

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/diplomnaya-rabota/33130>

Тип работы: Дипломная работа

Предмет: Химия

Введение 3

Глава 1. Теоретические основы применения фотоколориметрических методов 5

1.1 История развития фотоколориметрических методов 5

1.2 Основные физико-химические закономерности фотоколориметрических методов 13

1.3 Сферы применения фотоколориметрических методов 19

1.4 Оценка сходимости результатов фотоколориметрических методов 27

1.5 Методы расчета конечных характеристик результатов фотоколориметрических методов 40

1.6 Нарушения и ошибки в применении фотоколориметрических методов 42

Глава 2. Фотоколориметрические методы исследования прозрачных сред 53

2.1 Понятие и классификация прозрачных сред 53

2.2 Фотоколориметрические методы исследования прозрачных сред 55

2.3 Обработка результатов исследования прозрачных сред фотоколориметрическими методами 65

Заключение 69

Список литературы 72

Введение

Развитие аналитической химии происходит достаточно быстро в разрезе постепенного перехода от начальных методов к более инновационным, но не стоит забывать о применимости методов, которые использовались на начальных этапах становления и развития органической химии. К таким методам относятся визуальные, спектральные и фотометрические методы, которые активно применяются на сегодняшний день, на данные методы разрабатываются новые методики, которые позволяют расширить спектр и точность анализов.

Одним из таких методов является метод фотоколориметрического анализа. Данный метод появился на заре аналитической химии и входит в категорию оптических методов анализа. В начале 21-го века метод несколько утратил свою популярность из-за отсутствия возможности измерения следовых концентрация, однако, в настоящее время фотоколориметрические методы анализа признаются одними из самых успешных методов экспресс-лабораторной диагностики в таких областях, как аналитическая химия, судебная медицина, фармакология.

С недавних пор данные методы активно применяются непосредственно на производстве по причине быстроты и лёгкости пробоподготовки, а также устойчивости приборов к внешним воздействием по причине простоты конструкции, что позволяет не только контролировать качество продукта, но и производить оценку опасности на производстве. С этой целью были внедрены в практику фотоколориметрические газоанализаторы различного конструктивного исполнения.

В связи с вышесказанным актуальность работы следует понимать, как углубленное изучение основ и специфики одного из старейших методов аналитической химии, сохранившем свою надежность и распространенность, а также занимающих свою нишу в методах контроля среды и продукции.

Объектом исследования является метод фотоколориметрического анализа, а предметом – его признаки, практика применения, оценка и трактование результатов.

Цель работы состоит в изучении фотоколориметрических методов анализа с пониманием их практической применимости.

Задачи работы:

охарактеризовать сущность фотоколориметрических методов анализа;

рассмотреть сферы применения фотоколориметрических методов анализа;

провести аналитический обзор оценки сходимости результатов фотоколориметрических методов анализа;

рассмотреть методы расчета конечных характеристик фотоколориметрических методов анализа;

охарактеризовать предмет прозрачности среды;

рассмотреть практическое применение фотоколориметрических методов анализа;

Глава 1. Теоретические основы применения фотоколориметрических методов

1.1 История развития фотоколориметрических методов

Существуют два общих метода фотоколориметрии[1]:

1) визуальная фотоколориметрия, в которой при выравнивании механическими или оптическими средствами яркости двух полей сравнения используется способность человеческого глаза ощущать различия в яркости;

2) физическая фотоколориметрия, в которой для сравнения двух источников света используются различные приемники света иного рода – вакуумные фотоэлементы, полупроводниковые фотодиоды и т.д.

С 17-го по 19-е столетия многие известные ученые занимались развитием практической фотоколориметрии. Среди них были математики, астрофизики, физики, теологи и философы. Основанием для этого было то, что оптические параметры уже использовались в оптике, спектроскопии, астрофизике, генерации света, цветовых измерениях цвета и физиологии, а светоизмерительная техника еще отсутствовала.

Теоретической базой при этом служил трактат Ламберта по фотометрии (1760).

Трудности в развитии практической фотометрии в то время, в частности, характеризует следующее. Еще отсутствовали оптические датчики, и для измерения светотехнических и цветовых параметров использовались лишь глаза. Не было и эталонных источников света (ИС), включая мощные. В противоположность тому, интенсивно развивалось производство приборов оптики и точной механики. Физики, и прежде всего Отто Люммер, смогли развить и распространить основы теории света на ИС и источники излучения. Были созданы основы осветительной техники, касавшиеся и соответствующей метрики. При этом в конце 19-го – начале 20-го столетий было много усилий по развитию фундаментальной фотометрии.

В отсутствие физических приемников для измерения световых и лучистых параметров использовалась контрастная чувствительность человеческого глаза. Соответствующий вид фотоколориметрии называется визуальной фотоколориметрией. Известны попытки повышения воспроизводимости данных, получаемых с помощью визуальных фотометров. Так возник целый ряд визуальных фотометров, колориметров и спектрометров, на сегодня забытых.

В начале 21-го века благодаря обстоятельному труду Сеана Ф. Джонстона [1] фотоколориметрия испытала новый подъем. Весьма впечатляет, как индустриализация и военные нужды превратили ее в важное научное направление. В современной фотоколориметрии (объективная фотоколориметрия или физическая фотоколориметрия), благодаря визуальной фотоколориметрии, используется функция спектральной световой эффективности[2]. При этом, в целом, практическая метрология многих светотехнических параметров еще значительно уступает возможностям визуальной фотоколориметрии. Поэтому богатый опыт и знания визуальной фотоколориметрии полезно использовать.

Отцы фотоколориметрии – астроном Пьер Бугер и астроном, математик и философ Иоганн Генрих Ламберт. Многие используемые и сегодня формулы для расчета значений световых и лучистых величин следуют из работ Ламберта. В своем труде «Фотометрия» [3] Ламберт отмечает отсутствие научных основ фотоколориметрии и построения фотометрических приборов: «Представляется, что большая часть человеческих знаний не используется нами. Замечательный пример – теория света. В исследованиях сути и реальности столь много важных непреодолимых трудностей, что наши знания – в темной оболочке, так что над светом господствует тьма». Ламберт знал о письмах Исаака Ньютона и Эйлера, в которых излагалась теория света, но она не была пригодна для построения метрики света: «Здесь отсутствуют, как это видно, полностью (или, по крайней мере, главные) пункты, необходимые для исследования свойств величин. Отсутствует физическая теория света, которая могла бы строго доказывать и быть завершающей.

Отсутствуют инструменты для измерения света. Наконец, отсутствуют начальные принципы, на которых можно было бы работать дальше».

Ламберт особенно сожалел об отсутствии подходящих для фотоколориметрии датчиков света. Он знал, что человек исходно должен мерить визуально [3]: «Потому что, если найти различные фотометрические инструменты, сначала нужно с их помощью менять светлоту и цвет по отношению к глазу. Следовательно, фотометрия сталкивается с трудностями, как при открытии термометра с его точными измерениями температуры... Я точно знаю, что много раз проводились эксперименты, чтобы показать, что движение света можно наблюдать относительно зонда или стальной пластины в фокусе выпуклой линзы, или зеркала, и что солнечный свет находится в движении. Что представляет собой солнечный свет можно представить

увеличением или уменьшением тепла пропорционально плотности луча, и это позволяет заменить фотометр термометром».

В качестве средства для световых измерений Ламберт предлагает теневой фотометр, в котором уравниваются «плотности света» двух теневых картин. Бугер предложил еще один вариант – с соседними фотоколориметрическими полями. Позже Бунзен усовершенствовал известный фотоколориметр жирного пятна. После большого числа экспериментов Ламберт указал свойства и сложности визуальной фотоколориметрии. При этом он отметил также проблему, которая возникает при фотометрировании ИС разных цветов. Бенджамин Томпсон и Каунт Румфорт (1753–1814) в 1794 г. построили первые фотометры для промышленных измерений, которые позволяли определять светотехнические параметры тогдашних «ламп» и горящего масла. В начале 19-го века многие известные ученые занимались вопросами света, что требовалось для астрофизики, спектроскопии, физиологической оптики, цветовых измерений (колориметрии), оптического измерения температуры (пирометрии) и развития ламп и световых приборов. Отто Люммер до Макса Планка описал законы изучения черного тела и создал основу для будущих светотехнических норм. Вместе с Ойгеном Бродуном (1860–1938) он определил развитие фотометрии более чем на 40 лет вперед. Это явилось основой для создания серии промышленных фотометров – техничных и точных. Математик, химик и физик Аугуст Беер (1825–1863) создал основы описания поглощения света и ввел стандарты в теории света («Введение в высокую оптику»). Так как приемником в визуальной фотоколориметрии служит глаз, для нее требовалось создать физиологические основы зрения. Пионеры здесь – Гельмгольц, Кис, Шредингер [9], Херинг, Вебер, Фехнер, Кёниг [10, 11], Кольрауш, Дрессир, Бехштайн, Нагель [12] и др. Особые заслуги в этом имеют Артур Кёниг (рис. 6) и Конрад Дитерич, открывшие наличие функции спектральной чувствительности человеческого глаза. Эта кривая явилась отправным пунктом в численном описании световых и цветовых величин. Кёниг был учеником Гельмгольца, которому и посвятил свои основополагающие работы по метрике цвета.

С устройством для смешения цветов, которое применял еще Гельмгольц, он исследовал чувствительность датчиков: «Восприятие в виде функции освещения большого числа элементов необходимо редуцировать из бесконечного числа восприятий цвета в возможно малое число элементарных ощущений». Удивительно, что Гельмгольц без соответствующих измерений смог в то время смог гипотетически описать кривую спектральной чувствительности глаза. В биографиях вышеназванных ученых не отмечено, что прорывные достижения их пришлось на 30-летний возраст, что говорит об универсальности образования и способов работы этих ученых.

С 1920 г. арсенал средств физической (объективной) фотоколориметрии укрепляется «физическими изобретениями». В качестве классических датчиков сначала были предложены фотокамеры – с их малыми временными выдержками и хорошей линейностью. Полупроводниковые датчики в виде селеновых фотоэлементов и фотосопротивлений были внедрены позже, так как технология их изготовления еще не обеспечивала постоянства параметров. С устранением технологических трудностей полупроводниковые датчики стали производиться, что исполнило мечту Ламберта о фотометре, способном измерять температуру подобно термометру. Соответствующие аналоговые или цифровые измерительные приборы по удобству измерений и воспроизводимости оказались существенно лучше визуальных, однако точности измерений существенно не улучшили. Ведь следовало учитывать, что функция физического датчика связана с визуальной фотометрией. Для развития объективной фотометрии, важной во многих случаях, необходимо обратиться к опыту и вопросам дальнейшего развития визуальной фотометрии.

Хотя абсолютную освещенность оценивать глаз и не может, он в состоянии устанавливать равенства светлот и цветов, и потому всегда следует сравнивать результаты объективных измерений и параллельных зрительных оценок. Это означает, например, что светлоты двух сравниваемых ИС должны соотноситься с параметрами используемых средств оптического ослабления.

В обеспечение визуальных измерений, в связи с этим, необходимо создание:

световых эталонов;

методов направленного и неселективного оптического ослабления;

оптимальных условий для визуального сравнения (фотометрическое поле).

В фотоколориметрии поначалу действовали и другие способы определения освещенности. Так, термин «равносветлый» соответствовал равной остроте видения разных объектов. С помощью специальных эталонов определяли светлоту того или иного объекта. Этот принцип и сегодня используется при визуальном определении пороговой освещенности.

Принцип остроты видения имел преимущества в монохромной фотометрии, не требующей цветовых сравнений.

Светотехнические величины должны соответствовать определенным нормам. Первоначальные немецкие определения светотехнических величин были семантически лучше современных. Так, освещенность называлась плотностью светового потока (единица «люкс» или «метрическая свеча»), сила света – силой пространственно-углового потока или плотностью светового потока на единицу пространственного угла, а светность – светлотой плоскости.

Создание первоначальных световых единиц затруднялось тем, что все ИС того времени были нестабильны и невоспроизводимы по характеристикам. До того как в 1940 г. международной метрологической конвенцией эталонным ИС было принято черное тело, эталонами в основном служили ИС типа парафиновых свечей и масляных ламп с определенными геометрией и физическими параметрами. В Германии использовались созданные Хефнером амилацетатные лампы, так называемые свечи Хефнера. В других странах эталонами служили лампы с угольными нитями (международная свеча = 1,11 свечи Хефнера) [13]. Для УФ области спектра в качестве эталонного использовалось излучение катодного пятна угольной дуговой лампы.

Точность и воспроизводимость результатов фотоколориметрии зависят главным образом от примененных методов ослабления, с помощью которых устанавливают равенство светлот. Эти методы – суть следующее: ослабление пропорционально квадрату расстояния; ослабление вращающимся сектором; применение апертурных линз; использование средств направленного поглощения (например, поляризационных фильтров и серых клиньев).

Важнейшую роль при этом должно играть неселективное ослабление. Соответственно, используя закон Тальбота, очень хорошие результаты могут обеспечиваться вращающимися секторами.

Монохромная и гетерохромная фотоколориметрии используют синхронное сравнение светлот. Важную роль при этом играет оформление поля зрения. Оно должно производиться так, чтобы глаз работал в оптимальном режиме (тщательное светозащитное, равномерное освещение, надлежащая адаптация и пр.). По Люммеру и Бродуну идеальное устройство сравнения должно отвечать следующим требованиям: каждое из полей сравнения освещается только сориентированным на него ИС; поля сравнения должны непосредственно соприкасаться, по возможности разделяясь четкой границей; при тождественности полей сравнения указанная граница должна полностью исчезать; устройство должно быть максимально стабильным; при смене ИС не должно наблюдаться никаких изменений. Устройство может быть улучшено переходом к полям сравнения, основанным на принципе контрастного фотометрирования Люммера-Бродуна.

Для сравнения гетерохромных светлот используют так называемый метод мельканий, основанный на том, что частота мелькания цвета ниже частоты мелькания светлоты.

Результаты, гетерохромной фотоколориметрии, полученные разными способами, могут отличаться друг от друга, прежде всего, на краях видимого спектра. Это ярко показывает всего сравнение кривых спектральной чувствительности. Более точные результаты при этом получаются при гетерохромном прямом сравнении [14].

Естественно, в визуальной фотометрии присутствуют как «индивидуальные», так и «общие» неопределенности результатов. Отклонения данных от наблюдателя к наблюдателю могут обнаруживать разные особенности. Так, разброс данных в фотометрии мельканий удивительно мал (0,5 %).

Уже после первых экспериментов были выданы следующие указания по визуальной фотометрии [5]:

если результаты демонстрируют «особенности», их нужно отвергать;
в помещении не должно быть мешающих ИС;
при длительных последовательных измерениях должны делаться перерывы;
должна быть временная граница экспериментов;
она принципиально должна выполняться несколькими наблюдателями;
так как у каждого наблюдателя есть особенности, необходимо усреднять результаты по всем наблюдателям.

Первые переносные приборы для фотоколориметрии газовых фонарей создавали весьма странное впечатление. В конце 19-го–начале 20-го столетий разрабатывалось и промышленно производилось множество визуальных фотометров, относящихся к категории точных приборов. Они отличались солидной конструкцией и приличной оптической системой. Различия вариантов лежали в выборе методов ослабления и оформлении поля зрения. С помощью тонких приемов пытались улучшить воспроизводимость получаемых с ними результатов. Ниже представлен ряд таких устройств.

Так называемые универсальные фотометры построены по принципу ящика, позволяющего измерять различные светотехнические параметры с помощью основного оптического устройства и соответствующей оснастки. При этом карманным фотометром Бехштайна легко можно пользоваться и вне стен лаборатории [5]. Фотометр Люммера-Бродуна предназначен для измерений в «фотометрическом ящике» и имеет фотометрическое поле в виде контрастного кубика. Способом ослабления в поляризационном фотометре Мартенса служит поляризация света (призмой с двойным лучепреломлением). Направленное ослабление света может производиться и освещением диска из молочного стекла при разном расстоянии (фотометр с молочным стеклом Вебера).

Фотометр мельканий играет большую роль в определении кривой спектральной чувствительности человеческого глаза. Изменение частоты мельканий осуществляется либо с помощью регулирующего трансформатора, либо – резистора.

Первыми колориметрами были приборы с тремя полями сравнения, действовавшие по принципу выравнивания. Визуальные спектрофотометры были реализованы в виде монохроматоров, часто дававших по два расположенных рядом спектра.

Цветовой круг вначале настраивали вручную, а затем с помощью часового механизма. Фотометры (ступенчатый и Polaphot) Цейсса выделяются «кошками» – блендами, управлявшими световым потоком, направляемым в глаз. Визуальные фотометры также предназначались для спектроскопии и химического анализа прозрачных тел и жидкостей. С нефелометром Клайманна могли определяться скорость потока и мутность жидкостей. Поскольку с помощью визуальных фотометрами первоначально могли определяться лишь освещенность и равенство освещенностей, для определения значений других светотехнических величин необходимы были дополнительные устройства. Однако основой этих устройств всегда был визуальный фотоколориметр.

1.2 Основные физико-химические закономерности фотоколориметрических методов

Если световой поток интенсивности I_0 падает на кювету, содержащую исследуемый раствор, то часть этого потока $I_{\text{отр}}$ отражается от стенок кюветы и поверхности раствора, часть его I_a поглощается молекулами вещества, содержащегося в растворе, и расходуется на изменение электронной, вращательной и колебательной энергии этих молекул, часть I_{a-1} поглощается молекулами самого растворителя.

Если в растворе присутствуют твёрдые частицы в виде мутей или взвесей, то часть световой энергии I_r отражается и от этих частиц и, наконец, часть энергии I_t проходит через кювету. На основании закона сохранения энергии можно написать уравнение:

$$I_0 = I_K + I_a + I_{a-1} + I_r + I_t \quad (1)$$

При анализе прозрачных растворов в уравнении (1) член I_r равен 0. при работе на протяжении всего исследования с одним растворителем член I_{a-1} можно считать постоянным. Кроме того, растворители всегда подбирают так, чтобы они сами в исследуемой области спектра обладали минимальным поглощением, которым можно пренебречь. При использовании одной и той же кюветы значение отражённого светового потока I_K очень мало и им можно пренебречь. Поэтому уравнение (1) можно упростить:

$$I_0 = I_a + I_t \quad (2)$$

Непосредственными измерениями можно определить интенсивность падающего светового потока (I_0) и прошедшего через анализируемый раствор (I_t). Значение I_a может быть найдено по разности между I_0 и I_t ; непосредственному же измерению эта величина не поддаётся.

На основании многочисленных экспериментов П. Бугером, а затем и И.Ламбертом был сформулирован закон, устанавливающий, что слои вещества одинаковой толщины, при прочих равных условиях, всегда поглощают одну и ту же часть падающего на них светового потока.

Два раствора одного и того же соединения различной концентрации одинаковы по оттенкам цвета, но различаются по интенсивности окраски. Интенсивность окраски измеряют по ослаблению энергии светового потока определённой длины волны. Интенсивность входящего светового потока обозначают обычно I_0 , а интенсивность ослабленного поглощением светового потока через I .

1. Александрова, Э.А. Аналитическая химия в 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа: Учебник и практикум / Э.А. Александрова, Н.Г. Гайдукова. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 355 с.
2. Александрова, Э.А. Аналитическая химия в 2 книгах. Книга 2. Физико-химические методы анализа: Учебник и практикум / Э.А. Александрова, Н.Г. Гайдукова. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 355 с.
3. Александрова, Э.А. Аналитическая химия в 2 книгах. Книга 1. Химические методы анализа: Учебник и практикум / Э.А. Александрова, Н.Г. Гайдукова. - Люберцы: Юрайт, 2015. - 551 с.
4. Александрова, Э.А. Аналитическая химия в 2 кн. Кн. 1. Химические методы анализа: Учебник и практикум / Э.А. Александрова, Н.Г. Гайдукова. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 551 с.
5. Алов, Н.В. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. В 2-х т. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: Учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / Н.В. Алов. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 768 с.
6. Андрейчиков, А.В. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике: Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза ин / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. - М.: Ленанд, 2015. - 306 с.
7. Антипов, М.А. Оценка качества подземных вод и методы их анализа: Учебное пособие / М.А. Антипов, И.В. Заикина, Н.А. Безденежных. - СПб.: Проспект Науки, 2013. - 136 с.
8. Бабаскин, С.Я. Инновационный проект: методы отбора и инструменты анализа рисков: Учебное пособие / С.Я. Бабаскин. - М.: ИД Дело РАНХиГС, 2013. - 240 с.
9. Бабаскин, С.Я. Инновационный проект: методы отбора и инструменты анализа рисков: Учебное пособие / С.Я. Бабаскин. - М.: Дело АНХ, 2014. - 240 с.
10. Валова, (Копылова) В.Д. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: Практикум / (Копылова) В.Д. Валова. - М.: Дашков и К, 2013. - 200 с.
11. Винс, Р. Математика управления капиталом. Методы анализа риска для трейдеров и портфельных менеджеров / Р. Винс. - М.: Альпина Паблишер, 2016. - 400 с.
12. Волостников, В.Г. Методы анализа и синтеза когерентных световых полей / В.Г. Волостников. - М.: Физматлит, 2015. - 256 с.
13. Горяинова, Е.Р. Прикладные методы анализа статистических данных: Учебное пособие / Е.Р. Горяинова, А.Р. Панков, Е.Н. Платонов. - М.: ИД ГУ ВШЭ, 2012. - 310 с.
14. Гупал, В.М. Математические методы анализа и распознавания генетической информации: Монография / В.М. Гупал. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2012. - 154 с.
15. Даниленко, В.П. Методы лингвистического анализа: курс лекций / В.П. Даниленко. - М.: Флинта, 2016. - 280 с.
16. Дружинина, О.В. Методы анализа устойчивости динамических систем интеллектуального управления / О.В. Дружинина, О.Н. Масина. - М.: Ленанд, 2016. - 248 с.
17. Жебентяев, А.И. Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа: Учебное пособие / А.И. Жебентяев. - М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2013. - 206 с.
18. Жебентяев, А.И. Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа: Учебное пособие / А.И. Жебентяев. - М.: ИНФРА-М, 2013. - 206 с.
19. Зарипов, Р.С. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения: Учебное пособие / Р.С. Зарипов, Е.Р. Валяева. - СПб.: Лань П, 2016. - 400 с.
20. Зорин, Л.Н. Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab: Учебное пособие / Л.Н. Зорин. - СПб.: Лань, 2016. - 328 с.
21. Иванова, М.А. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: Учебное пособие / М.А. Иванова. - М.: ИЦ РИОР, 2013. - 289 с.
22. Квасов, Б.И. Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab: Учебное пособие / Б.И. Квасов. - СПб.: Лань, 2016. - 328 с.
23. Колесников, А.П. Методы численного анализа, изложенные на языке формул и алгоритмическом языке С# / А.П. Колесников. - М.: КД Либроком, 2014. - 416 с.
24. Колесников, А.П. Методы численного анализа, изложенные на языке формул и алгоритмическом языке С# / А.П. Колесников. - М.: КД Либроком, 2013. - 416 с.
25. Кулаичев, А.П. Методы и средства комплексного анализа данных: Учебное пособие / А.П. Кулаичев. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 512 с.
26. Москвин, В.П. Методы и приемы лингвистического анализа: монография / В.П. Москвин. - М.: Флинта, 2015. - 224 с.

27. Никулин, Е. Основы теории автоматического управления. Частотные методы анализа и синтеза систем. / Е. Никулин. - СПб.: ВHV, 2015. - 640 с.
28. Никулин, Е. Основы теории автоматического управления. Частотные методы анализа и синтеза систем. / Е. Никулин. - СПб.: ВHV, 2012. - 640 с.
29. Орлов, А.И. Организационно-экономическое моделирование. В 3-х т. Т. 3. Статистические методы анализа данных: Учебник / А.И. Орлов. - М.: МГТУ им. Баумана, 2012. - 623 с.
30. Орлов, Ю.Н. Методы статистического анализа литературных текстов / Ю.Н. Орлов, К.П. Осминин. - М.: КД Либроком, 2012. - 312 с.
31. Петрухин, О.М. Аналитическая химия. Химические методы анализа: Учебное пособие / О.М. Петрухин. - М.: Альянс, 2016. - 400 с.
32. Рубашкин, В.Ш. Онтологическая семантика. Знания. Онтологии. Онтологически ориентированные методы информационного анализа текстов / В.Ш. Рубашкин. - М.: Физматлит, 2013. - 348 с.
33. Сморгун, Л.В. Политические сети: Теория и методы анализа: Учебник для ВУЗов / Л.В. Сморгун. - М.: Аспект-Пресс, 2014. - 320 с.
34. Темербекова, А.А. Основные понятия и законы теории цепей, методы анализа процессов в цепях: Учебное пособие / А.А. Темербекова, И.В. Чугунова, Г.А. Байгонакова. - СПб.: Лань П, 2016. - 368 с.
35. Трофимов, Д.М. Современные методы и алгоритмы обработки и анализа комплекса космической, геолого-геофизической и геохимической информации для прогноза углеводородного потенциала неизученных участков недр / Д.М. Трофимов, В.Н. Евдокименков, М.К. Шуваева. - М.: Физматлит, 2012. - 320 с.
36. Фляйшер, К. Стратегический и конкурентный анализ: Методы и средства конкурентного анализа в бизнесе / К. Фляйшер, Б. Бенсуссан; Пер. с англ. Д.П. Конькова. - М.: БИНОМ. ЛЗ, 2012. - 541 с.
37. Фокин, В.Г. Спектральные методы анализа: Практическое руководство: Учебное пособие / В.Г. Фокин. - СПб.: Лань, 2014. - 416 с.

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/diplomnaya-rabota/33130>