

**Утверждаю**

Проректор по научной работе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»  
к.т.н., доцент



Д.В. Гайворонский

« 28 » мая 2018 г.

**ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертацию Плотникова Павла Владимировича на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Решение минимаксных задач размещения на плоскости с прямоугольной метрикой на основе методов идемпотентной алгебры», представленную к защите по научным специальностям 05.13.17 – Теоретические основы информатики и 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика

**Актуальность темы исследования**

Диссертационная работа Плотникова Павла Владимировича посвящена изучению вопросов оптимизации пространственного размещения объектов в двух- и трехмерном пространстве. Такой класс задач на практике возникает при проектировании разного рода информационных систем и процессов, таких как оптимизация структуры информационной системы, оптимизация топологии сети передачи данных, оптимизация архитектуры распределенных систем обработки данных и др. Зачастую, при решении такого рода задач необходимо найти наилучший способ разместить управляющий объект с целью минимизации некоторой функции потерь. Таким образом, постановка исследовательской задачи в диссертации Плотникова П.В. является актуальной.

В диссертационной работе минимизируется функция расстояния между объектами, вычисляемая в прямоугольной метрике ( $l_1$ -метрика). Такой выбор является естественным и позволяет эффективно решать задачи, возникающие на практике при проектировании информационных систем, в силу того, что линии прокладки кабелей обычно параллельны или перпендикулярны (это соответствует планировке зданий, топологии городской застройки). То есть, постановка задачи и выбранные диссидентом ограничения адекватны реальным ситуациям, с которыми приходится сталкиваться на практике при проектировании информационных систем.

В диссертации решается задача, состоящая в нахождении точки на плоскости или в трехмерном пространстве максимальное расстояние (в смысле прямоугольной метрики) от которой до отмеченного набора точек минимально. Положение объектов задается координатами в пространстве. Такая задача возникает при выборе места расположения управляющего объекта в информационно-коммуникационных сетях, при их проектировании, оптимального положения для Data-центра, где хранятся видеозаписи с камер наблюдения, и др. В диссертации предложен новый способ решения подобных оптимизационных задач, основанный на применении методов тропической (идемпотентной) математики. Использование универсального инструментария идемпотентной математики позволяет применять полученные результаты для широкого круга задач оптимизации информационных систем.

На основании всего выше сказанного, можно сделать вывод об актуальности диссертационной работы Плотникова Павла Владимировича, как с теоретической, так и с практической точки зрения.

#### ***Достоверность и степень обоснованности основных положений, выводов и рекомендаций работы***

В диссертационной работе все теоретические выводы подтверждены формальными доказательствами, в достаточной мере обоснованы и подтверждены численными примерами и ссылками на результаты, полученные другими специалистами в предметной области исследования. Содержание работы хорошо структурировано и согласовано с задачами исследования.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в работе, прошли апробацию на российских семинарах и конференциях различного уровня. Результаты диссертации представлены в семи печатных работах, зарегистрированных в РИНЦ, из них две статьи в журналах, входящих в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», сформированного согласно требованиям, установленным Министерством образования и науки Российской Федерации, а также две публикации в изданиях, входящих в базы цитирования Scopus и Web of Science.

Таким образом, степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертации Плотникова Павла Владимировича можно считать достаточно высокой.

#### ***Значимость полученных результатов для развития науки и практики***

Анализ положений диссертации показал, что изложенные в ней результаты являются научно значимыми и обладают ценностью и научной новизной. Основное содержание результатов диссертации заключается в разработке соискателем комплекса математических методов оптимального размещения точечных объектов на плоскости и в пространстве с прямоугольной метрикой (развернуто и аргументировано описаны во 2 и 3 главах диссертации), с использованием инструментария идемпотентной алгебры (основные положения этого инструментария рассмотрены в 1 главе диссертации).

Новизна и значимость результатов состоит в том, что в работе получены решения минимаксных задач размещения с прямоугольной метрикой в виде явных формульных зависимостей в аналитическом виде. Во многих случаях аналитическое решение представляется более удобным для последующего анализа и непосредственных расчетов, чем использование итерационных алгоритмов, которые позволяют находить только частные, «одноточечные» решения рассматриваемых задач. Благодаря этому, может быть повышена эффективность организации и функционирования информационных систем и применения современных информационных технологий на практике, так как при проектировании этих систем, часто, появляется больше возможностей для выбора оптимального положения размещаемого объекта с учетом различных ограничений, накладываемых на его положение.

Ценным представляется использование инструментария идемпотентной алгебры, который позволяет получать полные решения в виде явных формул, удобных для применения при решении практических задач, анализе и интерпретации получаемых результатов.

Процедуры, построенные на основе разработанных в диссертационной работе методов, имеют меньшую алгоритмическую сложность, в сравнении с известными итерационными алгоритмами.

Следует отметить логичность и последовательность изложения основных результатов работы.

В первой главе диссертации (стр. 18-25) приведены основные сведения об идемпотентной алгебре, на основании которых строятся все дальнейшие исследования и рассуждения. Введены основные определения и используемые обозначения. Сформулированы правила и соотношения, характерные для идемпотентной алгебры, в соответствии с которыми в дальнейшем решаются задачи оптимизации.

Во второй главе диссертации (стр. 26-70) предложено новое решение класса задач тропической оптимизации с одной, двумя и тремя переменными. Исследование проводится в два этапа. На первом получено решение задачи в векторной форме, на основе экстремального свойства идемпотентного спектрального радиуса матрицы, а на втором проведено решение рассматриваемых задач скалярным методом с помощью сведения задачи оптимизации к системе параметризованных неравенств и последующего нахождения всех ее решений. При этом сначала рассматриваются постановки задач оптимизации с одной и двумя переменными, а затем, на их основе разрабатывается подход к решению задачи с тремя неизвестными. Доказываются несколько новых теорем, приводятся следствия из них. Указанные результаты развивают подходы к проведению структурного анализа информационных систем с использованием новых математических методов.

В третьей главе диссертации (стр. 71-99) разработаны методические положения, касающиеся научно-практического применения теоретических результатов, полученных во второй главе. Приводится описание прикладных задач оптимального размещения центрального сервера управления в сети ло-

кальных коммуникаций и оптимального размещения центра управления системой видеонаблюдения, решение которых базируется на разработанном математическом инструментарии. Исходя из наличествующих на практике ограничений, автором решаются различные вариации двухмерной задачи, рассмотрены задачи размещения на плоскости с прямоугольной метрикой точечного объекта без ограничений на область размещения, с ограничениями в виде прямой линии, отрезка прямой, полосы и прямоугольника. Завершается глава постановкой и решением задачи размещения в трехмерном пространстве. Эти результаты являются ценными, значимыми и обладают свойством научной новизны.

Результаты, полученные в диссертации Плотникова Павла Владимира-вича, отличаются несомненной научной новизной и значимостью для развития науки. Они соответствуют паспортам научных специальностей 05.13.17 – Теоретические основы информатики (пп. 2, 11, 16) и 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика (п. 3).

Автореферат диссертации отражает основные положения работы. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с установленными нормативными требованиями. Положения исследования опубликованы с достаточной полнотой.

***Практическая ценность результатов исследования и конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации***

Результаты диссертации базируются на надежном теоретическом фундаменте, в то же время, они обладают несомненной практической ценностью, т.к. позволяют оптимизировать (с использованием строгих экстремальных критериев) процесс построения территориально-распределенных информационно-коммуникационных систем.

По мнению ведущей организации, результаты работы рекомендуется использовать:

1) при планировании размещения объектов информационной инфраструктуры в городах (в районах с параллельной и перпендикулярной системой улиц) – для оптимизации затрат по эксплуатации инфраструктуры и повышения качества предоставляемых информационно-коммуникационных услуг. Соответствующие разработки могут использоваться различными предприятиями ИТ-сектора, предоставляющими соответствующие сервисы и имеющими в собственности (управлении) информационно-коммуникационные сети;

2) в учебном процессе и научных исследованиях в области теоретических основ информатики, теории и методов оптимизации и идемпотентной алгебры – образовательными учреждениями высшего образования (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петрозаводский государственный университет»; Федеральное

государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» и др.), а также организациями, работающими в сфере переподготовки и повышения квалификации работников ИТ-отрасли;

3) в программных изделиях, предназначенных для моделирования и проектирования информационных систем. Здесь могут использоваться программные реализации алгоритмов в качестве основы для создания программных средств для автоматического проектирования структуры информационной системы компаниями, которые занимаются реализацией ИТ-проектов;

4) при проведении экспертизы проектов и реально функционирующих информационных систем российскими и международными аналитическими и консультационными компаниями.

### ***Замечания по диссертации***

Стоит отметить, что в тексте диссертационной работы имеются отдельные опечатки и не вполне удачные формулировки. Не оспаривая ценность и значимость полученных результатов, тем не менее, следует указать на следующие замечания:

1. В тексте встречаются неточности и ошибки. Например, на стр. 40 описание переменной  $t$  записано в две строчки, отсутствие дополнительного знака умножения при переносе выражения на следующую строчку усложняет восприятие утверждения. Также, на стр. 42 в выражении для  $\mu$  два раза подряд повторяется знак тропического сложения.

2. На стр. 75 приведено описание задачи размещения центра управления системой видеонаблюдения. Из текста не ясно, какие средства удобно использовать в описанной ситуации, для каких видов коммуникаций применим предлагаемый метод решения.

3. На стр. 95 предложена формулировка задачи размещения в трехмерном случае, но не приведен численный пример, как это было сделано для остальных случаев. Требуется пояснение – выполнялось ли численное моделирование в этом случаен? Каковы его результаты?

4. В приложении (стр. 117-122) не предложена программная реализация алгоритма трехмерного случая.

Отмеченные недостатки не оказывают существенного влияния на оценку диссертационной работы.

### ***Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней***

1. Диссертационная работа Павла Владимировича Плотникова на тему «Решение минимаксных задач размещения на плоскости с прямоуголь-

ной метрикой на основе методов идемпотентной алгебры» является за- конченной научно-квалификационной работой, содержит новые научные и практические результаты, связанные с решением актуальной задачи оптимального проектирования информационных систем и процессов на основе применения методов идемпотентной алгебры. Положения и выводы диссертации отличаются теоретической и практической значимостью, научной новизной, обоснованностью и достоверностью.

2. Автореферат достаточно полно отражает содержание работы.
3. Результаты исследования опубликованы с достаточной полнотой.
4. Диссертационная работа соответствует паспортам научных специальностей 05.13.17 – Теоретические основы информатики и 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Автор диссертации – Плотников Павел Владимирович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научным специальностям 05.13.17 – Теоретические основы информатики и 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на семинаре лаборатории алгоритмической математики и логики ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» «24» мая 2018 г., протокол № 8.

Отзыв подготовил  
зав. лаб. алгоритмической  
математики и логики канд. физ.мат. наук,  
Васильев Н.Н.

