

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 303.733.4:728.45-048.72

Внук
Ольга Михайловна

Алгоритм поддержки принятия решений по распределению мест в общежитии

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра
по специальности 1-40 80 02 «Системный анализ, управление и обработка
информации»

Научный руководитель
Гуринович Алевтина Борисовна
кандидат физико-математических
наук, доцент

Минск 2024

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное управление распределением мест в общежитиях становится все более актуальным в условиях растущей численности студентов и изменяющейся социально-экономической ситуации. Распределение мест в общежитиях является сложной задачей, которая требует учета таких факторов как пожелания студентов, возможности университета, академические достижения студентов, и другие. В связи с этим, разработка и внедрение алгоритмов поддержки принятия решений, основанных на современных методах теории графов, приобретает особую важность. Например, в нашей стране около 80 тысяч студентов проживают в 120 общежитиях. Открытие новых общежитий частично решает проблему, но требуется более эффективный менеджмент для оптимизации использования ресурсов и снижения нагрузки на инфраструктуру.

Университеты стремятся уменьшить издержки на обеспечение жильем и инфраструктурой. Эффективное распределение мест может привести к более рациональному использованию жилой площади общежитий, что позволит сократить расходы на их содержание.

Современные технологии позволяют развивать техническую сторону данного вопроса, разрабатывая более мощные и эффективные алгоритмы распределения мест в общежитии, что в свою очередь позволяет решать научную проблему, которая стоит за программной: открытие новых алгоритмов, позволяющих объединить знания из разных дисциплин и областей в одну. В частности – комбинирование математических моделей, информационных технологий, экономики, социологии. Алгоритмы принятия решений – вычислительные методы, позволяющие машинам автоматически выполнять задачи и/или принимать решения – становятся ключевым фактором, обеспечивающим конкурентоспособность. Алгоритмы могут принимать решения благодаря огромным объемам данных. Организации собирают, хранят и обрабатывают все более сложные данные о клиентах, часто в режиме реального времени. Можно считать большие данные «цифровыми следами», полученными в результате сложных взаимодействий между людьми и машинами. Поэтому качество наборов данных, используемых для разработки или обучения алгоритмов, влияет на их возможности и последующие решения.

Это подчеркивает важность разработки алгоритмов, способных учитывать сложные взаимодействия между студентами и общежитиями, оптимизируя распределение мест.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Тема данного исследования является научно новой, так как в настоящее время не существует единой методики распределения мест в общежитии, основанной на научных исследованиях. В условиях постоянно растущего числа студентов и ограниченности ресурсов университетов эффективное распределение мест в общежитиях становится все более актуальной задачей.

Алгоритмы поддержки принятия решений обладают большим потенциалом для решения этой проблемы, поскольку позволяют учитывать множество факторов, таких как академическая успеваемость, социальные льготы, предпочтения студентов и пол. Они обеспечивают справедливость и прозрачность процесса, минимизируя субъективность и предвзятость, а также автоматизируют и ускоряют распределение мест, что особенно важно в периоды массового заселения. Гибкость и адаптивность современных алгоритмов позволяют быстро реагировать на изменения условий и требований. Кроме того, такие алгоритмы способствуют повышению качества проживания студентов, снижению конфликтов и повышению их удовлетворенности, что в конечном итоге улучшает академические результаты и общий опыт обучения.

Степень разработанности проблемы

Тема данного исследования является научно новой, так как в настоящее время в Беларуси не существует единой методики распределения мест в общежитии, основанной на научных исследованиях. Алгоритмы принятия решений обладают большим потенциалом. Использование алгоритмов уменьшает вероятность человеческих ошибок и предвзятости при принятии решений, что способствует повышению качества удовлетворенности студентов.

Цель и задачи исследования

Целью данной магистерской диссертации является разработка эффективных алгоритмов поддержки принятия решений по распределению мест в общежитии с целью оптимизации процесса распределения ресурсов и повышения удовлетворенности студентов.

Для достижения поставленных целей необходимо было решить следующие задачи:

1. Провести обзор литературы и практических решений по распределению мест в общежитиях;
2. Собрать данные о текущем процессе распределения мест в общежитии (количество мест, студентов, критерии отбора);
3. Разработать математическую модель или набор правил для учета этих данных в алгоритме принятия решений, основанного на теории графов;

4. Исследовать и адаптировать существующие алгоритмы принятия решений для задачи распределения мест в общежитии;

5. На основе полученных результатов сформулировать рекомендации по улучшению процесса распределения мест в общежитии.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-40 80 02 «Системный анализ, управление и обработка информации».

Основными объектами исследований являются процесс распределения мест в общежитии для студентов или других жителей, а также алгоритмы и методы, применяемые для поддержки принятия решений в данной области, основанные на теории графов.

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы белорусских и зарубежных ученых в области исследования алгоритмов поддержки и принятия решений.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

Научная новизна

Данная работа заключается в создании экономически и функционально эффективного алгоритма для распределения мест в общежитии, основанного на теории графов и задачах оптимизации. Этот подход является научно новым, так как в настоящее время не существует единой методики распределения мест в общежитии, основанной на подобных научных исследованиях.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в ней предложены алгоритмы эффективного принятия решений при распределении мест в общежитии, основанные на теории графов.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что разработанный алгоритм принятия решений может быть использован для автоматизации процесса распределения мест в общежитии, минимизации неудовлетворенности студентов соседями по комнате и улучшения общего управления жилым пространством общежития. Результаты данного исследования могут быть интегрированы в существующие системы управления общежитием, повышая их эффективность и удовлетворенность студентов.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Разработка эффективного алгоритма поддержки принятия решений по распределению мест в общежитии на основе математических моделей и методов оптимизации.

2. Анализ существующих методов и алгоритмов распределения мест в общежитии и выявление их сильных и слабых сторон.

3. Практическое применение разработанного алгоритма в системах распределения мест в общежитии с целью улучшения процесса и повышения удовлетворенности пользователей.

4. Рекомендации по внедрению разработанного алгоритма в управление общежитием и другие смежные области с целью оптимизации процессов и улучшения условий проживания.

Публикации

Полученные результаты представлены в 6 публикациях, доложены на 5-ти научных конференциях.

Структура и объем работы

Работа состоит из введения, четырех глав и заключения, библиографического списка.

В первой главе были рассмотрены методы принятия решений распределения мест в общежитиях, их недостатки и ограничения. Кроме того, были рассмотрены существующие методы распределения мест в общежитиях.

Во второй главе был рассмотрен алгоритм принятия решений, основанный на теории графов, рассмотрена проблема ранжирования альтернатив на основе отношения предпочтения R на множестве Ω . Были рассмотрены условия и ограничения для построения алгоритма принятия решений при распределении мест в общежитии и применение алгоритмов принятия решений.

В третьей главе было рассмотрено понятие математической модели, описана и сформулирована оптимизационная задача, был разработан алгоритм, основанный на теории графов, соответствующий требованиям и ограничениям. Проведена оценка эффективности разработанного алгоритма и обоснование выбора метода распределения мест в общежитии, основанного на теории графов.

В четвертой главе были обобщены основные результаты исследования, уделено внимание вопросам практического применения алгоритма и этики использования данных и защите личной информации студентов. Рассмотрена система алгоритмических решений ADS, ее преимущества и недостатки, а также применимость в различных областях.

В приложении представлены публикации автора, акт внедрения и код алгоритма.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрено современное состояние проблемы эффективного управления распределением мест в общежитиях, указаны основные направления исследований, проводимых по данной тематике, а также описано обоснование актуальности темы.

В общей характеристике работы показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

В первой главе представлен обзор различных методов принятия решений, применимых к задачам распознавания образов и распределения мест в общежитии. Рассматриваются как классические подходы, такие как линейное программирование и явное программирование, так и современные методы, включающие обучение с подкреплением и мультиагентное моделирование. Эти методы позволяют более эффективно и рационально решать задачи распределения, учитывая множество факторов и оптимизируя удовлетворенность студентов.

Существующие подходы к распределению мест в общежитии включают административные, социальные и академические, технологические и комбинированные подходы. Административные подходы основаны на внутренних правилах и регламентах, социальные и академические фокусируются на характеристиках студентов для создания гармоничной среды, технологические используют современные технологии для оптимизации распределения, а комбинированные подходы сочетают элементы разных методов для учета всех аспектов задачи.

Во второй главе описываются алгоритмы принятия решений в системах с распределением, фокусируясь на методах ранжирования и предпочтениях.

Для понимания сущности ранжирования нужно рассмотреть информацию, R на множестве альтернатив $(x_1 \dots x_n)$, где стоит задача принятия решения. Основным методом – линейное упорядочение (ранжирование) альтернатив, т.е. выстраивание альтернатив в цепочку по убыванию их ценности, пригодности, важности и тому подобное, от самой «хорошей» до самой «плохой».

Решение поставленной задачи для полных и транзитивных отношений осуществляется с помощью методов (алгоритма) ранжирования альтернатив, а для частичных порядков с помощью алгоритма линейного доупорядочения. Наличие нетранзитивности возможно только в том случае, если граф $G[\Omega, R]$ предпочтения содержит контуры, пример графа нетранзитивного отношения R представлен на рисунке 1.

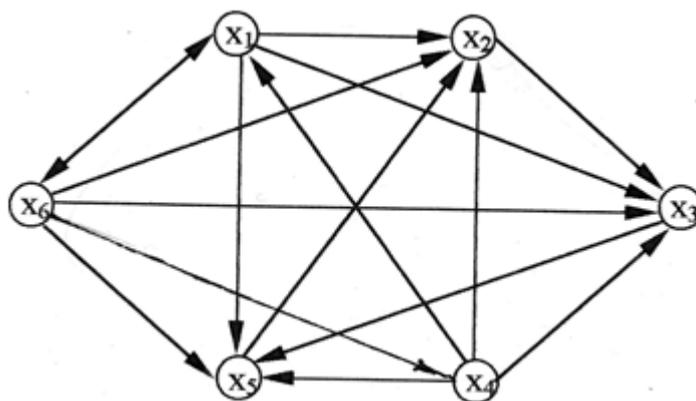


Рисунок 1 – Граф нетранзитивного отношения R

Задача ранжирования включает в себя 2 этапа:

1. Выделение контуров графа, т.е. разбиение множества Ω на подмножества B_1, B_2, \dots, B_m и групповое упорядочение этих подмножеств;
2. Ранжирование элементов контуров, выделенных на первом этапе.

Графическое ранжирование элементов контуров, выделенных на первом этапе представлено на рис. 2.

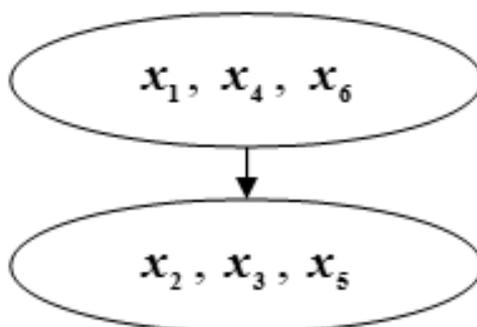


Рисунок 2 – Ранжирование контуров, выделенных на первом этапе

Особо важным является линейное упорядочение альтернатив, где предпочтения между альтернативами могут быть полными нетранзитивными отношениями, частичным порядком или линейным порядком. Линейный порядок предпочтений наиболее эффективен для ранжирования альтернатив в цепочку.

Алгоритмы линейного доупорядочения используются для частичных порядков. Суть в выделении контуров предпочтений и их дальнейшего ранжирования, что достигается возведением матриц смежности графа в последовательные степени до установления совпадения матриц. Это позволяет разбить множество альтернатив на подмножества, которые затем ранжируются на основе доминирования одного подмножества над другим.

Ключевую роль играют алгоритмы принятия решений для распределения студентов в общежитиях. Основными преимуществами являются учет пожеланий студентов, объективность и справедливость распределения, эффективное использование ресурсов, уменьшение административной нагрузки и прозрачность процесса. Однако существуют риски, связанные с предвзятостью данных и непрозрачностью алгоритмов. Необходимо учитывать эти условия при разработке алгоритмов, чтобы минимизировать предвзятость и сделать процесс справедливым и прозрачным.

Кроме того, особое внимание уделяется условиям и ограничениям для построения алгоритма распределения мест в общежитиях. Описаны категории студентов, имеющих внеочередное, первоочередное и приоритетное право на получение жилого помещения, к которым относятся студенты с особыми социальными, медицинскими и образовательными потребностями, а также те, кто активно участвует в общественной жизни университета.

В третьей главе описана и сформулирована математическая задача, разработан алгоритм по заданной задаче, проведена оценка эффективности алгоритма и обоснование выбора метода, основанного на теории графов для решения поставленной задачи.

Описание задачи распределения мест на основе графов является довольно простым. У университета имеется некоторое количество общежитий и студентов, нуждающихся в жилых помещениях. В каждом общежитии ограниченное число комнат, а каждая комната – ограниченную вместимость. Каждый студент имеет определённые предпочтения относительно того, с кем бы он хотел жить в одной комнате.

Для составления математической задачи нужно задать следующее: $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ – множество студентов, $R = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ – множество комнат, $V \subseteq S$ – множество студентов, имеющих внеочередное право, $F \subseteq S$ – множество студентов, имеющих первоочередное право, $P \subseteq S$ – множество студентов, имеющих приоритетное право. Параметрами будут: C_r – максимальная вместимость комнаты $r \in R$, G_s – пол студента $s \in S$, $P_{s_1 s_2}$ – предпочтение студента s_1 к студенту s_2 .

Переменными модели являются $x_{sr} \in \{0,1\} \forall s \in S, \forall r \in R$ – бинарная переменная, равная 1, если студент s размещён в комнате r , и 0 в противном случае, и $y_{s_1 s_2 r} \in \{0,1\} \forall s_1, s_2 \in S, \forall r \in R$ – бинарная переменная, равная 1, если студенты s_1 и s_2 размещены вместе в комнате r и 0 в противном случае.

Целевая функция выглядит как:

$$\sum_{r \in R} \sum_{s_1 \in S} \sum_{s_2 \in S, s_1 \neq s_2} (1 - P_{s_1 s_2}) \cdot y_{s_1 s_2 r} \rightarrow \min,$$

Она минимизирует неудовлетворенность студентов соседями по комнате.
Задача имеет следующие ограничения:

1. Каждый студент должен быть размещен только в одной комнате:

$$\sum_{r \in R} x_{sr} = 1 \quad \forall s \in S.$$

2. Количество размещенных студентов каждой комнаты не должно превышать ее максимальную вместимость:

$$\sum_{s \in S} x_{sr} \leq C_r \quad \forall r \in R.$$

3. Студенты разного пола не могут быть в одной комнате:

$$x_{s_1 r} + x_{s_2 r} \leq 1 \quad \forall r \in R, \forall s_1, s_2 \in S, s_1 \neq s_2, G(s_1) \neq G(s_2).$$

4. Ограничения по приоритетности:

Внеочередное право:

$$\sum_{r \in R} x_{sr} = 1 \quad \forall s \in V$$

Первоочередное право:

$$\sum_{r \in R} x_{sr} \geq 1 \quad \forall s \in F.$$

Приоритетное право:

$$\sum_{r \in R} x_{sr} \geq 0 \quad \forall s \in P.$$

5. Ограничения для переменных y :

$$\begin{cases} y_{s_1 s_2 r} \leq x_{s_1 r} & \forall s_1, s_2 \in S, \forall r \in R; \\ y_{s_1 s_2 r} \leq x_{s_2 r} & \forall s_1, s_2 \in S, \forall r \in R; \\ y_{s_1 s_2 r} \geq x_{s_1 r} + x_{s_2 r} - 1 & \forall s_1, s_2 \in S, \forall r \in R. \end{cases}$$

Для построения модели и предварительной обработки данных использовалась библиотека PuLP на Python, что позволило формулировать задачи теории графов и смешанного целочисленного линейного программирования (MILP). Алгоритм минимизировал неудовлетворенность студентов, используя заданные предпочтения и строго соблюдая все ограничения, включая вместимость комнат и разделение по полу. Методы, основанные на теории графов, показали высокую эффективность при решении задач с относительно небольшими размерами и обеспечили масштабируемость для более крупных задач. Это позволяет гарантировать нахождение оптимального решения, минимизируя неудовлетворенность студентов, что невозможно достичь простыми эвристическими методами.

В четвертой главе представлены основные выводы и рекомендации, основанные на результатах разработки и применения математической модели для распределения мест в общежитии. Применение алгоритма, основанного на теории графов, позволило создать эффективную схему распределения, учитывающую академические и социальные критерии, предпочтения студентов и ограничения по полу и вместимости комнат. Основные результаты включают повышение справедливости и прозрачности процесса распределения, минимизацию неудовлетворенности студентов и улучшение управления ресурсами образовательного учреждения.

Кроме этого, были рассмотрены алгоритмические системы принятия решений (ADS) и их применение в различных сферах, таких как кредитование, страхование и государственные услуги. Эти системы, анализируя большие объемы данных, способны выявлять неожиданные корреляции и принимать обоснованные решения, что существенно повышает точность и справедливость процессов.

Применение ADS позволяет достигать более высокой эффективности и объективности, но требует строгого соблюдения требований GDPR для защиты данных и предотвращения дискриминации. В исследовании подчеркивается важность разработки и внедрения механизмов, которые обеспечат безопасность, конфиденциальность и прозрачность алгоритмических систем. Несмотря на очевидные преимущества, такие как ускорение и упрощение принятия решений, существуют потенциальные риски, связанные с возможными предвзятостями и утечками данных.

Алгоритмическое принятие решений доказало свою эффективность, однако требует постоянного мониторинга и улучшения для минимизации рисков дискриминации и нарушения конфиденциальности. Важно продолжать исследования в области прозрачности и объяснимости алгоритмов, чтобы обеспечить справедливость и безопасность процессов принятия решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Разработана модель распределения мест в общежитии, использующая методы, основанные на теории графов, что позволяет более точно определить распределение студентов и использовать ресурсы

2. Учтены ключевые ограничения, такие как размещение студентов в одной комнате, соблюдение максимальной вместимости комнат, отделение студентов разного пола, а также расселение с учётом приоритетности, что обеспечивает более эффективное и удобное проживание для всех студентов.

3. Обосновано, что алгоритмы, основанные на теории графов, значительно превосходят традиционные методы распределения мест (по заявкам, по категориям, по среднему баллу и т.д.) по параметрам точности, скорости выполнения и адаптивности к изменяющимся условиям.

4. Показано, что разработанный метод может быть адаптирован для решения других задач распределения ограниченных ресурсов, таких как распределение стипендий или финансирование проектов. Это открывает новые перспективы для образовательных учреждений и других организаций, стремящихся к повышению эффективности управления ресурсами.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты использованы в центре информатизации и инновационных разработок для расширения интегрированной информационной системы «БГУИР: Университет» при деятельности, связанной с информационной поддержкой административного управления студенческим общежитием.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[1-А] Обзор алгоритмов и методов принятия решений для информационных систем / О. М. Внук, А. Б. Гуринович, И. Г. Скиба // Информационные технологии и системы 2022 (ИТС 2022)

[2-А] Нейронные сети для прогнозирования результатов обучения / И. Г. Скиба, С. Н. Нестеренков, О. М. Внук // Информационные технологии и системы 2023 (ИТС 2023)

[3-А] Ограничения роста мощностей нейронных сетей: физические и энергетические аспекты / В. А. Касьян [и др.] // Компьютерные системы и сети: сборник статей 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2023. – С. 304–310.

[4-А]. Перспективы интеграции информационных технологий в процессы управления учреждением образования = Prospects for the integration of information

technology into the management processes of an educational institution / В. А. Каплич, Д. А. Жалейко, О. М. Внук // Инженерное образование в цифровом обществе : материалы Международной научно-методической конференции, Минск, 14 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 1 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Е. Н. Шнейдеров [и др.]. – Минск, 2024. – С. 326–328.

[5-А] Применение искусственного интеллекта в управлении учреждением образования = Application of artificial intelligence in the management of an educational institution / А. Ф. Михайловский, Ю. И. Голубович, О. М. Внук // Инженерное образование в цифровом обществе : материалы Международной научно-методической конференции, Минск, 14 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Е. Н. Шнейдеров [и др.]. – Минск, 2024. – С. 80–81.

[6-А] Криштафович К.Д., Внук О.М. Плиска В.С. – Анализ алгоритмов принятия решений [Статья]