

Приближенные значения его корней имеют вид:

$$z_1 \approx -1,260494631; z_{2,3} \approx 1,274138351 \pm 0,4488548137i; \\ z_{4,5} \approx 0,4076784747 \pm 1,526928854i; z_{6,7} \approx -1,051569510 \pm 1,075578775i.$$

Несложно убедиться в том, что для каждого из комплексных корней выполняется равенство  $r^7 = 13 \sin 2\varphi / \sin 5\varphi$ .

**Заключение.** Таким образом, в данной работе установлена явная аналитическая зависимость между модулем и аргументом комплексных корней трехчленных алгебраических уравнений произвольной степени с действительными коэффициентами.

1. Кравченко, В.Ф. Аналитический метод решения трехчленных алгебраических уравнений с помощью элементарных функций  $K_m$  / В.Ф. Кравченко // Ученые записки ЦАГИ. – 1988. – Т. 19, № 4. – С. 135–144.
2. Кутищев, Г.П. Решение алгебраических уравнений произвольной степени / Г.П. Кутищев. – М.: Издательство ЛКИ, 2019. – 232 с.
3. Brilleslyper, M.A. Counting Interior Roots of Trinomials / M.A. Brilleslyper, L.E. Schaubroeck // Mathematics Magazine. – 2018. – Vol. 91, № 2. – P. 142–150.
4. Botta, V. On the behavior of roots of trinomial equations / V. Botta, J.V. da Silva // Acta Mathematica Hungarica. – 2019. – Vol. 157, № 1. – P. 54–62.

## РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО РЕДАКТОРА ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ RUST И API VULKAN

*Куликов В.А.,*

*студент 4 курса ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель – Шпаков С.А., ст. преп.*

В настоящее время увеличивается количество человек, работающих дистанционно. Косвенным подтверждением этого факта являются недавние изменения в трудовой кодекс [1], касающиеся в том числе и урегулирования дистанционной работы. Несмотря на эту тенденцию, необходимость в коммуникации для производства программного обеспечения никуда не исчезает, в частности, важна визуальная коммуникация, так как, зачастую, сложно объяснить собеседнику на словах свои идеи и предложения.

Важным требованием к данному приложению является скорость работы, для выполнения которого используется графическое ускорение посредством API Vulkan, а также системного компилируемого языка программирования Rust.

Цель – разработка сетевого редактора векторной графики, позволяющего осуществлять визуальную коммуникацию на расстоянии, в том числе, и посредством сети Интернет.

**Материал и методы.** Для создания данного приложения используются различные средства операционной системы Linux, текстовый консольный редактор Neovim, оснащённый плагином для взаимодействия с LSP (Language Server Protocol) сервером. Язык программирования – Rust, также стоит отметить использование одной из ключевых библиотек для разработки данного приложения – Vulkan [2], которая позволяет взаимодействовать с API Vulkan для достижения графического ускорения.

**Результаты и их обсуждение.** Разработанное приложение позволяет осуществлять визуальную коммуникацию по сети в реальном времени. Сеть может быть как локальной (корпоративной), так и глобальной (интернет).

В настоящее время существует два формата двухмерной графики – растровый и векторный. Данное приложение использует векторный формат, в первую очередь это обусловлено тем, что растровый формат требует для обработки большого количества хранимой о нём информации, поскольку в конечном счёте работа идёт с каждым пикселем, данный формат плохо подходит для передачи данных по сети. Векторный формат [3] оперирует геометрическими примитивами, которые задаются гораздо меньшим количеством параметров. Также важной особенностью этого формата является независимость качества от масштаба изображения, что также положительно влияет на коммуникацию по сети.

Приложение представляет собой одно окно, в котором все элементы (в том числе и пользовательский интерфейс) отрисовываются с помощью API Vulkan [2]. Такой подход позволяет использовать по максимуму ресурсы графической карты компьютера, не отнимая ресурсы процессора, что в результате имеет положительный эффект на производительность системы в целом.

При старте приложения читает конфигурационный файл, в котором хранится основная информация о подключении и настройках приложения, далее пользователю предлагается выбрать кем он выступает: хостом или клиентом. Если была выбрана опция «хост», пользователь может начать работу сразу же, остальные участники подключаются позже и получают всю необходимую информацию о полотно от хоста. Если же была выбрана опция «клиент», то пользователю предлагается ввести IP адрес удалённой машины, на которой должен работать хост, после чего происходит подключение и отображается текущий холст.

Пользователю предлагается три основных действия: создание, модификация и удаление. Все эти действия применяются к векторным объектам: прямой отрезок, кривая Безье 3-го порядка, путь (незамкнутый набор точек, соединённых линиями), полигон (замкнутый путь), окружность и так далее. Создание позволяет добавить на полотно один из вышеперечисленных примитивов. Модификация позволяет перемещать точки (в том числе контрольные точки кривой Безье), соединять их, а также применять другие действия специфичные для каждого из примитивов. Удаление позволяет убрать существующий примитив с полотна. При осуществлении любого из этих действий на удалённой стороне происходит синхронизация полотна в реальном времени.

Несмотря на то, что значительная часть вычислений в ходе работы приложения осуществляется на графической карте, минимизация и ускорение вычислений на процессоре является важным аспектом данного приложения. Для реализации этого требования приложение написано на языке программирования Rust, который, в первую очередь, является компилируемым, что позволяет конечному приложению работать напрямую с железом, достигая наилучшей производительности.

Не менее важным аспектом работы современного приложения является кроссплатформенность. Хотя Rust и является компилируемым языком программирования, используемые в данном приложении библиотеки выбраны так, чтобы поддерживать основные платформы, на которых это приложение имеет смысл запускать. Учитывая вышесказанное и поддержку API Vulkan, приложение прекрасно работает как на Linux системах, так и на ОС Windows.

**Заключение.** Применение данного приложения на производстве позволит нивелировать проблемы визуальной коммуникации между участниками процесса производства, особенно если они находятся на значительном расстоянии друг от друга, а технологии, на которых приложение построено, обеспечивают его высокую скорость и стабильную работу.

1. Изменения в трудовом кодексе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.by/novosti/novosti-pravo-by/2020/january/45327/> – Дата доступа: 20.02.2020.
2. Документация Vulkan [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.rs/vulkano/0.17.0/vulkano/> – Дата доступа: 20.02.2020.
3. Векторная графика [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Vector\\_graphics](https://en.wikipedia.org/wiki/Vector_graphics) – Дата доступа: 20.02.2020.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КУРСОВЫХ РАБОТ

*Кунцевич И.В., Лобацевич В.А.,*

*студенты 4 курса ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель – Ализарчик Л.Л., канд. пед. наук, доцент*

На данный момент на кафедрах университета существует проблема распределения тем курсовых работ среди студентов. Этот процесс происходит посредством использования бумажных форм и бланков и требует больших временных затрат, постоянного контроля и анализа внесённых данных. Кроме того взятый в Республике Беларусь курс информатизации требует использования высоких технологий в сфере документооборота.

Цель работы – автоматизировать процесс распределения курсовых работ и позволить выполнять его удалённо посредством разработки соответствующей информационной системы.

**Материал и методы.** При создании информационной системы была выбрана клиент-серверная модель приложения. Для разработки серверной части используется язык программирования Java и фреймворк Spring Boot, являющиеся одними из самых популярных технологий разработки распределённых приложений. Используемая среда разработки – Eclipse. Для хранения информации применяется реляционная база данных PostgreSQL и технология Hibernate для доступа к ней.

Клиентская часть представляет собой настольное приложение, написанное на языке программирования C#, с использованием платформы .Net Framework. Среда разработки – Microsoft Visual Studio 2019.

Для взаимодействия между клиентом и сервером применяется архитектура REST, позволяющая систематизировать и упростить интерфейс доступа от клиента к серверу, увеличить надёжность информационной системы, сделать части распределённого приложения независимыми друг от друга, что в свою очередь приводит к увеличению производительности, гибкому масштабированию, лёгкости внесения изменений и многим другим полезным свойствам приложения [1]. Кроме того используется система контроля версий Git с удалённым репозиторием на сервисе Gitlab.

**Результаты и их обсуждение.** Разрабатываемая информационная система позволяет автоматизировать и удалённо распределять курсовые работы. Приложение реализует разделение пользователей на три роли: администратор, студент, преподаватель.

Для каждой роли реализована смена пароля и добавление контактной информации.