

Санкт-Петербургский государственный университет

Трубеев Роман Ильшатович

Выпускная квалификационная работа
Моделирование образовательной миграции

Уровень образования:

Направление: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Образовательная программа: ВМ.5505.2021 Математическое и
информационное обеспечение экономической деятельности

Научный руководитель
Доктор физ.-мат. наук,
Профессор
кафедры математического
моделирования энергетических
систем факультета ПМ-ПУ
Захаров Виктор Васильевич

Рецензент:
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Институт прикладных
математических исследований
Карельского научного центра
Российской академии наук
Чиркова Юлия Васильевна

Санкт-Петербург
2023

Аннотация

Целью данной выпускной квалификационной работы является прогнозирование числа абитуриентов из стран Центральной Азии в высшие учебные заведения Российской Федерации

В работе изучены показатели темпа роста и численности населения стран центральной Азии, уровень смертности и рождаемости, а также проведен анализ возрастных групп среди населения. Изучены социально-экономические, научный и технический прогресс и пожелания населения при выборе профессии и учебного заведения.

Во второй главе был проведен анализ математических моделей, которые применяют для прогнозирования количества учеников в школе по демографическим показателям. Исследованы ступени образования, которые необходимо преодолеть для получения высшего или специального образования.

В третьей главе производилось построение балансовой модели CIR на основе процентного прироста. Модель была адаптирована для прогнозирования количества студентов ВУЗы России. За основу исходных данных были взяты статистические данные количества студентов из стран центральной Азии, начиная с 2016 по 2022 год, обучающиеся на очной форме обучения и за счет федерального бюджета.

Выпускная квалификационная работа выполнена на 57 страницах и содержит: 17 рисунков, 5 таблиц, 6 графиков и 39 наименований из списка литературы.

Ключевые слова: образовательная миграция, балансовая модель, SIR, CIR, моделирование, прогнозирование, абитуриентов, студентов, процентный прирост, страны Центральной Азии, Россия, высшие учебные заведения, ВУЗ, выпускники.

Abstract

The aim of this graduate qualification work is to predict the number of applicants from the countries of Central Asia in the higher education institutions of the Russian Federation.

The work studies the growth rate and population of the countries of Central Asia, mortality and fertility rates, as well as an analysis of age groups in the population. Socio-economic, scientific and technical progress and the wishes of the population when choosing a profession and an educational institution were studied.

The second chapter analyzed the mathematical models that are used to predict the number of students in school by demographic indicators. The stages of education that must be overcome in order to obtain a higher or special education were studied.

In chapter three, a CIR balance model was constructed based on percentage growth. The model was adapted to forecast the number of students in Russian higher education institutions. The initial data was based on statistical data of the number of students from Central Asia, from 2016 to 2022, studying on a full-time basis and at the expense of the federal budget.

The graduate qualification work is executed on 57 pages and contains: 17 figures, 5 tables, 6 graphs and 39 titles from the list of literature.

Key words: educational migration, balance model, SIR, CIR, modeling, forecasting, applicants, students, percentage increase, Central Asian countries, Russia, higher educational institutions, university, graduates.

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ МИГРАЦИИ.....	8
1.1 Социально-демографические аспекты населения стран Центральной Азии.....	8
1.2 Социально- экономические причины выбора высших учебных заведений Российской Федерации абитуриентами из стран Центральной Азии.	19
2. ОБЗОР МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ МИГРАЦИИ.....	25
2.1 Динамическая модель прогнозирования абитуриентов на основе социально-демографических факторов стран Центральной Азии.....	25
2.2 Прогнозирование потока абитуриентов по востребованным направлениям.....	30
2.3 Прогнозирования количества абитуриентов на основе модели SIR, CIR и балансовой модели эпидемий.	34
3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ МИГРАЦИИ ИЗ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ В ВЫСШИЕ УЧЕБНЫЕ ЗАВЕДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.	42
3.1 Математическое моделирование образовательной миграции.....	42
3.2 Анализ результатов математической модели и обзор факторов повлиявшие на результаты исследования.	47
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	52

В в е д е н и е

Обмен опытом, технологиями и знаниями в различных сферах деятельности носит один из важнейших связующих звеньев в международных отношениях. Развивающиеся страны мира стремятся перенять опыт и технологии у более развитых стран, чей научно-технический, промышленный, экономический и социальный потенциал является лидирующим в мире.

Самыми важными сферами сотрудничества традиционно являются экономические сферы взаимоотношения, но вместе с этим страны всегда стремились обмену опытом в области образования и науки.

Подготовка и воспитание квалифицированных кадров, а также развитие собственной науки является стратегически важной отраслью для любой страны. Именно для таких целей создаются различные программы, обмен студентами, открываются филиалы крупнейших зарубежных вузов для того, чтобы дать возможность поступать и проходить обучение абитуриента из различных стран мира. На сегодняшний день сфера образования предлагает огромное количество направлений подготовки, выбора множества факультетов, форм обучения и уровней образования, начиная с бакалавра, специалитета, магистратуры и т.д. Вне всяких сомнений наука является дорогостоящей сферой деятельности государства, и ежегодно в страны тратят на ее развитие огромные средства. Предоставление образовательных услуг высшими учебными заведения могут осуществляется: в контрактной форме, за счет бюджетных средств, а также в рамках квотной компании и целевой формы с различными государствами предприятиями и компаниями заинтересованные в подготовке своих кадров в данных высших учебных заведениях.

Статус и престиж университета растет благодаря сильному профессорскому и преподавательскому составу, от открытий или вкладе высшего учебного заведения в мировую науку, но и от количества иностранных абитуриентов, которые хотели бы обучаться в стенах данного

учебного заведения. Различные образовательные рейтинги и журналы ежегодно составляют топ лучших высших учебных заведений мира, собирая данные о каждом из них по определенным критериям формирую список лидеров. К лидерству в данных рейтингах стремятся все крупнейшие ВУЗы мира. Быть первым в данном списке это почет и признание его научного вклада в мировую науку и образование, показатель сильного профессорского и педагогического состава ВУЗа и его популярность при выборе его абитуриентами.

Совокупность всех этих факторов и разнообразие иностранных студентов накладывает нагрузку на высшее учебное заведение, в особенности на планирование бюджетных средств на учебный год, подсчет количества иностранных студентов на каждое направления обучения, предоставление обучения студентам на бюджетной, контрактной, квотной и целевой форме, а также выделение мест в общежитиях.

Согласно данным Министерства образования и науки Российской Федерации, больше всего поступать в высшие учебные заведения приезжают абитуриенты из таких стран как: Казахстан, Узбекистан, Китай, Туркменистан, Таджикистан, Индия, Египет, Беларусь, Украина и Киргизия. Особенностью данного списка является то, что половина представленных стран являются странами Центральной Азии. Абитуриенты из Казахстана и Узбекистана являются самыми многочисленными иностранными студентами обучающиеся в высших учебных заведениях России. В топ пять стран по количеству абитуриентов также входят абитуриенты из Туркменистана и Таджикистана, а десятку лидеров стран закрывают абитуриенты из Киргизии.

Актуальность выпускной квалификационной работы обусловлена необходимостью прогнозирования количества абитуриентов, поступающих в высшие учебные заведения России для эффективного распределения учебных мест, планирования бюджетных средств, а также перспектив развития направлений обучения, исходя из демографических изменений и

привлекательности высшего учебного заведения для абитуриентов из стран Центральной Азии.

Цель данного исследования - прогнозирование числа абитуриентов из стран Центральной Азии в высшие учебные заведения Российской Федерации.

Объект исследования - высшие учебные заведения Российской Федерации.

Предмет исследования – математическое моделирование и прогнозирование абитуриентов в высшем учебном заведении.

С учетом цели работы были определены задачи, которые необходимы для ее выполнения:

1. Провести анализ и изучить математические модели и методы прогнозирования абитуриентов высшего учебного заведения;
2. Построить модель прогнозирования поступления абитуриентов на основе демографических факторов происходящие в Центральной Азии;
3. Построить алгоритм для прогнозирования поступления абитуриентов на основе статистических данных прошлых лет;
4. Построить алгоритм прогнозирования поступления абитуриентов по популярным направлениям обучения на основе статистического метода SBR.
5. Построить математическую модель прогнозирования поступления абитуриентов в высшие учебные заведения Российской Федерации.

1. Теоретические аспекты исследования образовательной миграции.

1.1 Социально-демографические аспекты населения стран Центральной Азии.

Регион Центральная Азия включает себя такие страны как Республика Узбекистан, Республика Казахстан, Республика Туркменистан, Республика Таджикистан и Киргизская Республика. Согласно данным сайта «Worldometer» основывающийся на последних данных Организации Объединенных Наций в 2022 году общая численность население стран Центральной Азии составляет 76,4 миллиона человек, это около 1% от всего населения земли, рисунок 1

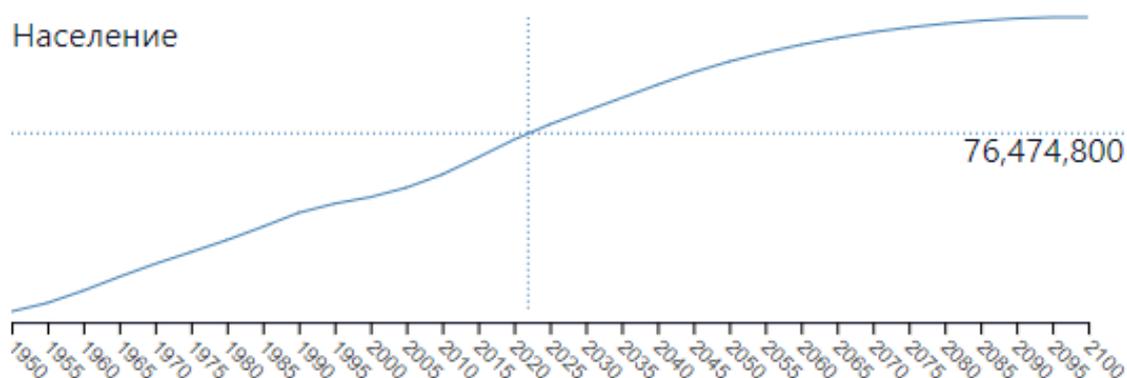


Рисунок 1 Население Центральной Азии в 2022 году

Доля Узбекистана составляет около 45% от общего числа населения Центральной Азии, доля Казахстана – 25%, Таджикистана – 13%, Кыргызстана и Туркменистана - по 8,5%. Процентное соотношение мужчин и женщин по возрастным группам в Центральной Азии представлено на рисунке 2

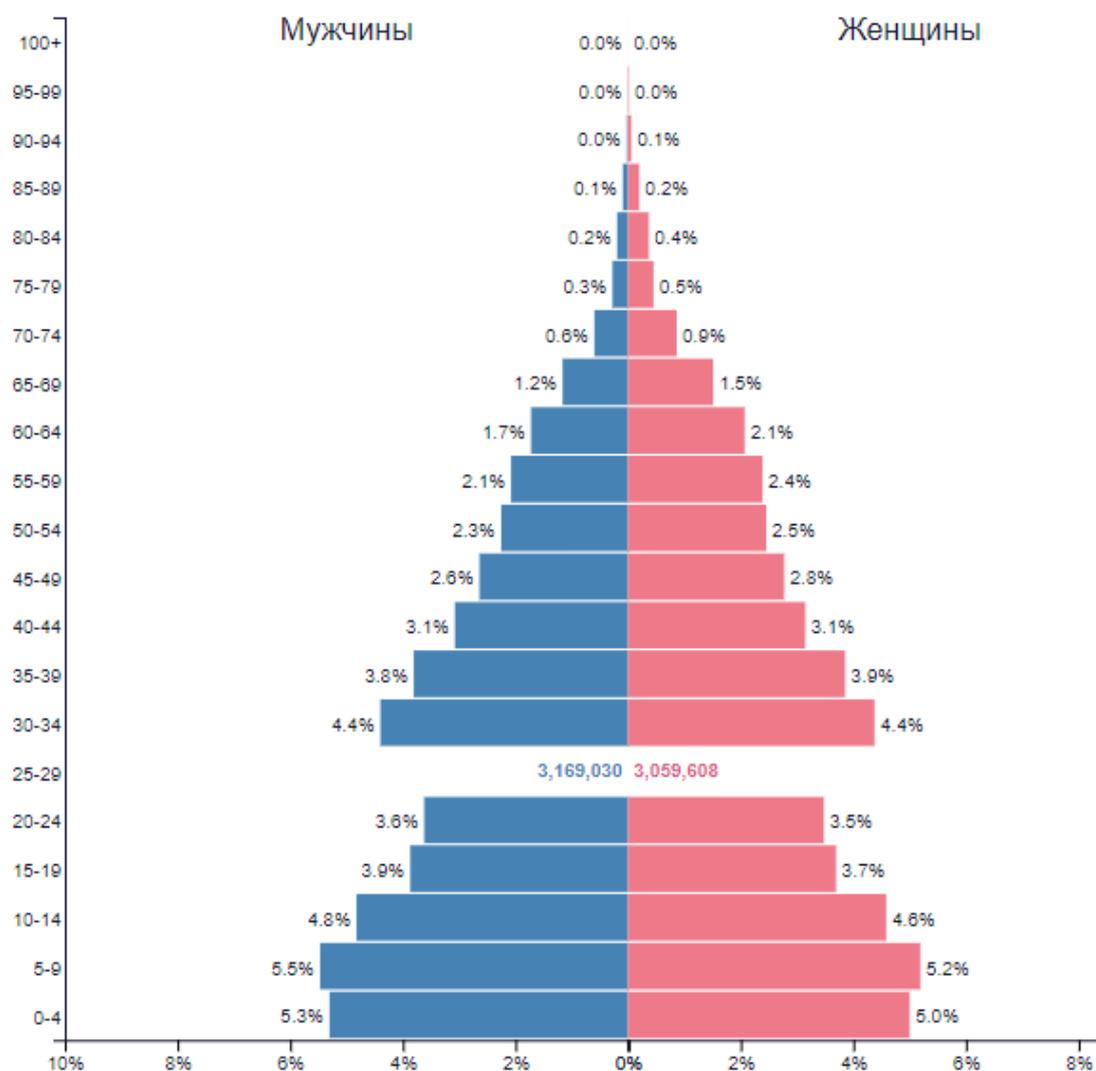


Рисунок 2 – Процентное соотношение мужчин и женщин по возрастным группам в Центральной Азии

Согласно последним данным на декабрь 2022 года текущее **население Республики Узбекистан** составляет 34 661 547 человек, график населения представлен на рисунке 2. Средний возраст населения составляет 27,8 года. Продолжительность жизни в Узбекистане составляет около 72,04 года, младенческая смертность 18,8 на тысячу живорожденных и смертность в возрасте до 5 лет составляет 23,2 на тысячу живорождений. Годовой прирост населения составляет 1,5%, динамика представлена на рисунке 3.

Прогноз населения Узбекистана до 2050 года и другая информация согласно сайту «worldometers» представлена на рисунке 4



Рисунок 2 – Динамика роста численности населения Узбекистана



Рисунок 3 – Годовой прирост населения Узбекистана

Прогноз населения Узбекистана

-8863

Год	Население	Годовое % изменение	Ежегодное изменение	Мигранты (нетто)	Средний возраст	Уровень рождаемости	Плотность (п/км ²)
2020	33 469 203	1,59 %	507 929	-8863	27,8	2,43	79
2025	35 617 696	1,25 %	429 699	-8863	29,6	2,43	84
2030	37 418 456	0,99 %	360 152	-8863	31,0	2,43	88
2035	39 064 052	0,86 %	329 119	-8863	32,0	2,43	92
2040	40 608 379	0,78 %	308 865	-8863	32,9	2,43	95
2045	41 938 556	0,65 %	266 035	-8863	34,0	2,43	99
2050	42 942 485	0,47 %	200 786	-8863	35,4	2,43	101

Рисунок 4 - Прогноз населения Узбекистана до 2050 года

Согласно последним данным на декабрь 2022 года текущее **население Республики Казахстан** составляет 19 328 729 человек, график населения представлен на рисунке 5. Средний возраст населения составляет 30,7 года. Продолжительность жизни в Казахстане составляет около 73,90 года, младенческая смертность 6,5 на тысячу живорожденных и смертность в возрасте до 5 лет составляет 8,5 на тысячу живорождений. Годовой прирост населения составляет 1,34%, динамика представлена на рисунке 6.

Прогноз населения Казахстана до 2050 года и другая информация согласно сайту «worldometers» представлена на рисунке 7



Рисунок 5 – Динамика роста численности населения Казахстан



Рисунок 6 – Годовой прирост населения Казахстана

Прогноз населения Казахстана

0

Год	Население	Годовое % изменение	Ежегодное изменение	Мигранты (нетто)	Средний возраст	Уровень рождаемости	Плотность (п/км ²)
2020	18 776 707	1,34 %	240 938	-18 000	30,7	2,76	7
2025	19 787 746	1,05 %	202 208	0	31,8	2,76	7
2030	20 639 021	0,85 %	170 255	0	32,0	2,76	8
2035	21 483 450	0,81 %	168 886	0	31,4	2,76	8
2040	22 370 405	0,81 %	177 391	0	31,8	2,76	8
2045	23 242 947	0,77 %	174 508	0	32,9	2,76	9
2050	24 024 045	0,66 %	156 220		34,2	2,76	9

Рисунок 7 - Прогноз населения Казахстана до 2050 года

Согласно последним данным на декабрь 2022 года текущее население Республики Таджикистан составляет 10 094 945 человек, график населения представлен на рисунке 8. Средний возраст населения составляет 22,4 года. Продолжительность жизни в Таджикистане составляет около 71,76 года, младенческая смертность 24,2 на тысячу живорожденных и смертность в возрасте до 5 лет составляет 26,7 на тысячу живорождений. Годовой прирост населения составляет 2,44%, динамика представлена на рисунке 9.

Прогноз населения Таджикистане до 2050 года и другая информация согласно сайту «worldometers» представлена на рисунке 10



Рисунок 8 – Динамика роста численности населения Таджикистана



Рисунок 9 – Годовой прирост населения Таджикистана

Прогноз населения Таджикистана

-20 000

Год	Население	Годовое % изменение	Ежегодное изменение	Мигранты (нетто)	Средний возраст	Уровень рождаемости	Плотность (п/км ²)
2020	9 537 645	2,44 %	216 723	-20 000	22,4	3,61	68
2025	10 563 159	2,06 %	205 103	-20 000	22,7	3,61	75
2030	11 557 369	1,82 %	198 842	-20 000	23,2	3,61	83
2035	12 642 672	1,81 %	217 061	-20 000	23,9	3,61	90
2040	13 845 882	1,83 %	240 642	-20 000	24,8	3,61	99
2045	15 064 804	1,70 %	243 784	-20 000	25,9	3,61	108
2050	16 208 250	1,47 %	228 689		26,9	3,61	116

Рисунок 10 - Прогноз населения Таджикистана до 2050 года

Согласно последним данным на декабрь 2022 года текущее **население Республики Киргизстана** составляет 6 799 916 человек, график населения представлен на рисунке 11. Средний возраст населения составляет 26 лет. Продолжительность жизни в Киргизстане составляет около 71,95 года, младенческая смертность 13,2 на тысячу живорожденных и смертность в возрасте до 5 лет составляет 15,6 на тысячу живорождений. Годовой прирост населения составляет 1,83%, динамика представлена на рисунке 12.

Прогноз населения Киргизстане до 2050 года и другая информация согласно сайту «worldometers» представлена на рисунке 13

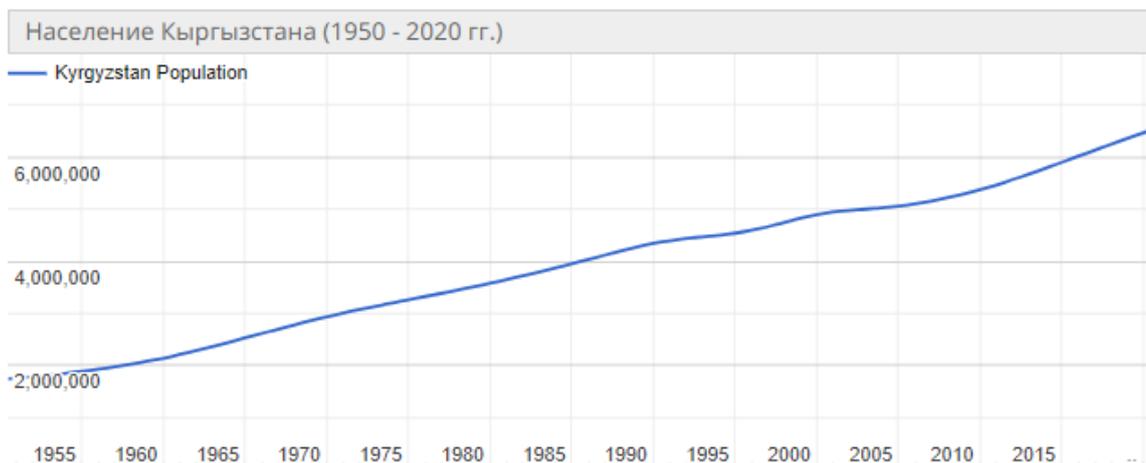


Рисунок 11 – Динамика роста численности населения Кыргызстана

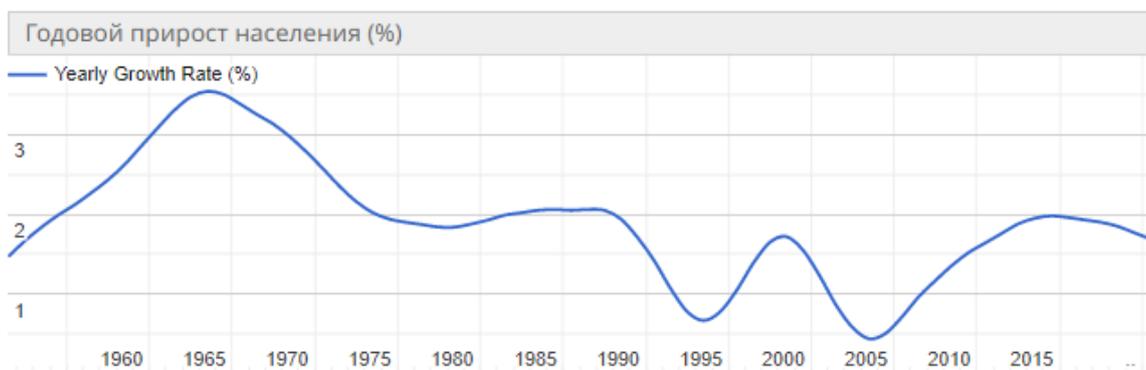


Рисунок 12 – Годовой прирост населения Кыргызстана

Прогноз населения Кыргызстана

-10 000

Год	Население	Годовое % изменение	Ежегодное изменение	Мигранты (нетто)	Средний возраст	Уровень рождаемости	Плотность (п/км ²)
2020	6 524 195	1,83 %	113 015	-4000	26,0	3.00	34
2025	7 009 833	1,45 %	97 128	-10 000	26,8	3.00	37
2030	7 446 104	1,21 %	87 254	-10 000	27,3	3.00	39
2035	7 872 841	1,12 %	85 347	-10 000	27,8	3.00	41
2040	8 307 134	1,08 %	86 859	-10 000	28,8	3.00	43
2045	8 732 746	1,00 %	85 122	-10 000	30,2	3.00	46
2050	9 126 108	0,89 %	78 672		31,5	3.00	48

Рисунок 13 - Прогноз населения Кыргызстана до 2050 года

Согласно последним данным на декабрь 2022 года текущее **население Республики Туркменистана** составляет 6 257 241 человек, график населения представлен на рисунке 14. Средний возраст населения составляет 26,9 года. Продолжительность жизни в Туркменистане составляет около 68,63 года, младенческая смертность 39,6 на тысячу живорожденных и смертность в возрасте до 5 лет составляет 47,1 на тысячу живорождений. Годовой прирост населения составляет 1,62%, динамика представлена на рисунке 15.

Прогноз населения Туркменистане до 2050 года и другая информация согласно сайту «worldometers» представлена на рисунке 16

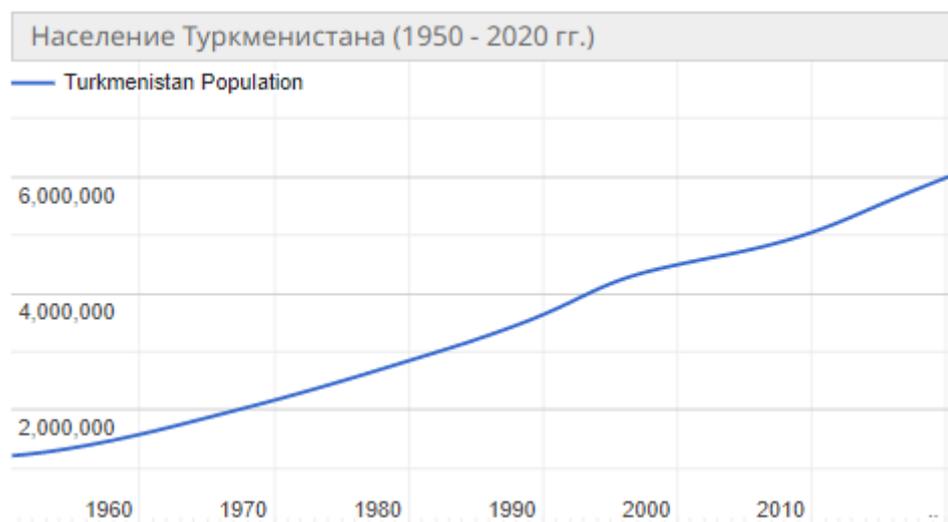


Рисунок 14 – Динамика роста численности населения Туркменистана



Рисунок 15 – Годовой прирост населения Туркменистана

Прогноз населения Туркменистана

-4000

Год	Население	Годовое % изменение	Ежегодное изменение	Мигранты (нетто)	Средний возраст	Уровень рождаемости	Плотность (п/км ²)
2020	6 031 200	1,62 %	93 183	-5000	26,9	2,79	13
2025	6 437 589	1,31 %	81 278	-4000	28,0	2,79	14
2030	6 782 355	1,05 %	68 953	-4000	28,8	2,79	14
2035	7 099 000	0,92 %	63 329	-4000	29,5	2,79	15
2040	7 408 530	0,86 %	61 906	-4000	30,2	2,79	16
2045	7 701 112	0,78 %	58 516	-4000	31,6	2,79	16
2050	7 949 281	0,64 %	49 634		33,0	2,79	17

Рисунок 16 - Прогноз населения Туркменистана до 2050 года

Общая тенденция роста численности населения в странах Центральной Азии положительна, что говорит о том, что численность населения будет расти с каждым годом.

1.2 Социально- экономические причины выбора высших учебных заведений Российской Федерации абитуриентами из стран Центральной Азии.

Россия занимает одно из лидирующих мест в мире по количеству иностранных студентов, которые приезжают учиться в ее вузы. По данным Министерства образования и науки России, на начало 2021 года в России училось около 324 тысяч иностранных студентов. Экспорт образовательных услуг является одной из стратегически важных задач для России в целом[2]. В

рамках развития образовательного экспорта стало увеличение квотных мест и появление специальной информационной платформы «Study in Russia» для иностранных студентов с выбором более чем 500 российских вузов, к тому же открываются филиалы крупных российских вузов за рубежом в и странах СНГ. Россотрудничество поддерживает центры науки и культуры в различных странах, которые помогают повысить информированность о России и российских вузах[2]. Эти центры представляют собой площадки для культурного обмена, научных исследований и образовательных программ, которые помогают укрепить международные связи и расширить географию образования. Так же основную роль занимают учителя, в школах которых обучение проводится на русском языке или поддерживаются связи с российскими вузами.

Большинство иностранных студентов обучающиеся в России являются гражданами ЦА республик. Согласно исследованиям интернет-журнала «Study in Russia» за 2021 год, доля студентов из стран ЦА составила 47% от общего числа иностранных студентов обучающиеся в вузах РФ и с каждым годом поток студентов только растет. Этому способствует историческая, культурная и социальная связь народов, а также хорошее владение русским языком. Традиционно по количеству студентов лидирует Казахстан, около 61 тысячи студентов обучалось в российских вузах на 2021 год. Далее идут Узбекистан с 48,7 тысяч студентов, Туркменистан с 30,6 тысяч студентов, Таджикистан с 23,1 тысяч студентов и Кыргызстан с 8,6 тысяч студентов, график представлен на рис 1



Рисунок 17 – Количество студентов из ЦА в вузах России на 2021 год

Во всех странах Центральной Азии высшее образование платное, а часть финансируется государством. Однако из-за дефицита бюджетных мест создается очень большой конкурс на платные места, а сами вузы не способны в полном объеме обеспечить местами всех желающих. В связи с этим возникает причина выбора получения образования в зарубежных вузах, где возможностей для поступления больше.

В Казахстане более трети выпускников школ могут поступить на бесплатное обучение в вузе. Однако с каждым годом количество бюджетных мест становится меньше, а желающих наоборот больше. Пик был достигнут в 2018 году, где бюджетные места были доступны для 42% выпускников школ с тех пор наблюдается падение данных показателей. Средняя стоимость обучения в вузах Казахстана на конец 2020 года составляла 1760\$.

В Узбекистане за последние 20 лет количество абитуриентов выросло в 8 раз, с 214 тысяч до 1,7 миллиона. Но количество мест в вузах по сравнению с данными показателями выросло лишь с 50 до 104 тысяч. Так же наблюдается нехватка бюджетных мест и лишь менее 7% выпускников школ могут рассчитывать на бюджетные места. Тем, кому посчастливилось поступить на бюджет должны в обязательном порядке по окончании вуза отработать в

госучреждениях от 3 до 5 лет. Средняя стоимость контракта в вузах Узбекистана на конец 2020 года составляла 1075\$.

Чуть сложнее ситуация с бюджетными местами сложилась в Таджикистане. По данным статистики страны, только каждый десятый выпускник школы может претендовать на бюджетные места. Но при этом почти 60% всех вузов страны находятся в столице страны Душанбе, где живет всего 9% от всего населения страны. Данная ситуация с вузами в столицах накладывает дополнительные сложности в плане стоимости жизни и нехватки мест в общежитиях для приезжающих студентов с различных регионов. Средняя стоимость контракта в Таджикистане на конец 2020 года составляла 737\$.

По сравнению с Россией, в вузах Центральной Азии учиться не дорого. Так средняя стоимость контракта в России на 2020 год составляла 250 000 000 рублей в год (3500\$). Выбор в пользу российских вузов более предпочтителен в сравнении цена/качество и выгодней чем получение образования в Европе или в США в силу более высокой стоимости обучения в этих странах.

Так же у иностранных студентов есть возможность учиться за счет российского бюджета. По данным министерства образования и науки России 2020 год, больше всего студентов обучающиеся за счет бюджетных средств являются студентами из Таджикистана, как и более половины студентов из Казахстана. При этом из Узбекистана бюджетником становится лишь каждый четвертый и каждый десятый из Туркменистана, но в основном граждане этих стран получают образование в вузах России за свой счет.

Был проведен опрос среди иностранных студентов из стран Центральной Азии, обучающиеся в университете, целью данного исследование является факторы переезда из стран ЦА в Россию.

Для проведения исследования была применена теоретическая модель «Push-pull», которая используется для анализа факторов, влияющих на миграцию людей.

«Push-pull» модель – это модель, которую часто применяют для исследования в области миграционных процессов. В данном случае рассматривались факторы «переезда» из родной страны (push factors) и факторы «приезда» (pull factors) в иностранное государство. К факторам «переезда» являются безработица и низкий уровень жизни, а факторами "притяжения" - экономическая стабильность иностранного государства, хорошие климатические условия и политическая обстановка. Большинство респондентов отметили, что причиной для переезда в другую страну является дефицит рабочих мест на родине и низкое качество образования по их специальности, в то время как проблема доступа к высшему образованию или его отсутствие были редкими причинами[6]. Учиться студентам из ЦА на родине выгоднее, ввиду отсутствия расходов на еду и жилье, а стоимость за обучение в вузах родной страны в большинстве своем сопоставима с российской, а иногда и ниже. Некоторым студентам доступ к университетским курсам на русском языке был ограничен или отсутствовал, что стало значимым фактором в принятии решения об учебе зарубежом, не беря в расчет имеющиеся филиалы российских вузов в стране[7]. Молодые люди из семей, где говорят на русском языке, могут столкнуться с языковыми трудностями, что может быть одной из причин, по которой они предпочитают учиться за рубежом и в дальнейшем находить работу в родной стране без идеального знания национального языка представляется сложным для них[6].

В качестве фактора «приезда» исследования показали, что чаще всего студенты выбирают российские вузы из-за общей осведомленности о России. Признание качества образования и дипломов российской федерации на родине, что дает перспективу для нахождения работы на родине и в Российской Федерации. Рекомендации родственников и друзей. Часто получение российского образования рассматривается с перспективой последующей миграцией. Так же студенты отмечали отсутствие виз между странами и приемлемые климатические условия. При выборе вуза студенты отталкивались от рейтингов вуза, от проведения приемной комиссии,

доступность двойных дипломов, размера стоимости обучения, инфраструктуры вуза и полноты предоставляемой информации о курсах, расписание и направлениях на сайте вуза и в интернете.

2. Обзор математических моделей и методов прогнозирования образовательной миграции

2.1 Динамическая модель прогнозирования абитуриентов на основе социально-демографических факторов стран Центральной Азии

Математическая модель прогнозирования образовательной миграции в вуз направлена на определение числа студентов, которые будут поступать на первый курс. Принимая во внимание иерархическую структуру системы образования в стране и социально-экономические особенности населения в разных регионах, необходимо учитывать демографические показатели и уровень благосостояния населения, чтобы понимать, какая социальная потребность в высшем образовании существует в каждом конкретном регионе[6].

Система высшего образования состоит из нескольких ступеней, которые являются последовательными, и вход в высшее образование осуществляется через прохождение предыдущих ступеней образования. При определении количества студентов вузов необходимо учитывать не только число самих студентов, но и численность соответствующей возрастной группы в населении, а также учащихся, которые прошли предварительные ступени образования перед поступлением в высшее учебное заведение[11].

Этап А. Для определения числа учеников в возрастной группе 9-х классов можно использовать демографический метод "возрастной передвижки". Этот метод основывается на прогнозе численности и структуры населения на основе данных о рождаемости, умершим и миграционном приросте. Для расчета прогнозной численности населения в возрасте "v" используется коэффициент h^v дожития до возраста v, который определяется по демографическим таблицам смертности. Численность рассчитывается с помощью так называемой "возрастной передвижки", корректируемая

значением прироста населения за счет миграции. Основное возраст большинства учащихся 9 – х классов составляет - 15-летних и 16-летних - и определить их весовой коэффициент[12]:

$$N^A(t) = p^{15} * N^{15}(t) + p^{16} * N^{16}(t) \quad (2.1)$$

Для расчета численности возрастной группы 9-х классов в текущем году t используется формула, где $N^A(t)$ - это искомое число учеников в возрастной группе 9-х классов на данный момент, p^{15} и p^{16} - это соответственно удельные веса 15-летних и 16-летних выпускников 9-х классов, а $N^{15}(t)$ и $N^{16}(t)$ - это численности 15-летних и 16-летних на текущий год, которые, в свою очередь, рассчитываются по соответствующим формулам:

$$N^{15}(t) = h_0^{15} * N^p(t - 15) + M^{15}(t) \quad (2.2)$$

$$N^{16}(t) = h_0^{16} * N^p(t - 16) + M^{16}(t) \quad (2.3)$$

где $N^p(t - 15)$ и $N^p(t - 16)$ – численность родившихся 15 и 16 лет назад, h_0^{15} и h_0^{16} – коэффициенты дожития до возраста соответственно 15 и 16 лет (из таблиц смертности), $M^{15}(t)$ и $M^{16}(t)$ – этот фактор влияет на данную возрастную аудиторию. Подставив (2.2) и (2.3) в (2.1) получим

$$N^A(t) = p^{15} * (h_0^{15} * N^p(t - 15) + M^{15}(t)) + p^{16} * (h_0^{16} * N^p(t - 16) + M^{16}(t)) \quad (2.4)$$

Стоит отметить, что миграционные приросты $M^{15}(t)$ и $M^{16}(t)$ должен учитываться приростами населения от 15-летних и 16-летних в текущем году, но и прирост 14-летних в $t - 1$ году, 13-летних в $t - 2$ году и т.д. Таким образом, справедлива формула[12]:

$$M^{15}(t) = m^{15}(t) + h_{14}^{15} * m^{14}(t - 1) + h_{13}^{15} * m^{13}(t - 2) + \dots + h_1^{15} * m^1(t - 14) + h_0^{15} * m^0(t - 15) = \sum_{k=0}^{15} h_{15-k}^{15} * m^{15-k}(t - k) \quad (2.5)$$

где $m^{15-k}(t - k)$ – фактор прироста населения в возрасте от $15 - k$ лет, наблюдавшийся k лет назад, h_{15-k}^{15} – коэффициент дожития от возраста $15 - k$ лет до 15 лет.

Аналогично

$$M^{16}(t) = \sum_{k=0}^{16} h_{16-k}^{16} * m^{16-k}(t - k) \quad (2.6)$$

Этап В. Подсчет количества выпускников 9-х классов

Чтобы определить количество выпускников 9-х классов, недостаточно просто учитывать население соответствующего возраста, поскольку не все люди в этой возрастной группе получают основное общее образование. Для определения точного числа выпускников 9-х классов необходимо использовать данные о реальных учениках, которые действительно посещали школы и успешно окончили основное общее образование[13]:

$$V^9(t) = \mu^9 * N^A(t) \quad (2.7)$$

Коэффициент μ^9 , который отражает долю выпускников 9-х классов в общей численности соответствующей возрастной группы, может быть определен на основе данных, предоставляемых региональным Министерством образования и науки. Однако, для удобства вуза, более эффективным будет использование среднего показателя, который отражает изменения и тенденции за последние три года.

Этап С. Определение численности выпускников 11-х классов

Численность $V^{11}(t)$ выпускников 11-х классов определяется:

1) долей Θ_9^{11} выпускников 9-х классов двухгодичной давности, продолживших обучение в школе;

2) средней долей μ^{11} окончивших 11 классов с учетом миграционных потоков и ряда других социально-экономических факторов. В результате

$$V^{11}(t) = \mu^{11} * \Theta_9^{11} * V^9(t - 2) \quad (2.8)$$

Коэффициент μ^{11} , который определяет долю выпускников 11-х классов в общей численности соответствующей возрастной группы, может быть определен на основе статистических данных, предоставляемых региональным Министерством образования и науки. Тем не менее, для удобства вуза, лучше использовать среднее значение, отражающее тенденции за последние два-три года. Это позволяет учесть изменения в образовательной среде и определить более точный коэффициент, который будет использоваться для расчета численности выпускников 11-х классов[14].

Этап D. Определения состава учеников, обучающегося в учреждениях среднего профессионального образования.

Расчет численности принятых $N^{\text{СПО}}(t)$ в учреждения среднего профессионального образования рассчитывается по формуле :

$$N^{\text{СПО}}(t) = \Theta_{11}^{\text{СПО}} * V^{11}(t) + \Theta_9^{\text{СПО}} * V^9(t) + \vartheta_{11}^{\text{СПО}}(t - 1) + \vartheta_{11}^{\text{СПО}} * V^9(t - 1) \quad (2.9)$$

где $\Theta_{11}^{\text{СПО}}$ и $\vartheta_{11}^{\text{СПО}}$ – доли выпускников 11-х классов, поступающих в учебные заведения системы среднего профессионального образования в текущем году, $\Theta_9^{\text{СПО}}$ и $\vartheta_9^{\text{СПО}}$ – доля выпускников 9-х классов в общей их численности текущего и предшествующего года соответственно, поступающих в учебные заведения системы среднего профессионального образования в текущем году.

Численность выпускников учреждений среднего профессионального образования определяется по формуле:

$$V^{\text{СПО}}(t) = (1 - r_0^{\text{СПО}}) * N^{\text{СПО}}(t - T^{\text{СПО}}) \quad (2.10)$$

Где $r_0^{\text{СПО}}$ – коэффициента отчислений из учебных заведений системы среднего профессионального образования, $T^{\text{СПО}}$ – среднего периода обучения на данной ступени образования используется общая длительность обучения всех студентов, которые обучаются в учреждениях среднего профессионального образования. Так как система среднего профессионального и начального профессионального образования имеет разнородный контингент студентов, то более детальная модель усложнит расчеты без существенного повышения точности. Поэтому используется средний срок обучения, который является более простым и удобным способом определения средней продолжительности обучения на данной ступени образования[12].

Этап Е. Для определения контингента подсистемы высшего образования используется прогнозирование численности студентов, которые поступают в учебные заведения высшего образования. Для расчета численности поступающих студентов используются данные о выпускниках предыдущих ступеней образования. Новые студенты поступают в учебные заведения высшего образования за счет выпускников предыдущих ступеней образования. Однако, при расчете численности поступающих студентов необходимо учитывать, что часть выпускников прошлых лет может попытаться поступить в учебные заведения высшего образования. По данным исследований, влияние выпусков более давних, чем 1 год назад, на число студентов, поступающих в учебные заведения на очной форме обучения, считается не столь значительным. Это объясняется тем, что со временем интерес к получению высшего образования на очной форме может

уменьшаться из-за доступности других форм обучения, учитывая возможное влияние выпускников более ранних периодов на форму обучения[14].

$$N_{оч}^{BO}(t) = \Theta_{11}^{BO} * V^{11}(t) + \Theta_{СПО}^{BO} * V^9(t) + \vartheta_{11}^{BO} * V^{11}(t - 1) + \vartheta_{СПО}^{BO} * V^9(t - 1) \quad (2.11)$$

где Θ_{11}^{BO} и $\vartheta_{СПО}^{BO}$ – доли выпускников 11-х классов, поступающих в высшие учебные заведения на очную форму обучения в текущем году, $\Theta_{СПО}^{BO}$ и $\vartheta_{СПО}^{BO}$ – доли выпускников учреждений среднего профессионального образования, поступающих в высшие учебные заведения на очную форму обучения в текущем году.

$$N_{заоч}^{BO}(t) = \Theta_{11}^{-BO} * V^{11}(t) + \Theta_{СПО}^{-BO} * V^9(t) + \vartheta_{11}^{-BO} * V^{11}(t - 1) + \vartheta_{СПО}^{-BO} * V^9(t - 1) \quad (2.12)$$

где Θ_{11}^{-BO} и ϑ_{11}^{-BO} – доля выпускников 11-х классов в общей их численности текущего и предшествующего года соответственно, поступающих в высшие учебные заведения в текущем году на заочную форму обучения, $\Theta_{СПО}^{-BO}$ и $\vartheta_{СПО}^{-BO}$ – доля выпускников учреждений среднего профессионального образования в общей их численности текущего и предшествующих лет соответственно, поступающих в высшие учебные заведения на заочную форму в текущем году[15].

2.2 Прогнозирование потока абитуриентов по востребованным направлениям.

Знание общей прогнозной численности $N_{оч}^{BO}(t)$ и $N_{заоч}^{BO}(t)$ поступающих в вузы на очную и заочную форму обучения, используется анализ укрупненных групп направлений подготовки (УГНП). Спрос на образовательные услуги в высшей школе формируется под влиянием

общественного мнения о престиже профессии, средней заработной плате и количестве вакансий на рынке труда в соответствующих профессиях УНП, а также содержания образования. В настоящее время с введением ФГОС 3++, для каждого направления подготовки установлены перечни трудовых стандартов, что делает возможным определить состояние рынка труда для будущих студентов и их семей.

Спрос на образовательные услуги в высшей школе имеет большую инерционность, цикл составляет от 7 до 10 лет. Именно поэтому для прогнозирования структуры приема используются специальные коэффициенты[23].

1. Коэффициенты привлекательности $\alpha_j^{оч}$ и $\alpha_j^{заоч}$ j-ой УНП. Они позволяют определять количество поступающих на направления подготовки j-ой УНП

$$x_j^{оч}(t) = \alpha_j^{оч}(t - 1) * N_{оч}^{BO}(t) \quad x_j^{заоч}(t) = \alpha_j^{заоч}(t - 1) * N_{заоч}^{BO}(t) \quad (2.13)$$

Значения $\alpha_j^{оч}$ и $\alpha_j^{заоч}$ могут быть получены из предшествующих статистических данных, т.е.

$$\alpha_j^{оч}(t - 1) = \frac{x_j^{оч}(t-1)}{N_{оч}^{BO}(t-1)} \quad \alpha_j^{заоч}(t - 1) = \frac{x_j^{заоч}(t-1)}{N_{заоч}^{BO}(t-1)} \quad (2.14)$$

2. Коэффициенты поступления $\gamma_j^{оч}$ и $\gamma_j^{заоч}$ на направления подготовки УНП j. Они позволяют определять количество поступивших на направления подготовки УНП j.

$$X_j^{-оч}(t) = \gamma_j^{оч}(t - 1) * X_j^{оч}(t) \quad X_j^{-заоч}(t) = \gamma_j^{заоч}(t - 1) * X_j^{оч}(t) \quad (2.15)$$

Значения $\gamma_j^{оч}$ и $\gamma_j^{заоч}$ могут быть получены из предшествующих статистических данных, т.е.

$$\gamma_j^{оч}(t-1) = \frac{x_j^{-оч}(t-1)}{x_j^{оч}(t-1)} \quad \gamma_j^{заоч}(t-1) = \frac{x_j^{-заоч}(t-1)}{x_j^{заоч}(t-1)} \quad (2.16)$$

Получение образования для студентов осуществляется на бюджетной и на контрактной форме обучения, данные обозначения представлены в следующем виде[16]:

$B_j^{оч}$ – Планы приема на обучение в высших учебных заведениях на очной форме и за счет государственного бюджета, в рамках j-ой укрупненной группы направлений подготовки (УНГП).,

$B_j^{заоч}$ – Планы приема на заочную форму обучения в высших учебных заведениях за счет государственного бюджета, в рамках j-ой укрупненной группы направлений подготовки (УНГП).;

$Q_j^{оч}$ – Планы приема на обучение в высших учебных заведениях на очной форме, за счет средств студента или его родителей, в рамках j-ой укрупненной группы направлений подготовки (УНГП),

$Q_j^{заоч}$ – Планы приема на обучение в высших учебных заведениях на заочной форме, за счет средств студента или его родителей, в рамках j-ой укрупненной группы направлений подготовки (УНГП).

3. Данные показатели позволяют определить коэффициенты структуры спроса B_j , которые учитывают значительный спрос на обучение и численность студентов, обучающихся на контрактной основе. Коэффициенты B_j могут использоваться для учета различных ситуаций относительно приема на бюджетной и контрактной основах в j-ой укрупненной группе направлений подготовки (УНГП)[16]:

$$B_j^{оч} = \frac{B_j^{оч} - Q_j^{оч}}{B_j^{оч} + Q_j^{оч}} \quad B_j^{заоч} = \frac{B_j^{заоч} - Q_j^{заоч}}{B_j^{заоч} + Q_j^{оч}} \quad (2.17)$$

Поверхность функции двух переменных $z = \frac{x-y}{x+y}$

Отметим следующие варианты:

$$\beta_j = \begin{cases} 1, & \text{если набор осуществляется только на бюджетной основе,} \\ (0, 1), & \text{если набор на бюджетной основе больше, чем на контрактной,} \\ 0, & \text{если наборы на бюджетной и на контрактной основах равны} \\ (-1, 0), & \text{если набор на бюджетной основе меньше, чем на контрактной,} \\ -1, & \text{если набор осуществляется только на контрактной основе.} \end{cases}$$

Значения $B_j^{оч}$ и $B_j^{заоч}$ вносятся из показателей статистики в прошлом (2.17):

$$B_j^{оч}(t-1) = \frac{B_j^{оч}(t-1) - Q_j^{оч}(t-1)}{B_j^{оч}(t-1) + Q_j^{оч}(t-1)} \quad B_j^{заоч}(t-1) = \frac{B_j^{заоч}(t-1) - Q_j^{заоч}(t-1)}{B_j^{заоч}(t-1) + Q_j^{оч}(t-1)} \quad (2.18)$$

Зная $B_j^{оч}(t)$ и $B_j^{заоч}(t)$ и коэффициенты $B_j^{заоч}(t-1)$ и $B_j^{оч}(t-1)$ сможем определить из (2.18) $Q_j^{заоч}(t)$ и $Q_j^{оч}(t)$, принимается во внимание, что они будут оставаться постоянными в течение года:

$$Q_j^{оч}(t) = \frac{1 - B_j^{оч}(t-1)}{1 + B_j^{оч}(t-1)} B_j^{оч}(t-1), \quad Q_j^{заоч}(t) = \frac{1 - B_j^{заоч}(t-1)}{1 + B_j^{заоч}(t-1)} B_j^{заоч}(t-1) \quad (2.19)$$

В результате получим суммы $Q_j^{оч}(t) + B_j^{оч}(t)$, $Q_j^{заоч}(t) + B_j^{заоч}(t)$, коэффициенты структуры спроса B_j позволяет прогнозировать количество поступивших на первый курс в рамках j -ой укрупненной группы направлений подготовки (УНГП).

Для определения прогнозного значения поступивших на направления подготовки j -ой УНГП $S_j^{0ч}$ и $S_j^{3а0ч}$ найдем среднюю арифметическую значений показателей по формуле (2.15), и суммами $Q_j^{0ч}(t)+B_j^{0ч}(t)$, $Q_j^{3а0ч}(t)+B_j^{3а0ч}(t)$:

$$S_j^{0ч}(t) = \frac{1}{2} (X_j^{-0ч}(t) + Q_j^{0ч}(t) + B_j^{0ч}(t)) \quad (2.20)$$

$$S_j^{3а0ч}(t) = \frac{1}{2} (X_j^{-3а0ч}(t) + Q_j^{3а0ч}(t) + B_j^{3а0ч}(t)) \quad (2.21)$$

Таким образом, на основе коэффициентов структуры спроса B_j можно прогнозировать количество поступивших на направления подготовки в j -ой укрупненной группе направлений подготовки (УНГП) в текущем году составит:

$$S_j(t) = S_j^{0ч}(t) + S_j^{3а0ч}(t) \quad (2.22)$$

2.3 Прогнозирования количества абитуриентов на основе модели SIR, CIR и балансовой модели эпидемий.

Модель SIR является математической моделью, которая описывает распространение инфекционного заболевания в популяции. Она состоит из трех групп: восприимчивых к заболеванию, зараженных и выздоровевших. Каждый человек в популяции может быть в одной из этих групп.

В модели SIR предполагается, что популяция является постоянной и не изменяется со временем, что означает, что в нее не входят новые люди и не умирают люди из-за заболевания (или других причин). Также предполагается, что вероятность заражения зависит только от количества зараженных и восприимчивых людей в популяции.

Модель SIR состоит из трех дифференциальных уравнений:

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta \frac{S(t)I(t)}{N} \quad (2.23)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \beta \frac{S(t)I(t)}{N} - \gamma I(t) \quad (2.24)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t) \quad (2.25)$$

где S - количество восприимчивых к заболеванию, I - количество зараженных, R - количество выздоровевших, β - коэффициент передачи вируса, γ - коэффициент выздоровления.

Первое уравнение (2.23) описывает изменение количества людей в группе восприимчивых. Оно говорит о том, что количество людей в группе восприимчивых уменьшается пропорционально количеству зараженных и восприимчивых людей, умноженному на коэффициент передачи вируса β .

Второе уравнение (2.24) описывает изменение количества людей в группе зараженных. Оно говорит о том, что количество людей в группе зараженных увеличивается пропорционально количеству зараженных и восприимчивых людей, умноженному на коэффициент передачи вируса β , и уменьшается пропорционально коэффициенту выздоровления γ .

Третье уравнение (2.25) описывает изменение количества людей в группе выздоровевших. Оно говорит о том, что количество людей в группе выздоровевших увеличивается пропорционально количеству зараженных людей, умноженному на коэффициент выздоровления γ .

Имея количественные показатели SIR, мы можем обозначить состояние от времени, который будет иметь следующий вид:

$$S(t), I(t), R(t)$$

Для любого момента времени сумма этих трех значений равно общей численности популяции N :

$$S(t) + I(t) + R(t) = N \quad (2.26)$$

Модель SIR - это простая компартментная модель, которая описывает динамику трех групп людей в популяции: восприимчивых, инфицированных и выздоровевших. Она может использоваться для прогнозирования распространения инфекционных заболеваний и оценки эффективности мер по борьбе с эпидемией. Однако, необходимо учитывать, что данная модель имеет определенные ограничения, такие как предположение о постоянстве популяции и отсутствие мутаций вируса. Кроме того, параметры модели могут быть сложными для оценки и могут изменяться во времени и в зависимости от конкретного заболевания. Модель SIR также может использоваться для расчета различных показателей, таких как общее число инфицированных, продолжительность эпидемии и репродуктивное число. Многие другие модели являются производными от модели SIR[22].

Балансовая модель CIR - (Compartmental Incidence Rate) используется для анализа динамики распространения инфекционных заболеваний в популяции. Модель основывается на разделении популяции на три категории в зависимости от стадии заболевания: подверженные инфекции (S), инфицированные (I) и выздоровевшие (R).

Для модели CIR используются следующие параметры:

- $S(t)$ - количество людей, которые подвержены инфекции в момент времени t ;
- $I(t)$ - количество людей, которые инфицированы в момент времени t ;

- $R(t)$ - количество людей, которые выздоровели и имеют иммунитет к инфекции в момент времени t ;

- N - общее количество людей в популяции;

- β - скорость передачи инфекции;

- γ - скорость выздоровления;

- μ - смертность.

Динамика популяции описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta \frac{S(t)I(t)}{N} \quad (2.27)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \beta \frac{S(t)I(t)}{N} - \gamma I(t) \quad (2.28)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t) \quad (2.29)$$

$$N = I(t) + S(t) + R(t) \quad (2.30)$$

Здесь первое уравнение описывает изменение количества людей в категории S (подверженные инфекции) в зависимости от скорости передачи инфекции (β) и количества инфицированных людей (I). Второе уравнение описывает изменение количества людей в категории I (инфицированные) в зависимости от количества людей, подверженных инфекции (S), скорости передачи инфекции (β), скорости выздоровления (γ) и смертности (μ). Третье уравнение описывает изменение количества людей в категории R (выздоровевшие) в зависимости от количества инфицированных людей (I) и скорости выздоровления (γ).

Прогнозирование эпидемий с помощью балансовой модели CIR основывается на анализе динамики распространения инфекционных заболеваний в популяции. Модель может быть дополнена другими факторами, такими как влияние лечения и вакцинации, и т.д. Прогнозы, которые получаются с помощью этой модели, могут помочь принимать решения о мерах по борьбе с эпидемией, таких как введение карантина, массовое тестирование и вакцинация. Важно понимать, что прогнозы, полученные с помощью балансовой модели CIR, не являются точными предсказаниями будущего, а представляют собой вероятностные сценарии, которые могут меняться в зависимости от изменения факторов в будущем.

Новая дискретная стохастическая модель распространения эпидемии CIR, основанная на балансе показателей эпидемии в текущий и прошлые моменты времени, представляет собой улучшенную версию балансовой модели CIR.

Данная модель учитывает изменение числа людей в каждой категории (S, I, R) на основе баланса показателей эпидемии в текущий и прошлые моменты времени с учетом стохастических факторов. Это позволяет более точно прогнозировать развитие эпидемии и оценить вероятности различных сценариев.

Модель может быть представлена следующим образом:

$$S(t+1) = S(t) - \lambda(t)S(t)\Delta t \quad (2.31)$$

$$I(t+1) = I(t) + \lambda(t)S(t)\Delta t - \gamma(t)I(t)\Delta t \quad (2.32)$$

$$R(t+1) = R(t) + \gamma(t)I(t)\Delta t \quad (2.33)$$

Здесь $\lambda(t)$ - интенсивность инфекции в момент времени t , $\gamma(t)$ - интенсивность выздоровления в момент времени t , Δt - шаг моделирования.

Интенсивность инфекции $\lambda(t)$ определяется как:

$$\lambda(t) = \frac{\beta I(t)}{N} \quad (2.34)$$

Здесь β - коэффициент передачи инфекции, N - общее количество людей в популяции.

Интенсивность выздоровления $\gamma(t)$ определяется как:

$$\gamma(t) = \frac{1}{\tau} \quad (2.35)$$

Здесь τ - средняя продолжительность заболевания.

В данной модели стохастические факторы учитываются путем введения случайной величины $\varepsilon(t)$, которая обозначает изменение интенсивности инфекции и выздоровления в момент времени t . Таким образом, интенсивность инфекции $\lambda(t)$ и интенсивность выздоровления $\gamma(t)$ могут быть представлены следующим образом:

$$\lambda(t) = \frac{\beta I(t)}{N + \varepsilon(t)} \quad (2.36)$$

$$\gamma(t) = \frac{1}{\tau + \varepsilon(t)} \quad (2.36)$$

Случайная величина $\varepsilon(t)$ может быть определена следующим образом:

$$\varepsilon(t) = \sigma(t)\xi(t) \quad (2.37)$$

Здесь $\sigma(t)$ - стандартное отклонение случайной величины $\varepsilon(t)$ в момент времени t , $\xi(t)$ - случайный процесс, который может быть представлен как случайная величина со средним значением 0 и стандартным отклонением 1.

Стандартное отклонение $\sigma(t)$ может быть определено на основе баланса показателей эпидемии в текущий и прошлые моменты времени[25].

Прогнозирование эпидемий с помощью новой дискретной стохастической модели распространения эпидемии CIR может быть полезным инструментом для мониторинга эпидемий и принятия решений в области здравоохранения. Однако, важно учитывать, что результаты прогнозирования необходимо рассматривать с осторожностью и в сочетании с другими методами анализа данных.

Каждый подход в прогнозировании имеет свои преимущества и недостатки. При прогнозировании распространения инфекционных заболеваний возникают проблемы, связанные с отсутствием исторических данных, которые могут использоваться для определения параметров модели. Кроме того, качество первоначальных данных также является проблемой. Информация берется из разных источников, а разные регионы и страны используют различные методы учета, что делает данные неоднородными и затрудняет оценку параметров модели.

В качестве альтернативного метода для прогнозирования числа абитуриентов в высшие учебные заведения, была взята за основу традиционная модель SIR и новая дискретно-стохастическая модель распространения эпидемий CIR, основанная на балансе показателей эпидемий в текущий и прошлый период времени.

Данная модель позволяет описать динамику общего количества абитуриентов (S), общее количество студентов обучающиеся на данный момент (I) и общее количество выбывших и успешно завершивших учебу студентов (R). Параметрами данной системы является процентный прирост

величины количества абитуриентов из года в год $C(t)$ и характеристика динамического баланса в годы обучения.

3. Математическое моделирование образовательной миграции из стран Центральной Азии в высшие учебные заведения Российской Федерации.

3.1 Математическое моделирование образовательной миграции.

В качестве математической модели для прогнозирования образовательной миграции была взята «Балансовая модель CIR на основе процентного прироста».

Данная модель хорошо себя зарекомендовала в период распространения пандемии COVID – 19 и с высокой точностью спрогнозировала количество и общую динамику заболеваемости среди населения, общее числа выздоровевших и умерших, а также отображала количество активных случаев болезни среди населения.

В связи с тем, что данная модель не подразумевалась в качестве способа для прогнозирования и моделирования образовательной или другой иной миграции, было принято решение адаптировать модель и приспособить ее для выполнения данной работы.

Первоначально модель CIR состояла из трех основных показателей:

S – общее количество заболевших,

I – число активных случаев

R – общее число выздоровевших и умерших.

Параметрами системы являлись процентный прирост величины $S(t)$ и характеристика динамического баланса эпидемиологического процесса.

Имея данные об общем количестве иностранных студентов из стран Центральной Азии, которые обучаются за счет бюджетных средств на очной форме обучения начиная с 2016 по 2022 год, а также имея данные

представителями какой из страны поступают абитуриенты и оканчивают свое обучение иностранные студенты в данный период времени, данная модель может быть адаптирована для построения и создания на ее основе модели для прогнозирования образовательной миграции.

В качестве основных показателей данной модели, имеющиеся данные будут представлены в следующем виде:

C – общее число иностранных абитуриентов, которые поступили в ВУЗ в определенный год на очную форму обучения за счет бюджетных средств по каждой из страны ЦА.

I – общее число обучающихся студентов в ВУЗе в определенные годы и из какой страны ЦА они.

R – общее число выпускников, которые успешно окончили свое обучение в ВУЗе и представителями какой из страны они являются.

Выполнение данной работы и математические расчеты были проведены на базе программного продукта Microsoft Excel.

Обозначим через $C(t)$ общее количество абитуриентов поступившие высшие учебные заведения с момента начала 2016 года до t года включительно, за $\Delta(t)$ берем показатель количества новых абитуриентов в год t . С учетом введенных обозначений годов исследования для $t = 2016, 2017, 2018...$ имеем следующую формулу[1]:

$$C(t) = C(t - 1) + \Delta(t) \quad (2.38)$$

Запишем $C(t)$ в виде

$$C(t) = \alpha(t) C(t - 1) \quad (2.39)$$

Где

$$\alpha(t) = 1 + \frac{r(t)}{100}$$

$$r(t) = 100 \frac{\Delta(t)}{C(t-1)} \quad (2.40)$$

$$\Delta(t) = C(t) - C(t-1)$$

То есть окончательно имеем следующую формулу:

$$C(t) = \left(1 + \frac{r(t)}{100}\right) * C(t-1) \quad (2.41)$$

Здесь параметр $r(t)$ интегрируется как отношение в процентах абсолютного прироста общего количества зачисленных студентов до года t включительно к общему количеству имеющих студентов до предыдущего года включительно.

Будем называть параметр $r(t)$ «процентным приростом общего количества поступающих в год t . Учитывая, что $\Delta(t)$ является случайная величина, которая не может принимать отрицательные значения и всегда является неотрицательной[1].

Значение величины $C(t)$ в любой год T вычисляется по формуле ниже:

$$C(T) = C(t_0) \prod_{t=1}^T \left(1 + \frac{r(t)}{100}\right) \quad (2.42)$$

Зафиксировав некоторые значения $t_0 \geq 0$ и $T > t_0$, такие, что $R(T) > C(t_0) > 1$. Учитывая не убывание функций $C(t)$ и $R(t)$, а также то, что $C(t) \geq R(t)$ при любом $t \geq t_0$, такое значение T существует. Фактически существование таких значений t_0 и T означает, что студенты поступившие в момент времени t_0 , успешно завершили обучение или отчислились за конечное время[1].

$$\min_{t_0 \leq t \leq T} t \quad (2.43)$$

$$C(t) \geq R(T) \quad (2.44)$$

С учетом специфики функций $C(t)$ и $R(T)$ имеется определенное множество допустимых решений данной задачи. Для удобства обозначим это решение задачи (2.43) и (2.44) через значение $\tau(T)$ [1][17].

Учитывая не убывания функции $C(t)$ выполняется неравенство:

$$R(T) \geq C(\tau(T) - 1).$$

Исходя из условий принципа динамического баланса для решения $\tau(T)$ задачи (2.43) и (2.44) значение $R(T)$ в год T удовлетворяет неравенствам[1][14]:

$$C(\tau(T)) \geq R(T) \geq C(\tau(T) - 1) \quad (2.45)$$

$$R(T) = \lambda_T C(\tau(T) - 1) + (1 - \lambda_T) C(\tau(T)), \lambda_T \in [0,1] \quad (2.46)$$

Условие (2.45) дает возможность определить количество успешно закончивших или отчисленных студентов в определенный год t в зависимости от общего количества обучающихся в прошлом, а именно $t - \tau(t)$ лет назад[21].

По итогу можно будет с помощью функции $R(t)$, $C(\tau(t) - 1)$ и $C(\tau(t))$ для любого значения t справедливо равенство:

$$C(t) = I(t) + R(t) \quad (2.47)$$

Это балансовое соотношение означает, что группу зачисленных студентов в любой год можно разделить на тех, кто еще учится и тех кто уже окончил свое обучение в высшем учебном заведении. С помощью формул (2.41), (2.46) и (2.47) можно построить систему дискретных уравнений:

$$C(t) = \left(1 + \frac{r(t)}{100}\right) * C(t - 1), \quad (2.48)$$

$$I(t) = \left(1 + \frac{r(t)}{100}\right) * C(t - 1) - R(t), \quad (2.49)$$

$$R(t) = \lambda_T C(\tau(T) - 1) + (1 - \lambda_T) C(\tau(T)) \quad (2.50)$$

Динамика, описанная системой уравнений (2.48) - (2.50) в работе далее будет называться CIR-модель или балансовая модель на основе процентного прироста количества студентов.

В рамках CIR-модели для отображения изменения общего количества студентов $C(t)$ используется понятие процентного прироста. При этом учитывается баланс между количеством студентов, обучавшихся в прошлые годы $\tau(t)$ и $\tau(t) - 1$, и количеством [22] студентов в текущем учебном году и успешно закончивших или отчисленных $R(t)$ в момент времени t .

Функция характеризующая динамический баланс количества студентов представлена в виде:

$$\vartheta(t) = t - \tau(t) \quad (2.51)$$

Исследуя статистику образовательной миграции в высшие учебные заведения России из стран Центральной Азии и балансовой модели CIR на основе процентного прироста, можно отметить, что в отдельных промежутках времени показатель не отражает детальной динамики процесса, а лишь дает общую картину изменения величины во времени.

3.2 Анализ результатов математической модели и обзор факторов

повлиявшие на результаты исследования.

По результатам исследования модель показала высокую точность прогнозирования процентного прироста количества студентов, годовой прогноз количества поступивших абитуриентов и годовой прогноз количества выпускников. Удалось отобразить динамику событий, которые повлияли на количество абитуриентов в те или иные годы.

Год	Годовое количество поступивших с 2016 по 2022 годы	Интегральное количество поступивших (нарастающим итогом)	Процентный прирост интегрального количества поступивших	Годовое количество выпускников с 2017 года	Интегральное количество выпускников в с 2017 года (нарастающим итогом)	характеристика динамического баланса	Прогноз процентного прироста интегрального количества поступивших	Прогноз характеристики динамического баланса	Прогноз интегрального количества поступивших (начиная с 2016 года)	Точность прогноза интегрального количества поступивших	Годовой прогноз количества поступивших	Точность прогноза годового количества поступивших	Прогноз интегрального количества выпускников с 2017 года	Точность прогноза интегрального количества выпускников	Прогноз годового количества выпускников	Точность прогноза годового количества выпускников
2016	3217	3217														
2017	5874	9091	183%	1766	1766	2										
2018	5842	14933	64%	2288	4054	2										
2019	10770	25703	72%	2837	6891	3										
2020	11149	36852	43%	2819	9710	3										
2021	16128	52980	44%	2728	12438	4	44%		52980	0						
2022	15067	68047	28%	3461	15899	4	16%	4	61517,10238	90%	8537,102377	57%	14933	84%	2495	72%
2023								4	69047		6529,897623		31277,5		15378,5	

Рисунок 18 – Таблица расчетов по Республике Узбекистан



Рисунок 19 – График процентный прирост интегрального количества поступивших по Республике Узбекистан

Год	Годовое количество поступивших с 2016 по 2022 годы	Интегральное количество поступивших (нарастающим с 2017 года итогом)	Процентный прирост интегрального количества поступивших	Годовое количество выпускников с 2017 года	Интегральное количество выпускников с 2017 года (нарастающим итогом)	характеристика динамического баланса	Прогноз процентного прироста	Прогноз характеристики динамического баланса	Прогноз интегрального количества поступивших (начиная с 2016 года)	Точность прогноза интегрального количества поступивших	Годовой прогноз количества поступивших	Точность прогноза годового количества поступивших	Прогноз интегрального количества выпускников с 2017 года	Точность прогноза интегрального количества выпускников	Прогноз годового количества выпускников	Точность прогноза годового количества выпускников
2016	4553	4553														
2017	7537	12090	166%	2636	2636	2										
2018	9215	21305	76%	2230	4866	2										
2019	10428	31733	49%	2930	7796	3										
2020	4958	36691	16%	3462	11258	4										
2021	2324	39015	6%	4705	15963	5			39015	0						
2022	6364	45379	16%	6495	22458	5	-2,96%	5	37861,65935	83%	-1153,344645	-18%	21305	95%	5342	82%
2023							29%	5	58670,22395		20808,5686		34212		11754	

Рисунок 20 – Таблица расчетов по Республике Туркменистан



Рисунок 21 - График процентного прирост интегрального количества поступивших по Республике Туркменистан

Год	Годовое количество поступивших с 2016 по 2022 годы	Интегральное количество поступивших (нарастающим с 2017 года итогом)	Процентный прирост интегрального количества поступивших	Годовое количество выпускников с 2017 года	Интегральное количество выпускников с 2017 года (нарастающим итогом)	характеристика динамического баланса	Прогноз процентного прироста интегрального количества поступивших	Прогноз характеристики динамического баланса	Прогноз интегрального количества поступивших (начиная с 2016 года)	Точность прогноза интегрального количества поступивших	Годовой прогноз количества поступивших	Точность прогноза годового количества поступивших	Прогноз интегрального количества выпускников с 2017 года	Точность прогноза интегрального количества выпускников	Прогноз годового количества выпускников	Точность прогноза годового количества выпускников
2016	3085	3085														
2017	4148	7213	135%	1054	1054											
2018	4137	11350	57%	1751	2785	2										
2019	4418	15768	39%	1899	4684	3										
2020	3853	19621	24%	1725	6409	3										
2021	5768	25389	29%	1691	8100	3			25389	0						
2022	8163	33552	32%	1787	9887	3	34%	3	34112,30075	98%	8723,300745	93%	9281,5	94%	1181,5	66%
2023							38%	3	46270,34323		12158,04248		17694,5		7807,5	

Рисунок 22 – Таблица расчетов по Республике Таджикистан

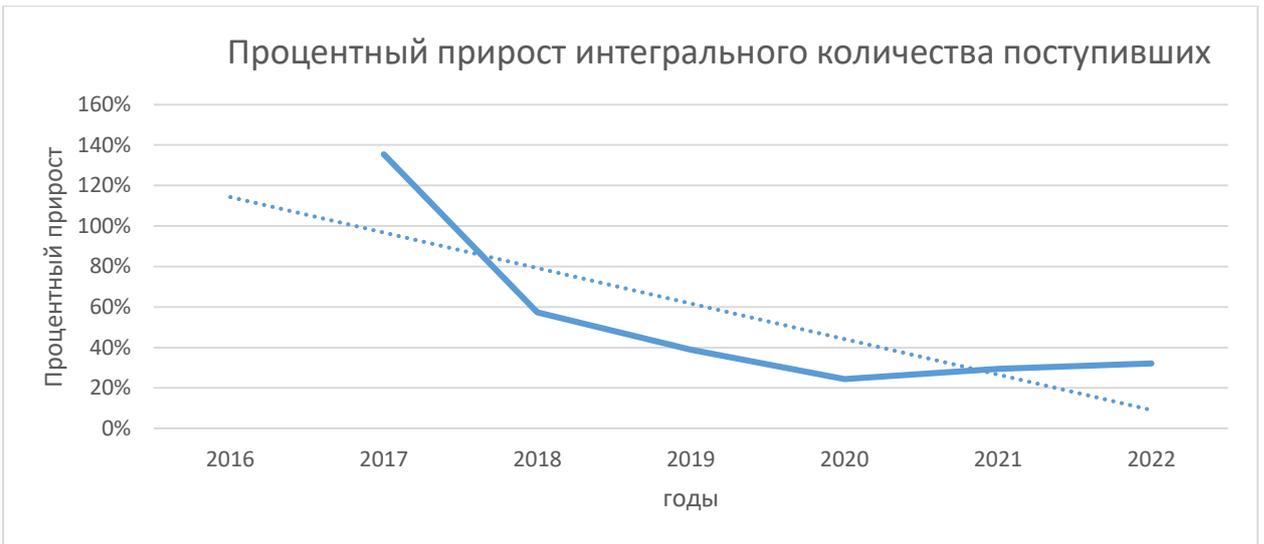


Рисунок 23 - График процентного прирост интегрального количества поступивших по Республике Таджикистан

Год	Годовое количество поступивших с 2016 года нарастающим итогом	Интегральное количество поступивших нарастающим с 2017 года итогом	Процентный прирост интегрального количества поступивших	Годовое количество выпускников с 2017 года	Интегральное количество выпускников с 2017 года (нарастающим итогом)	Характеристика динамики процентного прироста	Прогноз процентного прироста	Прогноз интегрального количества поступивших (начиная с 2018 года)	Точность прогноза интегрального количества поступивших	Годовой прогноз количества поступивших	Точность прогноза годового количества поступивших	Прогноз интегрального количества выпускников с 2017 года	Точность прогноза интегрального количества выпускников	Прогноз годового количества выпускников	Точность прогноза годового количества выпускников
2016	1384	1384													
2017	1743	3127	126%	417	417										
2018	1789	4916	57%	645	1062	2									
2019	1832	6748	37%	827	1889	2									
2020	2009	8757	30%	777	2666	3									
2021	2447	11204	28%	902	3568	3	28%	11204	97%	2925,917313	87%	4021,5	93%	453,5	61%
2022	2581	13785	23%	748	4314	4	21%	14129,91731		2567,780328		7752,5		3438,5	

Рисунок 24 – Таблица расчетов по Республике Киргизия

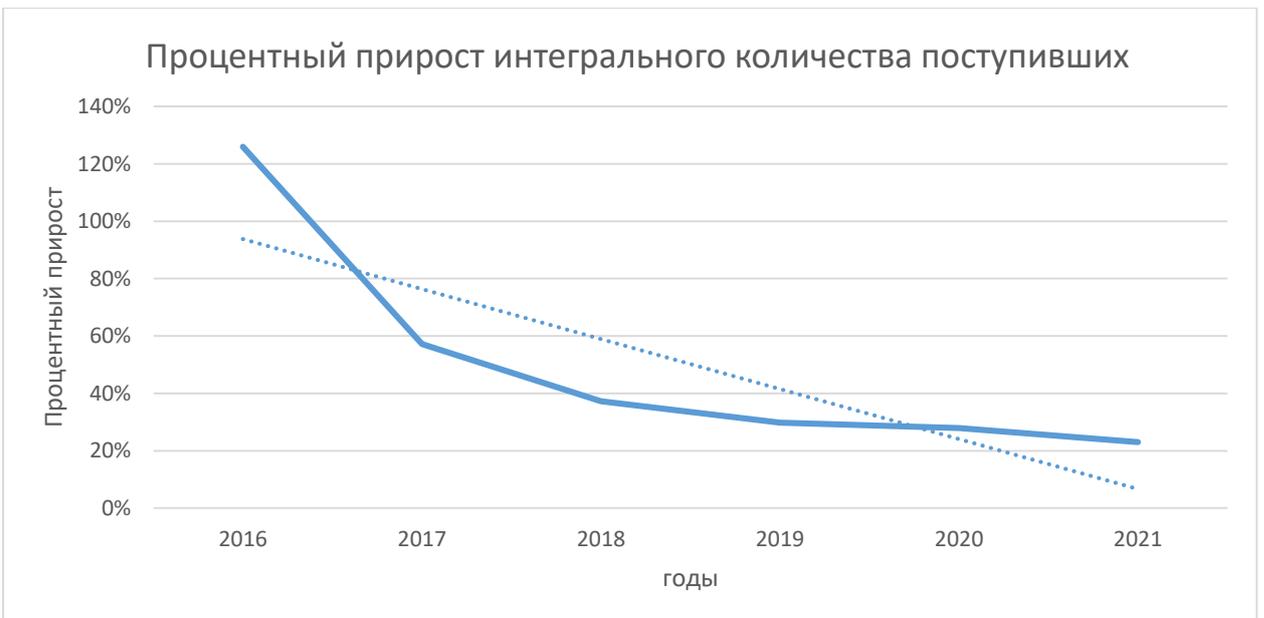


Рисунок 25 - График процентного прирост интегрального количества поступивших по Республике Киргизия

Год	Годовое количество поступивших с 2016 по 2022 годы	Интегральное количество поступивших (нарастающим с 2017 года итогом)	Процентный прирост интегрального количества поступивших	Годовое количество выпускников с 2017 года	Интегральное количество выпускников с 2017 года (нарастающим итогом)	Характеристика динамического баланса	Прогноз процентного прироста интегрального количества поступивших	Прогноз характеристика динамического баланса	Прогноз интегрального количества поступивших (начиная с 2016 года)	Точность прогноза интегрального количества поступивших	Годовой прогноз количества поступивших	Точность прогноза годового количества поступивших	Прогноз интегрального количества выпускников с 2017 года	Точность прогноза интегрального количества выпускников	Прогноз годового количества выпускников	Точность прогноза годового количества выпускников
2016	8371	8371														
2017	15136	23507	180,81%	7128	7128											
2018	16456	39963	70,00%	8129	15257	2										
2019	14076	54039	35,22%	8600	23857	2										
2020	13503	67542	24,99%	7475	31332	3										
2021	14301	81843	21,17%	7124	38456	3	17,36%	3	86050,91519	98,95%	14207,51519	92,43%	47001	98,70%	8545	92,41%
2022	13208	95051	16,14%	7942	46398	4	14,10%	3	108455,9852		12405,46988		60790,5		13789,5	

Рисунок 26 – Таблица расчетов по Республике Казахстан



Рисунок 27 - График процентного прироста интегрального количества поступивших по Республике Казахстан

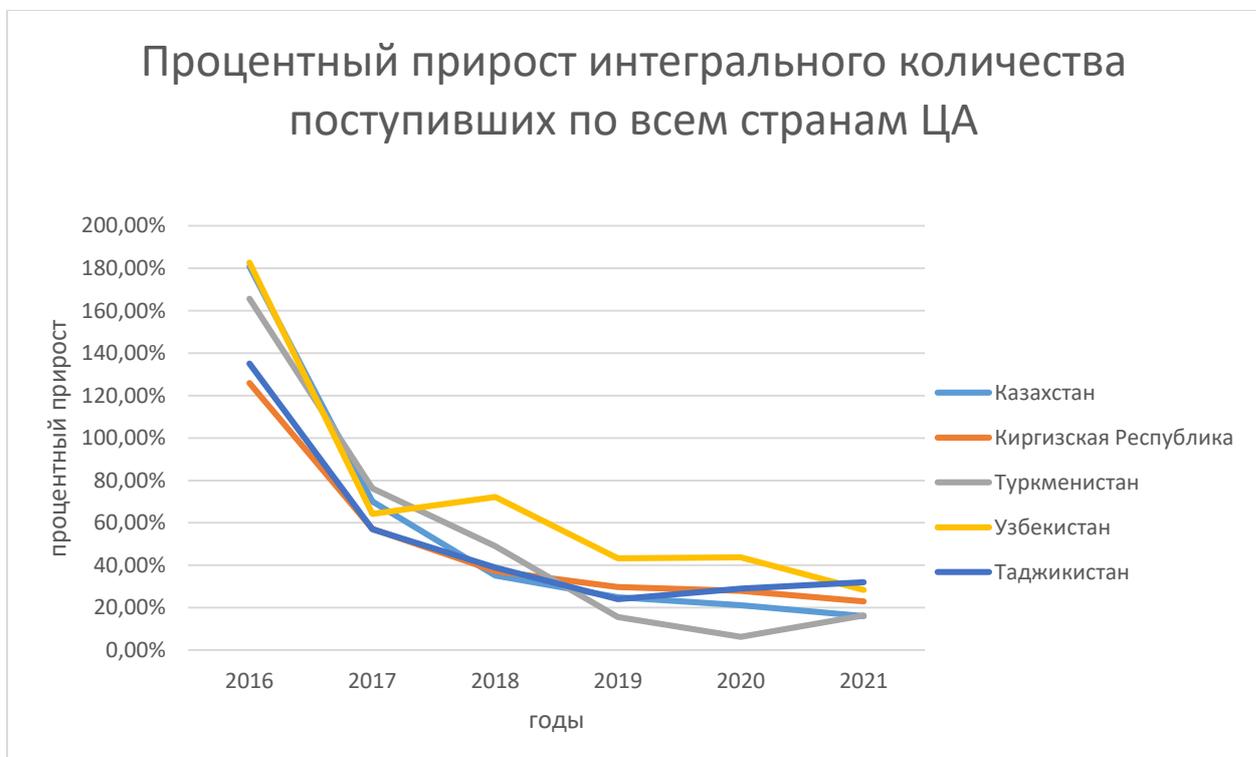


Рисунок 28 - Общий график процентного прироста интегрального количества студентов по всем странам ЦА

З а к л ю ч е н и е

Рассмотреть и обосновать все факторы, влияющие на количество абитуриентов очень сложно, ввиду социальных, демографических, экономических и политических событий происходившие в России и в странах Центральной Азии в период исследования.

Однако результаты моделирования показали, что тенденция к увеличению количества желающих получить высшее образование в России остается высокой и растет с каждым годом. Высшие учебные заведения России остаются самыми привлекательными из всех образовательных направлений мира для абитуриентов из стран Центральной Азии. В период пандемии в связи с закрытием границ и отсутствия возможности для очного обучения в России не сильно повлиял на количество абитуриентов в данный промежуток времени, хоть и наблюдался заметный спад, но уже после того как границы были открыты и ограничения сняты, наблюдалось восстановление прежних показателей численности студентов, а учитывая последние показатели количество студентов будет увеличиваться с каждым годом.

Балансовая модель на основе процентного прироста может стать хорошим инструментом для высших учебных заведений, которые каждый год проводят приемные комиссии для абитуриентов. Модель может помочь планировать бюджетные средства университета по предстоящим расходам, подготовки необходимого количества научных и образовательных материалов для обучения будущих студентов, позволяет планировать и распределять места в общежитиях, а также распределив нагрузку между преподавателями формировать новые группы исходя из количества новых студентов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Захаров, В.В., Балыкина Ю.Е. Балансовая модель эпидемии COVID-19 на основе процентного прироста. // Информатика и автоматика. 2021. Том 20 № 5. ISSN 2713 – 3192 (печ.) ISSN 2713 – 3206 (онлайн) <http://www.ia.spcras.ru/index.php/sp>
2. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Электронный ресурс. - Режим доступа: <https://minobrnauki.gov.ru/action/stat/highed/>
3. Study in Russia Электронный ресурс. Рекордное количество иностранных студентов выбрали Россию в 2020 году. URL: <https://studyinrussia.ru/actual/articles/rekordnoe-kolichestvo-inostrannykh-studentov-vybrali-rossiyu-v-2020-godu/>
4. PopulationPyramid.net Электронный ресурс. Центральная Азия. Население в 2022 году. URL: <https://www.populationpyramid.net/ru/%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D1%8F/2022/>
5. Worldometers Электронный ресурс. Население мира в реальном времени. URL: <https://www.worldometers.info/population/>
6. М-Бюро: аналитика и исследования Электронный ресурс. Модели и методы прогнозирования. URL: <https://www.mbureau.ru/blog/modeli-i-metody-prognozirovaniya>

7. Логинов, В. М. Миграция населения: теория, история, современность Текст / В. М. Логинов. - М.: Аспект Пресс, 2018. - 320 с.

8. Чернов, А. В. Международная миграция: проблемы и перспективы Текст / А. В. Чернов. - СПб.: Изд-во СПбГУ, 2017. - 256 с.

9. Кузнецов, М. И. Прогнозирование численности абитуриентов в вузах России на основе анализа демографических тенденций Текст / М. И. Кузнецов // Высшее образование в России. - 2019. - № 3. - С. 75-82.

10. Кузьмина, К. В. Демографический анализ миграционных процессов в России Текст / К. В. Кузьмина // Народонаселение. - 2018. - № 2. - С. 97-105.

11. Попова, И. В. Миграционные процессы и образование: анализ тенденций и перспектив Текст / И. В. Попова. - М.: Изд-во РУДН, 2017. - 192 с.

12. Александров, В. И. Способы прогнозирования числа абитуриентов в вузы Текст / В. И. Александров // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Серия "Экономические науки". - 2017. - № 3 (262). - С. 18-22.

13. Баринов, В. А. Проблемы и методы прогнозирования числа поступающих в вузы Текст / В. А. Баринов // Высшее образование сегодня. - 2015. - № 3. - С. 23-30.

14. Голубев, А. А. Обоснование методики прогнозирования числа абитуриентов на основе демографических показателей Текст / А. А. Голубев // Экономика и управление. - 2017. - № 6 (161). - С. 46-50.

15. Ерошенко, Н. В., Каштанов, Е. В. Методы прогнозирования числа абитуриентов в высшие учебные заведения Текст / Н. В. Ерошенко, Е. В. Каштанов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия "Экономика и управление". - 2014. - № 2. - С. 80-84.

16. Кузнецов, М. И. Прогнозирование численности абитуриентов в вузах России на основе анализа демографических тенденций Текст / М. И. Кузнецов // Высшее образование в России. - 2019. - № 3. - С. 75-82.

17. Миронова, Е. А. Методы прогнозирования числа абитуриентов в вузы Текст / Е. А. Миронова // Экономика и предпринимательство. - 2018. - № 5 (91). - С. 888-892.

18. Соколова, О. В. Прогнозирование числа абитуриентов в вузы на основе анализа социально-экономических показателей Текст / О. В. Соколова // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. - 2016. - № 3 (81). - С. 69-78.

19. . Белов, А. Н., Захаров, С. В., Шмелев, А. Г. Модель прогнозирования числа абитуриентов в регионе Текст / А. Н. Белов, С. В. Захаров, А. Г. Шмелев // Экономический анализ: теория и практика. - 2019. - № 1 (492). - С. 34-43.

20. Гаврилова, Н. В., Баранова, А. Ю. Модель прогнозирования численности поступающих в вузы на основе анализа тенденций демографического развития Текст / Н. В. Гаврилова, А. Ю. Баранова // Научный журнал КубГАУ. - 2016. - № 123 (9). - С. 1-14.

21. Дербенев, А. В., Шаваев, Т. Р. Методы прогнозирования числа абитуриентов в вузы на основе использования данных о демографической

ситуации Текст / А. В. Дербенев, Т. Р. Шаваев // Инновации и инвестиции. - 2018. - № 7. - С. 121-127.

22. Kermack, W.O., McKendrick, A.G. A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics. // Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character. - 1927. - Vol. 115, No. 772. - P. 700-721

23. Ляшенко, В. И. Модели прогнозирования числа абитуриентов в вузы на основе данных о демографической ситуации Текст / В. И. Ляшенко // Вопросы образования. - 2017. - № 2. - С. 198-206.

24. Орлов, А. Л. Анализ методов прогнозирования числа поступающих в вузы на основе использования данных о демографической ситуации Текст / А. Л. Орлов // Экономика и социум. - 2016. - № 2 (22). - С. 85-91.

25. Степанова, Е. В. Методы прогнозирования числа абитуриентов в вузы на основе анализа демографических тенденций Текст / Е. В. Степанова // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Серия "Экономические науки". - 2019. - № 1 (270). - С. 55-60.

26. Чернецова, Ю. А. Методы прогнозирования числа абитуриентов в вузы на основе анализа социально-экономических показателей Текст / Ю. А. Чернецова // Экономические науки. - 2018. - № 3 (164). - С. 82-90.

27. Родионова, Л. А. Методы прогнозирования числа абитуриентов в вузы с использованием многопараметрических моделей Текст / Л. А. Родионова // Проблемы экономики и управления. - 2017. - № 1 (67). - С. 68-73.

28. 10. Маркова, Е. С. Методы прогнозирования числа абитуриентов в вузы на основе анализа тенденций демографической ситуации Текст / Е. С. Маркова // Молодой ученый. - 2019. - № 5 (231). - С. 111-113.

29. Козлов, А. В. Модели прогнозирования числа абитуриентов в вузы на основе анализа социально-экономических показателей Текст / А. В. Козлов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия "Экономика и менеджмент". - 2016. - Т. 6, № 4. - С. 39-44.

30. Белова, Н. А. Прогнозирование потока абитуриентов в вузы на основе использования статистических методов Текст / Н. А. Белова // Вестник СибГУТИ. - 2018. - Т. 10, № 1. - С. 64-69.

31. Левицкая, О. Ю. Методы прогнозирования числа абитуриентов в вузы на основе анализа динамики демографических показателей Текст / О. Ю. Левицкая // Экономика и предпринимательство. - 2017. - № 11 (87). - С. 1049-1054.

32. Макарова, Е. В. Модели прогнозирования числа абитуриентов в вузы на основе использования экономико-математических методов Текст / Е. В. Макарова // Вестник Башкирского государственного университета. - 2016. - Т. 21, № 4. - С. 1252-1256.

33. Arora, R., & Sharma, A. Predicting Higher Education Enrolment in India: An Econometric Analysis Текст / R. Arora, A. Sharma // International Journal of Education Economics and Development. - 2018. - Vol. 9, No. 4. - P. 380-394.

34. Choi, S. W., & Chaudhry, A. A Predictive Analysis of the Factors That Affect College Enrollment Текст / S. W. Choi, A. Chaudhry // Journal of International Education in Business. - 2018. - Vol. 11, No. 2. - P. 162-177.

35. Eshghi, K., & Mousavi, S. S. Forecasting Higher Education Enrolment in Iran: An Application of Grey and ARIMA Models Текст / K. Eshghi, S. S. Mousavi // Journal of Educational Administration and Policy Studies. - 2017. - Vol. 9, No. 4. - P. 121-130.
36. Ghasemi, M., & Kiani, M. Forecasting the Number of University Applicants in Iran Using ARIMA and Artificial Neural Network Models Текст / M. Ghasemi, M. Kiani // Higher Education Quarterly. - 2018. - Vol. 72, No. 2. - P. 182-199.
37. Khoury, M., & Al-Hassan, A. Modelling and Forecasting the Demand for Higher Education in Jordan Текст / M. Khoury, A. Al-Hassan // International Journal of Educational Management. - 2018. - Vol. 32, No. 2. - P. 237-252.
38. Lin, C.-H., & Kuo, M.-L. Forecasting the Number of College Students in Taiwan Using an ARIMA Model with Intervention Analysis Текст / C.-H. Lin, M.-L. Kuo // Journal of Education and Practice. - 2018. - Vol. 9, No. 30. - P. 70-79.
39. Sharif, A. M., & Hosen, N. A Comparative Analysis of Time Series Models for Forecasting Higher Education Enrolment Текст / A. M. Sharif, N. Hosen // Higher Education Quarterly. - 2018. - Vol. 72, No. 3. - P. 285-301.