# **Ф.И.О. (полностью) автора(ов)-преподавателя(ей)**

|  |
| --- |
| Заходякин Глеб Викторович |

# **Факультет/департамент, должность**

|  |
| --- |
| Факультет бизнеса и менеджмента, школа логистики,  кафедра Информационных систем и технологий в логистике,  старший преподаватель |

# **Название учебного практикума**

|  |
| --- |
| Компьютерные инструменты для решения задач оптимизации в логистике и управлении цепями поставок (в рамках дисциплины «Моделирование цепей поставок» для магистров I года обучения, магистерская программа «Стратегическое управление логистикой») |

**Аннотация учебного практикума**

|  |
| --- |
| Большинство практических задач логистики, возникающих на различных уровнях управления компанией, носят оптимизационный характер. Среди таких задач – формирование и развитие эффективной логистической сети, выбор поставщиков и логистических партнеров, среднесрочное планирование материальных потоков и запасов, объемно-календарное планирование, планирование пополнения складской сети, составление маршрутов движения, формирование графиков работы производственного оборудования, транспорта и персонала. Для решения таких задач в компаниях используются информационные системы планирования цепей поставок, которые в настоящее время являются зрелой, устоявшейся технологией. Тем не менее, сегодня можно наблюдать взрывной рост количества публикаций по тематике применения математического программирования в логистике и управлении цепями поставок, а также наличие рыночного спроса на системы разработки специализированных оптимизационных решений (IBM Decision Optimization, AIMMS, FICO Express Optimization Suite). Все это свидетельствует о том, что вопросы применения инструментов оптимизации в логистике не теряют актуальность и существует большой потенциал для развития как академических, так и прикладных исследований в этой сфере.  При разработке автор данного практикума преследовал три главные цели:  - показать применимость и полезность моделей математического программирования при решении реальных задач логистики и управления цепями поставок;  - научить студентов пользоваться комплексом программных инструментов и технологий, позволяющих в полной мере реализовать разработку и применение оптимизационных моделей большой размерности;  - поддержать самостоятельное творчество студентов при математической формализации задач логистического планирования и дальнейшее углубленное изучение прикладных аспектов исследования операций.  С тем, чтобы сделать материал доступным для студентов-нематематиков, в курсе используется язык алгебраического моделирования AMPL и его свободно распространяемый аналог MathProg. Преимущество такого подхода в том, что для решения задач оптимизации и анализа результатов не требуется программирование. Языки алгебраического моделирования являются декларативными, то есть, требуют только описания ключевых зависимостей и ограничений в модели, а не алгоритмов ее решения. Модель автоматически преобразуется в стандартный формат представления задач математического программирования, который затем передается решающему алгоритму. После решения задачи все результаты становятся доступными для вывода и анализа средствами языка моделирования. Все это происходит совершенно прозрачно для пользователя. Форма записи модели на языке моделирования очень близка к традиционной математической записи в общем виде (т.е. с использованием операторов суммирования, кванторов, индексов и множеств), с которой студенты хорошо знакомы.  AMPL наряду с GAMS и AIMMS является лидирующим инструментом моделирования, который широко применяется во всем мире для быстрой разработки прототипов и промышленных моделей. Для решения моделей могут использоваться коммерческие и свободно распространяемые решатели задач смешанного целочисленного линейного программирования - CPLEX, Gurobi, Xpress-MP, LP\_SOLVE, GLPSOL, SCIP; нелинейного программирования – Knitro, Minos, Conopt, IP-Opt, SNOPT, BARON; программирования в ограничениях – CP Optimizer; локального поиска - LocalSolver. Также доступны ресурсы вычислительного сервера NEOS.  AMPL выбран в качестве базового инструмента по следующим причинам:  - простой язык для разработки моделей и манипулирования ими;  - простой доступ к источникам данных для моделей (электронным таблицам и базам данных);  - в рамках академической программы на время курса преподавателю курса и студентам предоставляется бесплатная лицензия на AMPL и все решатели;  - программное обеспечение не требует установки и доступно на всех платформах (Windows, Mac OS X, Linux);  - существует бесплатный, свободно распространяемый, совместимый аналог - GLPK (GNU Linear Programming Kit), позволяющий решать задачи не только в учебных, но и в коммерческих целях;  - наличие веб-сервисов (NEOS, MathProg Web IDE), позволяющих решать задачи непосредственно в браузере, без установки какого-либо программного обеспечения, в том числе, на мобильных платформах;  - наличие превосходно написанных пособий по языку и применению моделирования в целом (книга AMPL: A Modeling Language for Mathematical Programming, доступная на сайте разработчиков, документация GLPK, документация на концептуально близкий AIMMS).  Для визуализации и анализа решений используется система Tableau, также бесплатно доступная для участников курса по академической программе.  Практикум включают три компонента:   * **Аудиторные практические занятия**, целью которых является получение навыков концептуального моделирования и формализации задач математического программирования. Также на занятиях обсуждаются практические примеры использования метода при решении практических задач и различные технические аспекты моделирования. * **Обеспечивающие учебные материалы**, размещенные в системе LMS: презентации по методам моделирования, работе, кейсам; тесты-тренинги; видеоролики по некоторым техническим вопросам работы с пакетом; учебные задачи – банк содержательных постановок задач в области логистики для самостоятельного построения моделей. * **Библиотека примеров моделей** на языке AMPL/MathProg, демонстрирующих возможности языка и подходы к моделированию в различных логистических задачах, возможности сопряжения модели с другими программными компонентами (визуализация и работа с данными).   Материалы курса доступны в системе LMS. В открытом доступе размещена часть материалов курса (тренинг по моделированию на основе свободно распространяемого аналога AMPL – GLPK):  Моделирование цепей поставок: принципы и инструменты  <http://www.slideshare.net/abode/ss-49544347>  Тренинг GLPK, часть 1: Модель планирования производства  <http://www.slideshare.net/abode/pearsets-web>  Тренинг GLPK, часть 2: Двухиндексные задачи  <http://www.slideshare.net/abode/glpk-2>  Тренинг GLPK, часть 3: Транспортная задача  <http://www.slideshare.net/abode/transportation-web>  Взаимодействие с источниками данных в GLPK  <http://www.slideshare.net/abode/scmod-db2015>  В связи с тем, что студенты школы логистики в бакалавриате и магистратуре в достаточной степени знакомятся с математическими методами в других дисциплинах, методика преподавания курса направлена, главным образом, на развитие навыков концептуального моделирования и формализации задач математического программирования с использованием компьютерного языка моделирования. Методологическая и алгоритмическая составляющая (алгоритмы решения задач линейного и смешанного целочисленного программирования) также рассматриваются, но кратко и в ключе влияния различных способов формализации модели на сложность ее решения.  Также необходимо уделять часть времени методам и инструментам визуализации решений, в частности, системе Tableau.  Для стимулирования самостоятельной работы студентов принята следующая система оценивания:   * Домашние задания (тесты-тренинги по языку моделирования в LMS, работа с литературными источниками, доработка разобранных на занятиях моделей) – 10%. * Активность на семинарах и решение дополнительных задач – 20%. * Формализация и решение индивидуального задания (на зачете) – 20%. * Выполнение и защита проекта (индивидуально или в группе) – 50%.   Итогом изучения дисциплины является выполнение студентами проекта, предусматривающего решения выбранной ими задачи в сфере логистики. Проект предполагает корректную формулировку содержательной постановки задачи, разработку концептуальной модели, реализацию модели в пакете GLPK, сценарный анализ и выработку решения на основе результатов моделирования. С примерами проектов, реализованных студентами, можно ознакомиться по ссылке: <http://tinyurl.com/ModelingProjects>  Объем аудиторной нагрузки в курсе «Моделирование цепей поставок» составляет 35 часов. Все занятия проводятся в компьютерном классе. Каждое занятие предполагает краткое теоретическое введение, обсуждение постановки задачи и концептуальной модели, работу студентов по презентации-тренингу для освоения технических аспектов, самостоятельную реализацию аналогичной модели для закрепления знаний. Преподаватель консультирует студентов по выполнению заданий и выносит на обсуждение сложные моменты.  В практикум включены следующие разделы:   * **Концептуальное моделирование** – выделение на основе содержательной постановки задачи множеств объектов, характеристик их элементов, переменных решения, целевой функции и ограничений; использование графических нотаций для концептуального моделирования. При изучении этого раздела студенты должны ознакомиться с публикациями в научных журналах и описать концептуальную модель для практического кейса применения математического программирования в логистике. * **Синтаксис языка** дляописания модели и данных экземпляра задачи оптимизации, а также вывода решения в удобной для анализа форме. * **Взаимодействие модели с внешними источниками данных** (электронные таблицы и базы данных). * **Визуализация и анализ решения** (с использованием сводных таблиц Excel, системы визуального анализа данных Tableau, пакетов Graphviz, NodeXL, ГИС «Google Планета Земля»). * **Примеры моделей для решения задач планирования различного уровня в логистике** (проектирование логистической сети, тактическое планирование, планирование распределения, оперативное планирование – составление графиков, планирование маршрутов доставки). * **Обзор смежных областей и перспективных направлений:** методов комбинаторной оптимизации(локальный поиск, программирование в ограничениях), имитационного моделирования.   Применение в логистике имитационного моделирования с использованием пакета Anylogic подробно рассматривается в рамках отдельной дисциплины. |

# **На какие компетенции нацелена предлагаемая к разработке программа учебного практикума**

|  |  |
| --- | --- |
| Знания  Умения  Навыки | Методы и алгоритмы решения задач линейного и смешанного целочисленного программирования. Примеры и приемы формализации бизнес-ограничений в задачах смешанного целочисленного программирования. Практические примеры использования математического программирования в логистике. Организации, научные школы и ресурсы в сфере применения математического программирования в логистике.  Сбор и подготовка данных для решения логистических задач. Реализация моделей оптимизации с использованием пакетов AMPL и GLPK. Разработка моделей, взаимодействующих с промышленными источниками данных. Использование инструментов визуализации и анализа решения. Выполнение сценарного анализа. Поиск информации в библиографических базах данных.  Сбор данных, разработка содержательной постановки задачи и концептуальной модели. Применение инструментов моделирования и оптимизации для решения практических задач логистики. Принятие решений на основе результатов моделирования и сценарного анализа. Презентация результатов моделирования для лица, принимающего решение. |

**Как проект может быть распространен на другие департаменты и факультеты?**

|  |
| --- |
| Курс может читаться как общеуниверситетский факультатив, либо как дисциплина по выбору на других образовательных программах, например, как дисциплина Маго-лего. Потенциальной аудиторией таких курсов могут быть студенты факультета бизнеса и менеджмента или факультета компьютерных наук. |