



ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРУЖЕННОСТИ ПЕРЕКРЕСТКА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ КРУГОВЫХ ДИАГРАММ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ CIRCOS

Д. В. Кудряева

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье изучается проблема транспортных заторов в мегаполисах. С использованием данных о загруженности полос движения проведено моделирование системы перекрестка на основе круговых диаграмм Circos. Проведен анализ загруженности транспортной системы и выявлены наиболее слабые места в работе перекрестка.

Ключевые слова: транспортная система, транспортная сеть, перекресток, загруженность, круговые диаграммы.

Для цитирования:

Кудряева, Д. В. Исследование загруженности перекрестка на основе моделирования круговых диаграмм интенсивностей Circos / Д. В. Кудряева // Системный анализ и логистика. – 2024. – № 3(41). – с. 84-90. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-3-84-90.

INVESTIGATION OF INTERSECTION CONGESTION BASED ON MODELING OF CIRCULAR INTENSITY DIAGRAMS OF CIRCOS

D. V. Kudryaeva

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The article examines the problem of traffic congestion in megacities. Using traffic lane congestion data, a simulation of the intersection system based on Circos pie charts was carried out. An analysis of the traffic congestion of the transport system has been carried out and the weakest points in the operation of the intersection have been identified.

Keywords: transport system, transport network, intersection, congestion, pie charts.

For citation:

Kudryaeva, D. V. Investigation of intersection congestion based on modeling of circular intensity diagrams of Circos / D. V. Kudryaeva // System analysis and logistics. – 2024. – № 3(41). – p. 84-90. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-3-84-90.

Введение

В настоящее время транспортные заторы являются привычной ежедневной частью жизни граждан мегаполисов. Одной из задач модернизации транспортной сети является определение загруженности перекрестков [1]. Данный параметр необходим для дальнейшей разработки предложений модернизации транспортной системы и их оценки. Также для снижения затрат и рисков проводится предварительное построение модели перекрестка [2].

Круговые диаграммы Circos в основном применяются в сфере медицины, но сейчас они активно внедряются при анализе транспортных систем [3]. В данной работе будет проведено моделирование перекрестка между проспектом Маршала Жукова и улицей Маршала Казакова города Санкт-Петербурга. Данный элемент транспортной сети имеет большую загрузку в течение дня, поэтому необходимо выявить слабые участки для дальнейшего анализа узких мест и разработки предложений по улучшению ситуации [4].

1. Объект исследования

Для построения модели исследуемой системы и ее последующего анализа с использованием диаграмм Circos, первоочередной задачей является идентификация ключевых элементов системы. В контексте моделирования перекрестка в качестве основных элементов рассматриваются полосы движения. В рамках данного исследования каждой полосе движения на анализируемом перекрестке присваивается уникальный идентификационный номер. Данный подход обеспечивает возможность точной и недвусмысленной идентификации



отдельных элементов системы, что является необходимым условием для построения детализированной модели и проведения последующего анализа.

Схематическое представление нумерации полос движения на исследуемом перекрестке приведено на рисунке 1, который создан в среде моделирования AnyLogic [5]. Данная визуализация служит основой для дальнейшего построения диаграмм CIRCOS и анализа взаимосвязей между элементами системы.

Помимо идентификации полос движения, на схеме перекрестка также отображены возможные траектории движения транспортных средств с каждой полосы, включая повороты и развороты. Учет этих параметров является важным аспектом моделирования, поскольку они оказывают непосредственное влияние на пропускную способность перекрестка и распределение транспортных потоков.

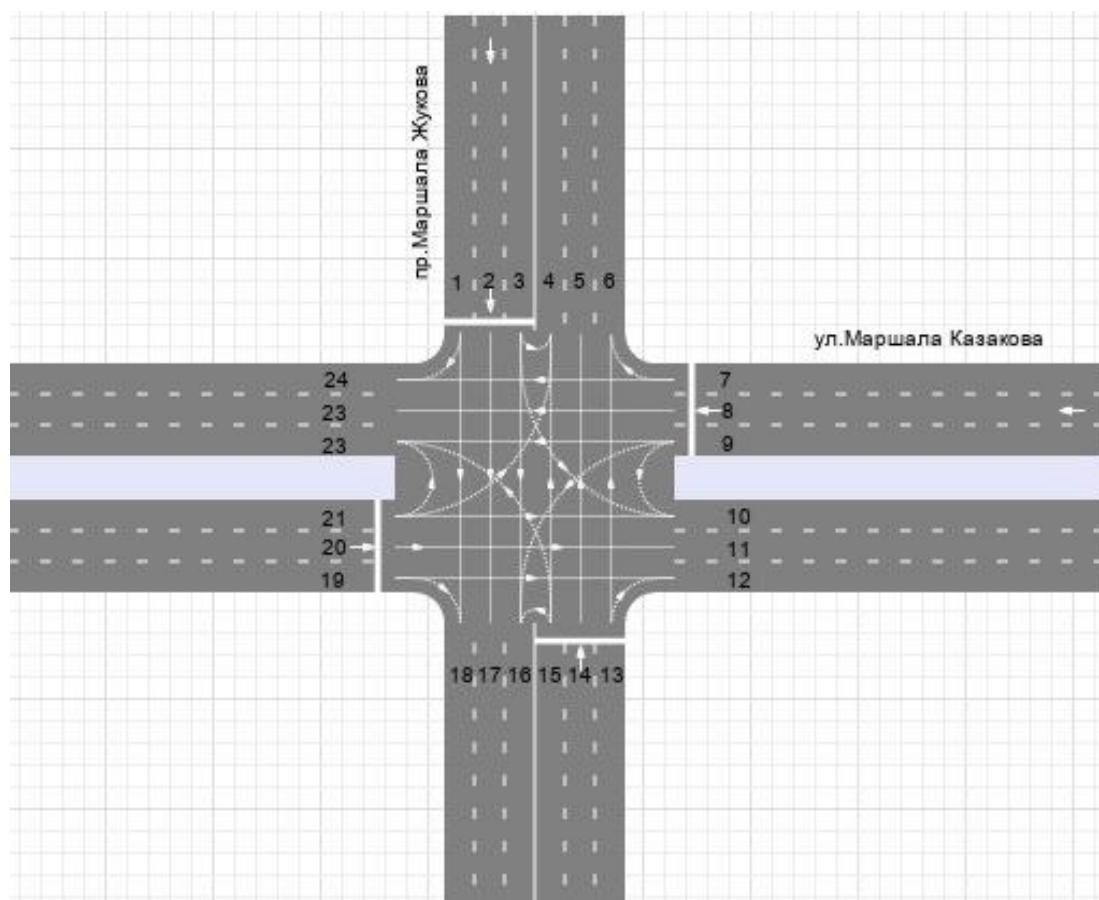


Рис. 1. Объект исследования

2. Моделирование круговых диаграмм интенсивностей

Для построения диаграммы CIRCOS используются экспериментальные данные, отражающие интенсивность движения и процентное распределение транспортных средств по различным направлениям на каждой полосе. Например, на рисунке 1 представлена схема полос движения на исследуемом перекрестке. Для каждой полосы указывается доля транспортных средств, совершающих повороты в различных направлениях. Так, на первой полосе 70% транспортных средств поворачивают направо, а 30% движутся прямо.

На основе собранных данных строится круговая диаграмма CIRCOS. Для построения модели используются специализированные файлы, которые описывают моделирование транспортной сети и интенсивности движения на полосах [3], [6]. Практическая реализация такого файла для транспортной системы представлена на рисунке 2.



Color	chrom1	start1	length1	description1	chrom2	start2	length2	description2
0,255,0	chr1	20	50	from_chr1	chrY	70	58	to_chr24
255,0,0	chr1	100000000	50	from_chr1	chr18	30	25	to_chr18
255,0,0	chr2	100000000	10	from_chr2	chr17	100	100	to_chr17
255,0,255	chr3	100	50	from_chr3	chr4	10	6	to_chr4
0,0,255	chr3	50000000	50	from_chr3	chr10	10	50	to_chr10
255,0,0	chr3	100000000	80	from_chr3	chr16	80	44	to_chr16
0,255,0	chr7	20	50	from_chr7	chr6	50	50	to_chr6
255,0,0	chr7	100000000	50	from_chr7	chrY	50	42	to_chr24
255,0,0	chr8	10	10	from_chr8	chrX	100	100	to_chr23
255,0,255	chr9	20	50	from_chr9	chr10	10	50	to_chr10
0,0,255	chr9	50000000	80	from_chr9	chr16	90	50	to_chr16
0,255,0	chr13	20	5000000	from_chr13	chr12	50	50000000	to_chr12
255,0,0	chr13	50000000	50000000	from_chr13	chr6	50000000	50	to_chr6
255,0,0	chr14	10	100000000	from_chr14	chr5	100	100000000	to_chr5
255,0,0	chr15	100000000	80000000	from_chr15	chr4	80	80000000	to_chr4
0,0,255	chr15	50000000	50000	from_chr15	chr22	10	50000	to_chr22
255,0,255	chr15	100	50000	from_chr15	chr16	10	50000	to_chr16
255,0,0	chr19	20	50000000	from_chr19	chr12	50	50000000	to_chr12
0,255,0	chr19	100000000	50000	from_chr19	chr18	50	50000	to_chr18
255,0,0	chr20	10	100000000	from_chr20	chr11	100	100000000	to_chr11
0,0,255	chr21	100000	80000000	from_chr21	chr4	90	80000000	to_chr4
255,0,255	chr21	20	500	from_chr21	chr22	10	500	to_chr22

Рис. 2. Программный код

Диаграмма, отражающая взаимодействие между элементами системы без привязки к конкретному времени суток показана на рисунке 3. При построении цветовая кодировка используется для обозначения различных типов маневров: красный цвет соответствует движению прямо, зеленый – повороту направо, синий – повороту налево, а фиолетовый – развороту. Дуги, соединяющие сегменты диаграммы, отражают интенсивность взаимодействий между соответствующими полосами движения. Для обеспечения точности и читаемости диаграммы Circos, на рисунке 3 используются обозначения X и Y, соответствующие полосам движения 23 и 24 соответственно. Это позволяет избежать нагромождения надписей и повысить ясность визуального представления данных.

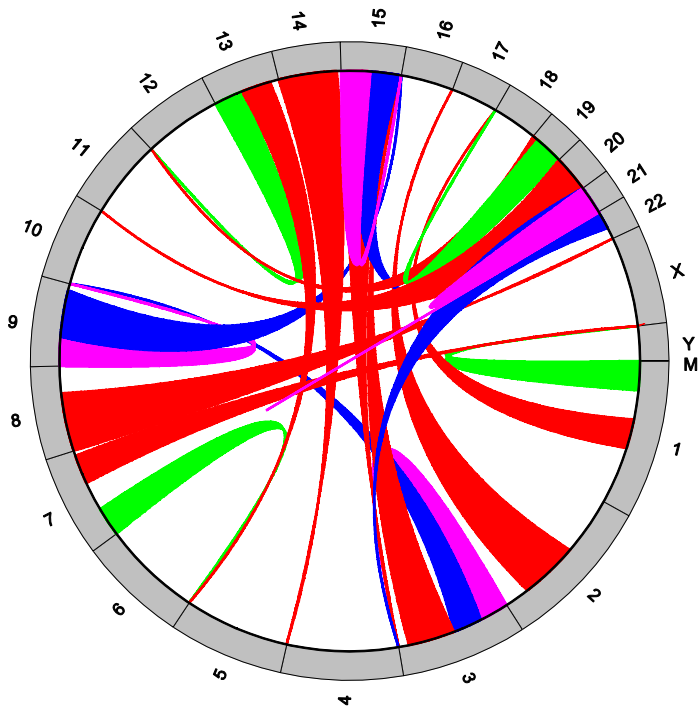


Рис. 3. Распределение по полосам движения



Для построения диаграмм CIRCOS используются экспериментальные данные об интенсивности движения, собранные в различные периоды дня, представленные в источнике [4]. В рамках данного исследования рассматриваются три временных интервала: утренние часы, дневное время и вечерний период. А точнее использовались данные в 9:30, 13:30 и 18:30. Анализ данных в разрезе времени суток позволяет учесть влияние суточных ритмов и изменений в транспортном спросе на распределение трафика на перекрестке.

На рисунке 4 представлена круговая диаграмма CIRCOS, отражающая распределение интенсивности движения в утренние часы. Данная визуализация позволяет идентифицировать доминирующие направления движения и оценить загруженность отдельных полос в утренний период. Рисунок 5 демонстрирует распределение интенсивности движения в дневное время. Сравнение диаграмм для утреннего и дневного периодов позволяет оценить изменения в структуре транспортных потоков и идентифицировать временные сдвиги в загруженности отдельных направлений. Круговая диаграмма CIRCOS для вечернего периода представлена на рисунке 6. Анализ данной визуализации позволяет выявить особенности распределения трафика в вечерние часы, когда интенсивность движения может существенно отличаться от дневных показателей. Сопоставление диаграмм для различных периодов дня дает возможность идентифицировать временные закономерности и разработать адаптивные стратегии управления дорожным движением. Также представим построенные диаграммы на временной шкале для анализа загруженности в разрезе дня. Временная шкала показана на рисунке 7.

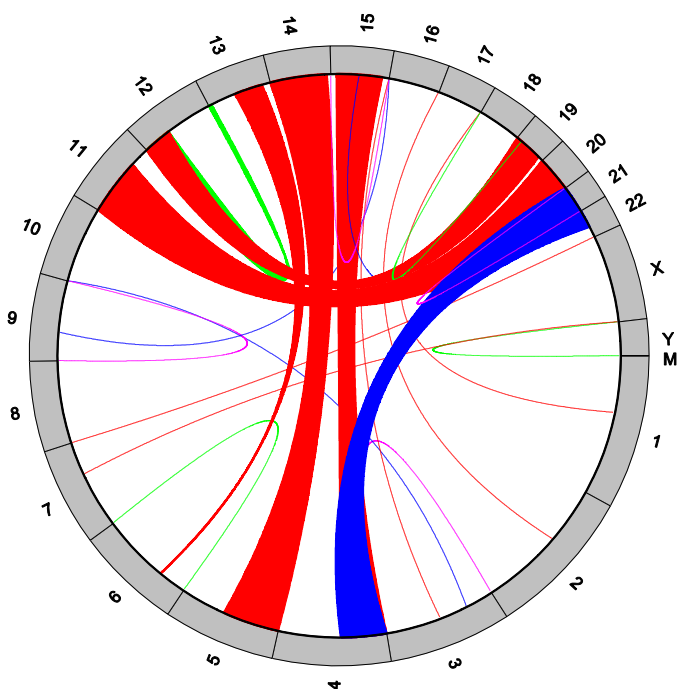


Рис. 4. Распределение по полосам движения в 9:30

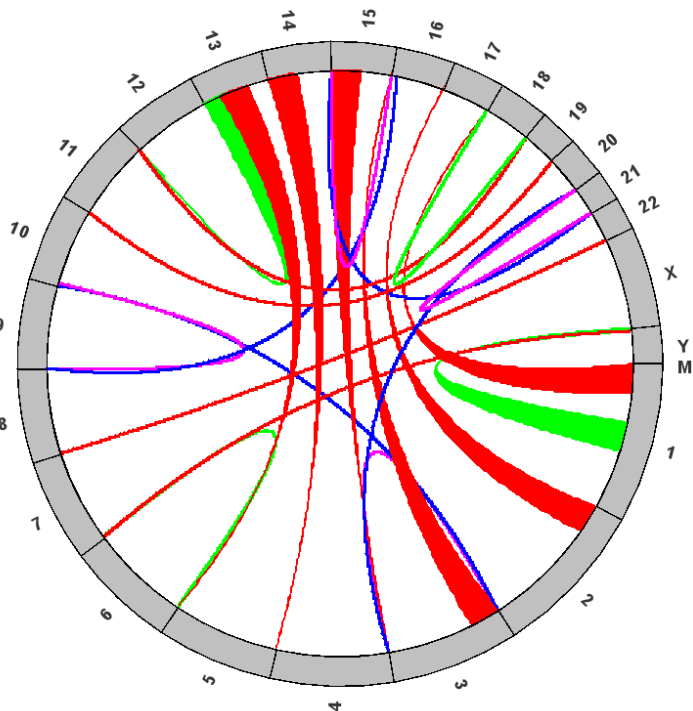


Рис. 5. Распределение по полосам движения в 13:30

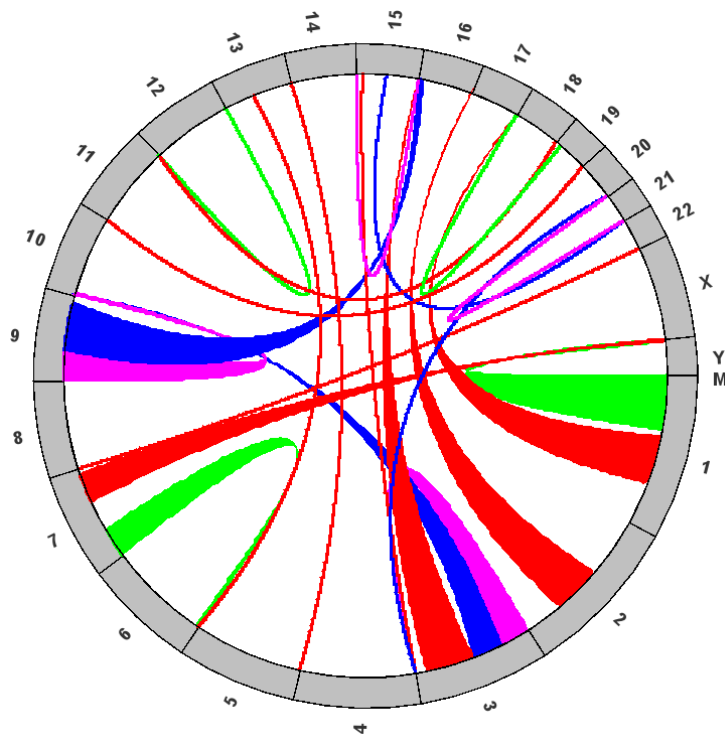


Рис. 6. Распределение по полосам движения в 18:30

Представим построенные диаграммы на временной шкале для анализа загрузки в разрезе дня.

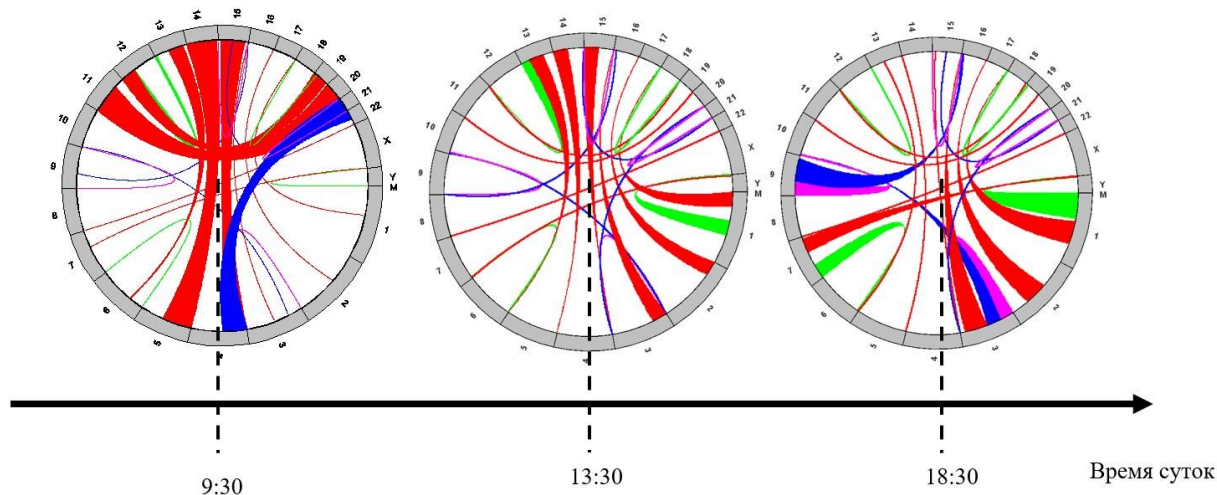


Рис. 7. Распределение по полосам движения в течение дня

3. Анализ загруженности перекрестка

Анализ полученных круговых диаграмм *Circos* позволяет выявить закономерности в распределении интенсивности движения на исследуемом перекрестке в зависимости от времени суток. В утренние часы наблюдается значительная загруженность полос движения 20, 21, 13, 14 и 15, ориентированных в направлении центра города. Такое распределение трафика может быть обусловлено массовым притоком транспортных средств в центральную часть города в связи с началом рабочего дня.

В дневное время распределение интенсивности движения становится более равномерным, однако отмечается незначительное повышение загруженности на полосах 13, 14, 15, 1, 2 и 3, расположенных на проспекте Маршала Жукова. Данное наблюдение указывает на более высокую интенсивность движения по этой магистрали по сравнению с улицей Маршала Казакова, что может быть связано с особенностями дорожной инфраструктуры и функциональным назначением прилегающих территорий.

Анализ вечерней диаграммы *Circos* выявляет повышенную загруженность полос 1, 2, 3, 7, 8 и 9, обеспечивающих движение транспортных средств из центра города. Такое распределение трафика обусловлено массовым оттоком населения из центральной части города в вечерние часы после завершения рабочего дня.

Заключение

В основе проведенного анализа можно сделать вывод о необходимости принятия мер по увеличению пропускной способности полос движения, расположенных на проспекте Маршала Жукова, демонстрирующем высокий уровень загруженности в течение всего дня. Для повышения эффективности дорожного движения можно рассмотреть различные мероприятия, по оптимизации режимов работы светофорной сигнализации и реконфигурация геометрических параметров перекрестка [7]. Необходимо дальнейшее составление модели технической системы, показывающей движение элементов [8], [9]. Важно использовать при моделировании передовые технологии и интеллектуальные решения, которые способны отслеживать взаимодействие элементов в реальном времени [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швецов В. И. Проблемы моделирования передвижений в транспортных сетях / В. И. Швецов // Труды МФТИ: Москва, 2010. – № 4. – С. 169-179.
2. Андреев, К. П. Моделирование загрузки транспортной сети / К. П. Андреев, В. В. Терентьев // Бюллетень транспортной информации. Мытищи.: Манускрипт. – 2017. – № 9. – С. 21-23.



3. Maiorov, N. Simulation of the route network and ferry traffic intensity based on the process of discretization and circos plot intensity diagram / N. Maiorov, V. Fetisov //Transport Problems. – 2019. – № 14(4). – С. 21 – 30.
4. Кудряева, Д. В. Анализ интенсивности загрузки транспортной сети для моделирования / Д. В. Кудряева // Системный анализ и логистика. – 2024. – №2(40). – С. 82-88.
5. AnyLogic: имитационное моделирование для бизнеса [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.anylogic.ru/> (дата обращения 07.04.2024)
6. Krzywinski, M. Genome Visualization with Circos [Электронный ресурс] // Genome Sciences Centre – URL: <https://mk.bcgsc.ca/template/circos/tutorials/course/circos-s1-handout.pdf> (дата обращения: 31.05.2024).
7. Киселев, В. А. Оптимизация транспортной инфраструктуры городов / В. А. Киселев, А. В. Шемякин, С. Д. Полищук, В. В. Терентьев, К. П. Андреев, Д. Г. Чурилов // Транспортное дело России. – 2018. – № 5. – С. 138 – 140.
8. Майоров, Н. Н. Моделирование транспортных процессов: учебное пособие / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов. – СПб: Изд-во ГУАП, 2011. – 163 с.
9. Майоров, Н. Н. Моделирование транспортных процессов : методические указания к выполнению лабораторных работ / В. А. Фетисов, Н. Н. Майоров, В. Е. Таратун. – СПб: Изд-во ГУАП, 2013. – 31 с.
10. Горячкина, И. Н. Повышение эффективности управления дорожным движением / И. Н. Горячкина, Е. В. Меньшова, Н. В. Аникин, А. С. Терентьев, А. Б. Мартынушкин, В. А. Киселев// Транспортное дело России. Москва.:2020. – № 4. – С. 88-91.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Кудряева Дарья Владимировна

Студент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: miss.kudryaeva@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kudryaeva Daria Vladimirovna

Student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: miss.kudryaeva@mail.ru