Навигатор Полей (Farmis)	Field Bee (e Farmer BV)
Тип	Система измерения площади	Система параллельного вождения	Система параллельного вождения
Стоимость программы, руб.	890	1299	11107
Сумма качественных показателей выбора K_v	3	7	5,01
Показатель эффективности выбора, Z	3,37	5,01	0,45

Было выявлено, что для программ с подключаемым интерфейсом (Bluetooth, USB) лучше использовать внешнюю выносную антенну GPS или GLONASS, так как

встроенная антенна показала точность ±10 м для всех проверяемых программ. При подключении спутников системы GLONASS при проведении опытов точность

повысилась до 2,8 м, что также недостаточно. При подключении внешней антенны GPS точность увеличилась на $\pm 0,3$ м, что позволяет использовать этот сигнал для некоторых видов агротехнических работ, не требующих высокой точности проходов (например, опрыскивание). Данные показывают, что точность позиционирования на местности в режиме объезда поля зависит, в первую очередь, от приемника сигнала, а не программного обеспечения.

На основе исследований программного обеспечения для операционные системы ANDROID разработаны следующие практические рекомендации:

- 1) из всех представленных типов оборудования лучше использовать агропланшеты и программы систем параллельного вождения, так как они более универсальны;
- 2) в программе должен быть алгоритм перевода систем измерения из дюймовой в метрическую и наоборот;
- 3) программа должна содержать импорт и экспорт полей;
- 4) программы с подключаемым интерфейсом электронное поле можно создать вручную, объехав его на машине;
- 5) для программ с подключаемым интерфейсом (Bluetooth, USB) лучше использовать внешнюю выносную антенну GPS или GLONASS;
- 6) большая часть программ требуют постоянной синхронизации с сервером и, как правило, эта связь осуществляется через интернет посредством мобильной связи (3G или 4G). Это необходимо для загрузки технических данных и параметров, например, загрузка карт Google, которые

используются в качестве подложки (основы) для составления карты поля и расчета его характеристик. Такие программы имеют технические ограничения в условиях сельскохозяйственного производства, ведь не всегда на полях, особенно удаленных от населенных пунктов, есть качественное соединение с сетью Интернет;

7) программа должна поддерживать корректировку спутникового сигнала при подключении внешней антенны. Это необходимо для создания электронной карты поля наземным способом, объездом поля по периметру.

Заключение

Для создания электронных карт полей с помощью метода отрисовки программами на базе операционной системы ANDROID лучше использовать более сложные системы параллельного вождения, так как они позволяют не только сохранять поля, но также имеют функции экспорта карт, сохранения, изменения единиц измерения. Они позволяют комбинировать функции отрисовки и объезда полей, а также подсоединять внешнюю антенну GPS для увеличения точности измерений. Наиболее оптимальными, с точки зрения функциональных возможностей, были определены программы «GPS Area» от компании News Marathon Ltd, «Навигатор полей» от компании Farmis, «Field Bee» от компании e Farmer BV. Числовой расчет оптимального критерия выбора показал, что наиболее эффективной является программа «Навигатор полей» с критерием выбора $Z = 5,01$. Разработаны практические рекомендации для работы с таким типом программ.

Литература

1. Robert Finger, Scott M. Swinton, Nadja El Benni, Achim Walter. Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment. Annual Review of Resource Economics, 2019, № 11, p. 313-335.
2. Соловьев С. А., Любич В. А., Попов С. В., Курамшин М. Р. Эффективность технологических операций использования техники в точном земледелии. Труды ГОСНИТИ, 2016, т. 122, с. 3-12.
3. Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 июля 2010 г. № 1292-р, г. Москва. [Электронный ресурс] <https://rg.ru/2010/11/10/monitoring-site-dok.html> (дата обращения: 19.10.2020).
4. Сулин М. А., Шишов Д. А. Основы земельных отношений и землеустройства. Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2015, 320 с.
5. Манейлов В. В. Научные основы и перспективы развития берегающего земледелия в лесостепи Поволжья. Нива Поволжья, 2009, № 4 (13), с. 40-43.
6. Тимонин С. Б., Тимонина А. С. Внедрение цифровых технологий в процессы обеспечения оптимального функционирования машинно-тракторного агрегата. Нива Поволжья, 2018, № 3 (48), с. 124-132.

7. Auernhammer H. Precision farming – the environmental challenge. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2001, № 30, p. 31-43. doi:10.1016/S0168-1699(00)00153-8.
8. Артюшин А. А., Смирнов И. Г. Научно-техническое обеспечение применения ГЛОНАСС в сельскохозяйственном производстве. *Сельскохозяйственные машины и технологии*, 2015, № 1, с. 8-11.
9. Головинов Е. Э., Аминев Д. А., Захаров А. В., Бакштанин А. М. Отечественный агромонитор для контроля работы сельскохозяйственной техники. *Природоустройство*, 2016, № 1, с. 52-57.
10. Reddy P. P. Precision Agriculture. *Agro-ecological Approaches to Pest Management for Sustainable Agriculture*. Springer, Singapore, 2017, p. 295-309. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4325-3_19.
11. Труфляк Е. В. Основные элементы системы точного земледелия. Краснодар: КубГАУ, 2016, 39 с.
12. Yousefi M. R. Application of GIS and Gps in precision agriculture (a review). *International journal of advanced Biological and Biomedical Research*, 2015, № 3 (1), p. 7-9.
13. Кирилова О. В., Чуба А. Ю. Эффект использования спутниковых навигационных систем и ГИС-технологий в сельском хозяйстве. *Сельский механизатор*, 2018, № 12, с. 2-5.
14. Neményi M., Mesterházi P. Á., Pecze Z., Stépán Z. The role of GIS and GPS in precision farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2003, № 40, p. 45-55. doi:10.1016/S0168-1699(03)00010-3.
15. Петухов Д. А., Назаров А. Н., Воронков И. В. Современные способы измерения площадей полей. *АгроСнабФорум*, 2016, № 2 (141), с. 15-17.
16. Zhu A.X., Hudson B., Burt J., Lubich K., Simonson D. Soil Mapping Using GIS, Expert Knowledge, and Fuzzy Logic. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65, 2001, p. 1463-1472. doi:10.2136/sssaj2001.6551463x.
17. Кувшинов А. Н. Измерение площади полей на основе точного земледелия. *Сельский механизатор*, 2019, № 1, с. 14-16.
18. Давлетшина А. Д. Этапы и проблемы создания электронной карты. *Молодой ученый*, 2017, № 3, с. 191-193. URL <https://moluch.ru/archive/137/38285>.
19. Сайт Play market [Электронный ресурс] <https://play.google.com/store/> (дата обращения: 19.10.2020)
20. Власов А. Ю. Оптимизация выбора и эффективность использования диагностического оборудования. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*, 2012, № 2 (90), с. 18-18.

UDC 631.171

DOI 10.36461/NP.2020.57.4.007

DEVELOPMENT OF PRACTICAL RECOMMENDATIONS FOR CREATING ELECTRONIC FIELD MAPS USING PROGRAMS BASED ON THE ANDROID OPERATING SYSTEM

A. N. Kuvshinov, Candidate of Technical Sciences, V. F. Kupryashkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, A. P. Inshakov, Doctor of Technical Sciences, Professor, I. I. Kurba-kov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ogarev Mordovia State University", Saransk, Russia, tel. (834) 25 44 05, e-mail: mesmgu@mail.ru

Electronic maps are necessary to measure the area of fields and create a digital environment with which the rest of the components of precision agriculture work. For practical implementation, the method of rendering fields using special programs based on the ANDROID operating system was chosen. The programs «GPS Area» from News Marathon Ltd, «Field navigator» from Farmis and «Field Bee» from e Farmer BV were determined to be the most optimal in terms of functionality. To create electronic maps using the method of rendering programs based on the ANDROID operating system, it is better to use more complex parallel driving systems which allow not only to save fields, but also have the functions of exporting maps, transferring, and changing units of measurement. These systems allow combining the functions of rendering and detouring fields, as well as connect an external GPS antenna to increase the accuracy of measurements. Herewith, it was found out that the course indicator programs do not render or create electronic maps, but only serve to draw parallel

lines and trackers onto the limitless virtual field of the application. Numerical analysis of the optimal selection criterion showed that the most effective program was "Field navigator" with the selection criterion $Z = 5,01$. Based on the research of software on the ANDROID operating system, practical recommendations have been developed.

Keywords: electronic map, program, tablet, ANDROID, global positioning systems (GNSS).

References

1. Robert Finger, Scott M. Swinton, Nadja El Benni, Achim Walter. Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment. *Annual Review of Resource Economics*, 2019, № 11, p. 313-335.
2. Solovyov S. A., Lyubchich V. A., Popov S. V., Kuramshin M. R. Efficiency of technological operations of using equipment in precision agriculture. *Proceedings of GOSNITI*, 2016, vol. 122, pp. 3-12.
3. The concept of development of state monitoring of agricultural land and land used or provided for agriculture as part of other categories of land, and the formation of state information resources on these lands for the period up to 2020: Order of the Government of the Russian Federation No. 1292-r of July 30, 2010, Moscow. [Electronic resource] <https://rg.ru/2010/11/10/monitoring-site-dok.html> (date accessed: 19.10.2020).
4. Sulin M. A., Shishov D. A. *Fundamentals of land relations and land management*. Saint Petersburg: Prospect Nauki, 2015, 320 p.
5. Maneilov V. V. Scientific foundations and prospects for the development of conservation agriculture in the forest-steppe of the Volga region. *Volga Region Farmland*, 2009, No. 4 (13), pp. 40-43.
6. Timonin S. B., Timonina A. S. The introduction of digital technologies in the processes of ensuring the optimal functioning of the machine-tractor unit. *Volga Region Farmland*, 2018, No. 3 (48), pp. 124-132.
7. Auernhammer H. Precision farming – the environmental challenge. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2001, № 30, p. 31-43. doi:10.1016/S0168-1699(00)00153-8.
8. Artyushin A. A., Smirnov I. G. Scientific and technical support of GLONASS application in agricultural production. *Agricultural Machinery and Technologies*, 2015, No. 1, pp. 8-11.
9. Golovinov E. E., Aminev D. A., Zakharov A. V., Bakshatin A. M. Domestic agromonitor to control the operation of agricultural machinery. *Prirodoustroistvo*, 2016, No. 1, pp. 52-57.
10. Reddy P. P. *Precision Agriculture. Agro-ecological Approaches to Pest Management for Sustainable Agriculture*. Springer, Singapore, 2017, p. 295-309. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4325-3_19.
11. Truflyak E. V. *The main elements of the precision agriculture system*. Krasnodar: the Kuban State Agrarian University, 2016, 39 p.
12. Yousefi M. R. Application of GIS and Gps in precision agriculture (a review). *International journal of advanced Biological and Biomedical Research*, 2015, № 3 (1), p. 7-9.
13. Kirilova O. V., Chuba A. Yu. The effect of using satellite navigation systems and gis technologies in agriculture. *Selskiy Mechanizator*, 2018, No. 12, pp. 2-5.
14. Neményi M., Mesterházi P. Á., Pecze Z., Stépán Z. The role of GIS and GPS in precision farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2003, № 40, p. 45-55. doi:10.1016/S0168-1699(03)00010-3.
15. Petukhov D. A., Nazarov A. N., Voronkov I. V. Modern methods of measuring the area of fields. *AgroSnaBForum*, 2016, No. 2 (141), pp. 15-17.
16. Zhu A.X., Hudson B., Burt J., Lubich K., Simonson D. Soil Mapping Using GIS, Expert Knowledge, and Fuzzy Logic. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65, 2001, p. 1463-1472. doi:10.2136/sssaj2001.6551463x.
17. Kuvshinov A. N. Field area measurement based on precision farming. *Selskiy Mechanizator*, 2019, no. 1, pp. 14-16.
18. Davletshina A. D. Stages and problems of creating an electronic map. *Molodoy ucheniy*, 2017, No. 3, pp. 191-193. URL <https://moluch.ru/archive/137/38285>.
19. Play market website [electronic resource] <https://play.google.com/store/> (accessed: 19.10.2020)
20. Vlasov A. Yu. Optimization of the choice and efficiency of the use of diagnostic equipment. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 2012, no. 2 (90), pp. 18-18.